ISSN 2500-3518

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Дальневосточный федеральный университет

МАТЕРИАЛЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ

Владивосток
15 апреля – 10 мая 2023 г.

Научное электронное издание

Владивосток
Дальневосточный федеральный университет
2023

© ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2023

УДК 082
ББК 94.3
М34

Ответственный редактор – В.Ю. Ермаченко

Редакторы – Царенко Н.Р., Селивёрстова А.Ю. (раздел I); Сазыкин А.М., Д.И. Волкова (раздел II); Лисина И.А., Котович Н.Г. (раздел III); Фидаретов В.Ф., Кацурин А.А. (раздел IV); Добржинский Ю.В., Чабанов И.Д. (раздел V); Артемьева И.Л., Елсукова Е.А. (раздел VI); Зюмченко Н.Е., Костецкий Э.Я., Манжуло О.С., Баркина М.Ю. (раздел VII); Степанова А.А., Ефремов Е.Л. (раздел VIII); Чеботарев А.Ю., Сущенко А.А., Пак Т.В. (раздел IX); Богатыренко Е.А., Ким А.В. (раздел X); Патрушева О.В., Фролов К.Р.(раздел XI); Семаль В.А., Брикманс А.В. (раздел XII); Васильева М.С., Балыбина В.А. (раздел XIII); Нефедев К.В., Шульга Д.В. (раздел XIV); Гнитецкая Т.Н., Грищева М.К. (раздел XV); Давыденко А.В., Козлов А.Г. (раздел XVI); Кондриков Н.Б., Ткачёва М.В. (раздел XVII); М.А. Галышева Ю.А., Дроздовская О.А. (раздел XVIII); Грибова В.В., Ермаченко В.Ю. (раздел XIX).

Материалы Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 апреля – 10 мая 2023 г. [Электронный ресурс] / Отв. ред. В.Ю. Ермаченко. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2023. – Режим доступа https://www.dvfu.ru/institute_of_high_technologies_and_advanced_materials/Conferences/ – Загл. с экрана.

ISSN 2500-3518.

В сборнике опубликованы научно-исследовательские работы студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам (г. Владивосток, 15 апреля – 10 мая 2023 г.). Работы молодых исследователей охватывают направления естественных и физико-математических наук, развивающиеся в высших учебных заведениях России.

УДК 082
ББК 94.3

Текстовое электронное издание
Минимальные системные требования:

Веб-браузер Internet Explorer версии 6.0 или выше, Opera версии 7.0 или выше, *Google* Chrome 3.0 или выше).
Минимальные требования к конфигурации и операционной системе компьютера определяются требованиями перечисленных выше программных продуктов.
Компьютер с доступом к сети Интернет.
© ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2023
Размещено на сайте 05.08.2023 г.

20 Мб
Дальневосточный федеральный университет
690922, Владивосток, о. Русский, Аякс, 10
E-mail: editor_dvfu@mail.ru

Оглавление

Раздел I БИОРАЗНООБРАЗИЕ 17

Дёмина А.С. **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ВИДОВ СЕКЦИИ *LUPINASTER* В РОДЕ *TRIFOLIUM* L. (FABACEAE)** 17

Тхай Х.Н., Нестерова С.В., Горобец К.В., Царенко Н.А. **ВСХОЖЕСТЬ И ДИНАМИКА ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *ASTRAGALUS ULIGINOSUS* L. И *LESPEDEZA CYRTOBOTRYA* MIQ. (СЕМ. FABACEAE LINDL.) РАЗНЫХ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ** 18

Столетова Н.В., Миронова Л.Н., Дудкин Р.В., Царенко Н.А. **ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ СТРАТИФИКАЦИИ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ СОРТОВ РАЗНЫХ ГРУПП ИРИСОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ГРУНТА ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ** 21

Никищенко В. Е. **РЕГУЛЯЦИЯ СЕРОТОНИН-ДОФАМИН ЗАВИСИМОЙ СИСТЕМЫ ЛИЧИНОК *CRASSOSTREA GIGAS*** 24

Щербакова Е.А., Мищенко П.В., Ильиных О.Е. **СРАВНЕНИЕ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ БЕЛУХ (*DELPHINAPTERUS LEUCAS*) ПРИ СОДЕРЖАНИИ В ОТКРЫТЫХ МОРСКИХ ВОЛЬЕРАХ И СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ «ПРИМОРСКОГО ОКЕАНАРИУМА»** 25

Макеева А.И. **ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ И РОСТЕ *YAGUDINELLA NOTABILIS* В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ** 28

Манжела Е.В. **ВОЗРАСТ И РОСТ *MERCENARIA STIMPSONI* В НЕКОТОРЫХ БУХТАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ** 29

Карпенко Д.Т. **СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЯ ПЕТУШКА *RUDITAPES PHILIPPINARUM* (BIVALVIA, VENERIDAE) В РАЙОНЕ ОСТРОВА СКРЕБЦОВА (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)** 31

Кротова Д.А. **ПЛОДОВИТОСТЬ СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ (*PANDALUS EOUS* MAKAROV, 1935) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ** 32

Кузнецова К.К., Мироненко А.О., Пикалова Н.А. **АНАЛИЗ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ г. ПАПАЙ И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ** 34

Раздел II ГЕОГРАФИЯ 37

Волкова Д.И. **МОРФОЛОГИЯ И ТИПЫ ПЛЯЖЕЙ ХАСАНСКОГО РАЙОНА** 37

Деньга, В.С. **ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ ХРЕБТА ЭТКИЛЬ-ЯНКАНСКИЙ)** 39

Долгополова А.В. **К АНАЛИЗУ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА УССУРИЙСКИЙ ЗАЛИВ** 41

Жерноклёва Э.В. **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА РЕКИ РАЗДОЛЬНАЯ** 43

Малицкий С.И. **ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ И ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ РОССИИ** 45

Малицкий С.И., Молохотько М.М. **СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ СТУДЕНТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА** 47

Таратутина С.Р. **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛЯЖА В БУХТЕ БОЙСМАНА** 48

Хальбаева Н.А. **МИГРАЦИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ МОЛОДЕЖИ В РЕГИОНАЛЬНОМ ИЗМЕРЕНИИ** 50

Хальбаева Н.А. **ТЕХНОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ (НА ПРИМЕРЕ ТРУБОК «УДАЧНАЯ» И «ДЖВАНЕНГ»)** 53

Раздел III ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИС 55

Безделева А. А. **ДИНАМИКА ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕРИОДА ЗАМЕРЗАНИЯ В БУХТЕ АЯКС** 55

Боброва В.С. **ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ** 57

Бухарова М. Г. **ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛЕТНЕГО МУССОНА НАД ЮЖНЫМИ РАЙОНАМИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ** 59

Канталин В.А. **ПОВТОРЯЕМОСТЬ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРИМОРЬЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД** 61

Костык В.А., Вихренко С.В. **КАРТИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС** 63

Мансуров М.А. **ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА СЕВЕРНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОХОТСКОГО МОРЯ** 65

Марченко М.О., Бессонов Р.С. **ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ** 68

Огородников Д.М. **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРА $CaCl_2$ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНОГО МАТЕРИАЛА В Г. ВЛАДИВОСТОК** 69

Рыбалко С.В., Шпак А.С. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК** 71

Федорова А. Г. **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ** 73

Хлопцева А.С., Шпак А.С. **ПРИМЕНЕНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫМИ СЛУЖБАМИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВЛАДИВОСТОК СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ОСАДКОВ 2021-2023 гг.** 75

Раздел IV МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА 78

Белоусов М.Д. **РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО АНПА НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ROS 2** 78

Василенко Р.П., Красавин Н.А. **СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ АНПА, ОСНАЩАЕМОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ СО СТОРОНЫ РАБОТАЮЩЕГО МАНИПУЛЯТОРА** 79

Красавин Н.А., Василенко Р.П. **СИСТЕМА СОГЛАСОВАННОГО ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ С МНОГОЗВЕННЫМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ОПЕРАЦИЙ** 81

Красавин Н.А., Василенко Р.П. **СИСТЕМА СОГЛАСОВАННОГО ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ С МНОГОЗВЕННЫМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ОПЕРАЦИЙ** 83

Оселедец В.А. **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ В НЕИЗВЕСТНОЙ ОБСТАНОВКЕ** 85

Панчук М.О., Юрманов А.П. **МЕТОД УТОЧНЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ МНОГОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА ПОДВОДНОГО АППАРАТА, ПОСТРОЕННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТОВ** 86

Пятавин П.А. **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТЫКОВКИ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ С ПОДВОДНЫМИ СТАНЦИЯМИ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ** 88

Стасюк М.П. **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА ДЕФЕКТОВ НА ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА, УСТАНОВЛЕННОГО НА ПОДВОДНОМ АППАРАТЕ** 90

Щербаков Г. Е. **ИТЕРАТИВНЫЙ АЛГОРИТМ БЛИЖАЙШИХ ТОЧЕК И ЕГО МОДИФИКАЦИИ** 91

Юрманов А.П., Панчук М.О. **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ** 93

Раздел V ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 95

Бережной Д.А. **РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОИСКОВОГО ПРИБОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ** 95

Быстревский С.А. **ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГОМОМОРФНОГО ШИФРОВАНИЯ** 96

Васильцов А.О. **ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЙ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ** 98

Веденеев А.А. **ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ СЕТЕВОЙ ЗАЩИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ФИЛЬТРАЦИИ ТРАФИКА** 100

Евтихов В.В. **РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ШУМА, РАБОТАЮЩЕГО НА ЧАСТОТАХ ИНТЕРФЕЙСА HDMI** 102

Жачко А.Н. **ПРОТОКОЛ ТОРГОВЛИ БИРЖЕВЫМИ ОПЦИОННЫМИ ДОГОВОРАМИ** 103

Жачко А.Н., Ялынычев Д.В. **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЗАШИФРОВАННЫХ ДАННЫХ В СТЕГОКОНТЕЙНЕРЕ** 104

Карпов Т. А. **ДЕМОНСТРАЦИЯ СПОСОБОВ ВЫСЛЕЖИВАНИЯ РАДИОСИГНАЛА, ПРИМЕНЯЕМЫХ СОТРУДНИКАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ** 106

Кислов М. В., Верещагина Е. А. **НЕОБХОДИМОСТЬ ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРИИ ФИЗИКИ ГЕОСФЕР ТОИ ДВО РАН** 108

Костенецкий И.В., Чабанов И.Д. **ВОЗМОЖНОСТЬ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕЛЕГАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ПРИКРЫТИЕМ ЛЕГАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА** 110

Бондарь А.Е., Кваша А.С., Масленников Н.С. **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ АДВОКАТСКОЙ ФИРМЫ** 112

Михальчук Е.Ю. **ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ СКРЫТЫХ АДРЕСОВ В ЗАДАЧЕ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ** 113

Переверзева М.С. **ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩЕГО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ УСЛУГИ** 115

Пономарёв К.Г. **ПРИМЕНЕНИЕ СИГНАТУРНОГО АНАЛИЗА И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ** 117

Свинцицкий М.Ю. **СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПОИСКА РАДИОЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ** 119

Середа А.М. **РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПО ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ** 120

Сысенко Ю.П. **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ОТ DDOS АТАК НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ** 121

Частухин В.Ю., Слепенчук Р.А. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АТАК НА BLOCKCHAIN-СИСТЕМЫ 123

Частухин В.Ю., Слепенчук Р.А. **ПРОТОКОЛ ГОЛОСОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ BLOCKCHAIN И NFT** 125

Шарунов А.А. **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ SIEM-СИСТЕМ** 127

Раздел VI ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ 130

Агапова Д.Р., Накао П.Д. **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫКРОЕК ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ** 130

Аликаева А. А. **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ОБУЧЕНИЯ** 133

Болычев Л.И. **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЗОРА ПОЧВ, ГРУНТОВ, РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ** 134

Бураков А.А., Калиниченко П.А. **СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОПРОСНИКОВ** 135

Васильев О.И. **ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В БИБЛИОТЕКАХ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ, ФАКТОР КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ И ИХ ВЫБОР** 137

Васильева Н. Б., Пугач П. А. **ОБУЧЕНИЕ ПРИКЛАДНОГО ИИ «BAUM AI» ГРАФОВЫМ МОДЕЛЯМ ГОРОДОВ** 139

Вишняков А.Е., Павлов А.С., Ягольницкий С.Ю. **СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МАШИННОМУ ОБУЧЕНИЮ** 141

Воробьева К.В., Кузнецов Е.А. **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ** 143

Бронников А.А., Воронова Д.В., Лысенко А.А. **ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ГОЛОСОВЫХ ПОМОЩНИКОВ** 145

Глазырин М.А., Деревягин Д.Д., Ри Ми Сун **РАЗВИТИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ХИМИИ** ..146

Дубенский А. Ю. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ** 147

Дудко Д.О., Сазонтова М.Д. **ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ СУДОВ НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ ТРАФИКА МОРСКОЙ АКВАТОРИИ** 149

Жеревчук Д.А., Джаухар М.Ф.К. **РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ОСОБЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ MAXIMA** 151

Зенков М.А. **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ РУССКОМУ ЯЗЫКУ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ** 153

Ким С.Е. **СБОР И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ АВАРИЙНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ** 155

Кичигина Т.А., Сидельникова М.П. **МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФОВ ЗНАНИЙ** 157

Крикунов А.А. **РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО** 159

Крючкова Н.Ю. **ПОДХОДЫ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА** 160

Куликова А.А., Алшауи Р. **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТА ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ НА ЛОКАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ** 161

Кускова А.Е. **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА И АНАЛИЗА ДАННЫХ НА PYTHON** 162

Кучапина С.С. Цветков С.О. **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ МЕТЕОДАННЫХ** 163

Логачев Е.М. **3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ВИДЕОПОТОКУ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СЦЕНЕ** 165

Лысенко Е. Е. **РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «САЙТ О ТУРИСТИЧЕСКИХ МЕСТАХ В ПРИМОРЬЕ»** 167

Майоров С.В. **СОЗДАНИЕ АДАПТИВНОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С ЦИФРОВЫМИ КОПИЯМИ ПОМЕЩЕНИЙ** 169

Мухарамова А.Р., Крючков П.С. **ЗНАЧИМОСТЬ БЕЗОПАСНОЙ СДЕЛКИ ДЛЯ ПЛОЩАДОК ОНЛАЙН-ПРОДАЖ** 171

Овчинников П.А., Лобанова Э.А., Трефилов И.В., Стронгин В.С., Макаров А.Г., Солдатов К.С., Шевченко Ю.А. **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗ ПЕРКОЛИРУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ АЛГОРИТМАМИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ** 174

Орлов Г.А. **АЛГОРИТМ ОРИЕНТИРОВАНИЯ И ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕОКАМЕРЫ** 176

Перфильева Д.В., Полянская Э.О., Сусоева А.Д. **СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ В ТЕКСТЕ СКРЫТОЙ РЕКЛАМЫ** 178

Проскурин Д.А., Балашенко П.Ю. **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СУДЕБНЫХ ИСКОВ НА ИНТЕРНЕТ-ИМИДЖ КОММЕРЧЕСКОЙ КОМПАНИИ** 180

Решетнев Н.Я. Гончарук Д.М. Кадомцев В.А. **СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ, ДОКУМЕНТООБОРОТА И ДНЕВНИКА ДЛЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЦЕНТРА МАТЕМАТИКИ** ...183

Рольщиков М. Е. **ГЕНЕРАТОРЫ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ: ОБЗОР И НАЗНАЧЕНИЕ** 185

Садыков Р.М. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И АНАЛИЗ НОВОСТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОРГОВОГО РОБОТА** 186

Салмина А.Н., Грядунова А.Н. **АНАЛИЗ СРЕДСТВ И ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ WEB-САЙТОВ** 188

Середа С.В. **СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАЗМЕТКИ ЛИЦ НА ФОТОГРАФИЯХ ДЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ УСЛУГ БОТА** 190

Сидорова С.В. **ИНТЕРАКТИВНЫЕ КАРТЫ – ИХ РОЛЬ В ПРОДВИЖЕНИИ РАЗНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ** 191

Слободчиков В.А. **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ СУДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СХЕМЫ ДВИЖЕНИЯ МОРСКОЙ АКВАТОРИИ** 192

Соколов М.В., Бородинов А.С., Данилкин В.Э., Нгуен Х.Т. **АВТОМАТИЧЕСКИЙ СБОР И ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ СОЗВЕЗДИЙ** 194

Сотник Н.А., Смирнова Д.В. **РАЗРАБОТКА ERP-СИСТЕМЫ «DIGWELL»** 195

Стрелов Г. С., Алексанин А. И. **КАЛИБРОВКА ВИДИМЫХ КАНАЛОВ СПУТНИКА «ФЭНЪЮНЬ-3Д»** 197

Тигай К.А., Доценко А.А. **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ** 198

Титовченко Е.Д. **КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ АКУСТИКИ** 199

Цой Н.М. **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ IT-ПРЕДПРИЯТИЕМ** 201

Чабанов И.Д. **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ПОИСКУ ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ** 203

Шутов К.С. **ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫМ СУДНОМ** 205

Юзвук А.А. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА С МАЛОЙ ВЯЗКОСТЬЮ** 206

Раздел VII КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ,БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА 209

Бахрутдинова А.А. **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ ТКАНЕЙ СИПУНКУЛИД (КЛАСС SIPUNCULA)** 209

Береш А.А., Ананьев А.А., Супрун А.Р., Киселев К.В. **ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ КАЛЬЦИЙНЕЙРИН-B-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ (*CBL*) В ВИНОГРАДЕ *VITIS AMURENSIS* RUPR. ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ, ИНДУЦИРУЮЩИХ БИОСИНТЕЗ СТИЛЬБЕНОВ** 211

Волконская В.В., Наконечная О.В. **КЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ РОДА *ARISTOLOCHIA IN VITRO*** 212

Грехнёв Д.А., Новикова Ю.В., Крисанова А.В., Ошколова А., Кручинина А.А., Беликова Л.Д., Клюшников С.А., Лебедева О.С., Казначеева Е.В., Вигонт В.А. **ТЕХНОЛОГИИ КЛЕТОЧНОГО РЕПРОГРАМИРОВАНИЯ И НАПРАВЛЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ИНДУЦИРОВАННЫХ ПЛЮРИПОТЕНТНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛЕКТИВНОЙ УЯЗВИМОСТИ НЕЙРОНОВ ПРИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПАТОЛОГИЯХ** 213

Лукерина А.Д. **АЛКАЛОИДЫ КАК ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ РАСТЕНИЙ** 214

Малыкин Г.В., Магарламов Т.Ю. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕТРОДОТОКСИН-СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУР У ЛИЧИНОК И ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ НЕМЕРТИН *CEPHALOTHRIX* CF. *SIMULA*** 216

Одринская М.С., Манжуло И.В. **МОРФО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕТИКУЛЯРНОЙ ФОРМАЦИИ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА ПРИ РАЗВИТИИ ОСТРОЙ БОЛИ И ТЕРАПИИ ДИКЛОФЕНАКОМ** 217

Чухломина Е.Н., Югай Ю.А., Шкрыль Ю.Н. **БИОИНФОРМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ БЕЛКА ROLB/ROLC ИЗ ПРИРОДНО-ТРАНСГЕННОГО РАСТЕНИЯ СЛАДКОГО КАРТОФЕЛЯ *IPOMOEA BATATAS*** 219

Штефан М.А., Вятчин И.Г. **НЕОБЫЧНОЕ СВОЙСТВО МИОЗИНА ЗАПИРАТЕЛЬНОЙ МЫШЦЫ МИДИИ *CRENOMYTILUS GRAYANUS*** 221

Юренок Ю.П. **СВОЙСТВА КАЛЬПОНИНА ЗАПИРАТЕЛЬНОЙ МЫШЦЫ МИДИИ ГРЕЯ** 222

Раздел VIII МАТЕМАТИКА 226

Афанасьева-Григорьева А. С. **АСИМПТОТИКА ЕМКОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КОНДЕНСАТОРА С ПЕРЕМЕННЫМИ УРОВНЯМИ ПОТЕНЦИАЛА** 226

Бахитова П. А. **АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ ИММУННОСТЬ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ И ГЕНЕРАТОРЫ КЛЮЧЕВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ** 227

Бахтин К.Е. **О СВЯЗЯХ ОБОБЩЕННОЙ ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ С ФУНКЦИЕЙ МАЙЕРА** 229

Сахаров И. А. **ОБ ИНЪЕКТИВНЫХ УНАРАХ** 230

Симаков В.К. **О ПОЛНОТЕ КАТЕГОРИИ ОТДЕЛИМЫХ ПРОСТРАНСТВ ЧУ** 231

Шамич Н.И. **РЕШЁТКИ КОНГРУЭНЦИЙ КОНГРУЭНЦ-ПЕРЕСТАНОВОЧНЫХ УНАРОВ** 232

Раздел IX МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 234

Арефьев Е. П. **ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ** 234

Завгороднев А. А., Бадерик П. М., Бадерик М. М. **ФОРМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ФОТОКАРТЫ МОРСКОГО ДНА НА БОРТОВОМ НАКОПИТЕЛЕ АНПА В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБЗОРНО-ПОИСКОВОЙ МИССИИ** 234

Балун В.И. **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДЗЗ** 236

Бахтин К.Е., Иванова А.А. **ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВОЙ МАСКИРОВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА** 240

Гетун А.Д., Луговой А.А. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В МОЗГЕ** 241

Громыко А. А. **ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛА КАК ПРОЦЕСС РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ МОРСКОЙ ТУФЕЛЬКИ** 243

Донская М.А. **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ** 245

Дончак А.А. **ЗАДАЧА МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ РЕАКЦИИ-ДИФФУЗИИ** 246

Ермишкина В. В., Щетинин Д. О., Сидоров Е. А., Иванов А. В., Бобров Д. В. **ДРЕВЕСНО-ГРАФОВОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ СОЗВЕЗДИЙ** 247

Исаева Е.С. **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВИДОВ, МЕНЯЮЩИХ ПОЛ В ПРОЦЕССЕ ВЗРОСЛЕНИЯ** 248

Какурин В. С. **ПОДДЕРЖКА СЭМПЛИНГА ЗАПИСЕЙ ИЗ ХРАНИЛИЩА В СУБД MARIADB** 249

Кириенко Д.О, Пискунов А.К., Пантелеев В., Кустов Ю. **РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ ФИТНЕС-ЦЕНТРА ДВФУ** 252

Ковалев М. Д., Петров С. Д. **РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕЙ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ МОБИЛЬНОЙ ИГРЫ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ** 254

Кошель К. О., Смольников Д. В. **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ (МОДЕЛИ SIR, SEIR, SEIHR).** 255

Краснов Л. А. **СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА CAN ШИНЫ.** 259

Кулигин К.Н. **СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ АНПА НА ИНТЕРФЕЙСЕ CAN** 259

Курлов Е. Г. **АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ ЭКСТРАПОЛИРОВАННОГО МЕТОДА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ПОИСКА ДОСТИЖИМОЙ ТОЧКИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ВЫПУКЛЫХ ЛИНЕЙНЫХ МНОЖЕСТВ**.....260

Кучеров В.А., Потега К.И., Нехорошев В. Н., Домашев С.А. **РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ СЕРИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ**.....262

Лебедев М. П., Дереза Д. Г., Ким СунгЖу, Карпов Г. А. **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ (МОДЕЛЬ WIRIV)**.....263

Леонтьев И. С., Шлык Д. Е., Коваль А. Е. **СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОЙ ИГРЫ С МАСКОТАМИ КОМПАНИИ ФАРПОСТ**.....266

Литовец М. В. **СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА ДЛЯ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА**.....267

Макаркин Н. С., Байбурин Н. А., Елистратов В. Е. **СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ ПАРАМЕТРОВ ШЛЕЙФОВ МУТНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ.**.....268

Макаркин Н. С., Байбурин Н. А., Елистратов В. Е. **ИНТЕРПОЛЯЦИЯ СГЛАЖИВАЮЩИМИ ЛИНЕЙНО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ**.....269

Маметьев А. С. **СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА (IMU) АНПА НА ИНТЕРФЕЙСЕ RS-232/USB НА ЯЗЫКЕ PYTHON**.....270

Матиенко Д. П., Денисюк Н. И., Божедомов Д. М. **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НА БОРТУ АНПА АНОМАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ МОРСКОГО ДНА**.....271

Михеев Р. Ю., Синягина А. Д. **РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9-11 КЛАССОВ**.....272

Мелихова В. А., Кузьменко А. В., Музыченко А. И., Титов А. А. **СОЗДАНИЕ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСА ПО СОЗДАНИЮ КАРТОЧЕК ОБСЛЕДОВАНИЯ ПУНКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ РФ**.....274

Скоробогатов Д. Е. **РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ОТКРЫТОГО ДОСТУПА К ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ С/Х НАЗНАЧЕНИЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ**.....275

Распутная А. Д., Пак Т. В. **ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ 2-ГО ПОРЯДКА С ОСОБЫМИ ТОЧКАМИ**.....276

Рыжая А. Д., Ефимова Д. А., Дмитриева А. Д., Кикоть М. Е. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ В МИКРОСОСУДАХ**.....277

Сказкин М. А. **ЗАДАЧА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ В НЕРАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЕ**.....279

Сметанина Е. А. **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПРИЛОЖЕНИЕМ К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**.....280

Суходолов В. О. **СОЗДАНИЕ СИМУЛЯТОРА ДЛЯ РОБОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ IMTP IPC, ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕГО РАБОТУ АНПА, НА 3D-ДВИЖКЕ UNITY**.....281

Стеблына С. С. **СОЗДАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ANYLOGIC**.....282

Фам Тхань Хай. **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИИ РАЗНОСТНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ**.....284

Амосова Е. В., Сапожников А. Д. **ИЗОГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ДВУМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**.....286

Раздел X МИКРОБИОЛОГИЯ.....289

Огнистая А.В., Дункай Т.И. **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МИКРОВОДОРОСЛИ *ALEXANDRIUM AFFINE*, ИЗОЛИРОВАННЫЕ ИЗ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ**.....289

Аммосова Д.А., Богатыренко Е.А., Ким А.В. **ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ** 290

Бережная С.Р., Сидоренко М.Л.[1] **МЕХАНИЗМЫ СОЛЮБИЛИЗАЦИИ ФОСФОРА** 292

Дункай Т.И. **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАБАРКОДИНГА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МИДИИ ГРЕЯ (CRENOMYTILUS GRAYANUS)** 294

Клементьева И.А., Сидоренко М.Л. **ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ БАКТЕРИЙ НА МИКРОФЛОРУ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР** 295

Лысенко М. Е. **ФЕРМЕНТЫ БАКТЕРИЙ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ДЕГРАДАЦИИ ПЛАСТИКА** 296

Мартыненко Е. С., Сидоренко М. Л., Взорова Д. О. **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗО- И МАРГАНЕЦОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ И ОРТШТЕЙНАХ УСЛОВНО НЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ** 298

Медведева А.Д. **СИНТЕЗ ЛИПАЗ И МОЛЕКУЛ БИОСУРФАКТАНТОВ КАК ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БИОДЕГРАДАЦИЮ НЕФТИ** 300

Мозес А.И., Захарков С.П. **ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРИЙ И ФИТОПЛАНКТОНА АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД** 301

Некешева Э.Б., Мартынова А. В. **ИЗУЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БАКТЕРИЙ РОДА *ENTEROCOCCUS* К РАЗНЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ** 302

Писарева Е.О., Дункай Т.И., Богатыренко Е.А. **МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ БУХТЫ АЯКС (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)** 304

Русакова Д.А., Сидоренко М.Л. **ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕЩЕРЫ «МРАМОРНАЯ» (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)** 305

Рысева Ю. Ю., Лебедева Е. Г., Паничев А. М. **РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРОЖЖЕЙ РОДА RHODOTORULA В ГРУНТАХ И СОДЕРЖИМОМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНГО ТРАКТА КАБАРГИ И ИЗЮБРЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ** 307

Сироян А.Н., Сидоренко М.Л. **СТРУКТУРА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ** 309

Сорокина М. Р., Шкрыль Ю. Н., Югай Ю. А. Миронова А. А. **ВЛИЯНИЕ ВЕЗИКУЛ НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ ФИТОПАТОГЕННОЙ БАКТЕРИИ *RHIZOBIUM RHIZOGENES* НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ** 310

Ускова С. С., Мартынова А. В. **ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ БИОПЛЕНОК У БАКТЕРИЙ РОДА *ENTEROCOCCUS*** 312

Хисматулина Р.И., Лебедева Е.Г., Брагин И.В. **СОСТАВ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ТИПАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОСИИ** 314

Штраух В.А., Богатыренко Е.А. **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОБИОТИКОВ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ *PARALITHODES CAMTSCHATICUS*** 316

Раздел XI ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ 318

Зелепукина Е.М., Орлова Л.Б. **КРЕМНИЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РИСА** ..318

Золотоев В.А., Арефьева О.Д. **КИНЕТИКА СОРБЦИИ ФЕНОЛА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ ИЗ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК РИСА** 319

Марченко А.В., Арефьева О.Д. **ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ SiO_2/ZnO НА ОСНОВЕ БИОГЕННОГО КРЕМНЕЗЕМА** 320

Миткина П.И., Арефьева О.Д., Васильева М.С. **МЕХАНИЗМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ИНДИГОКАРМИНА В ПРИСУТСТВИИ SiO_2/Bi_2WO_6** 322

Михеева А.А., Михеева Е.А. **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БЛОКА НА ПОДВОДНОМ БУРОВОМ КОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ** 323

Ориничева П.Д., Фролов К.Р. **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ ИСКУССТВЕНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ** 325

Француз П.А, Петрова С.Э. **УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК РИСА** 328

Харченко, В.Г.**ОЧИСТКА ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ОБЪЕКТА НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА МЕТОДОМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ** 328

Цыганок В.С. **ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОЛИГОНА ТКО Г. ВЛАДИВОСТОК** 330

Раздел XII ПОЧВОВЕДЕНИЕ 333

Бовсун М. А., Брикманс А.В., Тарасова Т. С. **ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ БИОУГЛЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТЫ В с. СУРАЖЕВКА)**....333

Брикманс А.В., Бовсун М.А. **СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В АГРОПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**....335

Гилёв А.М. Рыбачук Н.А. Сакара Н.А. **СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОПОЧВАХ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ ДО И ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ БИОУГЛЯ**....336

Иванкова А.И., Костин Д.В. **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ВО ФРАКЦИЯХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОДБЕЛОВ** 338

Игнатьева В.А. **ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ИСТОЧНИКИ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (ПАУ) В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**....341

Исакова Д.А., Кудряшова Ю.В., Чижова Т.Л., Полоник Н.С. **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)** 342

Кириллова А.А., Гуменюк Ю.Д. **ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ**....344

Воробьева Н.А. **АГРОЭКОСИСТЕМЫ В РАМКАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРАРНОГО СЕКТОРА: ОПЫТ ЯПОНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИИ** 345

Шамкин Н.С. **ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**....347

Ягова В.И. **ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ПОЧВ Г.ТУМАННАЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ** 348

Морозенко Е. А., Ведяшкин М. М., Глинщиков В. М., Лындякова А. П., Гилёв А.М. **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАММОФОСА, КАК МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ГИДРОПОНИКИ** 350

Тютина В.А, Семенчук Н.А. **КОМПЛЕКСНЫЙ АГРОХИМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОДБЕЛОВ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ**....352

Борисова Е.А. **НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДА ВЛАДИВОСТОК**....354

Суслова А.С. **МОРФОЛОГИЯ АЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОКА ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА**....356

Балахнин Ю.М. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ БУРОЗЕМОВ**....357

Гуменюк Ю.Д., Кириллова А.А. **КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫЕ СВОЙСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА**....358

Шамкин Н.С. **ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**....361

Шалимова О.Г. **ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА АКВАПОЧВ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА** 362

Аверьянова Е.Р. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ И СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОГО ФОСФОРА В ТОРФОГРУНТАХ** 364

Раздел XIII ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ 367

Грицук Д.В., Зернов Я.Г., Федорец А.Н., Белов А.А. **КОМПАКТИРОВАНИЕ $SrCeO_3$ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ** 367

Мармаза П. А., Иванов Н. П., Каспрук Г. Д., Писарев С. М. **ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТИТАНОСИЛИКАТОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ Cs(I) И Sr(II)** 368

Каспрук Г.Д., Лембиков А.О., Федорец А.Н., Белов А.А. **ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ КЕРАМИКИ $Y_xSr_{1.5-x}TiO_3$ КАК МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90** 370

Зернов Я. Г., Федорец А.Н., Белов А.А. **$SrMoO_4$ КЕРАМИКА, ПОЛУЧЕННАЯ МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ, ПРИГОДНАЯ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ ВЫСОКОАКТИВНОГО ^{90}Sr** 372

Исаева Д.Т., Попова Т.С., Рябченко Т.Ю., Лагунов М.А. **ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ АЛЮМОСИЛИКАТА $K_2Al_2Si_6O_{16}$ В ПРОЦЕССАХ ИЗОМЕРИЗАЦИИ НОРМАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ** 374

Шилов А.Н., Ткаченко И.А., Панасенко А.Е. **ДОПИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА КОБАЛЬТА(II)** 375

Бугаец М. А., Галкина Д. В. **СРАВНЕНИЕ ХЕМОСЕНСОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ДОПИРОВАННЫХ ДВУМЯ РАЗЛИЧНЫМИ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫМИ β-ДИКЕТОНАТОВ ДИФТОРИДА БОРА** 378

Кашепа В.В., Имшинецкий И.М., Надараиа К.В., Машталяр Д.В., Гнеденков С.В. **ВЛИЯНИЕ Ta_2O_5 НА СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНОГО СЛОЯ НА ПЭО-ПОКРЫТИЯХ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ МА8** 380

Писарев С.М., Мармаза П.А., Иванов Н.П., Каспрук Г.Д. **ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ U(VI) ИЗ ЖИДКИХ СРЕД** 382

Рыбалка А.А, Будникова Ю.Б., Шлык Д. Х. **ПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ Ti/TiO_2-WO_3-$ZnWO_4$: СИНТЕЗ, СОСТАВ, ОПТИЧЕСКИЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА** 383

Сероштан А.И. **V-, W-, Co-СОДЕРЖАЩИЕ ОКСИДНЫЕ СЛОИ НА ТИТАНЕ: СИНТЕЗ, СОСТАВ, МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА** 385

Лембиков А.О., Каспрук Г.Д., Федорец А.Н., Белов А.А. **ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИКИ $ZrYSrTiO_3$, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ПРОЦЕСС ПОЛНОГО РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА ^{90}SR В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ В ИММОБИЛИЗИРУЮЩЕЙ МАТРИЦЕ** 387

Раздел XIV ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА 390

Атаулина Р.Р., Кузин А.А. **ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЁТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРИВОДЯЩИЙ К ИЗМЕНЕНИЮ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛЫ, НА ЯЗЫКЕ PYTHON** 390

Брыкин Л.О. **ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ НА КОНСТАНТУ МЕЖФАЗНОГО ОБМЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ФЕРРО- И АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОМ** 391

Васильев Е.В., Пержу А.В., Король А.О., Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Овчинников П.А., Капитан В.Ю. **СИМУЛЯЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ СКИРМИОНА В ГРАДИЕНТЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ** 393

Горбов М.И. **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ДНК В МОДЕЛИ ПЕЙРАРДА-БИШОПА** 394

Дворянинов П.В., Кузин А.А. **СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ DATA SAMPLING В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ** 395

Каменев А.О. **ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА** 397

Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Васильев Е.В., Король А.О., Капитан В.Ю. **ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ В МОДЕЛИ ЭДВАРДСА-АНДЕРСОНА** 399

Король А.О., Капитан Д.Ю., Васильев Е.В., Капитан В.Ю. **ГРАФОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ СОСТОЯНИЙ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ** 401

Кузьмин Д.И. **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ДНК В ГЕЛИКОИДАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПЕЙРАРДА-БИШОПА**.....403

Лобанова Э.А., Овчинников П.А., Трефилов И.В. , Стронгин В.С. **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПИНОВОГО ЛЬДА НА РЕШЁТКЕ АПАМЕЯ** 405

Макаров А.Г., Макарова К.В., Солдатов К.С., Овчинников П.А., Нефедев К.В. **МИНИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГИИ В МОДЕЛИ ИЗИНГА**.....407

Муштук П.С. **МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК Pd/Co/CoO РАССЧИТАННЫЕ ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ**.....408

Починок А.С. **МОДЕЛЬ ИЗИНГА НА СФЕРИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ**.....410

Рыбин А.Е., Капитан Д.Ю., Васильев Е.В., Овчинников П.А., Король А.О., Капитан В.Ю. **БОЛЬШИЕ ПИКИ ЭНТРОПИИ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ В МОДЕЛИ ЭДВАРДСА-АНДЕРСОНА** 412

Семенов М.П., Московченко З.А. **ЭНТРОПИЙНАЯ МЕРА БОЛЬШИХ СОЗВЕЗДИЙ** 415

Соколов Д. Д. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕ ТРИТИЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ**.....416

Стронгин В.С., Лобанова Э.А., Овчинников П.А., Трефилов И.В., Шевченко Ю.А. **ФРУСТРАЦИИ И ЭНЕРГИИ СПИНОВОГО ЛЬДА НА РЕШЕТКЕ АПАМЕЯ** 418

Трефилов И.В., Лобанова Э.А., Овчинников П.А., Стронгин В.С. **ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД И КРОСОВЕРЫ НА КАИРСКОЙ РЕШЕТКЕ ДИПОЛЕЙ ИЗИНГА** 419

Чепак А.К., Афремов Л.Л. **ВЛИЯНИЕ МАГНИТНГО ПОЛЯ НА ФАЗУ ГРИФФИТСА В РАЗБАВЛЕННОМ ФЕРРОМАГНЕТИКЕ**.....420

Чесноков М.А. **ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ**.....424

Раздел XV ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ(ФИЗИКА, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ).....426

Гнитецкая Т.Н., Цой А.А. **ВЛИЯНИЕ ЗНАНИЙ МАТЕМАТИКИ НА УСПЕШНОСТЬ В ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ**.....426

Данилина Е.К. **РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМИРУЮЩЕГО ОЦЕНИВАНИЯ В РАМКАХ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ**.....427

Герасимов С.Д., Заболотский В.С. **ОБЗОР И АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ДИСЦИПЛИН ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ** 428

Гнитецкая Т.Н., Брыкин Л. О. **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ФИЗИКЕ В ШКОЛЕ** 430

Гнитецкая Т.Н., Шутко Ю.Е., Грищева М.К. **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ ПО СОКРАЩЕННОЙ ПРОГРАММЕ НА ОСНОВЕ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ** 432

Раздел XVI ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ.....435

Антонов В. А., Летушев М. Е. **ЭКВИВАЛЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ФЕРРИМАГНЕТИКА ДЛЯ МИКРОМАГНИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**.....435

Жданов В.С., Олянич Д.А. **ПРЯМОЕ НАБЛЮДЕНИЕ РОСТА СЛОЕВ Pb НА YSi_2**.....437

Кузнецова М.А., Базров М.А., Турпак А.А., Приходченко А.В. **МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ ПЛЕНОК Ru/CoFe/Ru**.....438

Турпак А.А. Черноусов Н.Н. **ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ Т-СТРУКТУР CoPd/Cu/Pd/Co** 440

Черноусов Н.Н., Пашенко А.С., Турпак А.А. **ДИНАМИКА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНКАХ Pd/Co/Pd ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЛОСКОСТНЫХ И ПЕРПЕДИКУЛЯРНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**.....442

Пашенко А.С., Черноусов Н.Н. **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В РЕЖИМЕ ВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ.** 443

Пинчук К.Е. **ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СТРУКТУРНОЙ РЕЛАКСАЦИИ ВЫСОКО-ЭНТРОПИЙНОГО БЫСТРОЗАКАЛЁННОГО АМОРФНОГО СПЛАВА $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$** 445

Рахматуллаев Т.Р., Саповский И.М., Пинчук К.Е., Ильин Н.В., Плотников В.С. **СТРУКТУРНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНЫХ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАСПЛАВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ** 447

Саповский И.М., Ильин Н.В., Крайнова Г.С., Рахматуллаев Т.Р. **ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ Fe-Ni-Si-B** 449

Шишелов А.Ф., Кузнецова М.А., Базров М.А. **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МАССИВОВ НАНОДИСКОВ Ru-Co-Ru МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ЛИТОГРАФИИ**....451

Шатилов В.С., Тарасов Е.В., Козлов А.Г. **СКИРМИОННЫЕ РЕШЕТКИ В МУЛЬТИСЛОЯХ [Pd/Co/CoO]n**....452

Раздел XVII ХИМИЯ....455

Будникова Ю.Б., Васильева М.С., Егоркин В.С. **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Ti/TiO_2-WO_3-MWO_4 (M=Fe, Co) КОМПОЗИТОВ** 455

Перваков К.А., Шапкин Н.П. **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОДУКТОВ ПРИСОЕДИНЕНИЯ 3-ХЛОРСУЛЬФЕНИЛ-2,4-ПЕНТАНДИОНАТА ХРОМА(III) К ВИНИЛСИЛОКСАНОВЫМ ПОЛИМЕРАМ**....457

Ковач С.М., Третьякова Г.О., Пелагеев Д.Н. **ТЕРМИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ МОНОАЗИДОНАФТАЗАРИНОВ И ИЗУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРОДУКТОВ** 459

Нестеренко Л.Е., Гирич Е.В., Юрченко А.Н. **ВИСМИОН Е ИЗ МОРСКОГО ГРИБА *ASPERGILLUS* SP. 1901NT-1.2.2** 460

Бежан А.Д., Соколова Л.И. **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГРУППЫ АМФЕНИКОЛОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТРИЦ** 462

Журавлёв И.А., Тутов М.В. **ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРИД-ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ДЕНДРИМЕРОВ ДЛЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ** 464

Рамм Н. А., Дышловой С.А., Жидков М.Е. **ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ 7-ТРЕТ-БУТИЛФАСКАПЛИЗИНА**....465

Балацкий Д. В., Будникова Ю. Б., Васильева М.С. **ЯГР- ИССЛЕДОВАНИЕ Fe, Co-СОДЕРЖАЩИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ТИТАНЕ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ** 467

Заводянский М.А., Свистунова И.В., Герасименко А.В. **СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА 1,5-БИС(БЕНЗИЛИДЕН)ПЕНТАН-2,4-ДИОНАТА ДИФТОРИДА БОРА** 468

Шлык Н.П., Боркунов Г.В., Лещенко Е.В. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДХОДА OSMAC (ОДИН ШТАММ – МНОГО СОЕДИНЕНИЙ) ДЛЯ ПОИСКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ «МОЛЕКУЛ-ЛИДЕРОВ» ИЗ МОРСКИХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ РОДА PENICILLIUM**....470

Кожемякина Е. К., Свистунова И.В. **СИНТЕЗ И ВОЗМОЖНОСТЬ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ НА ОСНОВЕ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ** 473

Капустина О.В., Корнакова З.Э., Грибанова С.С., Шичалин О.О. **СРАВНЕНИЕ КИНЕТИКИ ВЫМЫВАНИЯ 5-ФТОРУРАЦИЛА ИЗ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДАМИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ И МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ** 474

Мищихина Е. С., Акимова Т.И. **ЗАВИСИМОСТЬ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ 1,5-ДИКЕТОНОВ В РЕАКЦИИ С ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА ОТ СТРУКТУРЫ ДИКЕТОНА** 475

Боярникова В. А., Хальченко И.Г. **ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СОЕДИНЕНИЯМИ МЕДИ** 477

Ващенко М. В., Андин А.Н. **ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2,3,4,5,6,7-ГЕКСАГИДРОБЕНЗОФУРАНА МЕТОДОМ ТРЁХКОМПОНЕНТНОЙ КОНДЕНСАЦИИ И ИХ НЕКОТОРЫЕ РЕАКЦИИ**....479

Емельянова В. Г., Щитовская Е. В., Колзунова Л.Г. **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИМЕТИЛОЛАКРИЛАМИД/AuNPs-TiO_2** 481

Чаплыгина Д.А., Патрушева О.В., Штарёв Д.С. **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДНОГО ПЕРОВСКИТА НА ОСНОВЕ 2-МЕТИЛПИРИДИНА НА ЕГО КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ** 483

Калинин А.И., Мягчилов А. В. **ВЫДЕЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *PICRIS KOREANA* (KITAM.) VOROSCH** 485

Громыко А. А., Третьякова Г.О. **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ СПИРОБОРАТНЫХ БЕТА-ДИКЕТОНОВ И КЕТОИМИНОВ** 487

Ван Хайян, Белозерова Л. А., Штарев Д.С. **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ CuO-MoO_3 В ОБЛАСТИ 10-50 МОЛ. % MoO_3** 488

Белозерова Л. А., Ван Хайян, Штарев Д.С. **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУР CuO-MoO_3 (БОЛЕЕ 50 МОЛ. % CuO)** 489

Ким Кван Хёк, Жидков М.Е. **ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ КОНДЕНСАЦИИ ИНДИГО С МЕТИЛАЦЕТОУКСУСНЫМ ЭФИРОМ** 490

Авдеев Ф.С., Гольц А.А., Третьякова Г.О., Свистунова И.В. **СИНТЕЗ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА 3-АМИНО-1,5-ДИФЕНИЛПЕНТА-4-ЕН-1-ОНАТА ДИФТОРИДА БОРА** 492

Удовикин Т.Р. , Черняев А.П. , Цыганков В.Ю. **ИГЛОКОЖИЕ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ** 493

Балыбина В. А., Драньков А. Н., Савельева Н.Ю., Кокорина Н.Г., Куулар Ж.С. **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НАК ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ** 495

Драньков А.Н., Балыбина В.А., Савельева Н.Ю., Кокорина Н.Г., Куулар Ж.С. **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА СТРУКТУРУ И СОРБЦИЮ ИОНОВ ЦЕЗИЯ НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КОМПОЗИТАХ** 497

Чуракова Д. Д., Прокудина В.А., Маслов К.В., Токарь Э.А. **ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И СОРБЦИОННО-СЕЛЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К УРАНУ, КОМПОЗИТНЫХ Se-ПРОИЗВОДНЫХ АМИДОКСИМОВ ОТ ТИПА МАТРИЦЫ** 499

Прокудина В.А., Чуракова Д. Д., Маслов К.В., Токарь Э.А. **КОМПОЗИТНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ АМИДОКСИМОВ И ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ ИЗ ЖИДКИХ СРЕД** 501

Раздел XVIII ЭКОЛОГИЯ 503

Барботько У.Д., Лемешко П.В., Пикалова Н.А. **СИНАНТРОПНЫЕ ВИДЫ ВО ФЛОРЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА** 503

Беланов М.А. **ПЕРЬЯ ПТИЦ КАК НЕРАЗРУШАЕМЫЙ БИОМАТЕРИАЛ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ** 505

Боровкова А. Д., Миронова Е. К. **УРОВНИ ГХЦГ И ДДТ В ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКАХ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)** 507

Воронина Е. В., Дроздовская О.А. **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД О. РУССКИЙ** 509

Демченко В.И. **МЕЖПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ РАЗМЕРОВ ОСНОВНЫХ ОТДЕЛОВ КИШЕЧНИКА У ДВУХ ВИДОВ МЫШЕЙ РОДА *APODEMUS*** 510

Дюрдеева А. А. **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ г. ЧЕЛЯБИНСКА МЕТОДАМИ БИОМОНИТОРИНГА** 512

Морозова Т. С. **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ И ПАЛТУСОВИДНОЙ КАМБАЛЫ ОХОТСКОГО МОРЯ** 514

Нгуен Т. К. **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПИРОЛИЗЕ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В БИОУГЛЕ** 516

Нгуен Т. К. **ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИОУГЛЯ ВО ВЬЕТНАМЕ** 517

Нгуен Т. К. **ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ВХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ БИОУГЛЯ**.....519

Потапова Д. Е. **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ**.....521

Сторожева Ю.П., Доценко А.А. **ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: МЕТОДЫ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ — КЛЮЧ К ПОИСКУ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**.....523

Тегай В.В., Ковековдова Л.Т. **МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ (Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn) В ПОЧВАХ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ Г. УССУРИЙСКА**.....524

Ткаченко О.А. **МИКРБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ Г.ВЛАДИВОСТОКА** 525

Удовикин Т.Р. , Черняев А.П., Цыганков В.Ю. **ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ ЕЖЕЙ (*MESOCENTROTUSNUDUS*): ПОЛИЯДЕРНЫЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ** 527

Фам Т. Т. **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПАТОГЕННЫЕМИКРООРГАНИЗМЫ ПОЧВ ПРИ ДООЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НА ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ** 530

Хокканен С. Н. **БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ ОТ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯПОНСКОГО МОРЯ** 532

Шестёра А.А. **ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕСНЫХ ВОДОТОКОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ П-ВА КАМЧАТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОРГАНИЗМА *SCENEDESMUS QUADRICAUDA*** 534

Юнусова А.Д., Дроздовская О.А. **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛЯЖНЫХ ЗОН УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА** 536

Юрикова Е.А. **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ МОРСКОГО ЛЬДА В МИРЕ И ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО** 538

Раздел XIX МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ 540

Хромова С. В., Чудовская Е. М. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ Mg^{2+} В БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ДОБАВКАХ**.....540

Седышева П.А., Громыко А.А. **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ФОТОЛЮМИНОФОРОВ**.....541

Стафиевская М. С., Громыко А.А. **ЛЮМИНОФОРЫ В КРИМИНАЛИСТИКЕ**.....543

Ходорова Я.А. **ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА УРОВЕНЬ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПО ОКОНЧАНИИ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ** 544

Утимишева В.Н. **ВТОРАЯ ЖИЗНЬ БУМАГИ**.....545

Черепанова М.В., Патрушев Д.К., Кондратюк А.В., Чуйко Е.Ю. **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**.....546

Степанченко М.А. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИБИОТИКА ЛЕВОМИЦЕТИНА В МЕДЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**.....548

Морозенко Егор Антонович **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ В СЛУЧАЕ ПОЛНОГО ТАЯНИЯ МИРОВЫХ ЛЕДНИКОВ**.....550

Тон Т.А. **ЭЛЕКТРОННЫЕ СИГАРЕТЫ – НОВАЯ УГРОЗА ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ** 551

Каташук Е. Е. **ТРЕНИНГ ПО ПОВЫШЕНИЮ САМООЦЕНКИ КАК СПОСОБ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ ОТНОШЕНИЙ**.....553

Раздел I БИОРАЗНООБРАЗИЕ

Дёмина А.С.[1]

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ВИДОВ СЕКЦИИ *LUPINASTER* В РОДЕ *TRIFOLIUM* L. (FABACEAE)

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель - к.б.н., доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ, зав. лабораторией интродукции и селекции БСИ ДВО РАН, В.А. Калинкина

Крахмал – один из важнейших продуктов фотосинтеза. Это полисахарид, состоящий из амилозы и амилопектина, используемый в качестве запасаемого источника энергии большинством автотрофных растений. Зёрна крахмала имеют довольно стабильную структуру и способны сохраняться в неизменном виде на протяжении тысяч лет [1]. Эти структуры имеют диагностические морфологические признаки, которые можно использовать для определения родов, видов и, в некоторых случаях, разновидностей растений [2].

Не смотря на многолетние исследования в сем. Fabaceae есть спорные в систематическом отношении виды. Виды секции *Lupinaster* - *Trifolium lupinaster* и *T. pacificum* отличаются распространением, экологической приуроченностью и незначительной изменчивостью формы листовой пластинки [3,4]. В современной систематике (World flora online) [5] данное разделение на виды не поддерживается. Результаты интегративного анализа [6] показали, что для этих видов последовательности ITS идентичны, единичные замены наблюдаются только в области trnL-trnF хпДНК, их морфометрические параметры и форма листовой пластики достоверно отличается. Однако *T. pacificum* следует рассматривать как подвид *T. lupinaster* - *T. lupinaster subsp. pacificum* Kamelin.

Цель настоящего исследования – изучить особенности морфологии крахмальных зёрен в семенах 2 видов секции *Lupinaster* рода *Trifolium*. Задачи: (1) проанализировать морфологической структуры крахмальных зерен в пределах каждого вида; (2) выявить отличительных признаков крахмальных зерен исследуемой группы растений.

Материалом для исследования послужили семена *T. lupinaster* и *T. pacificum*, собранные В.А. Калинкиной в Лазовском районе Приморского края в 2005г. и 2007г. соответственно. Для исследования отбирали семена не поврежденные грибными или вирусными болезнями. Анализ строения крахмальных зёрен проводился в режиме проходящего света, поляризации и DIC-контраста при увеличении 400-600х. Для каждого вида было измерено и описано по 100 крахмальных зёрен. Для обработки и анализа данных использовали пакет программ MS Office.

Размеры крахмальных зёрен анализируемых видов очень маленькие 0,95 - 6,3 мкм, форма преимущественно округлая, поверхность – гладкая. Поляризационный крест чаще прямой для *T. pacificum* и прямой в половине случаев (50% - косой) – для *T. lupinaster*. Лучи поляризационных крестов для обоих видов как правило прямые. Хилум, складки и ламели встречаются только в *T. lupinaster* (32%, 2% и 7% соответственно), трещин нет в обоих видах.

Выводы

1) Крахмальные зёрна обоих видов практически идентичны, имеют маленькие размеры, находящиеся в одном диапазоне, как правило, округлой формы, поверхность гладкая. В отличие от *T. lupinaster* у *T. pacificum* поляризационный крест преимущественно прямой. Лучи поляризационных крестов как правило прямые, Складки и ламели изредка встречаются только у *T. lupinaster*, трещины не встречаются.

2) Сложно идентифицируемые морфологически и даже филогенетически виды, так же могут практически не иметь отличия в строение крахмальных зерен. *T. lupinaster* значимо отличается от *T. pacificum* только по видимости хилума, и статистически по форме лучей поляризационного креста, что подтверждает его положение как подвида *T. lupinaster.*

Список литературы

1. Loy, T. H. Direct evidence for human use of plants 28,000 years ago: Starch residues on stone artefacts from the northern Solomon Islands / T. H. Loy, M. Spriggs, S. Wickler // Antiquity. – 1992. – Vol. 66. – P. 898-912

2. Reichert, E.T. The Differentiation and Specificity of Starches in Relation to Genera, Species / E.T. Reichert // Carnegie Institution of Washington, Washington DC. – 1913. – С. 18-30.

3. Бобров, Е.Г. Виды клеверов СССР / Е.Г. Бобров / Тр. Ботан. института АН СССР. – 1947. – Сер. 1. – Вып. 6. – С. 165-331.

4. Павлова Н.С. Сем. Бобовые – Fabaceae. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 4 / Н.С. Павлова // Под ред. С.С. Харкевича. Л.: Наука. – 1989. – С. 327-337.

5. World flora online [электронный ресурс]. – URL: http://www.worldfloraonline.org/ - Дата обращения. 19.06. 2021

6. Kalinkina, V.A. Diversity and taxonomy of the *Trifolium lupinaster* polymorphic complex in Eastern Europe and Asia / V.A. Kalinkina, Y.V. Mikhailova, D.E. Kislov // Flora. – 2020. – Vol. 267.

Тхай Х.Н.[1], Нестерова С.В.[2], Горобец К.В.[1], Царенко Н.А.[1]

ВСХОЖЕСТЬ И ДИНАМИКА ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *ASTRAGALUS ULIGINOSUS* L. И *LESPEDEZA CYRTOBOTRYA* MIQ. (СЕМ. FABACEAE LINDL.) РАЗНЫХ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ
[2]Лаборатория флоры Ботанический сад-институт ДВО РАН
Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. С.В. Нестерова

Виды *Astragalus uliginosus* L. и *Lespedeza cyrtobotrya* Miq. (сем. Fabaceae (Lindl.) помимо своих декоративных качеств обладают и другими хозяйственно-ценными признаками: *L. cyrtobotrya* прекрасный меднос, а надземные части растений *A. uliginosus* используют с лечебной целью [4]. Помимо этого, вид *L. cyrtobotrya* встречается в Росси только на юге Хасанского района (Приморский край) и включен в Красную Книгу России и Красную Книгу Приморского края [1].

Исследований, в которых рассматриваются вопросы прорастания семян растений Приморского края после хранения, немного, а для семян *A. uliginosus* только одна [2]. Актуальность подобных исследований определяется тем, что результаты работы могут использоваться при размножении декоративных видов, для создания плантаций лекарственных растений, решения вопросов охраны редких растений *ex situ*, для работ по реинтродукции исчезающих видов в природные места обитания.

Цель нашей работы – изучить всхожесть семян *Astragalus uliginosus* и *Lespedeza cyrtobotrya* (сем. Fabaceae) разных сроков хранения.

Материалом исследования послужили семена *Astragalus uliginosus* и *Lespedeza cyrtobotrya* флоры Приморского края. Для опыта был взяты по три образца каждого вида, собраных в разные годы. Число семян использованных в работе – 558 штук. Собранные семена хранили в бумажных пакетиках

в лабораторном помещении Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской Академии наук (БСИ ДВО РАН) при температуре от +19°С до +24°С.

Всхожесть семян исследовали в лаборатории флоры БСИ ДВО РАН методом проращивания в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при комнатной температуре. Брали по 17-25 штук семян в трёх повторностях, проводя периодический подсчет в течение 50 дней.

Семена, длина корешка которых была равна или превышала длину семени [5], считались проросшими. Для вывода семян из состояния покоя, они подвергались предпосевной обработке [3]. Для семян исследованных видов бобовых применяли два метода скарификации – скарификация концентрированной H_2SO_4 и термическое воздействие кипящей водой. Сравнение проводили с контролем – прорастание семян тех же сроков хранения без предпосевной обработки.

Astragalus uliginosus. После 33-летнего хранения, и последующей обработки концентрированной H_2SO_4 проросло более 70 % семян в течение 24-х дней, а после ошпаривания кипятком – около 20 % в течение 30-и дней. Всхожесть семян без предпосевной обработки (контроль) была самой низкой на протяжении всех 50-ти дней наблюдений (рисунок 1). По литературным данным, семена этого вида после шести лет хранения и обработки кислотой, имели всхожесть 30 %, а 70 % семян остались твердыми [2]. Нами было отмечено, что доля твердых семян после обработки кислотой снизилась почти в 3,5 раза, а после ошпаривания кипятком снижение составило только 4 % по сравнению с контролем. В ходе проращивания семян было отмечено 4-5 % гнилых семян во всех вариантах опыта (таблица 1). Наблюдения за динамикой прорастания семян показали, что наиболее активно они прорастали в первые 3-5 дней (рисунок 1Б).

Таблица 1

Результаты проращивания семян *A. uliginosus*

Опыт	Время прорастания, дней	Всхожесть, %	Гнилые семена, %	Твёрдые семена, %
Контроль	50	14,67	4,00	81,33
H_2SO_4	24	72,00	4,00	24,00
100°С	30	17,33	5,33	77,33

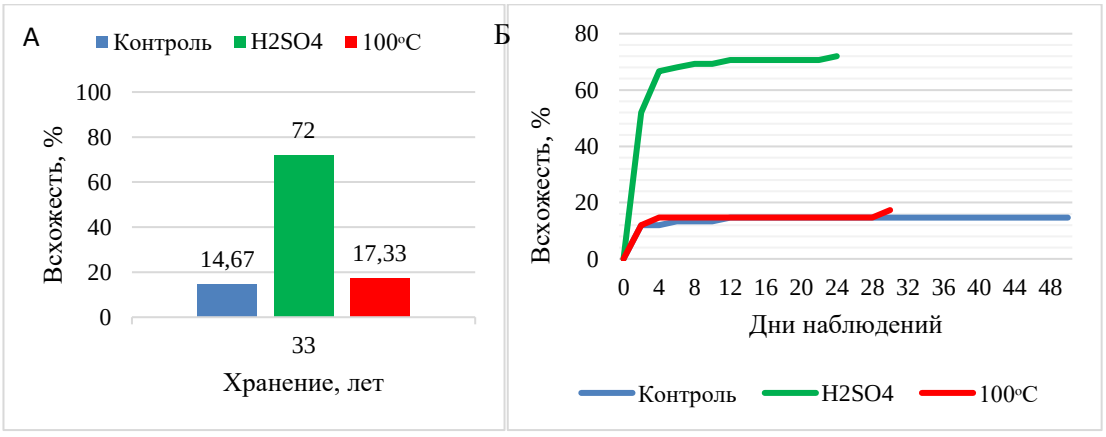


Рисунок 1 - Результаты проращивания семян *A. uliginosus* (сбор 1989 г.): (А) всхожесть семян, (Б) динамика прорастания семян.

В результате исследования установлено, что всхожесть семян *A. uliginosus* после 33 лет хранения выше, чем после 6 лет хранения. Для преодоления физического покоя эффективное воздействие оказывает обработка семян концентрированной серной кислотой.

Lespedeza cyrtobotrya. После 34 лет хранения всхожесть семян, обработанных кислотой, была значительно ниже, а доля твердых семян более 40% по сравнению с семенами, срок хранения которых составил 7 лет. Всхожесть семян, срок хранения которых составил 7 лет, после обработки их как

кислотой, так и кипятком составила почти 100 %, а доля гнилых семян и твердых была очень низкой. Такой же результат был получен и в контроле. Отмечено, что период прорастания семян, обработанных кислотой, после хранения 34 года был значительно длиннее, чем у семян после 7 лет хранения. Семена, обработанные кипятком, прорастали за 6-8 дней (таблица 2, 3, рисунок 2).

Таблица 2

Результаты проращивания семян *L. cyrtobotrya* (сбор 1988 г.)

Опыт	Время прорастания, дней	Всхожесть, %	Гнилые семена, %	Твёрдые семена, %
Контроль	50	0,00	50,98	49,02
H_2SO_4	22	21,57	33,33	45,10
100°C	8	37,25	62,75	0,00

Таблица 3

Результаты проращивания семян *L. cyrtobotrya* (сбор 2015 г.)

Опыт	Время прорастания, дней	Всхожесть, %	Гнилые семена, %	Твёрдые семена, %
Контроль	50	95,00	0,00	5,00
H_2SO_4	8	96,67	1,67	1,67
100°C	6	96,67	3,33	0,00

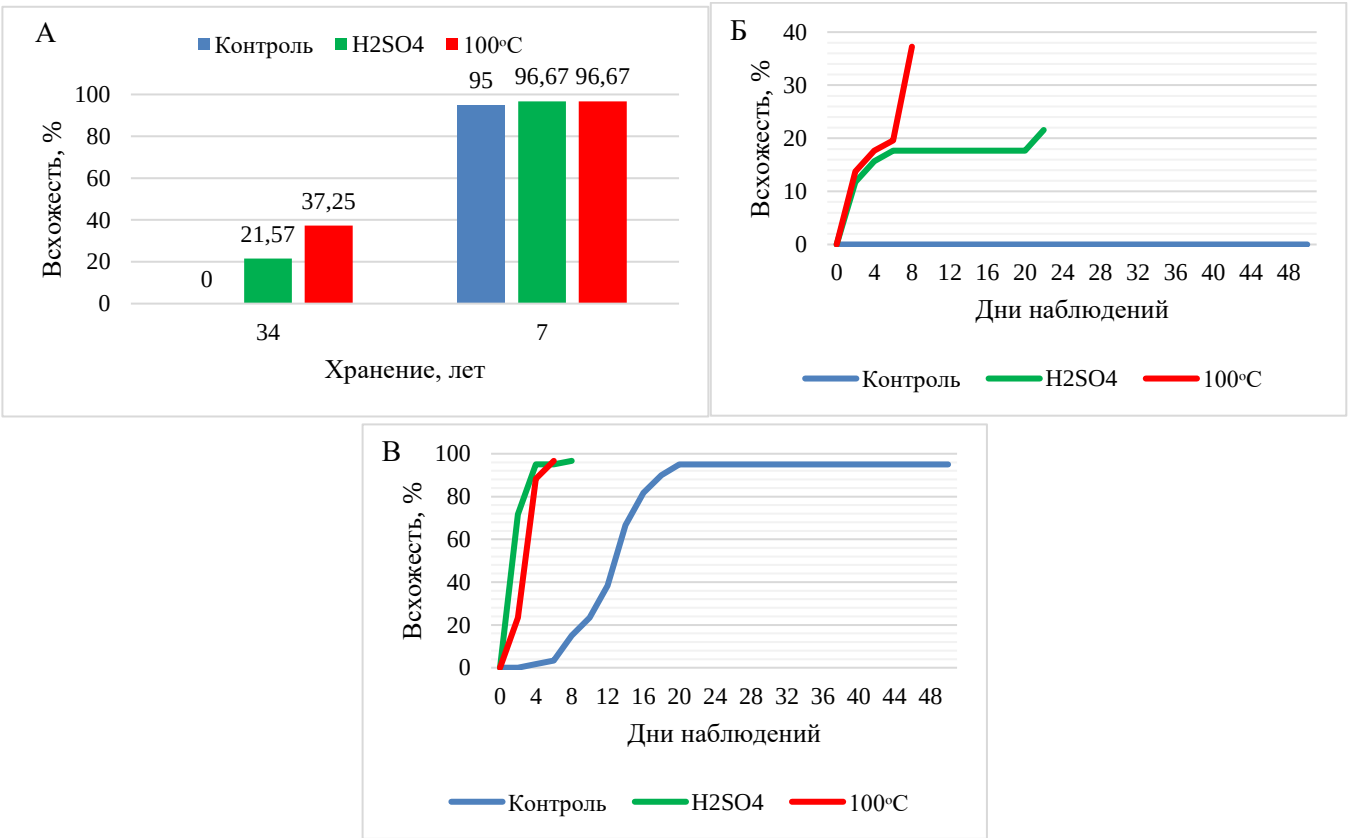


Рисунок 2 - Результаты проращивания семян *L. cyrtobotrya*: (А) всхожесть семян, (Б) динамика прорастания семян (сбор 1988 г.) и (В) динамика прорастания семян (сбор 2015 г.).

Низкую всхожесть и высокую долю гнилых семян после 34 лет хранения можно объяснить появлением микротрещин в кожуре под воздействием внешних факторов среды – колебание влажности и температуры воздуха, что делает кожуру обработанных семян более проницаемой для воды и патогенных микроорганизмов при проращивании.

Результаты наших исследований показывают, что перед проращиванием семена *L. cyrtobotrya*

можно обрабатывать серной кислотой или кипятком.

Список литературы

1. Кожевников, А.Е. Иллюстрированная флора Приморского края, Дальний Восток России / А.Е. Кожевников, З.В. Кожевникова. – М.: Квак, Б. Я. Ли. – Национальный институт биологических ресурсов, 2019. – 1124 с.

2. Нестерова, С.В. Всхожесть семян некоторых представителей семейства бобовых после длительного хранения / С.В. Нестерова, А.Б. Холина, А.А. Воронков // Животный и растительный мир Дальнего Востока: (Сб. науч. тр.). – Уссурийск. – 1997. – Вып. 3. – С. 207 – 210.

3. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.

4. Пробатова, Н.С. Сем. Бобовые - Fabaceae Lindl. (Leguminosae Juss.). В кн.: Сосудистые растения советского Дальнего Востока Т.4. / Н.С. Пробатова. – Л.: Наука, 1989. – С. 191-339.

5. Фирсова, М.К. Семенной контроль / М.К. Фирсова. – М.: Колос, 1969. – 295 с.

Столетова Н.В.[1], Миронова Л.Н.[2], Дудкин Р.В. [1,2], Царенко Н.А.[1]

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ СТРАТИФИКАЦИИ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ СОРТОВ РАЗНЫХ ГРУПП ИРИСОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ГРУНТА ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[2]Лаборатория интродукции и селекции Ботанический сад-институт ДВО РАН
[1]Научный руководитель – к.б.н., доцент Р.В. Дудкин
[2]Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. Л.Н. Миронова

Ирисы – идеальные растения для озеленения, так как не только украшают окружающее пространство великолепием многообразной окраски цветков, наряду с причудливыми формами лепестков, но и повышают плодородие почвы, путем улучшения ее структуры своей мощной мочковатой корневой системой [1].

У ирисов размножение вегетативное и семенное. Надёжным и простым способом вегетативного размножения – является деление кустов на посадочные единицы [2]. Однако вегетативный способ размножения ирисов путем деления корневища малоэффективен для производственных целей, особенно если сорта имеются в ограниченном количестве и невозможен при создании новых сортов и гибридных форм. Семенное же размножение ирисов характеризуется замедленным прорастанием семян. Для повышения всхожести семян ирисов используют такие методы предпосевной обработки, как стратификация и скарификация [3].

Семена ирисов скарифицируют методом, предложенным Г. И. Родионенко и примененным М.М. Ишмуратовой и А.Ф. Рахимовой при размножении гибридов между сортами и видами ирисов. Надрезают перикарп в зоне рубчика, так как полное удаление околоплодника семян не повышает всхожесть [4]. Стратификация семян в свою очередь значительно повышает их всхожесть [5]. Установлено, что семена *Iris ensata* и *I. setosa* сохраняют всхожесть в течение четырех лет, семена *I. pseudacorus* и *I. versicolor* – в течение пяти лет, а семена *I. sanguinea* – в течение шести лет [6].

Цель нашей работы – исследовать оптимальные условия стратификации для максимальной всхожести семян некоторых сортов разных групп ирисов в условиях открытого грунта юга Приморского края.

Материалом исследования послужили семена, собранные в 2021 году с сортов ‘Mini Dinamo’ *I.*

x hybrida hort. (группа Бородатых ирисов), ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* (группа Межвидовых гибридов), ‘Botansakura’ *I. x ensata* (группа Японских ирисов). Всего в исследовании было использовано 450 семян.

Стратификацию семян разными температурными условиями проводили по методике Н.В. Цицина (1980) [7] в 2021-2022 гг. в лаборатории интродукции БСИ ДВО РАН. На каждый способ от каждого сорта было отобрано по 50 семян.

14 октября 2021 года семена положили в холодильник для стратификации низкими положительными температурами (+3°С) в течение последующих 4 месяцев. 27 января 2022 года семена положили в морозильную камеру для стратификации отрицательными температурами (– 15°С) в течение последующего месяца. 1 марта 2022 года контрольные семена, не подвергавшиеся стратификации, и семена, прошедшие стратификацию, были посажены в почву.

Семена проращивали в почве. Всхожесть семян определяли по количеству всходов.

По результатам исследования установлены разные сроки всхожести семян (рисунок 1), прошедших стратификацию отрицательными температурами (–15 °С): у сорта сорта ‘Botansakura’ *I. x ensata* взошли через 15 дней, у сорта ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* через 23 дня, а семена сорта ‘Mini Dinamo’ *I. x hybrida hort.* не взошли вообще.

Всхожесть семян, прошедших стратификацию низкими положительными температурами (+3 °С) была более продолжительной. Так семена сорта ‘Botansakura’ *I. x ensata* взошли через 28 дней, сорта ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* через 31 день, а сорта ‘Mini Dinamo’ *I. x hybrida hort.* взошли через 32 дня (1 апреля).

Контрольный посев семян (без стратификации) показал, что семена сорта ‘Botansakura’ *I. x ensata* взошли через 29 дней, сорта ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* через 31 день, а сорта ‘Mini Dinamo’ *I. x hybrida hort.* не взошли вообще.

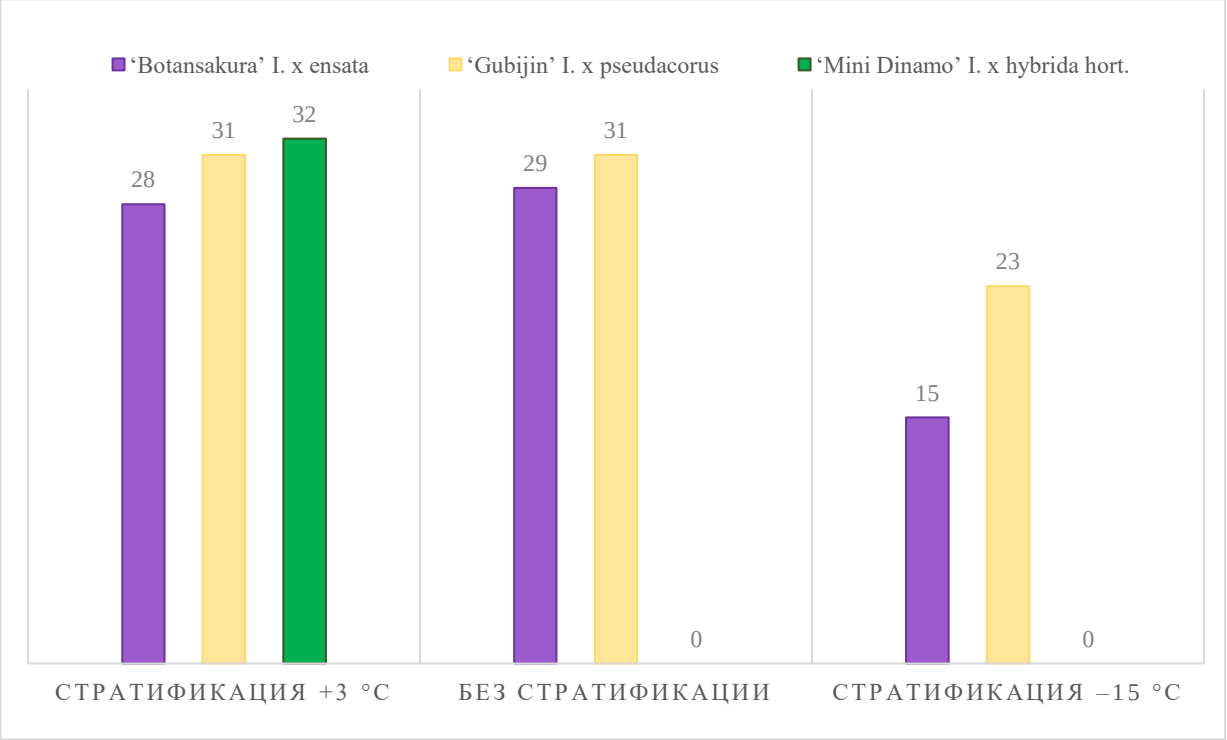


Рисунок 1 – Количество дней, прошедших со времени посадки до всхода семян

Общее количество взошедших сеянцев неодинаково. Всхожесть семян составляла (рисунок 2):

а) Взошедшие семена после стратификации низкими положительными температурами (+3 °С): сорт ‘Botansakura’ *I. x ensata* – 8 сеянцев; сорт ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* – 7 сеянцев; сорт ‘Mini Dinamo’ *I. x hybrida hort.* – 2 сеянца.

б) Взошедшие семена после стратификации отрицательными температурами (–15 °С): сорт

‘Botansakura’ *I. x ensata* – 35 сеянцев; сорт ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* – 21 сеянцев; сорт ‘Mini Dinamo’ *I. x hybrida hort.* – 0 сеянцев.

в) Взошедшие семена без стратификации: сорт ‘Botansakura’ *I. x ensata* – 8 сеянцев; сорт ‘Gubijin’ *I. x pseudacorus* – 9 сеянцев; сорт ‘Mini Dinamo’ *I. x hybrida hort.* – 0 сеянцев.

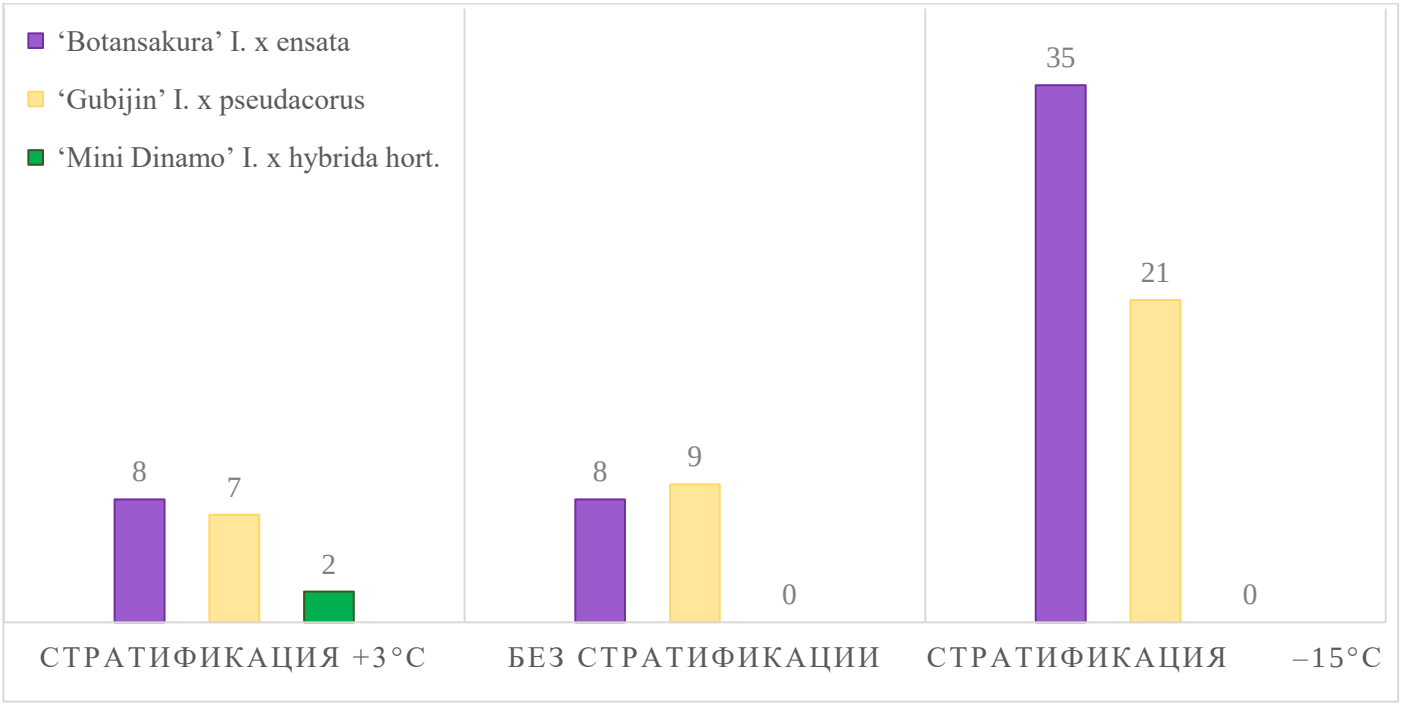


Рисунок 2 – Всхожесть семян

Наибольшая всхожесть семян наблюдалась у семян, подвергавшихся стратификации отрицательными температурами (–15 °С).

Таким образом, в условиях культуры на юге Приморского края семена групп Японских ирисов и Межвидовых гибридов для максимальной всхожести и наименьшему сроку прорастания следует подвергать стратификации отрицательными температурами, в то время как семена группы Бородатых ирисов прорастают только после стратификации низкими положительными температурами.

Список литературы

1. Родионенко, Г. И. Род Ирис – Iris L./ Г. И. Родионенко. – Л.: Издательство академии наук СССР, 1961. – 216 с.

2. Решетникова, Л. Ф. Особенности вегетативного размножения ириса гибридного (*Iris hybrida* hort.) / Л. Ф. Решетникова // Экосистемы. – 2016. – №6 (36). – С. 107-110.

3. Миронова, Л.Н. Семенное и вегетативное размножение дикорастущих ирисов Приморья / Л.Н. Миронова // Ботанические исследования на Дальнем Востоке. – 1980. – С. 22-34.

4. Андросова, Д.Н. Влияние предпосевной обработки семян на всхожесть видов рода Iris / Д.Н. Андросова, Н.С. Данилова, Е.А. Афанасьева // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2017. – №4 (88). – С. 109-113.

5. Солдатов, С.А. Способы преодоления покоя семян и особенности культивирования растений рода Iris в условиях in vitro / С.А. Солдатов, Г.А. Карпова // ИВУЗ ПР Естественные науки. – 2020. – №4 (32). – С. 24-31.

6. Бородич, Г.С. Всхожесть семян некоторых интродуцированных видов ирисов при длительном хранении / Г.С. Бородич // Hortus botanicus. – 2020. – Т. 15. – С. 254-263.

7. Цицин, Н.В. Методические указания по семеноведению интродуцентов / Н.В. Цицин. – М.: Наука, 1980. – 63 с.

Никищенко В. Е.[1,2]

РЕГУЛЯЦИЯ СЕРОТОНИН-ДОФАМИН ЗАВИСИМОЙ СИСТЕМЫ ЛИЧИНОК *CRASSOSTREA GIGAS*

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[2]Национальный научный центр морской билогии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН
[2]Научный руководитель - к.б.н., зав. лаб. биофизики клетки ННЦМБ ДВО РАН В.А. Дячук

Личинки большинства видов двустворчатых моллюсков (Bivalvia) ведут планктонный образ жизни, мигрируя в толще воды. Важным аспектом в данном образе жизни являются тропизмы: тяготение ко дну либо к верхним слоям воды. Регуляцию такого механизма выполняют серотонин- и дофаминэргическая нервные системы. Они являются антагонистами друг другу по действию: серотонин-зависимая система отвечает за всплытие, а дофамин-зависимая – за опускание ко дну [1]. Понимание работы данных механизмов и способов влияния на них может дать знание о том, каким образом личинки двустворчатых моллюсков распространяются в окружающей среде, а также о влиянии биогенных и антропогенных факторов на физиологию личинок.

Целью нашего исследования являлось изучение регуляции двигательной активности личинок *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) на разных стадиях развития путем физиологической модуляции серотонин- и дофаминэргической нервных систем. У двустворчатых моллюсков развитие нервной системы начинается со стадии трохофоры [2], поэтому для изучения регуляции серотонинэргической системы были отобраны личинки стадии трохофоры (36 часов после оплодотворения (ч.п.о.)), раннего велигера (48 ч.п.о.) и 5-дневного велигера. Регуляция серотонинэргической нервной системы осуществлялась путем инкубации в морской воде с добавлением 10^{-6} М серотонина, 10^{-6} М 5-гидрокситриптофана, 10^{-6} М 4-хлор-L-фенилаланина и без добавок (контроль).

Первые признаки дофаминэргической системы у двустворчатых моллюсков появляются на стадии раннего велигера [3]. Для исследования модуляции дофаминэргической нервной системы были выбраны личинки на стадии раннего (48 ч.п.о.) и 5-дневного велигера, которых инкубировали в фильтрованной морской воде без добавок (контроль), с 10^{-6} М дофамина, с 10^{-5} М L-дигидроксифенилаланина (L-ДОФА), с 10^{-6} М 4-хлор-L-фенилаланина и последующим добавлением 10^{-5} М L-ДОФА. Для наблюдения за ответной реакцией личинок использовались устройства, состоящие из двух пластиковых шприцов объемом 3 мл, соединенных друг с другом наконечниками и скрепленных силиконовыми трубочками [4]. После этого воду из каждого шприца сливали в отдельные часовые стекла, где происходил подсчет личинок с последующей фиксацией 4% параформальдегидом на однократном натрий-фосфатном буфере.

Нами было показано, что с возрастом личинки без внешнего воздействия на нейромедиаторную регуляцию сами по себе тяготеют ко дну: в контроле на стадии трохофоры осело 76% личинок, на стадии раннего велигера значение осевших личинок колеблется от 50 до 84%, на стадии 5-дневного велигера осело 99-100% личинок. Инкубация с 5-гидрокситриптофаном – метаболическим предшественником серотонина – по-видимому, стимулировала синтез собственного серотонина, что вызывало увеличение активности личинок на стадии трохофоры – 65% личинок на данной стадии всплыло. На стадии раннего велигера разница между всплывшими (45%) и осевшими (55%) несильно отличалась от контроля. На стадии 5-дневного велигера после инкубации с 5-гидрокситриптофаном всплыло 100% личинок. 4-хлоро-L-фенилаланин является ингибитором синтеза серотонина, что проявляется в поведении личинок на всех стадиях тяготением ко дну. На стадии трохофоры осело 86%

личинок, осевших среди ранних велигеров – 62%, среди 5-дневных велигеров – 82%. Инкубация с серотонином и последующим распределением личинок на разных стадиях в толще воды показала следующие результаты: на стадии трохофоры наблюдалось всплытие личинок (69%), на стадии раннего велигера наблюдается оседание 62% личинок, а на стадии 5-дневного велигера осело 94% личинок. Предположительно, у личинок с возрастом вырабатывается второй способ регуляции активности на основе серотонина: в то время как биосинтезированный серотонин стимулирует всплытие личинок на многих стадиях, что и было показано на опытах с инкубацией с 5-гидрокситриптофаном, серотонин, поступающий извне, с возрастом оказывает противоположный эффект, что может быть связано с появившейся на более поздних стадиях развития новой системой регуляции.

Дофамин является антагонистом серотонину по регуляции активности личинок. Инкубация с дофамином приводила к тяготению личинок ко дну на всех стадиях развития: среди ранних велигеров осело 82%, а из 5-дневных велигеров – 80%. L-ДОФА является метаболическим предшественником дофамина, инкубация с ним стимулировала синтез собственного дофамина, поэтому эффект от инкубации с L-ДОФА похож на воздействие дофамином – наблюдалось оседание среди ранних (75%) и 5-дневных (89%) велигеров. При совместной инкубации с 4-хлоро-L-фенилаланином и L-ДОФА ожидалось, что подавление синтеза серотонина и повышение уровня собственного дофамина приведет к тому, что личинки будут тяготеть ко дну. В результате на стадии раннего велигера осело 65% личинок, а на стадии 5-дневного велигера осело 84%.

Таким образом, в нашем исследовании были показаны роли серотонин- и дофаминэргической систем личинок *C. gigas* в регуляции двигательной активности на различных стадиях развития. Стимуляция серотонин-зависимой нервной системы приводит к всплытию, а ее ингибирование – к опусканию ко дну. В это же время стимуляция дофамин-зависимой системы приводит к тому, что личинки начинают в большей степени тяготеть ко дну.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (21-74-30004).

Список литературы

1. Beiras R., Widdows J. Effect of the neurotransmitters dopamine, serotonin and norepinephrine on the ciliary activity of mussel (Mytilus edulis) larvae / R. Beiras, J. Widdows // Marine Biology. – 1995. – Vol. 122. – P. 597-603.

2. Voronezhskaya E. E. et al. Neuronal development in larval mussel Mytilus trossulus (Mollusca: Bivalvia) / E. E. Voronezhskaya et al. // Zoomorphology. – 2008. – Vol. 127. – P. 97-110.

3. Yurchenko O. V. et al. Nervous system development in the Pacific oyster, Crassostrea gigas (Mollusca: Bivalvia) / O. V. Yurchenko, O. I. Skiteva, E. E. Voronezhskaya, V. A. Dyachuk // Frontiers in Zoology. – 2018. – Vol. 15. – №. 1. – P. 1-21.

4. Battonyai I. et al. Neuronal development in the larvae of the invasive biofouler Dreissena polymorpha (Mollusca: Bivalvia), with special attention to sensory elements and swimming behavior / I. Battonyai et al. // The Biological Bulletin. – 2018. – Vol. 234. – №. 3. – P. 192-206.

Щербакова Е.А.[1,2], Мищенко П.В.[2,3], Ильиных О.Е.[3]

СРАВНЕНИЕ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ БЕЛУХ (*DELPHINAPTERUS LEUCAS*) ПРИ

СОДЕРЖАНИИ В ОТКРЫТЫХ МОРСКИХ ВОЛЬЕРАХ И СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ «ПРИМОРСКОГО ОКЕАНАРИУМА»

[1]Кафедра биоразнообразия и морских ИМО ДВФУ
[2]Лаборатория морских млекопитающих ННЦМБ ДВО РАН
[3]Филиал ННЦМБ ДВО РАН «Приморский океанариум»
[2]Научный руководитель - к.б.н., н.с. лаборатории морских млекопитающих ННЦМБ ДВО РАН П.В. Мищенко

Благодаря многолетнему опыту дельфинарии и океанариумы достигли очень высокого уровня содержания животных. Ветеринарные службы успешно лечат практически все встречающиеся заболевания. Животные размножаются, гибель животных крайне редка, продолжительность жизни отдельных особей превышает среднестатистический возраст животных, встречающихся в природе. А это самое убедительное свидетельство высокого уровня организации кормления. Однако научно обоснованные методики расчета рационов и норм витаминизации и минерализации в доступной нам литературе практически отсутствуют. Специалисты придерживаются рекомендаций общего плана или конкретных примеров суточных рационов по пособию Б.А. Журида, С.А. Верижниковой [1].

На сегодняшний день стоит задача формирования комплексного научно-обоснованного подхода к кормлению морских животных и разработка соответствующих учебно-методических и справочных пособий для сотрудников дельфинариев и океанариумов [1].

Питание является одним из важнейших факторов, опосредующих связь организма с внешней средой и оказывающих решающее влияние на здоровье, рост, развитие и устойчивость организма к воздействию вредных факторов среды обитания [2]. Поэтому разработка рационов, которые будут соответствовать физиологическим потребностям животных с поддержанием высокой пищевой мотивации, естественной природной потребностью белух является основополагающей и важной составляющей содержания этих животных. Цель работы: сравнить рационы питания белух *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776) при содержании в открытых морских вольерах и стационарных условиях.

Рацион питания у особей одного вида животных может отличаться в зависимости от условий содержания, температурного режима, а также могут быть обусловлены возрастом, полом, репродуктивным статусом. Так, в «Приморском океанариуме» - филиале ННЦМБ ДВО РАН, 4 взрослых белух (3 самца и 1 самка) содержат в главном корпусе, при постоянных условиях температуры воды 18,5/20°С (зима/лето) и воздуха 18/24°С (зима/лето) и 4 взрослых белух (самки) содержат в открытом вольерном комплексе в б. Парис острова Русский, где средняя температура воды -1,5/24,2°С (зима/лето) и воздуха -15/23°С (зима/лето).

По результатам исследования было выявлено, что в рационах питания животных вольерного комплексов и главного корпуса присутствует неодинаковый видовой состав кормовых объектов (таблица 1). По данным за 2022 год, в рационе белух, содержащихся в открытых морских вольерах, присутствуют 9 видов рыб и 1 моллюск, в то время как у белух, содержащихся в условиях главного корпуса разнообразие видов корма меньше, 8 видов рыбы и 1 моллюск. В рационах белух вольерного комплекса преобладали: терпуг (*Pleurogrammus sp.*), сельдь (*Clupea pallasii*), горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*), корюшка (*Osmerus sp.*), кета (*Oncorhynchus keta*). В корме белух главного корпуса преобладали: терпуг (*Pleurogrammus sp.*), сельдь (*Clupea pallasii*), горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*), а также треска (*Gadus macrocephalu*), голец (*Salvelinus sp.*) и кальмар (*Berryteuthis magister*). Было выявлено, что сезонные изменения оказывают значительное влияние на рацион питания белух вольерного комплекса. За всё время исследования отмечено наибольшее потребление корма животными в ноябре и в апреле. В августе и сентябре количество потреблённого корма составляет меньшую часть от годового рациона. Сезонность не оказывала влияния на рационы питания животных

главного корпуса. Белухи, содержащиеся в главном корпусе, в год потребляют больше кг и ккал корма, чем белухи, содержащиеся в вольерном комплексе. Установлена разница в рационах кормления самцов и самок вольерного комплекса и главного корпуса. Так, самки белух вольерного комплекса съедают на 26,2-32,5% кг и на 30,2-38,1% ккал меньше корма, чем самка главного корпуса. Самцы главного корпуса съедают на 19,2-62,4% кг и ккал 10,4-56,6% больше всех самок.

Таблица 1

Потребление кормовых объектов белухами вольерного комплекса и главного корпуса «Приморского океанариума» за 2022 год

	ВК				ГК			
	Юкка	Двойка	Луна	Лена	Лер	Нил	Джессика	Мий
Голец (*Salvelinus sp.*) (кг)	398,5	377,3	373,8	334,95	1035	0	1183	0
Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) (кг)	788,3	748,9	768,1	726,144	1814	1544	2114,1	1087
Кета (*Oncorhynchus keta*) (кг)	694,1	638,2	668,1	593,1	397	761	544	632
Корюшка (*Osmerus sp.*) (кг)	753,99	774,22	761,81	704,75	168	469	231	663
Минтай (*Gadus chalcogrammu*) (кг)	139,3	140,35	137	101	0	0	0	0
Мойва (*Mallotus sp.*) (кг)	149,77	154,5	156,4	151,45	0	0	0	0
Навага (*Eleginus gracilis*) (кг)	572,35	600,35	620,7	589,14	584	379	138	284
Сельдь (*Clupea pallasii*) (кг)	1093,05	1009,1	986,45	872,4	1992	2190	1842,9	2278
Терпуг (*Pleurogrammus sp.*) (кг)	1434,75	1293,3	1295,1	1281,95	2547,3	2817	885	2541
Треска (*Gadus macrocephalu*) (кг)	0	0	0	0	0	1653	1119	1957
Кальмар (*Loligo sp.*) (кг)	195,35	208,75	212,35	205,25	820	1095	365,9	567

Таблица 2

Соотношение потребленного корма самцами и самками белух вольерного комплекса и главного корпуса в кг и ккал за 2022 год, % (За 100% взят рацион самки белухи ГК Джессики)

Джессика, 100% Килограммы				Джессика, 100% Килокалории			
Главный корпус		Вольерный комплекс		Главный корпус		Вольерный комплекс	
Лер, ♂	< 27,6	Лер, ♂	< 27,6	Лер, ♂	< 27,6	Лер, ♂	< 18,5
Нил, ♂	< 29,9	Нил, ♂	< 29,9	Нил, ♂	< 29,9	Нил, ♂	< 18,4
Мий, ♂	< 19,2	Мий, ♂	< 19,2	Мий, ♂	< 19,2	Мий, ♂	< 10,4

Работа была выполнена на базе центра коллективного пользования «Приморского океанариума» - филиала ННЦМБ ДВО РАН.

Список литературы

1. Журид, Б. А. Кормление морских млекопитающих в океанариуме / Б. А. Журид. – М.:, «Аквамарин», 2000. – 368 с.

2. Яблоков, А.В. Морфологические особенности белухи (Delphinapterus leucas, Pall) как представителя зубатых китообразных / А. В. Яблоков. – М.: Акад. наук СССР, ин-т морфологии животных им. А. Н. Северцова, 1959. – 346 с.

Макеева А.И.[1]

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ И РОСТЕ *YAGUDINELLA NOTABILIS* В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

[1]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет

Возрастная структура является важнейшей характеристикой популяции, на которую оказывают влияние рождаемость и смертность. Соотношение возрастных групп в популяции с одной стороны определяет ее способность к размножению в данный момент, а с другой показывает, чего можно ожидать в будущем. Изучение и анализ возрастных и ростовых характеристик необходимо для любых животных. В том числе и для двустворчатых моллюсков так как они являются важной частью экосистем. В случае с нашим объектом подобные литературные данные отсутствуют.

Ягудинелла нотабилис (*Yagudinella notabilis*) распространена в Беринговом, Охотском и Японском морях. В Японском море встречается к северу от м. Поворотный на глубинах от 30 до 80 м при летней температуре придонного слоя воды от 1 до 10 °С [1]. Также моллюск отмечен на краю шельфа и свале глубин в самой южной части залива Петра Великого в диапазоне глубин 77–207 метров на чистых и илистых песках, предпочитая последние. Наибольшая длина раковины по литературным данным составила 108 мм [2].

Особи для исследования были собраны в ходе траловой съемки сотрудниками лаборатории промысловых беспозвоночных Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО) в 2021 г. с глубин 52-354 м. Пользуясь случаем, выражаем искреннюю благодарность Р.В. Власенко за предоставленный материал и всестороннюю помощь в работе. Было проанализировано 30 особей для каждой определен возраст и построены индивидуальные кривые роста и приростов.

Исследования проводились стандартными гидробиологическими методами. Промеры выполняли с помощью штангенциркуля, а массу створок определяли с помощью электронных весов с точностью до 0,1 г.

Рост и возраст каждой особи определяли по скульптурным элементам на наружной поверхности раковины (кольцам роста) и соответствующих им структурным меткам, которые хорошо видно на радиальном спиле в наружном слое створки [3].

Раковины распиливали алмазным диском под струей воды при помощи бормашины (способ мокрой резки) в радиальном направлении – перпендикулярно к наружной поверхности от макушки к нижнему краю, чтобы пересечь все последовательные линии нарастания. Как правило радиальные спилы рассматривали только на последних годах жизни, где кольца нарастания сильно сгущаются.

Линейный прирост раковины вычисляли как разность между замерами длины раковины для различных моментов времени, фиксируемых линиями нарастания.

По данным исследования линейных размеров показывают, что длина раковин изменялась от 47 до 94 мм, средняя длина составила 75,4 мм. В модальную группу вошли особи от 67 до 86 мм (76,7 %). Высота особей варьировала от 40 до 89 мм, средняя высота – 67,6 мм. Модальную группу составили особи от 60 до 79 мм (76,6)

Как и было сказано ранее для Ягудинеллы нотабилис (*Yagudinella notabilis*) нет литературных данных по максимальному возрасту. В нашей выборке минимальный возраст составил 5 лет при длине 48 мм, а максимальный – 26 лет при длине 94 мм (таблица 1). Модальную группу составили особи от 5 до 16 лет (83,3%).

В среднем пик роста у объектов нашего исследования приходится на 4 год жизни. Так же у некоторых особей наблюдается резкое снижение и увеличение приростов на более поздних годах жизни, возможно это связанно с гидрологическими и гидрохимическими свойствами мест сбора проб.

Таблица 1

Биологические данные Ягудинеллы нотабилис (*Yagudinella notabilis*)
в северо-западной части Берингова моря

Возраст	Размер, мм		Число штук
	min	max	
5	-	48	1
7	44	55	2
8	61	69	2
9	64	69	3
10	-	69	1
11	66	73	3
12	66	83	5
13	-	71	1
14	-	71	1
15	67	81	2
16	75	83	4
17	-	88	1
18	-	81	1
24	-	85	1
25	-	88	1
26	-	94	1

Список литературы

1. Евсеев, Г.А. Двустворчатые моллюски Дальневосточных морей / Г.А. Евсеев, Ю.М. Яковлев. – М.: Обитатели Дальневосточных морей, 2006. – 71 с.

2. Борисовец, Е.Э. Характеристика поселений двух видов рода Serripes (Bivalvia, Cardiidae) в заливе Петра Великого (Японское море) / Е.Э. Борисовец, Д.А. Соколенко // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. – 2016. – С. 56-59

3. Золотарев В. Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков / В.Н. Золотарев. – М.: Наукова думка, 1989. – 101 с.

Манжела Е.В.[1]

ВОЗРАСТ И РОСТ *MERCENARIA STIMPSONI* В НЕКОТОРЫХ БУХТАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

[1]Дальневосточный Государственный Технический Рыбохозяйственный университет

Мерценария Стимпсона (*Mercenaria stimpsoni*) является популярным объектом промысла как в России, так и за рубежом. Среднегодовая добыча, начиная с 2010 года в Приморском крае, составляет 300 тон. Промысел моллюска приобретает большую актуальность в наши дни, поэтому в целях рациональной эксплуатации объекта важную роль играет изучение экологии и биологии объекта. Одним из основных моментов исследований является определение темпа роста вида в конкретных

акваториях. Эти данные позволяют оценить биологический потенциал объекта в определенных условиях.

Мерценария Стимпсона, встречаются на глубине от 1 до 45 м [1]. Селится моллюск на песчаном, илисто-песчаном, мелко-галечном и ракушечном грунтах, предпочитает более рыхлые участки дна. Может зарываться на глубину 20 см. Мерценарии раздельнополы, гермафродитные особи встречаются редко. Нерест с августа по октябрь [1].

По имеющимся литературным данным максимальная продолжительность жизни составляет 46 лет [1]. Однако нами, в ходе последних исследований были найдены особи, возраст которых составил 67 лет.

Целью данного исследования является изучение возраста и роста *Mercenaria stimpsoni* в прибрежных водах Приморья (мыс Проходной, бухта Валентина, бухта Пограничная).

Бухта Пограничная и мыс Проходной расположены в заливе Петра Великого, а бухта Валентина за его пределами северо-восточнее мыса Поворотный. Данные акватории существенно различаются по океанологическим параметрам, в первую очередь по годовому ходу температур [2].

В настоящее время для изучения возраста двустворчатых моллюсков используют метод индивидуального определения, который основан на анализе внутреннего строения раковины. Раковины распиливают алмазным диском под струей воды при помощи гравировальной машинки в радиальном направлении – перпендикулярно к наружной поверхности от макушки к нижнему краю, чтобы пересечь все последовательные линии нарастания. В большинстве случаев выпиливают сектор раковины нижнего края, там, где слои нарастания сильно сгущаются и достоверно определить их количество по скульптуре раковины затруднительно.

Работа основана на данных водолазных гидробиологических исследований в бухте Валентина и у мыса Проходной на глубине 7,5 м, и в бухте Пограничная на глубине 10 м, выполненных в летне-осенние периоды 2012 и 2021 гг сотрудниками Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). Пользуясь случаем, выражаем искреннюю благодарность Власенко Роману Викторовичу за предоставленный материал и всестороннюю помощь в работе. Всего в ходе работ было изучено 75 раковин мерценарии Стимпсона.

Возраст варьировал от 11 до 48 лет в бухте Валентина (7,5 м), у мыса Проходной от 24 до 67 лет (7,5 м), а в бухте Пограничная от 30 до 60 лет (10 м).

Самый долгоживущий представитель был найден у мыса Проходной на глубине 7,5 м.

В бухте Валентина преобладали моллюски с возрастом от 10 до 14 лет, у мыса Проходной моллюски с возрастом от 25 до 29 лет, а в бухте Пограничная от 30 до 39 лет и от 50 до 60 лет.

Исследование роста мерценарии Стимпсона бухты Валентина, мыса Проходной и бухты Пограничная в 2012 и 2021 гг выявило особенности изменения линейных размеров в течении жизни. Наблюдается быстрое увеличение средних размерных показателей от 1 до 6 года жизни в каждой акватории. У более взрослых особей линейный рост замедляется.

Приросты в первые годы жизни моллюсков составляли 4–14 мм по длине. Максимальные приросты отмечены на 3 году жизни они достигали 9 мм у мыса Проходной и в бухте Валентина. В бухте Пограничная максимальные приросты отмечены на 5-6 году жизни они достигали 14 мм. Вариабельность приростов молодых особей может быть связана с чувствительностью ко многим гидрохимическим, физическим факторам и временем наступления половозрелости. Приросты постепенно уменьшаются по достижении 4-6 лет и до конца жизни.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что долгоживущие особи обнаруживаются на юге Приморья (мыс Проходной и бухта Пограничная). Это может быть связано с благоприятными биотическими и абиотическими факторами среды.

Список литературы

1. Селин, Н.И. Пространственно-временные изменения структуры популяции и рост двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* в Японском море / Н.И. Селин // Биология моря. – 1995. – № 1. – С. 51–59

2. Зуенко, Ю.И. Промысловая океанология Японского моря: монография / Ю.И. Зуенко. – Владивосток: ТИНРО_центр, 2008. – 35 с.

Карпенко Д.Т.[1]

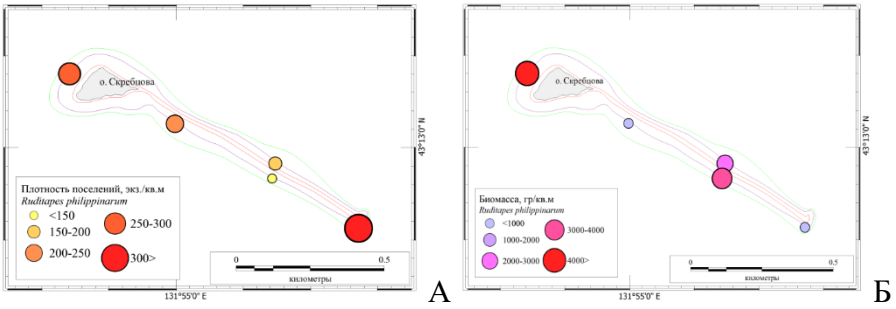
СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЯ ПЕТУШКА *RUDITAPES PHILIPPINARUM* (BIVALVIA, VENERIDAE) В РАЙОНЕ ОСТРОВА СКРЕБЦОВА (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

[1]Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), Владивосток

Филиппинский петушок *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve, 1850) – приазиатский субтропический низкобореальный вид зарывающихся двустворчатых моллюсков из семейства Veneridae. В заливе Петра Великого встречается на глубине от 0,5 до 15 метров. Является важным промысловым и перспективным культивируемым объектом [1]. Цель данной работы – оценка пространственного распределения и размерного состава поселения филиппинского петушка у острова Скребцова в Амурском заливе.

Материалом для данной работы послужили сборы мегабентоса, выполненные у острова Скребцова в сентябре 2020 года. Петушка собирали водолазным методом на глубинах от 1,8 до 2,5 метров, перекапывая песчаный, с примесью гальки и ракуши, грунт на глубину до 10-15 см. У 559 особей *R. philippinarum* были измерены длина, высота и ширина раковины с точностью до 0,1 мм.

Распределение общей биомассы мегабентоса исследованной акватории было неоднородным, показатели обилия варьировали от 828 г/м^2 до 25822 г/м^2. Максимальный показатель был зафиксирован в сообществе *Crassostrea gigas*. Наименьшая биомасса бентоса отмечена у юго-восточной границы косы, где наблюдали максимальное значение плотности поселения *R. philippinarum* (324 экз./м^2) (рисунок 1А). Однако, в связи с тем, что на этом участке петушки были представлены преимущественно молодью, их биомасса имела минимальное для района значение (828 г/м^2). Наибольшая биомасса *R. philippinarum* (4294 г/м^2) отмечена у западной стороны острова на глубине 2 м на крупнозернистом песке с галькой и ракушей между крупными друзами устрицы (рисунок 1Б). В целом, для всего поселения петушка показатели плотности варьировали от 140 до 324 экз./м^2 (среднее 219 ± 28,1 экз./м^2), биомассы – от 828 до 4294 г/м^2 (среднее 2043,4 ± 698,6 г/м^2).



А Б

Рисунок 1 – Распределение *Ruditapes philippinarum* в акватории острова Скребцова:
А – плотность поселений
Б – биомасса

Размерный состав выборки *R. philippinarum* был бимодальным, асимметричным, смещенным влево из-за преобладания молоди. Длина раковины (L) составляла от 8,6 мм до 69,5 мм (среднее 31,2 ± 0,6 мм). Половину выборки составляли особи размером 15-25 мм (35%) и 45-50 мм (15%) (рисунок 2). Доля промысловых особей (с L более 30 мм) составила около 53 %. Подобный размерный состав поселения, в котором преобладает молодь, может свидетельствовать о стабильности процессов пополнения в популяции. Также, судя по достаточно высокой доле взрослых особей, можно сделать вывод о том, что условия данной акватории вполне удовлетворительны для долговременного существования здесь *R. philippinarum*. Рассматривая размерный состав петушка на каждой станции, мы отметили, что молодые особи доминируют на косе, а преобладание взрослых моллюсков отмечается у острова.

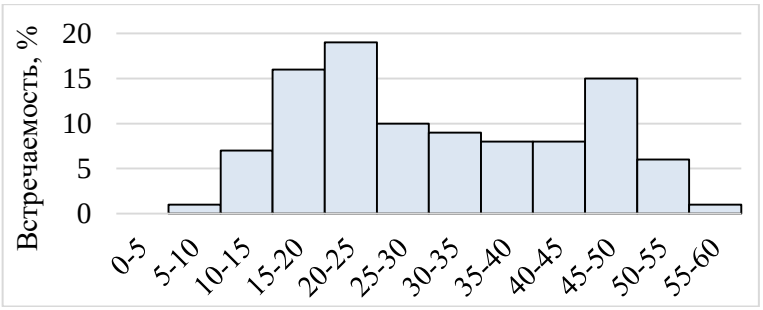


Рисунок 2 – Размерный состав поселения *Ruditapes philippinarum* у острова Скребцова

Возможно, более изменчивые условия среды на косе (опреснение, промерзание, механическое воздействие льда и др.) негативно отражаются на выживании моллюсков, периодически серьезно снижая их численность. По нашему мнению, численность личинок моллюсков, готовых к оседанию, может снижаться вблизи крупных устричников, т.к. устрицы фильтруют огромные объемы воды, поглощая и личинок [2]. Однако, высокие показатели обилия, наряду с огромной плодовитостью и быстрым созреванием, позволяют петушкам в короткие сроки восстанавливать численность локальных популяций.

Авторы, ранее изучавшие *R. philippinarum*, также отмечали стабильность процессов пополнения и то, что картина пространственного распределения молоди и взрослых особей в Амурском заливе не одинакова [2, 3]. Так, петушки, обнаруженные между мысами Красный и Грозный (Амурский залив), обладали раковинами длиной от 6,8 до 51,2 мм, со средним значением - 39.4 ± 0.4 мм. Размерный состав моллюсков имел мономодальный характер, преобладали особи размером 40-45 мм [2]. Позднее, в этой бухте проводилось повторное исследование поселения рудитапесов. Были обнаружены особи размером 0,6-51,5 мм, среднее значение – 32,6 мм. Преобладающая группа – особи с длиной раковины 35-45 мм (76%) [3].

Таким образом, можно прийти к выводу о территориальной неоднородности данного бентосного поселения, возникающей из-за воздействия на него различных биотических и абиотических факторов.

Список литературы

1. Явнов, С.В. Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России / С.В. Явнов // 2-е изд., перераб. и доп. – Владивосток: Русский Остров, 2016. – 272 с.

2. Понуровский, С.К. Размерно-возрастная структура популяции двустворчатого моллюска *Rudatipes philippinarum* (Bivalvia, Veneridae) в Амурском заливе (залив Петра Великого, Японское море) // Зоологический журнал. – 2010. – том 89. - №11. – С. 1305-1311

3. Лескова, С.Е. Размерно-возрастная структура поселений *Ruditapes philippinarum* в водах южного Приморья / С.Е. Лескова, И.В. Матросова // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2016. – Выпуск 40. – С. 87-92

Кротова Д.А.[1,2]

ПЛОДОВИТОСТЬ СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ (*PANDALUS EOUS* MAKAROV, 1935) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[2]Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)

[2]Научный руководитель – главный специалист лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») И.А. Корнейчук

Северная креветка (промышленно востребованный вид во всех Дальневосточных морях России) относится к семейству Pandalidae, для которого характерен протерандрический гермафродитизм: тот случай, когда животное сначала функционирует как самец, а потом трансформируется в самку. Безусловно, подобные особенности воспроизводства влияют на репродуктивный потенциал

(плодовитость) северной креветки. Именно поэтому исследования в этой области важны и необходимы для того, чтобы осуществлять грамотный мониторинг отдельных скоплений и популяции в целом.

Таким образом, цель данной работы – изучить плодовитость северной креветки северо-западной части Берингова моря и её связь с условиями окружающей среды.

Материалом для данного исследования послужили результаты донной траловой съёмки, проведённой на научно-исследовательском судне «Профессор Кагановский» («ВНИРО») в северо-западных водах Берингова моря в августе-сентябре 2021 года. Всего в ходе экспедиционных работ для определения плодовитости на 7 траловых станциях было отобрано и изучено 64 яйценосные самки северной креветки.

Под абсолютной индивидуальной плодовитостью (АИП), как правило, понимают общее количество яиц, которое, в случае с креветками, самка несёт на плеоподах [1]. В этом отношении ясно, что АИП у креветок – реализованная плодовитость, и яйца, которые подвергаются подсчёту, уже были оплодотворены.

У *Pandalus eous* большая часть икринок располагалась на второй и первой парах плеопод. На третьей паре плавательных ножек в среднем было насчитано 406,9 икринок, а на четвёртой – 45,9. Несмотря на то, что в литературе отмечается абсолютное отсутствие яиц на пятой паре плеопод [2], у нескольких проанализированных яйценосных самок всё же было обнаружено небольшое количество икринок (5 и 10) на плеоподах V, поэтому средняя доля яиц на этой паре брюшных ножек у северной креветки западно-беринговоморских вод составила 0,01%.

Плодовитость гидробионтов подвержена определённым колебаниям в связи с изменениями не только состояния самого организма самки, вынашивающей яйца, но и условий окружающей среды. Именно поэтому была исследована зависимость абсолютной индивидуальной плодовитости северной креветки от длины тела яйценосных самок, глубины, придонной температуры и солёности.

АИП северной креветки прямо коррелирует с увеличением размеров тела (рисунок 1А). Соответственно меньше всего яиц наблюдалось у самых мелких самок (80–85 мм), а больше всего у самых крупных, достигающих размеров в 111 мм. В отношении глубины следует отметить, что в целом яйценосные самки северной креветки в северо-западной части Берингова моря были отобраны на глубинах от 130 до 250 м. Абсолютная индивидуальная плодовитость *P. eous* в районе исследования прямо коррелировала с увеличением глубины (рисунок 1Б). Также, мы видим, что яйценосные самки северной креветки в районе исследования встречались в диапазоне температур от 1,2С° до 3,5С°. При этом минимальные показатели средней АИП были отмечены при наименьших температурах (1,2-1,3С°), максимальная средняя плодовитость, в свою очередь, была характерна для самок, пойманных при температуре в 3,5С°. Таким образом, средняя абсолютная индивидуальная плодовитость северной креветки прямо коррелирует с увеличением придонной температуры (рисунок 1В).

Как показывают результаты исследования, наименьшие значения средней абсолютной индивидуальной плодовитости северной креветки отмечались при минимальных показателях солёности (33-33,1‰), а наибольшая средняя АИП была обнаружена у креветок, пойманных при солёности в 33,5‰. Таким образом, совершенно очевидно, что корреляция между абсолютной индивидуальной плодовитостью самок северной креветки и солёностью прямая (рисунок 1Г).

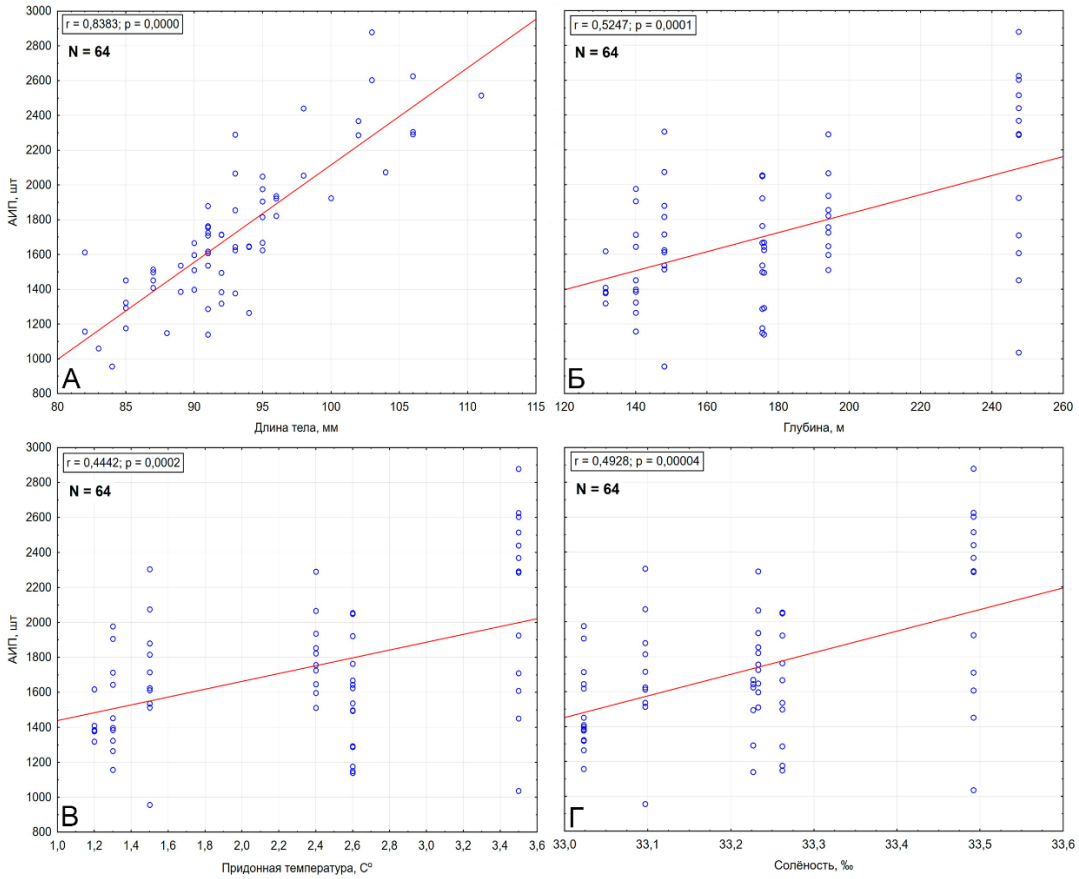


Рисунок 1 – Зависимость АИП северной креветки от длины тела (А), глубины (Б), придонной температуры (В) и солёности (Г)

Резюмируя всё вышеописанное, следует подытожить, что плодовитость, являясь важным инструментом обеспечения воспроизводства вида в меняющихся условиях среды, может изменяться под её воздействием в некоторых пределах, специфичных для каждого вида. В данном случае плодовитость северной креветки (АИП) прямо коррелирует с изменениями не только размеров тела, но и глубины, температуры и солёности.

Список литературы

1. Андронов, П.Ю. Репродуктивная биология углохвостой креветки (*Pandalus goniurus*, Decapoda, Pandalidea), в западной части Берингова моря / П.Ю. Андронов // Зоологический журнал. – 2004. – Т. 83. – № 10. – С. 1216-1228.

2. Букин, С.Д. Плодовитость некоторых видов креветок в водах Сахалина / С.Д. Букин // Труды СахНИРО. – 2006. – Т. 8. – С. 107-127.

Кузнецова К.К.[1], Мироненко А.О.[1], Пикалова Н.А.[1]

АНАЛИЗ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ г. ПАПАЙ И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ

[1]Кафедра геоэкологии и природопользования КубГУ
[1]Научный руководитель – к.б.н., доцент Пикалова Н.А.

Горный массив Папай – находится в осевой зоне Главного Кавказского хребта, в истоках рек Убинки, Папайки и Большой Хабль, он входит в состав ООПТ регионального значения природного парка «Маркотх». Гора Папай, высота 819 м, расположенная на территории одновременно двух районов Северском и Абинском – Краснодарского края, представляет собой уникальный комплексный

памятник природы. Она заметно отличается от остальных, окружающих её, горных хребтов. Это служит причиной повышенного интереса к данной местности и, как следствие, возрастающей антропогенной нагрузки. Наличие большого количества редких и занесенных в Красную книгу видов требует обязательных исследований для сохранения природного богатства территории. Учет редких видов был осуществлен мая - июнь 2021 г.

Основываясь на вышеизложенном, цель нашей работы – инвентаризация краснокнижных видов, подвергшихся неблагоприятному антропогенному воздействию, в окрестностях горы Папай.

Нами было проанализировано распространение редких видов по их лимитирующим факторам (рисунок 1). Лимитирующие факторы могут быть как естественными, к которым относятся абиотические и биотические факторы, так и антропогенными.

Исходя из диаграммы, можно наблюдать, что большинство видов подвергаются антропогенному воздействию (85 %). Также была проведена оценка количества редких видов, занесенных в Красные книги РФ и Краснодарского края (рисунок 2).

Антропогенными факторами являются: уничтожение растений в лекарственных целях, в качестве декоративного растения, нарушение мест обитаний видов, выкапывания в целях высадки на садовых участках [1].

Редкие виды на исследуемой территории составляют 15 %, они характеризуются низкой плотностью популяций, низкой конкурентно способностью и узкой экологической валентностью.

Всего было собрано и определено 105 видов растений [2]. А также установлено местопроизрастания 20 видов растений, относящихся к редким видам Красной книги Краснодарского края и РФ. Краевые краснокнижные виды: *Asphodeline taurica, Eremurus spectabilis, Iris pumila, Veronica filifolia, Staphylea pinnata, Paeonia tenuifolia, Paeonia caucasica, Juniperus excels, Juniperus foetidissima, Orchis purpurea, Dianthus acantholimonoides, Salvia ringers, Listera ovate, Thymus helendzicus*. К редким видам, отмеченным в Красной книге РФ, относятся: *Asphodeline taurica, Eremurus spectabilis, Iris pumila, Veronica filifolia, Staphylea pinnata, Paeonia tenuifolia, Paeonia caucasica, Juniperus excels, Juniperus foetidissima, Orchis purpurea, Dianthus acantholimonoides,Cephalanthera damasoniumx.*

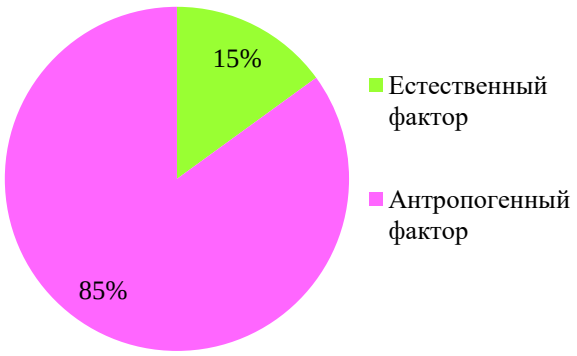


Рисунок 1 – Распределение редких видов горы Папай и ее окрестностей по лимитирующим факторам

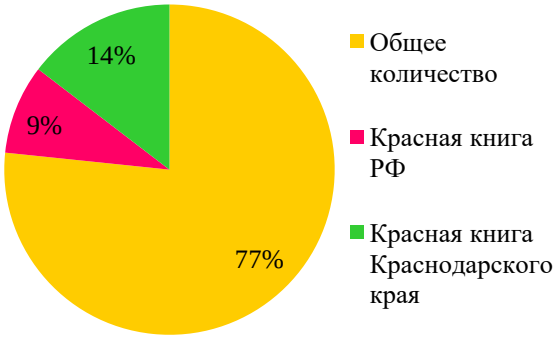


Рисунок 2 – Количество редких видов горы Папай и ее окрестностей, занесенных в Красные книги РФ и Краснодарского края

Таким образом, в результате исследований, проведенных в 2021 г. удалось выявить местопроизрастания 20 видов растений, занесенных в Красные книгу РФ и Краснодарского края. Во флоре окрестностей г. Папай в вегетационный период 2021 г. выявили 105 видов сосудистых растений. Наиболее многочисленными семействами были: *Asteraceae, Fabaceae* и *Poaceae*, в остальных семействах в среднем насчитывается по 1-3 вида.

Исходя из исследований, можно сделать вывод, что редкие виды в значительной степени подвержены антропогенному воздействию, что сказывается на состоянии биоразнообразия. Чтобы не допускать негативного влияния необходимо охранять памятники природы, запретить хозяйственную деятельность на их территории, а также следить за состоянием и поддерживать его.

Список литературы

1. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы. III издание. – Краснодар, 2017. - 850 с.
2. Зернов, А.С. Флора Северо-Западного Кавказа / А.С. Зернов – М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. - 664 с.

Раздел II ГЕОГРАФИЯ

Волкова Д.И.[1]

МОРФОЛОГИЯ И ТИПЫ ПЛЯЖЕЙ ХАСАНСКОГО РАЙОНА

[1]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель - д.г.н., профессор П.Ф. Бровко

Пляжи на риасовом побережье Приморья – неотъемлемая форма рельефа береговой зоны. Они отсутствуют лишь только на абразионных участках с полным дефицитом наносов, где формируются береговые обрывы, уходящие круто под уровень моря.

Известно, что в своем развитии любая часть аккумулятивного берега проходит стадию пляжа [2]. Существует ряд определений, но чаще всего под пляжем понимают - элементарную аккумулятивную форму, образовавшуюся в зоне прибойного потока [3]. Состояние пляжа во многом отражает особенности развития берега и может указывать на его тенденции (отступание, выдвижение берега и др.).

Пляжи разделяются на два морфологических типа: прислоненные односклонные и двусклонные пляжи полного профиля [1].

Прислоненные пляжи примыкают к аккумулятивным террасам или уступам отмерших клифов. Пляжи полного профиля равновесия распространены на участках, где в их тылу располагаются лагуны, протоки и другие понижения в рельефе (рис. 1) [1].

Питание пляжей риасового побережья осуществляется материалом, поступающим в результате разнообразных процессов. Это обуславливает пестроту гранулометрического состава наносов.

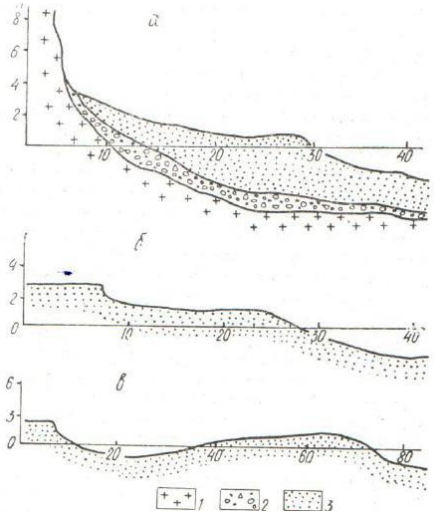


Рисунок 1 – Морфологические типы пляжей (а, б – прислонённые односклонные, в – двусклонные полного профиля) [4]

В.С. Петренко [4] выделяет следующие генетические типы пляжей, в основу которой положена классификация аккумулятивных форм береговой зоны по источникам питания:

1. Пляжи с преобладающим аллювиальным и донным питанием;
2. Пляжи с преобладающим донным питанием;
3. Пляжи с преобладающим абразионным питанием;
4. Пляжи с преобладающим склоновым питанием.

Кроме того, он указывает на возможность развития различных подтипов пляжей, имеющих комбинированное питание наносами.

Береговая линия Хасанского района почти на всем своем протяжении представлена пляжами разных типов. Они исключительно разнообразны по морфологии, составу наносов, типам питания, антропогенному воздействию. Их изучение, слежение за экологическим состоянием, реакцией на природное и антропогенное воздействие позволяют решать задачи географического прогноза и на местном уровне оперативно решать возникающие проблемы.

В ходе исследования был составлен каталог пляжей Хасанского района, в который вошло 75 пляжей длинной более 500 м. В группу малых (500-1500 м) вошел 41 пляж, в среднюю группу (1501-3000 м) – 22 пляжа, в группу больших (3001-5000 м) – 7 и 5 пляжей были отнесены в группу самые большие (>5000 м).

Эти данные были нанесены на карту (рис. 2), что позволило получить информацию о пространственном распределении пляжей разного размера.

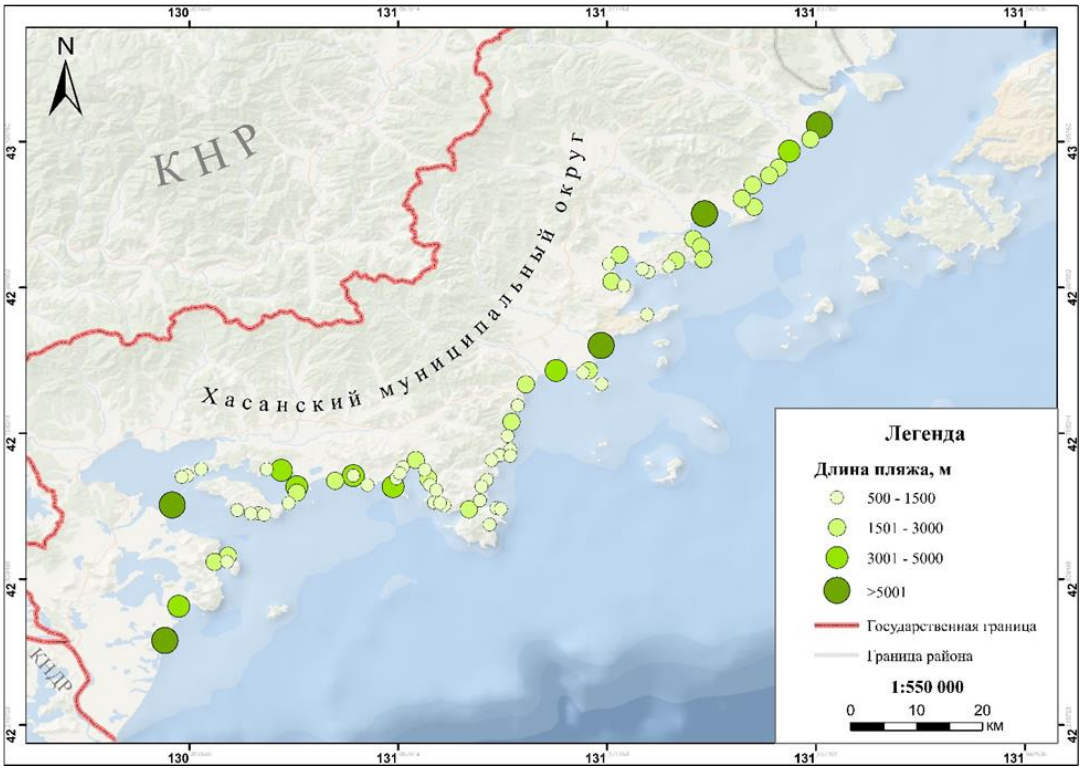


Рисунок 2 – Карта пляжей Хасанского муниципального округа

Анализируя полученную карту можно четко увидеть, что малые пляжи сосредоточены в основном на абразионных берегах (п-в Гамова), а самые большие (протяженные) расположены в зоне перераспределения твердого стока реки Туманная (Хасанское взморье, Коса Назимова) и реки Раздольная (пляж южнее п-ва Песчаный), а также в крупных бухтах района (б. Нарва, б. Баклан) в вершинах которых расположены относительно крупные водотоки – реки Нарва и Пойма, которые по механическому составу преимущественно песчаные.

Также стоит отметить, что вдоль всего побережья нередко встречаются пляжи «карманного» типа, не имеющие сплошного распространения, а лишь заполняющие неровности берега.

Список литературы

1. Каплин, П.А. Берега / П.А. Каплин, О.К. Леонтьев, С.А. Лукьянова, Л.Г. Никифоров. – Москва: Мысль, 1991. – 479 с.

2. Леонтьев, О.К. Основы геоморфологии морских берегов / О.К. Леонтьев. – Москва: Изд-во МГУ, 1961. – 418 с.

3. Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения. - Москва: Мысль, 1980. – 280 с.

4. Петренко В.С. Морфодинамика и отложения пляжей риасового побережья Приморья // Палеогеографические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 117-122.

Деньга, В.С.[1]

ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ ХРЕБТА ЭТКИЛЬ-ЯНКАНСКИЙ)

[1]Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.г.н., доцент А.М. Сазыкин

Вопросами крупномасштабного картографирования и дешифрирования каменных глетчеров в нашей стране почти не занимались. Основное внимание исследователей было направлено на изучение генезиса и функционально-динамических особенностей формирования и развития каменных глетчеров с целью их дальнейшей классификации. Основные положения данного этапа развития учения о каменных глетчерах изложены в работах А.П. Горбунова [5–9], Н.С. Титкова [8], В.В. Заморуева [10] и др. В последние десятилетия каменными глетчерами Северо-Восточной Азии, преимущественно Севера Дальнего Востока, занимался А.А. Галанин [2–3]. Каменные глетчеры юга Дальнего Востока были изучены значительно хуже. Только в работах А.М. Сазыкина [11–12] указаны и рассмотрены данные образования на территории Буреинского нагорья. В связи с появлением и развитием аэрокосмических методов исследования, появилась возможность пересмотреть некоторые имеющиеся данные на территорию хр. Эткиль-Янканский.

Ранее при среднемасштабных геологических съемках [1, 4] из-за неправильной интерпретации аккумулятивных форм рельефа и вмещающих отложений все каменные глетчеры были выделены как моренноподобные образования. Основная проблема интерпретации отложений была обусловлена различиями в проявлении каменноглетчерного преобразования материала в зависимости от его размера, мощности, насыщенности водой (льдом), а также длительности и возрасте процесса. Однако при анализе морфологии рельефа, мы пришли к тому, что в истоках многих рек есть морены, преобразованные каменным глетчером, а есть и чисто каменные глетчеры, ошибочно принимаемые за морены. Эти рассуждения подводят нас к тому, что в пределах низкогорных хребтов восточного фланга Буреинского нагорья, на аномально низких высотах, есть все необходимые условия для формирования переходного типа каменных глетчеров. Их образование связано с насыщением морены склоновым материалом и переходом воды в твердое состояние. В дальнейшем верхний слой морены вспучивается и приходит в движение. На осыпной генезис каменных глетчеров Буреинского нагорья указывал и А.М. Сазыкин [11–12]. Таким образом, каменные глетчеры хр. Эткиль-Янканский представлены изоморфным рядом переходных явлений и форм между процессами криогенного и гравитационного рядов, развивающихся вне зоны современного оледенения.

На территории было выделено 7 каменных глетчеров различных морфологических типов. В нашем случае это долинные языкообразные и присклоновые террасовидные типы глетчеров. Первые развиты в «устойчивых» ледниковых карах, вторые имеют повсеместное распространение, но преимущественно вдоль склонов бортов долин. Существуют также эмбриональные глетчеры, которые очень легко перепутать с лавинными и осыпными конусами выноса. Их развитие связано с начальным этапом насыщения осыпей снежными лавинами или инфильтрационным льдом. Распространены они в нивально-денудационных воронках верхних порядков рек.

Рассмотрим наши заключения на примере типичного каменного глетчера в истоках левого притока р. Берендя (рис. 1). Данный долинный языкообразный каменный глетчер расположен в ледниковом каре у высоты 1450 м. Дальнейшей трансформации морены способствовало интенсивное

поступление коллювия с резкорасчлененных склонов кара, которые совпадают с линиями тектонических разломов. Кар и каменный глетчер ориентирован на северо-северо-восток. Подножье его фронтального уступа находится на абсолютных высотах 890–900 м. За верховье (исток) каменного глетчера принята граница перехода коллювия во вспученное состояние [8–9], расположенная на высоте 1070 м. Таким образом высотный интервал расположения каменного глетчера составляет от 1070 до 890 м.

Длина каменного глетчера от его истока до фронтального уступа 950 м, ширина 500–600 м. Фронтальный уступ имеет высоту от 12 до 20 м при крутизне 20–30°. Также у подножья фронтального уступа выделяются валики напора, которые кулисообразно тянутся вниз по долине. С поверхности каменный глетчер сложен крупными валунами (3–10 м), которые разделены зияющими пустотами. Эти пустоты и валики напора указывают, что каменный глетчер сохраняет свою активность, хотя скорость его движения очень мала. На космоснимке хорошо видна гофрированность поверхности, вызванная движением каменного глетчера.

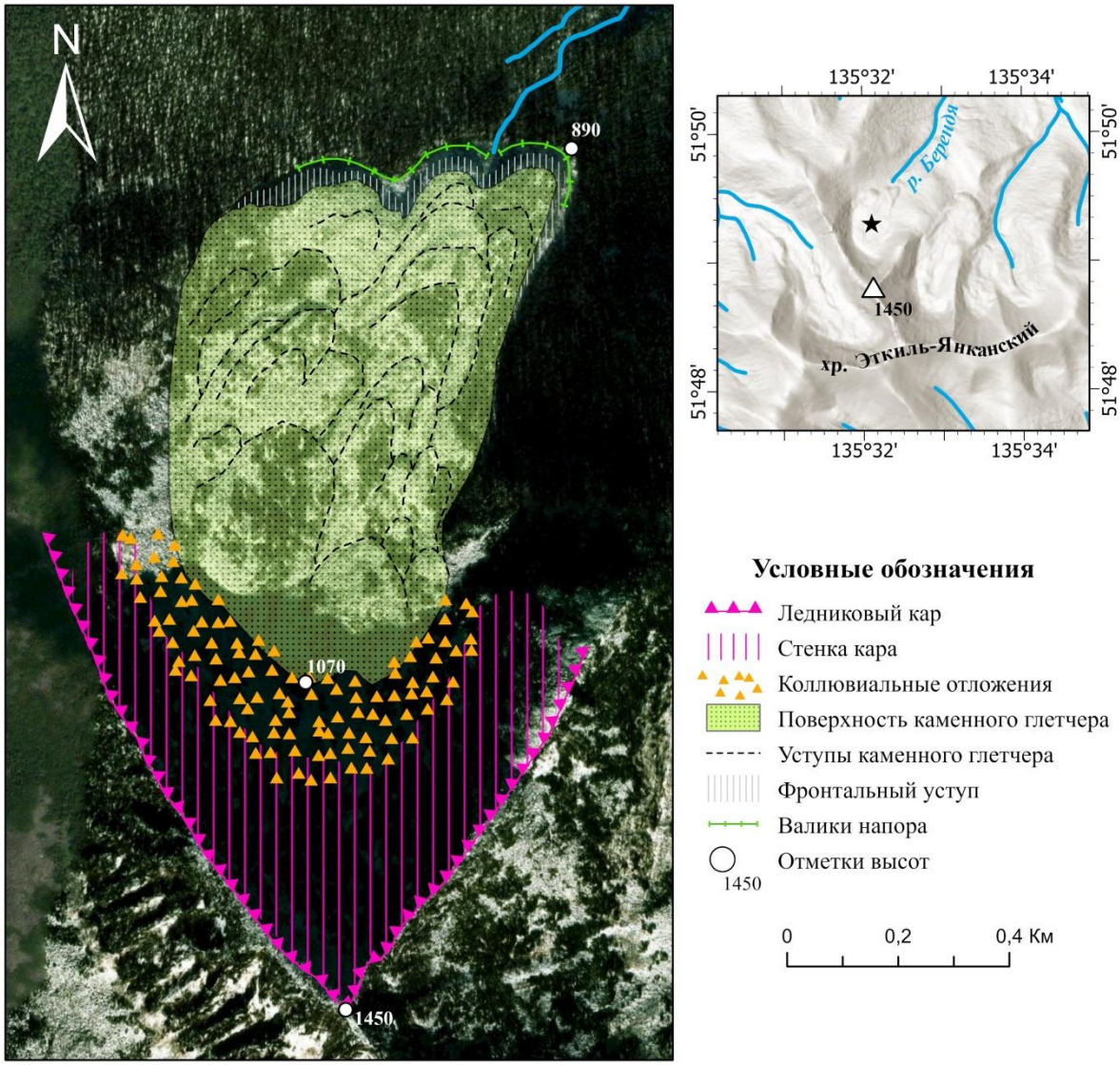


Рисунок 1 – Дешифрирование каменного глетчера в истоке левого притока р. Беренда

Таким образом, на основе спутниковых данных высокого разрешения, нами был выполнен анализ малоизученных объектов перигляциального пояса хр. Эткиль-Янканский. Было установлено 7 каменноглетчерных образований общей площадью 2,3 км2. Изучение каменных глетчеров, в условиях современной климатической ситуации, имеет немаловажное значение, т.к. каменные глетчеры являются чуткими индикаторами смены климатических условий их формирования. Это находит свое отражение в динамике каменных глетчеров, в особенностях их формирования, так как они являются

индикаторами развития многолетнемерзлых пород криолитозоны.

Список литературы

1. Буханченко, А.И. Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации. Серия Комсомольская: M-53-IV (Березовый) / А.И. Буханченко, В.Б. Григорьев. – Москва: МФ ВСЕГЕИ, 2013.

2. Галанин, А.А. Каменные глетчеры Северо-Востока Азии: Картографический и географический анализ / А.А. Галанин // Криосфера Земли. – 2009. – Т. XIII. – №4. – С. 49–61.

3. Галанин, А.А. Каменные глетчеры: история изучения и современные представления / А.А. Галанин // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2008. – №3. – С. 15–33.

4. Геологическая карта СССР. Серия Хингано-Буреинская: M-53-IV. 1:200 000. Ленинград: Дальневосточное геологическое управление, 1971.

5. Горбунов, А.П. География каменных глетчеров и их аналогов в Евразии / А.П. Горбунов, И.А. Горбунова. – Алматы: Ин-т географии АО НЦТХ, 2013. – 184 с.

6. Горбунов, А.П. Каменные глетчеры / А.П. Горбунов, С.Н. Титов // Природа. – 1986. – №5. – С. 73–77.

7. Горбунов, А.П. Каменные глетчеры Азиатской России / А.П. Горбунов // Криосфера Земли. – 2006. – Т. X. – №1. – С. 22–28.

8. Горбунов, А.П. Каменные глетчеры гор Средней Азии / А.П. Горбунов, С.Н. Титков. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1989. – 164 с.

9. Горбунов, А.П. Каменные ледники / А.П. Горбунов. – Новосибирск: Наука, 1988. – 111 с.

10. Заморуев, В.В. О строении и происхождении каменных глетчеров / В.В. Заморуев // Известия ВГО. – 1981. – Вып. 6. – С. 479–484.

11. Сазыкин, А.М. Гляциальная геоморфология Буреинского нагорья: автореф. дисс. … канд. геогр. наук. Владивосток, 1994. – 24 с.

12. Сазыкин, А.М. Каменные глетчеры Буреинского нагорья как псевдоледниковые образования / А.М. Сазыкин // Вопросы гидрометеорологии и физической географии Дальнего Востока. – 1992. – С. 92–102.

Долгополова А.В.[1]

К АНАЛИЗУ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА УССУРИЙСКИЙ ЗАЛИВ

[1]Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.г.н., доцент Лисина И.А.

Промышленно-химическое воздействие на акватории Японского моря приводит к необратимым последствиям и изменению состава морской среды, является причиной гибели биоценоза, а также представляет значительный риск для здоровья человека при использовании морепродуктов и акваторий в целях рыболовства и отдыха [1]. Поэтому изучение экологического состояния акваторий Уссурийского залива считается актуальной проблемой природопользования и охраны природы.

Целью данного исследования является оценка межгодовой динамики уровня загрязненности вод Уссурийского залива по анализу изменения содержания фенолов в поверхностных водах заявленной акватории.

Фенолы являются высокотоксичными соединениями, неблагоприятно воздействующими на живые организмы. Фенолы стоят на первом месте в списках приоритетных веществ, загрязняющих природные воды, что объясняется большим объемом их мирового производства и высокой

токсичностью. Источниками поступления фенолов в морскую среду могут быть бытовые, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды, аварийные разливы, утечки при транспортировке, а также перенос по воздуху в результате испарения с поверхности воды и почвы.

В качестве материалов исследования были использованы опубликованные статистические данные гидрохимических наблюдений [3] за состоянием акватории Уссурийского залива за 11 лет с 2011 по 2021 гг.

Наблюдения проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях ГСН в акватории Уссурийского залива (рис.1). Данные наблюдений представлены в таблице 1.

Рисунок 1 – Карта расположения станций в Уссурийском заливе

Среднегодовая концентрация фенолов, не превышавшая значение ПДК зафиксировано лишь в 2015, 2016 и 2017 гг. Также процентное превышение ПДК в течение этих 3-х лет снизилась до 11,1%.

Относительно высокое среднегодовое содержание фенолов в поверхностных водах отмечается в 2013, 2014, 2019 и 2020 годах, что свидетельствует о стороннем химическом загрязнении акватории.

Таблица 1

Данные содержания фенолов в водах Уссурийского залива

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Среднегодовая концентрация, мкг/дм³	1,0	1,1	1,2	1,6	0,9	1,0	0,7	1,0	1,4	1,7	1,1
Максимальное значение, мкг/дм³		2,5	4,7		2,6	3,1	1,6	2,5	2,6	2,6	3,5
Минимальное значение, мкг/дм³		0,4	0,1		0,2	0,4	0,1	0,3	0,7	0,8	0,4
Процентое привышение ПДК, %	39,9	51,4	56,9	86,2	37,5	25,0	11,1	34,7	77,8	75,0	58,3

С 2017 по 2020 год минимальное значение концентрации фенолов в воде увеличилось с 0,1 до 0,8 мкг/дм^3, а максимальное значение увеличилось с 1,6 до 2,6 мкг/дм^3, что является превышением ПДК в 2,6 раза.

Повышенное содержание фенолов в поверхностных водах Уссурийского залива можно объяснить тем, что в 2018 г. в бухте Теляковского началось строительство морского порта Суходол.

Таким образом, практически во всех проанализированных среднегодовых данных в Уссурийском заливе наблюдалось превышение ПДК по содержанию фенола [2], что свидетельствует о загрязнении поверхностных вод фенольными соединениями. Анализ экологической ситуации в Уссурийском заливе будет продолжен в рамках магистерской диссертации.

Список литературы

1. Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. – Санкт-Петербург: Анатолия, 2002. – 755 с.

2. Санитарные правила и нормы. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" – Москва: Минюст России, 2021.

3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022. – 676 с.

Жерноклёва Э.В.[1]

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА РЕКИ РАЗДОЛЬНАЯ

[1]Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.г.н., доцент Лисина И.А.

Целью данного исследования является, оценить степень влияния антропогенного воздействия на изменение стока реки Раздольная. В данных тезисах произведен анализ опубликованных статистических данных по степени загрязнения.

В результате анализа имеющихся данных установлено, что лиман р. Раздольная подвергается постоянной антропогенной нагрузке. Выявлены превышения по основным загрязняющим веществам в составе донных отложений и природных вод. Данный факт объясняется тем, что выше по течению р. Раздольная располагается не один десяток сёл, деревень, посёлков, г. Уссурийск. Все эти населённые пункты сбрасывают сточные воды в реку, которые с течением привносятся в Тавричанский лиман. Также, в восточной и северо-восточной части водоохраной зоны самого Тавричанского лимана находится хозяйственно-бытовая застройка, представленная лодочными и автомобильными гаражами, летними домами, стоянками водно-моторного транспорта, частной жилой застройкой, детским центром отдыха «Золотая Рыбка», что также вносит вклад в антропогенное загрязнение рассматриваемого объекта.

Экологическое состояние акватории является неудовлетворительным. Данный факт подтверждается результатом анализа природных вод и донных отложений, проведенных Федеральным государственным бюджетным учреждением «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Дальневосточному Федеральному округу».

Масштаб 1:100000

● - контрольные точки отбора проб воды и донных отложений

Рисунок 1 – Карта устья р.Раздольная и Тавричанского лимана

По результатам исследования выявлены превышения нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в природных водах лимана и объектах рыбохозяйственного назначения практически по всем рассматриваемым химическим показателям (табл. 1).

Таблица 1

Анализ результатов отбора проб воды с территории Тавричанского лимана

Показатель	Содержание			ПДК для рыбохозяйственных водных объектов
	Точки наблюдения			
	1	2	3	
БПК5, мгО/дм^3	3,06	2,60	3,49	2,1
Аммоний-ион (в пересчете на азот), мг/дм^3	1,60 (1,2)	0,76 (0,6)	1,67 (1,29)	0,5 (0,4)
Нитрит-ион (в пересчете на азот), мг/дм^3	0,34 (0,1)	0,28 (0,08)	0,34 (0,1)	0,08 (0,02)
Нитрат-ион, мг/дм^3	13,2	5,8	12,8	40,0
Железо, мг/дм^3	0,30	<0,05	0,3	0,05
Фосфат-ион, мг/дм^3	0,50	0,44	0,48	0,2

Содержание АПАВ приближается к нормативному показателю.

Высокие значения показателей, представленных свидетельствуют о значительном поступлении в водный объект хозяйственно-бытовых стоков с территории береговых учреждений.

Превышение вредных веществ оказывают негативное влияние на состояние экосистемы в целом и на отдельных ее представителей. Способность аммиака окисляться до нитратов и нитритов сопровождается нарушением кислородного режима водного объекта.

Основываясь на полученной информации, степень изменения и загрязнения природной среды характеризуется как высокая, а степень техногенной нагрузки – средняя.

Результаты проведенных исследований показывают, что основным источником поступления загрязняющих веществ в рассматриваемый водный объект является сброс недостаточно очищенных и неочищенных стоков. Высокое содержание загрязняющих веществ в воде и донных отложениях

оказывает негативное влияние на состояние экосистемы лимана р. Раздольная.

Анализ экологической обстановки и предлагаемые меры по улучшению состояния будут продолжены в рамках магистерской диссертации.

Список литературы

1. Материалы комплексного экологического обследования участков территорий, на которых предполагается изменение границ ООПТ краевого значения «Лиман реки Раздольная», Владивосток 2020.

2. Санитарные правила и нормы. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" - Москва: Минюст России, 2021.

3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022. – 676 с.

Малицкий С.И. [1]

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ И ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ РОССИИ

[1]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.г.н., доцент А.А. Глушко

Приморское и приокеаническое географическое положение относится к конкурентным преимуществам территории. Такое местоположение обусловливает возможность развития многих отраслей морской экономики: транспорт, портовое хозяйство, добыча и переработка природных ресурсов (биологических, минеральных), марикультура, судостроение и судоремонт. С середины XX в. притихоокеанские регионы многих стран характеризуются более высокими темпами социально-экономического развития и усилением их роли в мировой экономике. Свидетельством чего является тот факт, что 9 из 10 крупнейших портов расположены в странах Тихоокеанского бассейна.

В настоящее время большое внимание уделяется регионам Тихоокеанской России (ТР) – совокупность регионов РФ, имеющие выход к акватории Тихого океана и его морей. В состав ТР входят: Камчатский, Приморский и Хабаровский края, Магаданская и Сахалинская области, Чукотский автономный округ (ЧАО). Площадь ТР составляет 2687,7 тыс. км² (15,7% от площади РФ). При этом рассматриваемый макрорегион относится к малозаселенным. Общая численность населения составляет 4,146 млн. чел. (2,8% от населения РФ). Для сравнения: ТР, выступая частью ДФО, занимает около 39% его территории, сосредотачивая при этом более 51% населения.

Из притихоокеанских регионов РФ самым населенным является Приморский край, население которого составляет 44,9% (1,8 млн. чел.) от всего населения ТР (23% населения ДФО), при этом показатель плотности размещения населения – 11,3 чел./км^2. Это можно объяснить более комфортными природно-климатическими условиями, относительно высоким уровнем развития транспортного комплекса, выгодами экономико-географического положения. В то же время ЧАО имеет население 50 тыс. чел. (1,2 % от населения ТР), показатель плотности размещения населения – 0,1 чел./км². Это один из самых удаленных и труднодоступных (только воздушный и морской транспорт) российских регионов, отличающийся суровостью природных условий.

Плотность размещения населения в целом по макрорегиону – 1,5 чел./км^2 (в среднем по России 8,58 чел./км²). Слабая заселенность при крайне неравномерном характере расселения представляет один из вызовов социально-экономическому развитию ТР.

Все регионы ТР отличаются высоким уровнем урбанизации, в среднем – 82%. Самые высокие показатели доли городского населения отмечены в Магаданской области (96,1%), Сахалинской области (82,7%), Хабаровском крае (82,2%). Все остальные регионы, за исключением ЧАО, также имеют показатели, превышающие среднероссийский (74,8 %) и средний по ДФО (73,2%) уровни урбанизации. Из регионов ТР самый низкий показатель урбанизации имеет Чукотка (71,9%) [1]. Высокие показатели урбанизации объясняются индустриальным характером развития регионов ТР. Неблагоприятные в целом природные условия ограничивают развитие сельского хозяйства.

Общий экономический потенциал ТР, измеряемый величиной валового регионального продукта (ВРП), составляет около 61% экономики, в масштабах страны экономика ТР не превышает 4% от ВВП России. [1] Представляется, что это не соответствует возможностям развития Тихоокеанской России, учитывая преимущества ее приморского географического положения вблизи крупных развивающихся рынков Китая и стран Юго-Восточной Азии, природно-ресурсный потенциал и то внимание, которое государство декларирует в отношении российского Дальнего Востока.

Наибольший вклад в экономику ТР вносят Приморский край (1,1 трлн. руб., 30% от ВРП ТР), Сахалинская область (1,0 трлн. руб., 27,4% от ВВП ТР) и Хабаровский край (861 млрд. руб., 23,5% от ВРП ТР). Наименьшим показателем ВРП отличается ЧАО – 120 млрд. руб., 3,3% от ВРП ТР.

Рассчитанный на душу населения ВРП отражает пространственные социально-экономические диспропорции в развитии ТР и уровне жизни населения. В среднем для Тихоокеанской России ВРП на душу населения составляет 1,5 млн. руб. (РФ – 640 тыс. руб., ДФО – 741 тыс. руб.). Наибольшие показатели ВРП на душу населения отмечены в ЧАО (2,5 млн. руб.), Сахалинской (2,1 млн. руб.) и Магаданской (2 млн. руб.) областях. Лидерство Чукотки в данном рейтинге обусловлено небольшой численностью проживающего здесь населения. Относительно низкие показатели душевого ВРП (583 тыс. руб.) в Приморском крае связаны с его большей заселенностью. Данный регион – один из самых развитых в пределах ТР. Его экономика характеризуется многоотраслевой структурой, развитым транспортным комплексом, активными международными связями в сфере торговли, туризма, образования, инвестиций.

Трудовые ресурсы рассматриваемого Тихоокеанской России составляют 2,3 млн. чел. Уровень их занятости в хозяйстве – 70,6% (РФ – 62,4%, ДФО – 64,3%). Между собой регионы ТР отличаются по уровню занятости в хозяйстве. Лидером по этому показателю является Чукотка (78,7%), наименьший показатель – у Приморского края (63,6%) [1].

Ещё одним показателем, заслуживающим внимания, является объём инвестиций в экономику регионов. Самый значительный объём инвестиций в основной капитал в 2021 г. поступили в Приморский край (246,5 млрд. руб.), Хабаровский край (243,8 млрд. руб.) и Сахалинская область (241 млрд. руб.). Наименьшие по объему инвестиции отмечены для ЧАО (47, 6 млрд. руб.). По размерам иностранных инвестиций лидируют Сахалинская область (3,3 млрд. дол. США), Приморский край (1,5 млрд. дол. США), Хабаровский (0,3 млрд. дол. США). В то же время Магаданская область привлекла инвестиций около 3 млн. долларов США. Таким образом, инвестиционная привлекательность как для российских, так и иностранных инвесторов в 2021 г. отмечена в одних и тех же регионах Тихоокеанской России. Как можно видеть, рейтинги по российским и иностранным инвестициям разнятся, однако Приморский и Хабаровский края, Сахалинская область отличаются благоприятным транспортно-географическим положением и положением по отношению к развивающимся рынкам АТР. Здесь располагаются главные производственные центры региона, а Сахалинская область обладает крупной добывающей промышленностью. Тем не менее, в целом,

обладая обширной территорией, выгодным географическим положением, богатыми и разнообразными природными ресурсами суши и моря, Тихоокеанская Россия вносит скромный вклад в экономику России.

Список литературы

1. Региональная статистика // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – URL: https://rosstat.gov.ru/regional_statistics.

Малицкий С.И.[1], Молохотько М.М.[2]

СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ СТУДЕНТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

[1,2]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

[1,2]Научный руководитель – к.г.н., доцент А.А. Глушко, ст.преп. О.В.Левченко

ДВФУ был образован в 2011 г. Новый университетский кампус разместился на о. Русском (Фрунзенский район г. Владивостока) на площади 132,3 га; в настоящее время здесь проживает 10,5 тыс. чел. [3]. Кроме учебных корпусов на территории кампуса расположились студенческие общежития, объекты социальной инфраструктуры. «Переезд» университета с материковой части города на о. Русский (благодаря строительству моста через пролив Босфор Восточный) оказало влияние на численность и структуру населения о. Русский. Большую часть его населения теперь составляют студенты. Цель работы – выявить социально-демографические особенности, присущие современному студенческому сообществу ДВФУ.

Метод исследования – опрос. Была разработана анкета, включившая 29 вопросов. В опросе приняли участие 253 студента, обучающиеся в разных институтах (школах) ДВФУ. Более 3/4 (77%) респондентов составили женщины. Преобладающие возрастные группы: 19–20 лет (41,1 %) и 17–18 лет (38,3 %). Менее 1/5 участников опроса указали возраст 20 и более лет. Такие закономерности можно объяснить более высокой социальной активностью и ответственностью женщин и студентов, обучающихся на младших курсах.

Около 86% опрошенных в настоящее время обучаются на программах бакалавриата, 5,5% – специалитета, 7,1 % – магистратуры; 1,6 % учатся в аспирантуре. Что в целом соответствует структуре высшего образования в ДВФУ. Контингент студентов характеризуется сложной географической структурой, в ДВФУ обучаются люди из разных регионов России и других стран мира. При этом более 80% приехали в университет из регионов ДФО: Приморский край (55,5%), Хабаровский край (13,5%), Амурская область (9%), Камчатский край (5,5%), что может быть объяснено несколькими причинами. ДВФУ менее известен и популярен в европейской части РФ, – с одной стороны. С другой, – на российском Дальнем Востоке ДВФУ – крупнейший центр высшего образования, дающий подготовку по многим направлениям и при этом, относительно доступный. Большая часть респондентов (88%) указали, что до поступления в университет проживали в городских поселениях. Отметим, что дальневосточные регионы характеризуются высоким уровнем урбанизации: Хабаровский край – 82%, Приморский край – 78%, Магаданская область – 96% [2].

Большая часть студентов получает разные виды стипендий и материальную поддержку от своих родственников – 62,8% и 94,9% соответственно. Существенную часть своих доходов (ок.85%), отметили респонденты, они тратят на товары и услуги первой необходимости. Около 43% опрошенных указали, что испытывают материальные затруднения. При этом 77,5% студентов только учатся, не

совмещая учебу с работой. Учитывая, что большинство анкет были заполнены студентами младших курсов, данная ситуация представляется закономерной. Студенты 1–2 курсов отличаются большей дисциплинированностью в отношении учебных занятий, полагая что не могут себе позволить совмещать работу и обучение без ухудшения качества последнего. Также, у них в большинстве случаев отсутствует какая-либо квалификация, что ограничивает возможности трудоустройства и не позволяет рассчитывать на достойную оплату своего труда.

Около ¼ респондентов указали, что совмещают работу и учебу. При этом 56,9% из них оценили свою зарплату как недостаточную, ещё около 30% заявили, что её едва хватает на жизнь. Около 56% работающих студентов уверены, что работа никак не отражается на академической успеваемости, 14% сообщили о том, что работа позволяет им освоить выбранную специальность и приобрести трудовой стаж; 26% отметили, что необходимость работать отрицательно влияет на качество их обучения.

Основная часть респондентов (80%), ответили, что в будущем планируют работать по специальности. Разделились ответы на вопрос относительно видов на размер заработной платы. Так, 39% участников опроса сообщили, что хотели бы сразу после выхода на работу получать заработную плату 50–80 тыс. рублей, 22% – более 100 тысяч рублей. Выше отмечалось, что в ДВФУ обучаются студенты из разных регионов России. Большинство опрошенных указали, что ещё не определились останутся ли после окончания вуза во Владивостоке и Приморском крае. Что касается той части студенческого сообщества, которые четко представляют свои действия после окончания университета, во Владивостоке планирует остаться и трудоустроиться 25%, около 20% заявили, что хотят уехать из региона. Эта тенденция закономерна, так как большая часть опрошенных – студенты младших курсов, которые, в большинстве случаев, пока не могут определить направление развития своей карьеры.

Вывод. Обобщенный «портрет студента ДВФУ» выглядит так: девушка в возрасте 19-20 лет, не состоящая в браке, бездетная, получающая образование по основным образовательным программам бакалавриата на бюджетной основе, постоянно зарегистрированная в Приморском крае, проживающая в кампусе ДВФУ. Она получает академическую стипендию и финансовую поддержку от родственников, не совмещает учебу и работу, в целом не испытывает материальных трудностей, большую часть своих доходов тратит на товары и услуги первой необходимости. Планируя получение высшего образования, она рассматривала ДВФУ в качестве приоритетного вуза для этого. По завершении обучения она планирует работать по специальности, рассчитывая на зарплату 50–80 тыс. Качеством своего обучения в ДВФУ в целом удовлетворена.

Список литературы

1. Всероссийская перепись населения // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – URL: https://rosstat.gov.ru/vpn_popul

2. Региональная статистика // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – URL: https://rosstat.gov.ru/regional_statistics

3. Цифры и факты // Дальневосточный федеральный университет [Электронный ресурс] – URL: https://www.dvfu.ru/about/facts-and-figures/

Таратутина С.Р.[1]

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛЯЖА В БУХТЕ БОЙСМАНА

[1]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – ассистент Д.И. Волкова

Залив Петра Великого – одна из крупнейших акваторий Японского моря, расположенная на юге Приморского края. На западе он ограничен устьем реки Туманная, а на востоке мысом Поворотным.

Берега залива относятся к риасовому типу и характеризуются сильным расчленением. Для риасов характерно наличие высоких, разделяющих бухты скалистых мысов, сложенных устойчивыми к абразии породами, прибрежных равнин в верхних частях акваторий [3,4].

Здесь большое количество бухт имеют однотипное строение – бухты Баклан, Бойсмана, Алеут, Сивучья и другие. Большинство бухт врезаны в сушу на 1–3 км, ширина составляет 2–5 км. В зависимости от расположения уклоны этих бухт будут разными: чем ближе бухта к вершине залива Петра Великого, тем меньше ее уклон и чем дальше, тем крутизна больше. Это связано с отдалением от крупных рек в более открытую часть залива, а значит с уменьшением поступающих речных наносов [4].

Бухта Бойсмана представляет собой плавную вогнутость берега, ограниченную мысами. Между ними располагается широкий пляж, который в юго-западной части примыкает к низкой аллювиально-морской террасе, являющейся долиной сравнительно крупной реки Рязановка [2], а в центральной части пляж имеет полный профиль равновесия (двусклонный), т.к. в его тылу расположен водоем.

Пляж относительно большой и уступает по размерам всего нескольким пляжам в Хасанском районе. Его длина составляет около 4600 м, а средняя ширина – 116 м. Также пляж является излюбленным местом для отдыха в купальный сезон. Он платный и благоустроенный.

Весной 2022 года на пляже были проведены полевые исследования: нивелирование пляжа, отобраны пробы для определения гранулометрического состава наносов, выполнена фотофиксация природной ситуации с применением беспилотного летательного аппарата.

В результате обработки полученных данных и материалов были построены 7 поперечных профилей. Характерные профили прислоненного и двусклонного участков пляжа бухты Бойсмана представлены на рисунке 1.

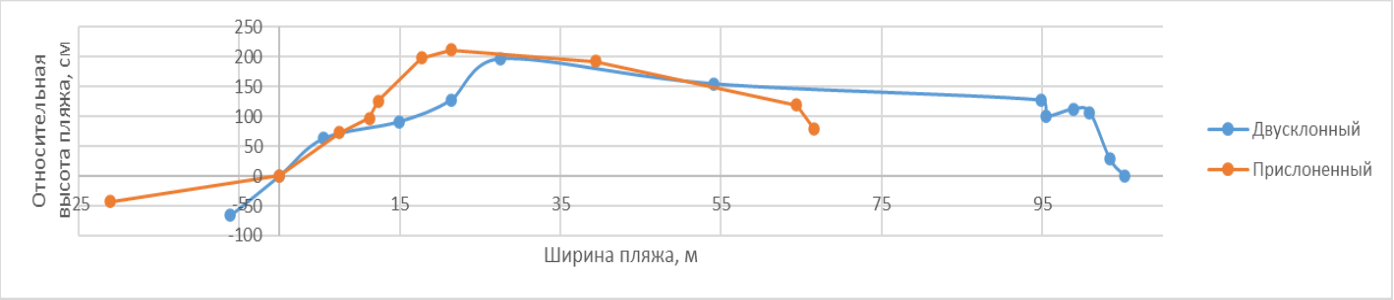


Рисунок 1 – Характерные поперечные профили пляжа в бухте Бойсмана (16.04.22)

На данных профилях за 0 был принят урез моря.

Профиль прислонённого участка пляжа характеризуется пологим подводным береговым склоном, уклон которого равен 8°, но при этом достаточно крутым уклоном фронтальной части пляжа (211,7 см) – 30. В то же время, профиль двусклонного участка пляжа обладает крутым как подводным береговым склоном, так и уклоном берега, которые равны 25° и 24°, а наивысшая точка профиля здесь составила 195,9 см.

Профили имеют пересечения в точках, отдалённых от уреза на 8 и 50 метров, со значениями относительной высоты пляжа равными 70 и 160 см. Также, несмотря на различия по высоте и ширине исследуемых участков пляжа, они имеют схожую тенденцию строения профиля. От уреза до точки максимума (которая дислоцируется в среднем через 25 м) наблюдается довольно крутой уклон фронтальной части пляжа, с наличием незначительного понижения после берегового вала, и дальнейшим плавным снижением высоты в конце профиля.

Средняя относительная высота пляжа составила ~2 м.

По результатам гранулометрического анализа проб, взятых по нивелирному ходу, были получены данные по медианному диаметру (Md) и коэффициенту сортировки (S).

Так, прислонённый участок пляжа имеет средние значения Md=0,3 мм и S=3,6, что

свидетельствует о плохой сортировке механического состава наносов. В приурезовой зоне и точке максимума высоты пляжа преобладает фракция среднего песка (~ 55%), а гравий (41,1%) является господствующей фракцией на участке берегового вала.

Двусклонный участок пляжа имеет средние значения Md=0,2 мм и S=2,6, что свидетельствует о хорошей сортировке. По ходу профиля преобладающей фракцией является песок среднего размера (~ 57%).

Полученные медианные диаметры песка в целом соответствуют графику зависимости крупности песка от уклона фронтальной зоны пляжа (для открытых пляжей) [1].

Кроме того, во время проведения рекогносцировки была зафиксирована аккумуляция морских наносов в зоне заплеска (рис. 2а), а выше по склону пляжа наблюдался характерный рельеф, который указывает на размыв пляжа в период зимних штормов (рис. 2б).

Рисунок 2 – Состояние пляжа в бухте Бойсмана на 16.04.22.
а- аккумуляция морских наносов в зоне заплеска;
б- выработанный нагонной волной участок пляжа

В целом пляж был определен как чистый, т.к. на нем отсутствовал антропогенный мусор, но отмечались скопления биогенного загрязнения в виде водорослей и большого количества битой ракушки, которая присутствует и в механическом составе наносов.

Планируется дальнейший мониторинг за пляжем.

Список литературы

1. Баском В. Волны и пляжи. Динамика морской поверхности. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1966. – 280 с.

2. Бровко П.Ф., Волкова Д.И. Пляжи Хасанского района как рекреационный ресурс // Геосистемы Северо-Восточной Азии: географические факторы динамики и развития их структур: Сборник научных статей. Владивосток, 2022. С. 212–218.

3. Леонтьев, О.К. Основы геоморфологии морских берегов / О.К. Леонтьев. – Москва: Изд-во МГУ, 1961. – 418 с.

4. Петренко В.С., Мануйлов В.А. Физическая география залива Петра Великого. Владивосток: ДВГУ, 1988. – 147 с.

Хальбаева Н.А. [1]

МИГРАЦИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ МОЛОДЕЖИ В РЕГИОНАЛЬНОМ ИЗМЕРЕНИИ

[1]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.г.н., доцент Л. И. Рябинина

В настоящее время федеральные и региональные власти России уделяют особое внимание регулированию миграции молодежи, которая становится активным участником всех видов

миграционных процессов. Очевидно, что для ДФО, продолжающего в последние годы терять ежегодно до 12 тыс. лиц молодого трудоспособного возраста (29% от общей миграционной убыли), этот проблемный вопрос остается одним из самых актуальных.

Целью данной работы является анализ миграционной активности наиболее мобильной группы дальневосточников в возрасте от 15 до 34 лет за 2017–2021 годы в региональном разрезе. В процессе исследования нами были рассчитаны средние значения интенсивности прибывших ($К_{пр}$) и выбывших ($К_{в}$) соответствующих возрастных групп на основе официальных данных Росстата [1] и ЕМИСС [2,3]. В результате сопоставления возрастных профилей за исследуемый период была выполнена классификация субъектов ДФО по уровню интенсивности и преобладающему направлению миграционных потоков молодежи (табл.1).

Таблица 1

Группировка субъектов ДФО по интенсивности и направлению миграции лиц в возрасте 15–34 лет, в среднем за 2017–2021 гг. (в ‰) [рассчитано по 1–3]

Группы и подгруппы субъектов ДФО	Направление потока мигрантов	Значение коэффициента прибытий ($К_{пр}$) / выбытий ($К_{в}$) в возрастных группах				
		15–19 лет	20–24 лет	25–29 лет	30–34 лет	В среднем 15–34 лет
Первая группа − субъекты с относительно низкой интенсивностью молодежной миграции с преобладанием выбывших над прибывшими						
Забайкальский край	М+	57,5	56,2	47,2	33,0	48,5
	М-	62,6	53,8	52,5	40,0	52,2
Еврейская авт. область	М+	78,5	75,9	41,9	29,0	56,3
	М-	103,8	72,4	60,3	46,8	70,8
Амурская область	М+	59,0	82,5	68,0	48,0	64,4
	М-	66,2	83,5	73,2	55,5	69,6
Вторая группа − субъекты со средним уровнем интенсивности молодежной миграции						
− с преобладанием прибывших над выбывшими						
Республика Саха	М+	80,4	138,1	81,5	52,4	88,1
	М-	81,8	79,8	61,5	48,3	67,8
Камчатский край	М+	53,0	117,8	96,2	59,6	81,7
	М-	65,2	87,8	79,9	59,8	73,2
Приморский край	М+	85,2	98,6	71,7	58,5	78,5
	М-	91,5	88,5	72,8	60,2	78,3
− с преобладанием выбывших над прибывшими						
Республика Бурятия	М+	64,2	88,8	75,1	57,2	71,3
	М-	80,6	84,5	77,4	64,5	76,8
Хабаровский край	М+	95,7	86,9	63,4	46,8	73,2
	М-	86,6	101,1	62,2	52,4	75,6
Третья группа − субъекты с относительно высокой интенсивностью молодежной миграции						
− с незначительным преобладанием прибывших над выбывшими						
Сахалинская область	М+	91,8	124,6	113,2	77,1	101,7
	М-	109,1	102,6	103,3	81,8	99,2
− с преобладанием выбывших над прибывшими						
Магаданская область	М+	83,3	112,4	100,0	63,3	89,7
	М-	106,5	110,3	100,6	75,5	98,2
Чукотский авт. округ	М+	108,1	151,2	198,1	130,6	147,0
	М-	144,2	128,7	180,9	139,7	148,4
В среднем по ДФО	М+	77,9	103,0	86,9	59,6	81,9
	М-	90,7	90,3	84,1	65,9	82,7
Примечание: М+ − прибывшие; М- − выбывшие						

В *первую группу* вошли отстающие в развитии Забайкальский край, ЕАО и Амурская область, характеризующиеся относительно низкой интенсивностью молодежной миграции с преобладанием

выбывших над прибывшими. Для первых двух субъектов выявлено, что наиболее активным участником миграционного процесса являются лица в возрасте от 15 до 19 лет (т.н. «абитуриентский возраст»). При этом Амурская область выделяется «пиком» молодежной миграции в возрасте от 20 до 24 лет. Это объясняется активной реализацией с 2017 г. крупных инвестиционных проектов в результате чего в области появился повышенный спрос на рабочую силу, прежде всего молодого возраста.

Во вторую группу включены пять субъектов, разделившиеся еще на две подгруппы: с преобладанием прибывших над выбывшими (Камчатский и Приморский края, Республика Саха) и, наоборот, с преобладанием выбывших над прибывшими (Хабаровский край и Республика Бурятия). В первой подгруппе особой активностью среди прибывающей молодежи выделяются лица от 20 до 24 лет (Якутия – лидер), что связано с наличием достаточного количества рабочих мест, интересующих не только местных молодых людей, но и трудовых мигрантов из стран Средней Азии. В Хабаровском крае сложилась исключительная для ДФО ситуация, когда значение $К_{пр}$ = 95,7‰ для «абитуриентской» возрастной группы выше $К_{в}$ = 86,6‰, что означает, что местные сузы и вузы остаются привлекательными как для местных, так и для приезжих абитуриентов. Регион имеет самую большую концентрацию вузов ДФО (10) – это 10 место среди всех субъектов РФ, без учета Москвы и Санкт-Петербурга.

В *третью группу* отнесены три субъекта со средним уровнем интенсивности молодежной миграции, разделенные на две подгруппы: 1) с незначительным преобладанием прибывших над выбывшими (Сахалинская область) и 2) с преобладанием выбывших над прибывшими (Магаданская область, Чукотский авт. округ). Во всех трех субъектах интенсивность миграции заметно выше среди лиц от 20 до 24 и 25-29 лет. В основном, это те, кто окончил вузы на западе страны и вернулся, а также те, кто предпочитает работу на различных месторождениях и предприятиях рыбной отрасли с «северным коэффициентом» в оплате труда. В Сахалинской области приезжающей молодёжи больше не только из-за названных условий труда, но и более комфортному климату для проживания населения.

В среднем за 2017-2021 годы по ДФО миграционный прирост отмечается для молодежи от 20 до 29 лет (до 3‰). Однако он перекрывается оттоком лиц в возрасте 15–19 лет (до -5‰) и 30-34 лет (до -6‰). Таким образом, основной отток среди молодежи по-прежнему формирует учебная и трудовая миграция, что объясняется ее повышенной мобильностью и лучшими адаптивными функциями.

Список литературы

1. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту. Статистический бюллетень. ФСГС. 2017–2022 URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284 (дата обращения: 06.03.2023)

2. Число выбывших по полу, возрасту и потокам передвижения. ЕМИСС. 2017–2021 URL: https://www.fedstat.ru/indicator/58614 (дата обращения: 06.03.2023)

3. Число прибывших по полу, возрасту, и потокам передвижения. 2017–2021. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/58613 (дата обращения: 06.03.2023)

Хальбаева Н.А. [1]

ТЕХНОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ (НА ПРИМЕРЕ ТРУБОК «УДАЧНАЯ» И «ДЖВАНЕНГ»)

[1]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – ст. преп. О.В. Левченко

В настоящее время алмазы являются актуальным для использования сырьем. В свою очередь, алмазодобывающая промышленность оказывает серьезное влияние на экологическую обстановку, используемой территории. Сопровождается загрязнением атмосферы, нарушением земной поверхности путем создания карьеров, отвалов пустых пород и т.д.

Целью данной работы является изучение техногенной нарушенности земель под влиянием алмазодобывающей промышленности. Для изучения проблемы были выбраны два репрезентативных участка в пределах карьера «Удачный» (Республика Саха) и «Джваненг» (Ботсвана). Добыча происходит в разных природных условиях, поэтому аналогичные типы воздействия по-разному проявляются в природной среде.

Кимберлитовая трубка Удачная находится в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе Западно-Якутской алмазоносной провинции на правобережье среднего течения р. Далдын. В строении участка участвуют кристаллические породы архея, карбонатные и терригенно-карбонатные отложения венда, кембрия, ордовика и силура, терригенные образования карбона. Территория представляет северо-таежные редколесья с мохово-лишайниковым покровом. Месторождение находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Мощность криолитозоны варьирует в пределах 800–1100 м, а в верховьях р. Далдын достигает 1500 м [1].

Алмазный рудник Джваненг расположен на юге Ботсваны в долине реки Наледи в пустыне Калахари. Карьер, в отличие от Удачнинского ГОКа состоит из осадочных пород палеопротерозойского возраста, залегающих в виде набора наклоненных и смещенных блоков с доломитами в основании. Карьер состоит из трех отдельных вулканических трубок: северная, южная и центральная. Для данной местности характерен субтропический континентальный климат. Большую часть территории занимают опустыненные саванны с многочисленными видами кустарников из рода акация, низкорослыми деревьями из родов терминалия и др.

Для анализа степени нарушенности ландшафтов был использован метод дешифрирование данных дистанционного зондирования. На основании спутниковых снимков Landstat и статистических данных была составлена предварительная оценка техногенной трансформации ландшафтов территории.

Для двух территорий характерна значительная степень измененности естественных ландшафтов, в результате деятельности алмазодобывающей промышленности. Однако характер и степень нарушенности ландшафтов, в пределах карьеров, имеют между собой различия.

Так, большая часть техногенной нагрузки Удачнинского ГОКа приходится на правобережье р. Далдын (основного водного объекта территории), где расположены карьер трубки Удачная, отвалы, хвостохранилище на ручье Новый. В результате общего уклона местности большая часть микроэлементов в поверхностных горизонтах почв, в зоне воздействия Удачнинского ГОКа, движется в северо-восточном направлении от промышленной площадки. Что может говорить о перемещение большого количества агрессивных и экологически опасных примесей, требующих их последующей утилизации. Однако, это воздействие носит достаточно локальный характер и ограничивается бассейном рек Сытыкан и Далдын.

В результате добычи алмазной руды нарушается почвенно-растительный покров и образуются наземные насыпи, земляные выемки, обводнённые территории и инженерные коммуникации. Отвалы

представляют собой высокий (до 40–60 м), террасированный платообразный холмистый рельеф с крутыми откосами; поверхность отвалов – разновозрастные слабо выветренные карбонатные породы. Вокруг карьера имеется 3 отвала пустых пород: Северный, Западный, Южный. Общая площадь отвалов, подсчитанная в программе «ArcGis Pro», позволила выявить, что на нее приходится 579,3 га, из них северный занимает 224,0 га, южный – 70,0 га, западный – 285,3 га. В значительной степени произошло заражение почвы с образованием крупного ареала рассеивания, формирующего геохимическую аномалию. Внутренняя и внешняя зоны ее характеризуются аномально повышенным содержанием Cu, Zn, Pb, Li, P, Ba, Fe [2].

В пределах карьера «Джваненг» также наблюдается высокая степень нарушенности естественных ландшафтов. При анализе космоснимков было выявлено значительное распространение отвалов пустых пород, их площадь составила 1258,3 га, что почти в 2,5 раза больше, чем в Удачнинском ГОКе. Стоит отметить, что в силу климатических особенностей территории порода, расположенная в пределах карьера, обладают более слабым сцеплением с поверхностью земли. В результате данной особенности порода сильно подвержена процессу эоловой денудации.

Общей ситуацией для всей алмазодобычи является загрязнение водных объектов, расположенных в пределах месторождения. Так, в пределах карьера «Джваненг» наблюдается попадание вредоносных примесей в р. Наледи и их просачивание в почвогрунты. Однако ситуация в значительной степени усугубляется тем, что данная река является единственным относительно крупным источником пресной воды для местного населения [3].

В целом, можно сделать вывод о том, что алмазодобывающая промышленность оказывает сильно влияние на изменение естественных ландшафтов территории. Характер нарушенности ландшафтов во многом предопределяется внешними природными условиями, которые также оказывают свое влияние. Однако в настоящее время реализуется ряд проектов, которые направлены на минимизацию влияния деятельности алмазодобывающих компаний (рекультивация земель в Западной Якутии; оптимизация добычи породы с ее последующей полной переработкой).

Список литературы

1. Климовский И.В., Готовцев С.П. Криолитозона Якутской алмазоносной провинции. – Новосибирск: Наука, 1994.

2. Легостаева Я.Б. Экологическая значимость микроэлементного состава почв Далдынского кимберлитового поля // Проблемы региональной экологии. – Москва: Камертон, 2008. № 2. С. 15–20.

3. Sustainability is the primary moral and economic imperative for the 21st century // DEBSWANA DIAMOND COMPANY. URL: https://www.debswana.com/ (дата обращения: 30.03.2023).

Раздел III ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИС

Безделева А. А.

ДИНАМИКА ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕРИОДА ЗАМЕРЗАНИЯ В БУХТЕ АЯКС

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.г.н., доцент И. А. Лисина

Бухта Аякс расположена на северо-востоке острова Русский, который находится в заливе Петра Великого. Между мысами Новосильского и Балка она вдаётся в южный берег пролива Босфор Восточный. Южная часть бухты занята кампусом ДВФУ, а на севере расположен пляж Аякс. В работе рассматривается только южная часть бухты (далее – б. Аякс), которая в плане представляет собой практически ровный полукруг. На сегодняшний день гражданские суда не имеют права заходить в бухту, т.к. она имеет стратегическое значение. Расстояние до дна в заводи уменьшается постепенно по направлению к побережью. Максимальные глубины достигают 7–8 метров [4].

Навигация, безопасный выход на лёд для населения (городская набережная) и рыбаков (зимняя рыбалка) ежегодно формируют необходимость наблюдения за ледовыми явлениями и обстановкой в бухте Аякс. Исходя из этого, целью данного исследования являлась качественная и количественная характеристика ледовой обстановки в бухте Аякс за начальный период замерзания с 20 по 23 декабря 2022 г., которая выражалась в визуальных наблюдениях за формами ледяных образований (с фото и видео фиксацией); оценка степени покрытия бухты льдом.

Для залива Петра Великого характерен муссонный климат: в теплый период года – морской влажный воздух с преобладанием южных направлений ветра, в холодный период – сухой континентальный воздух с преобладающими ветрами северных направлений. Зима, как правило, сухая и холодная. Самый холодный месяц – январь, когда средняя температура воздуха составляет -11,3°С, а самый низкий показатель температуры воздуха, когда-либо зарегистрированный во Владивостоке, -31,4°С. За период наблюдений с 20 по 23 декабря температура варьировала от -1°С до -14°С. Преобладал северный ветер, но за 44 часа в течение 20 и 21 декабря, его направление кардинально менялось от северо-западных до южных румбов [3].

Визуальные наблюдения за формами ледовых образований и ледовыми явлениями проводились с фото и видеофиксацией в период с 20 по 23 декабря 2022 г. (рис. 1). 20 декабря, до выхода циклона к побережью, ледовая обстановка была относительно стабильна: северная часть бухты была покрыта ниласом, южная постепенно начала заполняться ледяными образованиями различной формы (ледяное сало (рис. 1А), блинчатый лёд (рис. 1Б), нилас) [1, 2]. 21 декабря, одновременно с увеличением скорости, ветер многократно менял своё направление, в конце суток установилось стабильно северное, которое привело к разрушению сплошного покрытия и, как следствие, появлению дрейфующих льдин в северной части бухты (рис. 1Д); в южной части появилась снежура (рис. 1В, Д). 22 декабря по правую сторону от пирса вдоль набережной кампуса ДВФУ появилась шуга (рис. 1Г), а 23.12.2022, при дальнейшем понижении температуры воздуха, началось активное смерзание ледяных элементов у береговой линии (рис. 2), несмотря на относительно сильное и активное волнение.

Рисунок 1 – Наблюдаемые формы ледяных образований за период 20-23 декабря 2022 г. в б.Аякс

Наблюдения за степенью покрытия бухты ледяными образованиями в период замерзания позволили выявить различия в их формировании северной и южной частей б. Аякс. Схематичное картирование показало трансформацию ледяных образований в изменяющихся погодных условиях, их перемещение по акватории в зависимости от преобладающего ветра, результирующую обстановку при установившемся сильном ветре на фоне отрицательных температур воздуха (рис. 2).

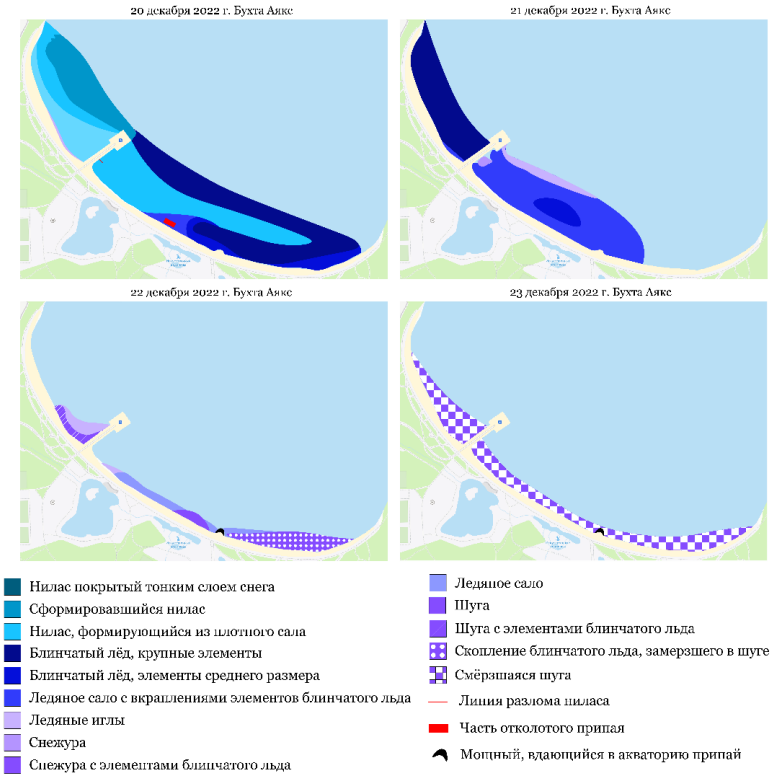


Рисунок 2 – Схема распределения ледяных образований в б.Аякс за период 20-23 декабря 2022 г.

Ветер переменчивых направлений (20-21 декабря) стал причиной хаотичного перемещения ледяных образований в южной части акватории вдоль побережья (которое происходило по ходу часовой стрелки) способствуя их деформации, а быстро понижающийся температурный фон привел к их эволюции от более простых форм к более сложным. Установившийся и усилившийся северный ветер (22-23 декабря) способствовал спаиванию льда с береговой линией южных сторон побережья в обеих частях и нивелировал разнообразие форм до шуги, начавшей замерзать несмотря на волнение.

Покрытие бухты, на момент наблюдений, составляло примерно 70%, 35%, 10%, 15% соответственно датам.

Список литературы

1. Бушуев А.В., Волков Н.А., Лощилов В.С. Атлас ледовых образований. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 145 с.

2. Евгенов Н.И. Альбом ледовых образований на морях; под ред. Ю.В. Преображенского. – Л.: Гидрометеоиздат, 1995.

3. Прогноз погоды: – URL: https://world-weather.ru/_

4. Сайт Русского острова: – URL: https://russianisland.ru/остров-русский-бухта-аякс.html?ysclid=lfos8nca14519717656

Боброва В.С.

ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Департамент наук о Земле, ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.г.н., доцент И.А. Лисина

Проблема гарантированного водоснабжения населения, сельскохозяйственного и промышленного производства стояла в Приморском крае всегда остро. Прогрессирующее загрязнение рек и водоемов в последние десятилетия еще более усугубило ее.

При решении этих проблем, а также для составления схем рационального использования водных ресурсов, необходимы знания о количественных характеристик водообеспеченности территории. На первом этапе для анализа применялся географо-гидрологический метод. Который также послужит основой для дальнейших гидрологических расчетов [1].

Целью работы является качественный и количественный анализ водных ресурсов административных районов Приморского края.

В исследовании были выполнены расчеты по 29 административным районам и оценено 1119 рек. В качестве примера выбрано 4 административных района Приморского края, расположенных в его северной, западной, восточной и южной частях (табл. 1). Проанализировав водотоки водосборы, которых, как полностью расположены в границах административных округов, так и являющиеся для них транзитными предпринята попытка классифицировать их по длине. Ниже в таблице приведена данная классификация и количество рек по градациям, отнесенных к каждому из рассматриваемых районов.

Таблица 1– Градация основных рек административных районов по длине

Длина, км	Пожарский МО	Пограничный район	Дальнегорский ГО	Хасанский МО
0 – 60 (малые)	2	10	10	12
60 – 120 (средние)	4	4	2	3
120-180 (большие)	2	0	0	0
180 – 240 (крупные)	1	0	0	0

Пожарский муниципальный округ расположен на севере Приморского края. Площадь территории — 22670 км². Рельеф — от плоских равнин (Алчанская марь) до расчленённого среднегорья. Большую часть района занимает бассейн реки Бикин (218 км). Из притоков Бикина самая длинная река Алчан – 170 км и другие [2, 3]. На рис. 1а приведены длины основных рек Пожарского муниципального округа. По территории протекают: 2 малых реки; 4 - средних, 2 – больших и 1 - крупная. Самая длинная река — Бикин (длина 218 км).

Пограничный район расположен на западе Приморского края в отрогах Восточно-Маньчжурских гор, которые часто называют Хасано-Гродековскими горами. Общая площадь — 2730 км². На рис. 1б приведены длины основных рек Пограничного района. Характерная черта рек — сравнительно небольшая протяжённость. По территории протекают: 10 малых рек; 4 - средних. Самая длинная река — Нестеровка (длина 98 км).

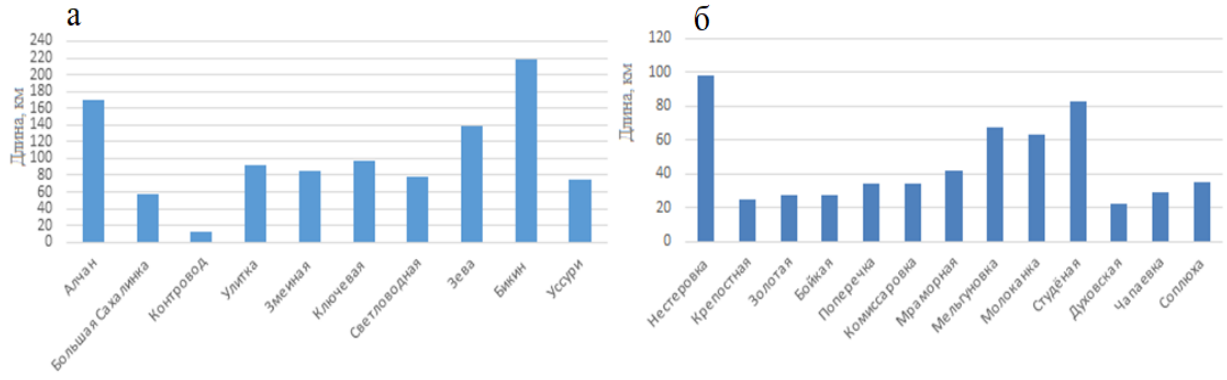


Рисунок 1 – Длины основных рек Пожарского муниципального округа (а) и Пограничного района (б)

Дальнегорский городской округ расположен на востоке Приморского края на низкогорье и среднегорье Сихотэ-Алиня. Площадь территории составляет 5342,3 км², протяженность с севера на юг около 106 км, а с востока на запад около 96 км [2, 3]. На рис. 2а приведены длины основных рек Дальнегорского городского округа. Характерная черта рек — сравнительно небольшая протяжённость. По территории протекают: 10 малых рек и 2 средних.

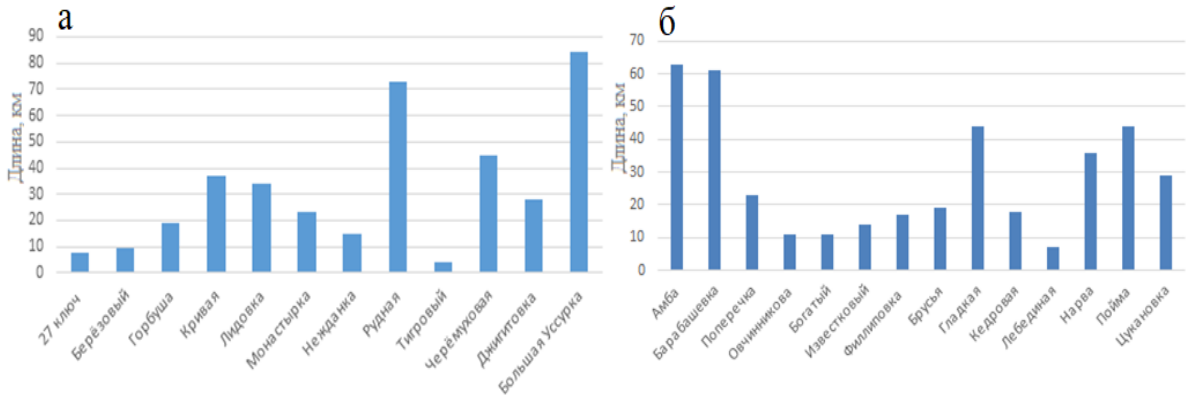


Рисунок 2 – Длины основных рек Дальнегорского городского округа (а) и Хасанского муниципального (б) округа

Хасанский муниципальный округ расположен на крайнем юге Приморского края. Район протянулся неширокой полосой с севера на юг вдоль западного побережья Амурского залива и залива Петра Великого. Общая площадь района - 4 130 км² [2, 3]. На рис. 2б приведены длины основных рек Хасанского муниципального округа. Характерной особенностью рек, как и в других административных районах, является небольшая протяжённость. По территории протекают: 12 малых рек и 3 - средних.

Для рационального освоения водных ресурсов необходим перспективный план водохозяйственного обустройства края, также необходима оптимизация мониторинга за водопользованием и водопотреблением.

Список литературы

1. Богословский Б.Б., Самохин А.А., Иванов К.Е., Соколов Д.П. Общая гидрология /Гидрология суши – 1984, Л.: Гидрометеоиздат. 422 с.

2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Дальний Восток. – 1966, JL: Гидрометеоиздат. 488 с.

3. Информационный аналитический портал vesb.ru – Режим доступа: https://vesb.ru/kakie-vodnye-obekty-est-v-primorskom-krae

---

Бухарова М. Г.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛЕТНЕГО МУССОНА НАД ЮЖНЫМИ РАЙОНАМИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.г.н., доцент Л. Н. Василевская

Индексы муссонной циркуляции служат для объективного определения границ областей с муссонным климатом, либо интенсивности муссона в конкретном регионе. Индексы, определяющие интенсивность муссона, могут быть основаны на различных метеорологических величинах: на изменении режима ветра в нижней и верхней тропосфере (WY, GK), количества осадков (PR) и др., но они не всегда могут дать одинаковую оценку интенсивности муссонов [4].

В период летнего муссона над прилегающими к Приморью морями наблюдается интенсивный антициклогенез, что способствует затоку холодных морских воздушных масс на континент. Вторжение сопровождается значительным понижением температуры в прибрежной зоне, в то время как, в континентальных районах создаются более благоприятные температурные условия. Эти процессы нарушают зональный характер распределения температуры между меридионально расположенными метеорологическими станциями: Владивосток, где летний муссон наиболее ярко выражен, и Дальнереченск, с наиболее комфортными метеорологическими условиями [1]. Так, среднемесячная температура воздуха в континентальном Дальнереченске, расположенном севернее Владивостока, превышает температурный фон южного побережья. В Дальнереченске средняя за месяц температура (май-август) меняется от +10 до +22°С, а во Владивостоке - от +8 до +18°С.

Цель исследования: разработка для территории Приморского края «температурного индекса летнего муссона» (ТИЛМ), который основан на разности температур суша-море в приземном слое во время летнего дальневосточного муссона.

Исходной метеорологической информацией послужили среднесуточные и среднемесячные временные ряды приземной температуры воздуха на метеорологических станциях Дальнереченск и Владивосток за 1996-2020 гг. (http://www.meteo.ru).

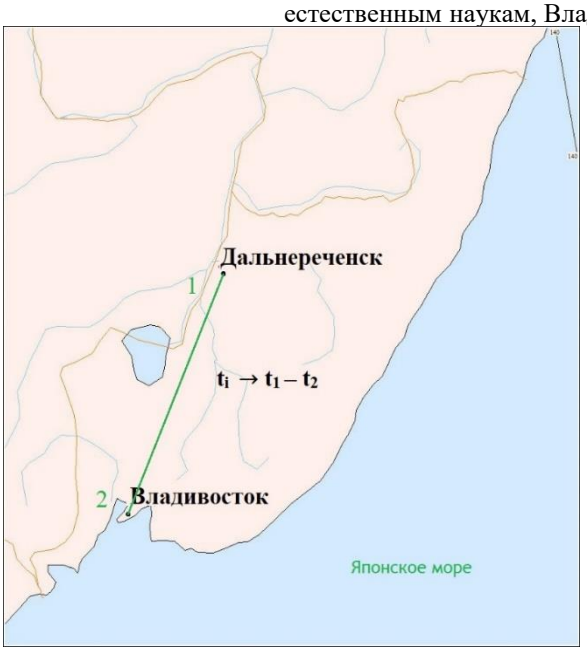


Схема расчета индекса ТИЛМ, °С

$$ТИЛМ = \sum_{i=1}^{i=31} (t_i \geq t_{норм})$$

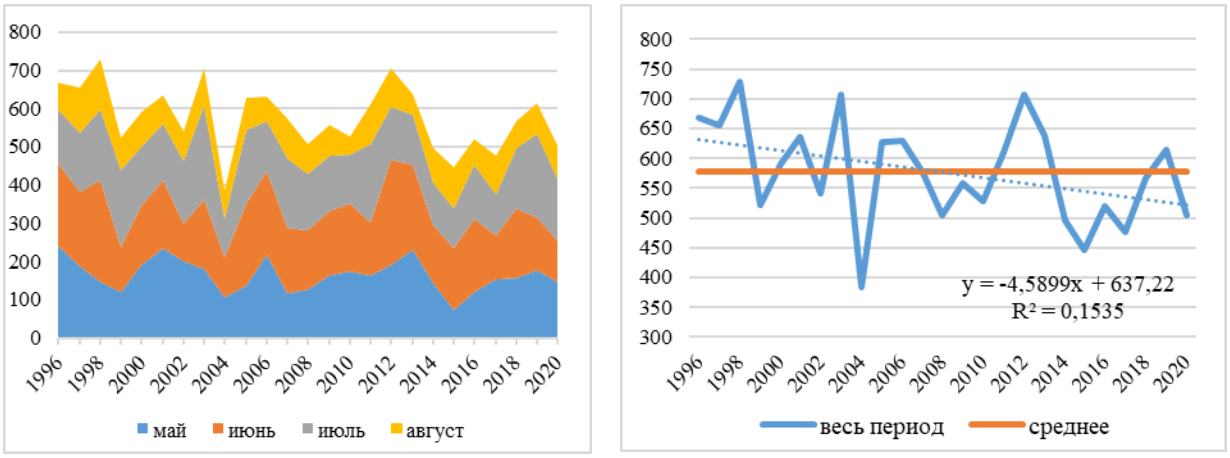
t_i – ежесуточные значения

$t_{норм}$ – среднемесячные многолетние значения t_i

Рисунок 1 – Карта-схема расчета температурного индекса летнего муссона для Приморского края

Индекс ТИЛМ определяется как накопленная сумма разности температур суша-море, превышающих среднемноголетние значения. Т.е. чем выше величина ТИЛМ, тем более интенсивен и продолжителен летний дальневосточный муссон (рисунок 1).

Результаты. Результаты межгодовых значений индекса ТИЛМ за май-август, т. е. в месяцы наиболее активной летней муссонной циркуляции, представлены на рисунке 2.



а) *б)*

Рисунок 2 – Многолетний ход индекса муссонной циркуляции ТИЛМ в мае-августе 1996-2020 гг., °С

Судя по площади, занятой ТИЛМ (рисунок 2а), летний муссон в плане температурного контраста суша-море наиболее развит в мае и июне, его средние многолетние величины составляют 164°С и 173°С соответственно (в июле - 156°С, а в августе - 85°С). В динамике индекса ТИЛМ в 1998, 2003, 2005, 2006, 2012, 2013 и 2019 гг. выделяются экстремально высокие значения, что свидетельствует об усилении муссона, тогда как, в 1999, 2001, 2004, 2008, 2015 и 2017 гг. муссон ослаблен. Эти результаты подтверждают полученные нами выводы, основанные на изучении вертикальной структуры муссонных потоков во Владивостоке [2, 3].

Зависимость между значениями индекса ТИЛМ за четыре исследуемых месяца отсутствует, на что указывают незначимые величины коэффициентов корреляции:

месяц	*май*	*июнь*	*июль*
июнь	0,33		
июль	0,07	0,01	
август	-0,30	0,12	0,29

Т.е. летний муссон в Приморском крае имеет неоднородную структуру, но все же чаще процессы июня похожи на майские (r=0.33). Интересным является то, что лишь в августе и мае эта связь является отрицательной, т.е. развитый в мае муссон может указать на слабо развитую муссонную циркуляцию в августе. Для оценки интенсивности муссонного потока в целом за весь летний период приведен график изменчивости общего индекса ТИЛМ и аппроксимация кривой изменчивости при помощи линейного тренда (рисунок 2б). Эти результаты указывают на устойчивую тенденцию к уменьшению интенсивности муссона, что подтверждает статистически значимый отрицательный тренд (коэффициент детерминации 0,153).

Выводы. Представленный муссонный индекс ТИЛМ является физически обоснованным количественным показателем, характеризующим тепловое взаимодействие между сушей и морем на территории Приморского края. Кроме того, он может быть полезен для изучения муссонной циркуляции суточного и месячного масштаба времени для любого месяца года, а также для определения временных границ начала и окончания летнего муссона.

Список литературы

1. Бухарова М.Г., Василевская Л.Н., Лисина И.А., Поталова Е.Ю. Индекс патогенности, как индикатор муссонности климата в Приморском крае // Естественные и технические науки, 2022, №6.

2. Бухарова М.Г., Василевская Л.Н., Поталова Е.Ю., Василевский Д.Н., Лисина И.А. Продолжительность летней муссонной циркуляции в пограничном слое и в свободной атмосфере на юге Дальнего Востока // Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы» - Южно-Сахалинск, 2021.

3. Бухарова М.Г., Василевский Д.Н. Вертикальная структура муссонного потока на юге Приморского края //Материалы «Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам» - Владивосток, 2021.

4. Дегтярев А.И. Об индексах муссонной циркуляции // Метеорология и гидрология, 2007. № 1.

Канталин В.А.

ПОВТОРЯЕМОСТЬ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРИМОРЬЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководители: к.г.н., доцент Л.Н. Василевская; к.г.-м.н., ТОИ ДВО РАН Ю.А. Телегин

В различные сезоны года и при различных погодных условиях на дорогах происходят аварийные ситуации, связанные с воздействием стихийных опасных метеорологических явлений, которые негативно влияют на транспортную логистику. Скользкость дорог, плохая видимость, сильный ветер, обильные осадки – эти явления создают наибольшую опасность для автомобильного движения.

Поставленной в работе целью являлся анализ для Приморского края погодных (атмосферных) явлений, наиболее значительно влияющих на безопасность движения автомобильного транспорта в зимний период.

Исходными данными послужили 8-ми срочные метеорологические ежедневные наблюдения за атмосферными явлениями (1991-2020 гг.), на станциях: Красный Яр, Дальнереченск, Мельничное, Терней, Пограничный, Свиягино, Рудная Пристань, Владивосток, Тимирязевский, Посьет и Преображение [1].

К условиям, ухудшающих состояние дорожного покрытия и затрудняющих движение по дороге в зимний период можно отнести иней, поземок, снег, снег ливневый. Иней наблюдается в холодном и переходных сезонах года. Наибольшая повторяемость явления наблюдается в Дальнереченске – в январе до 138 срочных случаев в год, что связано с выпадением твердых осадков в виде снега до 41 срочного случая в год, а также незначительной среднемесячной скорости ветра в январе (2,4 м/с), который не повлиял на образование явления.

Поземок наблюдается с ноября по март. Так, в декабре в Тернее от 8,9 до 28,5 срочных случаев в год. Следует отметить, что в Рудной Пристани повторяемость поземка в декабре и в январе достигает более десяти срочных случаев в год – 14,4 и 13,8, соответственно. Однако в Мельничном наблюдается наибольшая абсолютная повторяемость от 31 до 63,9 срочных случаев в год в декабре.

Снег на станциях: Красный Яр от 18 до 47 срочных случаев в год; в Дальнереченске (макс. повторяемость) от 22 до 45 срочных случаев в год; в Мельничном от 19 до 25 срочных случаев в год; в Свиягино от 18 до 33 срочных случаев в год и в Тимирязевском от 14 до 27 срочных случаев в год – выпадает с наибольшей частотой образования выпадения с ноября по март

Пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Иней												
Красный Яр	21,0	21,3	24,8	23,2	6,7	0,3			8,3	56,9	43,4	24,0
Дальнереченск	138,2	102,4	81,1	34,2	0,8	0,03	0,03	0,03	2,8	53,3	105,6	131,4
Мельничное	107,0	89,3	83,1	51,7	10,8	0,2	0,03		5,6	67,1	93,6	95,1
Терней	16,8	20,8	39,8	29,0	2,9	0,1			1,5	16,5	18,1	13,5
Пограничный	59,5	44,1	28,7	11,2	0,5				0,6	18,4	44,9	53,9
Свиягино	97,5	69,4	56,5	28,7	2,1			0,03	2,5	48,5	83,5	85,4
Рудная Пристань	16,0	23,8	39,8	30,9	3,4				0,9	16,7	33,2	23,9
Владивосток	17,3	20,7	17,9	4,3						2,0	10,6	19,7
Тимирязевский	135,4	103,3	68,9	23,3	1,2	0,03			4,2	51,6	100,6	127,1
Посьет	12,7	23,0	23,3	6,0	0,03					2,9	14,6	10,6
Преображение	9,9	15,6	26,3	17,3	0,3				0,03	4,3	11,3	9,9
Поземок												
Красный Яр	0,1		0,1								0,1	0,3
Дальнереченск	12,6	13,8	13,9	0,5				0,2		0,7	5,6	11,6
Мельничное	64,1	59,6	43,8	3,5						2,1	31,0	63,9
Терней	28,5	12,0	7,5	0,2							8,9	28,4
Пограничный	6,1	3,4	4,4	0,1						0,7	3,0	7,5
Свиягино	2,7	2,5	2,1								1,4	2,5
Рудная Пристань	13,8	7,3	3,6	0,03						0,1	4,3	14,4
Владивосток	5,3	5,3	2,8	0,2						0,5	2,7	6,7

Тимирязевский	9,0	9,5	7,6	0,3						0,4	4,1	9,3
Посьет	5,0	3,2	1,2	0,1							1,2	5,3
Преображение	10,8	7,0	3,3	0,3							1,6	8,9
Снег												
Красный Яр	40,0	28,0	18,5	2,1						2,1	23,5	47,2
Дальнереченск	41,3	25,1	23,2	3,2						1,8	22,0	45,8
Мельничное	19,3	19,7	21,4	4,8	0,1					3,4	23,3	25,3
Терней	18,4	16,4	14,8	1,8						0,2	10,9	17,0
Пограничный	16,0	14,7	18,2	5,3						2,5	19,9	20,1
Свиягино	29,4	21,0	18,3	3,4						2,3	20,1	33,5
Рудная Пристань	16,9	12,0	15,7	1,7						0,2	8,9	16,5
Владивосток	17,7	16,7	17,5	4,5	0,2					1,4	16,8	21,2
Тимирязевский	22,5	18,3	14,5	1,2						2,2	19,0	27,6
Посьет	9,9	11,6	11,5	1,8							8,9	12,6
Преображение	10,6	12,8	7,5	0,4							3,9	13,9

Таким образом, проведя анализ повторяемостей явлений, негативно влияющих на движение транспорта в Приморском крае за 1991-2020 гг., можно сделать вывод:

1. В Тимирязевском наиболее часто возникают явления (особенно в январе и декабре), которые ухудшают состояние дорожного покрытия иней.

2. В Мельничном в январе наблюдаются максимальное количество появления поземка, и в Красном Яре из-за выпадения снега, особенно в декабре, что приводит к ухудшению дальности видимости, а это в свою очередь может приводить к аварийным ситуациям.

Список литературы

1. ВНИИГМИ-МЦД [Электронный источник] – URL: http://www.meteo.ru/

2. Кобышева Н.В. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Н.В. Кобышева, В.В. Стадник и др. – СПб., 2008. – 336 с.

Костык В.А.[1,2], Вихренко С.В.[1,2]

КАРТИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт»

[2] Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – с.н.с Л.В. Гончуков

С развитием цифровых технологий картирования климатических характеристик перешло в электронный формат. Часто карты создаются с помощью геоинформационных систем. Алгоритмы интерполяции метеорологических величин широко используются в гидрометеорологических исследованиях. Ряд ученных используют методы интерполяции температур с применением формул, основанных на вертикальном градиенте, выраженном в °С/100 м совместно с результатами моделирования атмосферы [1, 2, 5].

В работе представлена методика создания растровых карт климатических норм с учетом рельефа

местности. Особенность представленного алгоритма заключается в упрощенном интерполировании и расчете, не требующем привлечения прогностических моделей и реанализа.

Данные 447 метеостанций Дальневосточного региона были предоставлены ДВНИГМИ [4]: географическое положение, многолетние среднемесячные климатические нормы 1991-2020 гг. Ряд для каждой станции файл с расширением .xls содержит код, название, широту, долготу, норму температуры. Данные о рельефе (ЦМР – цифровая модель рельефа) взяты из комбинированного проекта о рельефе суши и дна океанов GEBCO, с пространственным разрешением 450 метров [6]. Работа проводилась в геоинформационной системе ArcMap 10.4 [3].

Первым этапом является приведение температуры на станции к условному нулю (1), рассчитывается в таблице атрибутов с помощью калькулятора поля или в excel.

$$t_{z0} = t_{\text{ст}} + (0.0065 * h_{\text{ст}}), \quad (1)$$

где: $t_{\text{ст}}$ - температура на уровне станции; $h_{\text{ст}}$ - высота станции по ЦМР в метрах.

Извлечь высоты метеостанций необходимо из ЦМР с помощью инструмента extract values to points в наборе инструментов Special Analyst. После чего стоит исключить из работы метеостанции, имеющие отрицательные значения высот, что указывает на ошибочное определение координаты прибрежной станции. Авторами было исключено 13 метеостанций.

Затем необходимо построить интерполяцию поля t_{z0} методом IDW (inverse distance weighted), находящимся в наборе инструментов Special Analyst. Для получения растра с высотной зависимостью температуры воздуха от высоты *Rtn* нужно применить формулу (2)

$$Rtn = I_{tz0} - (D * 0.0065), \quad (2)$$

где, I_{tz0} – интерполированный растр по значениям t_{z0}; D – ЦМР.

В результате получен растр многолетних среднемесячных температур воздуха для Дальнего Востока, пример карты *Rtn* представлен на рисунке 1.

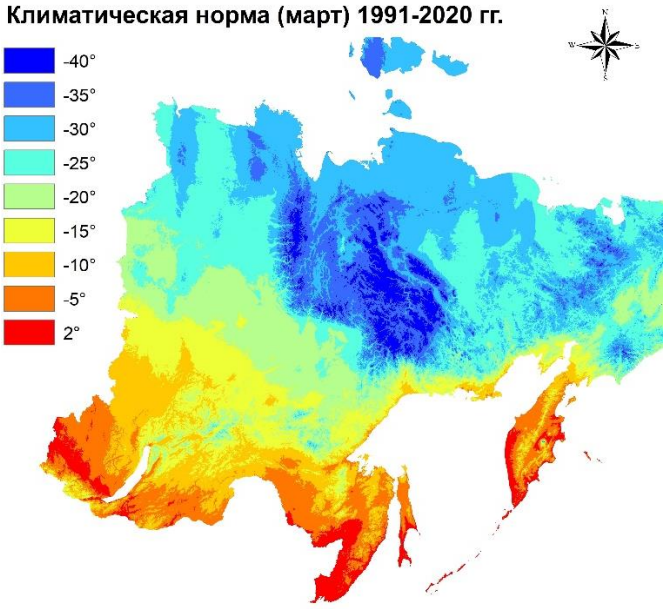


Рисунок 1 – Пример растра распределения температур воздуха с учетом рельефа для норм марта

Для марта оценены статистические параметры: средняя абсолютная ошибка растра в <0.03°, максимальная <1°. Стандартное отклонение 0.1°, что находится в пределах погрешности измерения температуры воздуха на метеостанциях. Стоит отметить, что в 93% контрольных точек погрешность идентификации температур в пикселе составляет 0.1°.

Полученный растр многолетних среднемесячных температур позволяет определять значения на

неосвещенных наблюдениями территориях с поправкой на рельеф местности. Алгоритм необходимо совершенствовать для увеличения временного и пространственного разрешения, а также применения к распределению атмосферных осадков. В рамках продолжения работы над картированием, необходимо создать растры норм для всех месяцев и оценить их точность. При допустимой погрешности для всех месяцев алгоритм необходимо совершенствовать в расширении пространственного и временного разрешения.

Список литературы

1. Клименко, Д. Е. Картирование суточного слоя осадков обеспеченностью p=1% на территории деятельности Уральского УГМС при расчетах стока дождевых паводков по формуле предельной интенсивности / Д. Е. Клименко, Е. П. Корепанов // Географический вестник. — 2012. — № 3 (22). — С. 54-64.

2. Пьянков, С.В. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений: монография / С.В. Пьянков, А.Н. Шихов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 148 с., ил.

3.Руководства пользователя ArcGIS [Электронный источник] – URL: https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/get-started/introduction/arcgis-tutorials.htm

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» [Электронный источник] – URL: http://ferhri.org/

5. Шихов, А. Н. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач: практикум: учеб. пособие / А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, А. И. Пономарчук; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – 91 с.: ил

6. GEBCO Gridded Bathymetry Data Download [Электронный источник] – URL: https://download.gebco.net/

Мансуров М.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА СЕВЕРНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.г.н., доцент Л.Н. Василевская

Происходящие в последние 50 лет глобальные климатические изменения, выразившиеся в изменении атмосферной циркуляции и синоптических процессов, оказали существенное воздействие на фауну дальневосточных морей и отразились на динамике основных объектов морского промысла. Это воздействие обусловлено как внешними, так и внутрипопуляционными причинами [1].

Охотское море и его береговая зона являются одними из перспективных районов для совместного промышленного освоения сообществом стран Азиатско-Тихоокеанского региона, однако отличаются своеобразными и суровыми погодно-климатическими условиями. Большая меридиональная протяженность территории Охотского моря создает исключительно большое разнообразие в климате его отдельных участков [1].

Цель исследования — выявление и уточнение тенденций, характеристик и возможных причинно-следственных связей межгодовых изменений термических условий в прибрежно-морских районах Охотского моря за последние 5 десятилетий.

Для анализа межгодовых изменений термических условий в прибрежной зоне Охотского моря

использовались данные 8-ми срочных наблюдений за температурой воздуха на 7 метеорологических станциях, расположенных на северном побережье Охотского моря [2]. В таблице 1 представлены многолетние статистические характеристики температуры воздуха по 7 метеорологическим станциям, рассчитанные за весь период исследования с 1966 года по 2021 год.

Таблица 1 - Многолетние статистические характеристики температуры воздуха в январе

Станция	воздух					
	Tср	δ	Tmin	Год	Tmax	Год
Магадан	-16,4	0,39	-22,9	2001	-8,0	1996
Аян	-20,8	0,37	-27,4	1994	-11,6	1997
Охотск	-20,8	0,37	-27,4	1994	-11,6	1997
Ноглики	-17,6	0,40	-27,4	1994	-6,5	1991
Николаевск-на-Амуре	-22,1	0,38	-31,0	1994	-10,1	1991
Большой Шантар	-20,2	0,31	-29,6	1994	-10,8	1991
Шелихово	-15,6	0,38	-23,8	2001	-6,4	1996

Из анализа таблицы следует, что самые низкие среднемноголетние температуры в январе наблюдаются в Николаевске-на-Амуре (-22,1˚С), а самые высокие – в пункте Шелихово (-15,6˚С). Стандартное отклонение меняется от 0,31 до 0,40˚С. Относительно экстремальных значений, т.е. минимальных и максимальных температур за холодный период года следует отметить: что самым холодным были январи в Николаевске-на-Амуре в 1994 году и в Большом Шантаре в том же году. Относительно теплые январи были в Охотске и в Аяне в 1997 году [3].

В июле самые низкие среднемноголетние температуры наблюдались в Большом Шантаре и Магадане, а относительно высокие были в Охотске и Николаевске-на-Амуре. Стандартное отклонение изменялось в пределах от 0,15˚С до 0,24˚С. Самая минимальная температура в июле наблюдалась в Большом Шантаре в 2001 г., а самая максимальная в Николаевске-на-Амуре в 2011 г. [3].

Оценка температур теплого периода года представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Многолетние статистические характеристики температуры воздуха в июле

Станция	воздух					
	Tср	δ	Tmin	Год	Tmax	Год
Магадан	11,6	0,15	7,5	1977	17,6	2009
Аян	12,5	0,16	8,6	1994	18,0	1998
Охотск	17,2	0,22	8,6	1994	18,0	1998
Ноглики	13,4	0,24	6,8	1991	25,7	2001
Николаевск-на-Амуре	16,7	0,21	10,3	1991	26,3	2011
Большой Шантар	11,2	0,22	4,2	2001	17,3	2021
Шелихово	12,1	0,15	7,6	1977	17,5	2001

На рисунке 1 представлена динамика изменения температуры воздуха по десятилетиям. В основном наблюдается тенденция роста температуры за весь рассматриваемый период. Наиболее теплым центральный месяц зимы был в 3 десятилетие (1991-2000гг.), (исключением является станция Шелихово, где наиболее теплое было 4 десятилетие).

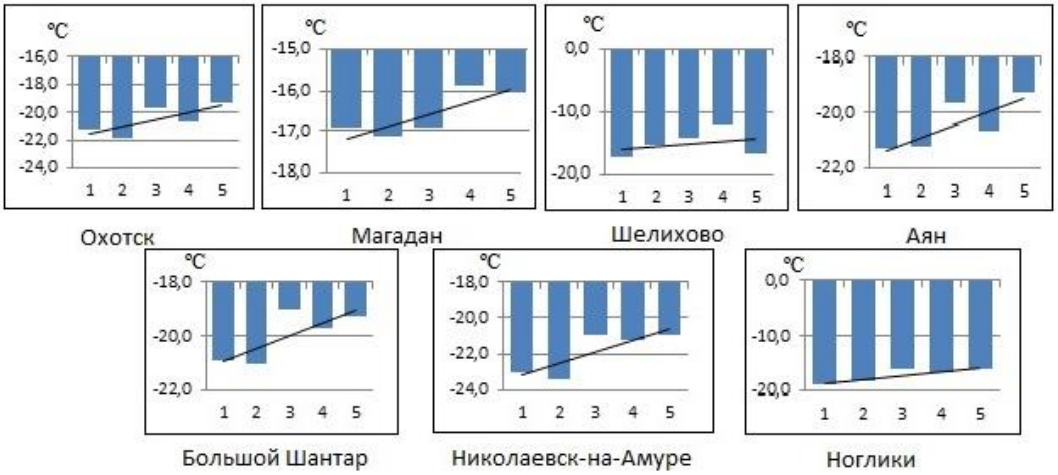


Рисунок 1 - Динамика изменения температур по десятилетиям в январе

В центральном месяце теплого сезона также наблюдалась тенденция роста температуры. Наиболее теплые июли были отмечены, в основном, в пятом десятилетии, за исключением Охотска, Магадана и Аяна (в четвертом десятилетии).

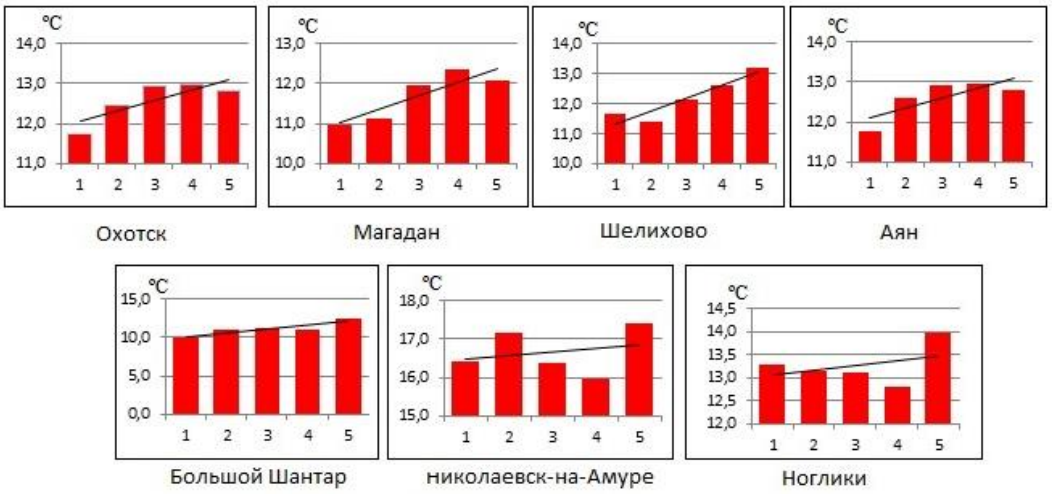


Рисунок 2 - Динамика изменения температур по десятилетиям в июле

На основе полученных в работе статистических характеристик январских и июльских температур воздуха произведена оценка температурного режима воздуха. Была выявлена положительная тенденция роста январских температур в многолетнем разрезе, наиболее выраженная на северо-западе Охотского моря. Самым теплым было десятилетие с 2011 года по 2020 года.

Список использованной литературы

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022. – 676 с.

2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных - http://meteo.ru/

3. Чернышева Л.С., Платонова В.А. Расчёт и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин /уч.-метод. Пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 88 с.

Марченко М.О.[1], Бессонов Р.С. [1,2]

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ

[1]Кафедра «Экология и Природопользование, ФГБОУ ВО Дальрыбвтуз, г. Владивосток,
[2]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
[1, 2] Научный руководитель - к.г.н., доцент В.А. Дубина

Внутренние гравитационные волны (ВВ), возникающие в результате колебаний внутри устойчиво стратифицированной жидкости, являются частым явлением в морях и океанах [1]. Исследование ВВ является актуальным не только для изучения теоретических аспектов их возникновения в океане, но и имеет прикладное значение, так как ВВ способны влиять на распространение акустических волн, оказывают влияние на перемещение наносов, нефтяные платформы и иные подводные инженерные сооружения, а также затрудняют идентификацию нефтяных разливов при спутниковом радиолокационном мониторинге загрязнения акватории [1,3]. Внутренние волны изменяют параметры ветровых волн, поэтому могут регистрироваться на спутниковых изображениях в виде тонких дугообразных и/или криволинейных сигнатур с яркостью выше или ниже фоновой (рис.1, 2) [2].

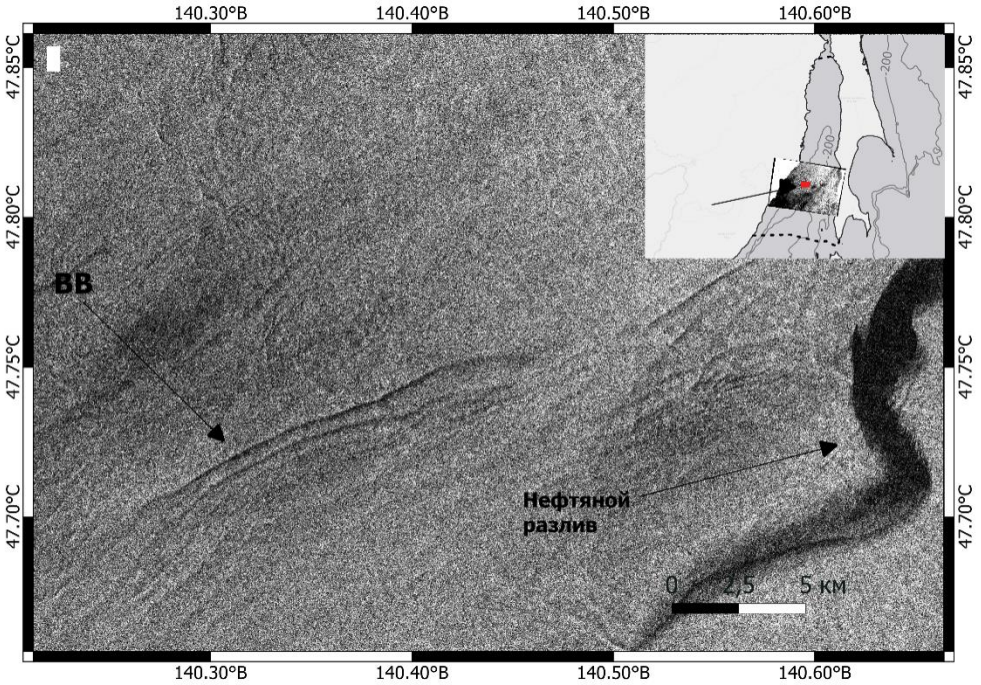


Рисунок 1 – Поверхностные проявления внутренних волн в Татарском проливе на фрагменте РЛ-снимка, принятого со спутника Sentinel-1B 26 июля 2021 г. в 20:47 ВСВ.

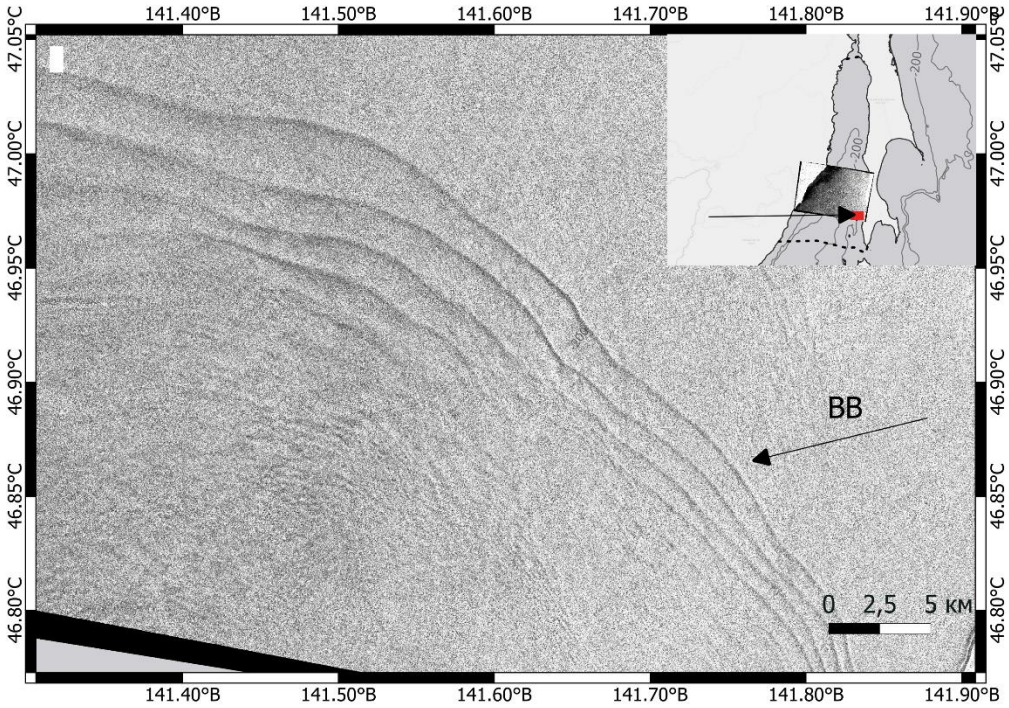


Рисунок 2 – Поверхностные проявления внутренних волн в Татарском проливе на фрагменте РЛ-снимка, принятого со спутника Sentinel-1B 14 июля 2021 г. в 20:47 ВСВ.

На основе спутниковых радиолокационных изображений, полученных со спутников Sentinel-1A/B в период с 1 января по 31 декабря 2021 г., была исследована пространственно-временная изменчивость поверхностных проявлений внутренних волн в Татарском проливе. Внутренние волны фиксируются в Татарском проливе в период с мая по октябрь включительно. Чаще всего внутренние волны фиксировались на юго-восточном шельфе о. Сахалин.

Список литературы

1. Mitnik L., Dubina V. Spatial-temporal distribution and characteristics of internal waves in the Okhotsk and Japan Seas studied by ERS-1/2 SAR and Envisat ASAR // Proceedings of ENVISAT Symposium 2007, 23–27 April 2007, Montreux, Switzerland. ESA, 2006. – SP-636.
2. Mitnik L.M., Dubina V.A. Interpretation of SAR Signatures of the Sea Surface: a MultiSensor Approach / V. Barale, J.F.R. Gower and L. Alberotanza (eds.), “Oceanography from Space, revisited”. Springer Science+Business Media B.V. – 2010. – P. 113–130.
3. Mitnik L.M., Dubina V.A. The Sea of Okhotsk: Scientific Applications of Remote Sensing / V. Barale and M. Gade (eds.), “Remote Sensing of the Asian Seas”. Springer, Cham. – 2018. – P. 159–175. doi.org/10.1007/978-3-319-94067-0.

Огородников Д.М.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРА $CaCl_2$ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНОГО МАТЕРИАЛА В Г. ВЛАДИВОСТОК

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.г.н., доцент И. А. Лисина

Данная работа представляет собой первый этап исследования, целью которого является экспериментальная оценка эффективности применения раствора хлорида кальция ($CaCl_2$) в качестве

противогололедного материала (ПГМ) в зимний период на автомобильных дорогах г. Владивостока и его возможного негативного влияния на гидрохимический режим водных объектов полуострова Муравьева-Амурского, бассейны которых полностью урбанизированы. Некоторые из них, как например река Объяснения, в результате строительства Владивостокской ТЭЦ-2 полностью перестала замерзать из-за поступающих в неё теплых отработанных вод, используемых для охлаждения котлов. Как результат, гидрологический, химический и биологический балансы реки были полностью нарушены в том числе по причине теплового загрязнения и осолонения пресных вод [1].

Владивосток, как и в любом другой город или субъект Российской Федерации, имеет важнейший элемент транспортной инфраструктуры – сеть автомобильных дорог. Ее эффективное функционирование является необходимым условием повышения уровня и улучшения условий жизни населения. В зимний период большинство транспортных проблем возникает из-за необходимости превентивной обработки дорожных покрытий ПГМ, а также проведения уборки снега во время снегопадов и после окончания выпадения осадков.

В результате применения ПГМ происходит загрязнение прилегающих к автодорогам территорий за счёт талых вод, образующихся при плавлении снега. Масштабность этого явления, по сравнению с промышленными сбросами, до сих пор недостаточно изучена.

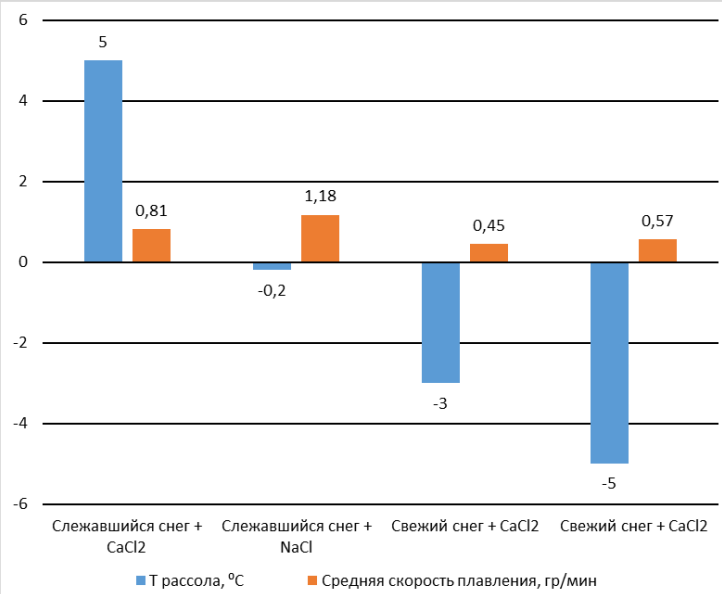
За период с января по март 2023 года на базе лаборатории гидрологии суши Департамента наук о Земле Института Мирового океана Дальневосточного федерального университета были проведены эксперименты по скорости таяния снега под воздействием растворов $CaCL_2$ различных концентраций и простейший химический анализ полученных в результате этого талых вод. Этот реагент применяется дорожными службами г. Владивостока, при минусовых температурах (до -8 ºС) в виде водного раствора 30% концентрации [2, 3]. Методика исследований заключалась в сравнении эффективности применения нормированных растворов с растворами хлорида натрия (NaCl). Последний реагент применяется в качестве ПГМ в ряде стран. В рамках эксперимента оценивалась скорость таяния снега (свежевыпавшего, слежавшегося и наста) при минимальной нормированной температуре воздуха под влиянием раствора NaCl различных концентраций. В итоге установлено, что максимально возможной концентрацией является 25% водный раствор NaCl (при -8 ºС).

Порядок проведения эксперимента, направленного на определение эффективности применения 30% раствора $CaCL_2$ в качестве ПГМ и сравнение его с 25% водным раствором NaCl:

1. Охлаждение контейнеров для плавления, выбор навески образцов растворов $CaCl_2$ и NaCl и снега в соотношении 1 к 10;
2. Определение температуры проб снега и растворов;
3. Размещение контейнеров с пробами снега и растворами в источник постоянной отрицательной температуры, фиксирование времени размещения и температуры непосредственно в источнике;
4. Определение веса и объема образовавшегося рассола;
5. Вычисление скорости плавления
6. Повторное измерение температуры образцов;
7. Определение физико-химических свойств полученного рассола: водородного показателя pH, солёности и относительной плотности.

Результаты экспериментов показали, что применение 30% раствора $CaCl_2$, медленнее плавит снег (в 1,26 раза – свежевыпавший, в 1.45 – слежавшийся) в сравнении с 25% раствором NaCl. Сравнение физико-химических свойств полученных талых вод позволило сделать вывод о большей эффективности раствора $CaCl_2$ при борьбе с гололёдными явлениями на дорожных покрытиях, поскольку раствор $CaCl_2$ остывает медленнее, что способствует более длительному

противогололёдному эффекту (рис.1):



Характеристика рассола:	$CaCl_2$	NaCl
Слежавшийся снег:		
Вес, гр	24,32	35,32
Объём, мл	22,5	32,5
Солёность, ‰	Завышение	
Относительная плотность, гр/см^3	Завышение	
Водородный показатель pH	7,59	7,17
Свежевыпавший снег:		
Вес, гр	17,7	20,7
Объём, мл	13,5	17
Солёность, ‰	Завышение	70
Относительная плотность, гр/см^3	Завышение	1,052
Водородный показатель pH	7	7

Рисунок 1 – Значения массы, температуры талых вод, водородных показателей и средней скорости плавления снега, полученные в ходе эксперимента.

На следующих этапах исследования планируются дальнейшие эксперименты с проведением более углублённого химического анализа, проверка свойств ПГМ при различных температурных и ветровых режимах, сравнение с иными ПГМ в лабораторных условиях.

Список литературы

1. Бортин, Н.Н. Река Объяснения как источник загрязнения бухты Золотой Рог / Н.Н. Бортин, Н.В. Крапивенцев, А.М. Горчаков, А.М. Белевцов, К.Н. Дьяченко // Сборник материалов XIV международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России-2017». – 2017. – С. 205-211

2. Данные о заказе дорожной службой г. Владивосток хлорида кальция в качестве противогололедного материала (от 01.12.2019) – https://star-pro.ru/proverka-kontragenta/organization/1112536000774/zakupki#customer#contracts

3. Рекомендации по приготовлению раствора хлористого кальция с необходимой плотностью – https://www.teh-stroy.ru/st_rastvor-hk.php

---

Рыбалко С.В.[1], Шпак А.С.[2]

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

[1]Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

[2]Департамент компьютерно-интегрированных производственных систем ПИ ДВФУ

Научный руководитель – д.г.н., профессор А.С. Федоровский

Оценка речного стока обычно основана на полевых измерениях расходов воды в некотором створе гидрометрической вертушкой. Однако иногда бывает сложно получить точные данные о расходе воды из-за сложных местных условий (бурное течение, небольшая глубина и другие). При

высокой водности в потоке (в результате прохождения паводков и половодий) активно внедряется в последнее время бесконтактный метод измерения, основанный на дистанционном измерении скорости потока с помощью доплеровского эффекта.

В данном исследовании для анализа использовались результаты экспериментов на реках Приморского края. Основой для сравнения послужили расходы и уровни воды, измеренные стандартным способом (гидрометрической вертушкой, поплавками и профилографом ReoGrand 1200) на стационарных гидрологических постах. Радарный комплекс Sommer RQ-30 использовался для наблюдений на реках Комаровка и Уссури, бесконтактный переносной радар SVR – на реках Осиновка, Одарка, Кулешовка и Спасовка. Полевые исследования проводились в 2021-2022 годах. Скорость измерялась вдоль поперечного сечения, с моста, пересекающего реку.

На р. Комаровка – п. Центральный выполнено 13 экспериментов в период с 4 мая по 16 мая 2022 года. В итоге сравнение наблюденных данных, полученных с помощью гидрометрической вертушки и профилографа со значениями, определенными RQ-30 выполнено путем вычисления отклонений. По данным анализа можно заключить, что уровни воды измерены RQ-30 с достаточной точностью в 1-2 см, максимальное отклонение составляет 3,4 см (6,2 %). Точность оценки расхода воды изменяется от 3,8 до 38,4%, причем отмечается систематическое завышение расхода воды радаром, за счет порывов ветра, что может быть скорректировано при дальнейшей работе.

Эксперименты на р. Уссури проводились в течение всего 2022 года. Радарный комплекс был установлен на мосту в п. Горные ключи, а стандартные наблюдения выполнялись на стационарно гидрологическом посту Кировский (расходы воды) и автоматическом гидрологическом комплексе (уровни воды). Всего было выполнено более 5 тыс. измерений уровней и столько же расходов воды. Анализ данных показал, что измеренные радарным комплексом RQ-30 на гидрологическом посту Горные Ключи расходы воды, соответствуют ходу кривой расхода воды по гидрологическому посту Кировский. Среднеарифметическое отклонение между расходами не превышает 4 %. Ход уровня реки в районе п. Горные Ключи синфазен с уровнями в п. Кировский. Расхождение в несколько часов связано со временем добегания (рис.1).

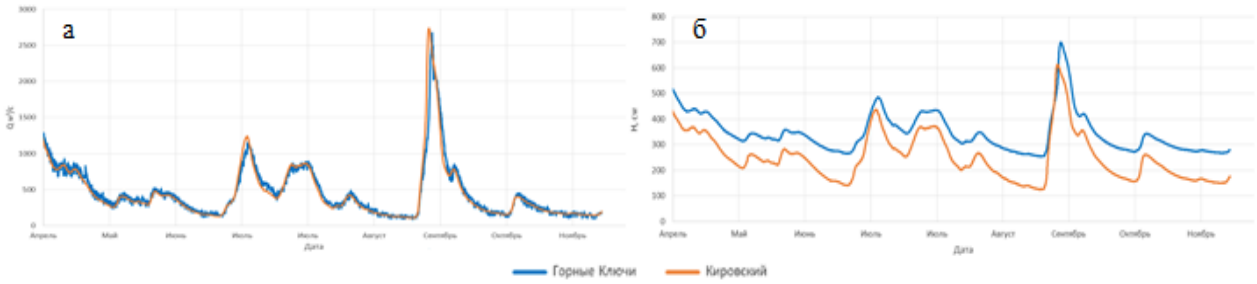


Рисунок 1 – Ежедневные расходы воды (а) и уровни воды (б) на постах Горные Ключи и Кировский

На реках Осиновка, Одарка, Кулешовка и Спасовка измерение поверхностной скорости потока с целью вычисления расходов воды применялся переносной радар SVR, который позволяет за короткий срок выполнить измерения на нескольких гидрологических постах, однако требует установления связи поверхностной скорости течения со средней скоростью на вертикали (коэффициента скорости течения). Измерения проводились на гидрологических постах рек шириной до 10 метров и средней глубиной 0,3-0,4 метра. Схема измерений изображена на рис. 2. Угол наклона θ выбирался на основе горизонтального и вертикального расстояния (dh и dv, соответственно) между поперечным сечением цели и антенной. Ширина отпечатка луча в поперечном сечении (R) рассчитывалась по наклонному расстоянию (dn) между SVR и водной поверхностью; поперечный интервал измерений был выбран через 1 м.

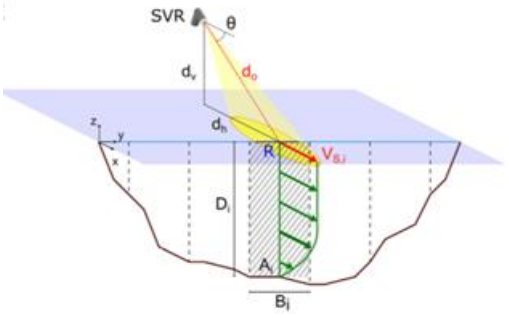


Рисунок 2 – Схема использования SVR в поперечном сечении реки

При графическом и аналитическом сравнении усредненных значений скорости с данными SVR, скорректированными скоростным коэффициентом, пришли к выводу, что профили поперечной скорости достаточно хорошо согласуются, но наблюдаются локальные различия до 20%. В большинстве случаев расхождения в скоростях течения воды больше у берегов, возможно, потому что измерение SVR с мостов создает большие освещенные области, которые включают как зоны с быстрым течением, так и прибрежные зоны рециркуляции с низкими скоростями. Большие площади усреднения также имеют тенденцию производить более плоские поперечные распределения. В целом, оценки SVR профилей поперечной скорости хорошо согласуются с контактными измерениями, несмотря на местное завышение или недооценку, показывая, что радиолокационные приборы являются допустимым вариантом для получения надежных бесконтактных данных о поверхностной скорости. Однако, поскольку площадь под двумя профилями скорости одинакова, а поперечное сечение имеет довольно регулярную геометрию, ожидается, что оценка расхода, полученная двумя методами, будет с небольшими отклонениями.

Федорова А. Г.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ
Научный руководитель - к.г.н., доцент Л. Н. Василевская

Каждое живое существо стремится жить в комфортных для него условиях. Климат Крыма считают лучшим для профилактики болезней, Краснодарский край - в списке рекомендованных мест для здорового отдыха. Приморский край также является прибрежной зоной, однако климат здесь суровее по многим показателям (температурному, влажностному режиму и т. д.). Для объективной, сравнительной оценки климатов разных территорий необходимо их охарактеризовать с позиций влияния на организм человека.

В качестве такого показателя возможно использование уровня дискомфортности климата. Он оценивается с помощью различных количественных индексов. В настоящем исследовании рассчитывается и анализируется индекс эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ). ЭЭТ выступает показателем тепловой чувствительности человека, раздетого до пояса, и учитывает связь трех метеорологических факторов: скорости ветра, температуры и влажности воздуха по формуле А. Миссенарда [3]:

$$ЭЭТ = 37 - \frac{37-t}{0{,}68-0{,}0014f+\frac{1}{1{,}76+1{,}4v^{0{,}75}}} - 0{,}29t\left(1-\frac{f}{100}\right),$$

где t – температура воздуха, °C; V – скорость ветра, м/с; f– относительная влажность, %.

Существует другой, подобный индекс – НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура (показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра для одетого человека) [1].

Цель исследования: анализ пространственного многолетнего изменения комфортности климата с привлечением температурно-влажностно-ветрового показателя (ЭЭТ) на территории Приморского края в центральные месяцы основных сезонов года (зиму характеризует январь, а лето – июль).

Метеорологические данные по 10 станциям (рисунок 1) с 1966 по 2021 гг. взяты с сайта ВНИИГМИ МЦД (http://meteo.ru). Необходимые среднемесячные данные для формулы Миссенарда рассчитаны путём осреднения среднесуточных значений метеовеличин, полученных из восьмисрочных наблюдений.

Рисунок 1 - Карта расположения метеостанций Приморского края, используемых в исследовании

По нашим исследованиям наиболее дискомфортными являются погодные условия в г. Владивостоке как в зимнее, так и в летнее время; здесь комфортная температура ниже обычной на 9°С летом и 16°С – зимой.

Изменения ЭЭТ приведены на рисунке 2; отметим, что на 6 станциях из 10 выявлены статистически значимые линейные тренды.

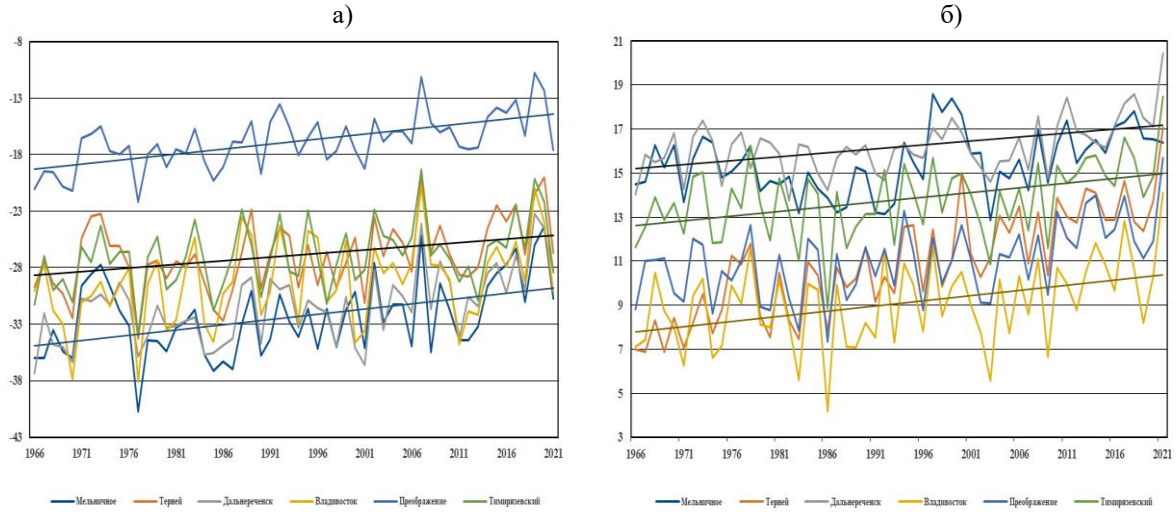


Рисунок 2 - Графики изменений ЭЭТ за центральные месяцы основных календарных сезонов с 1966 по 2021 гг.; а - январь, б - июль

Значения трендов среднемесячных ЭЭТ зимой положительны, что указывает на рост эффективных температур: наибольший — для метеостанции Дальнереченск (1,07°С/10 лет), а наименьший - для Красного Яра (0,43°С/10 лет). На 99% уровне значимости устойчивые тренды наблюдаются в январе только на 6 станциях: Преображение, Дальнереченск, Мельничное, Терней, Владивосток и Тимирязевский, а на 95% уровне – на всех станциях, за исключением Красного Яра.

Межгодовая изменчивость ЭЭТ на территории края колеблется от 9 до 17°С, причем максимальный размах колебаний наблюдается на двух континентальных станциях (Свиягино и Мельничное) и во Владивостоке, что указывает на частую смену разных по комфортности зимних погод год от года. Наиболее устойчивый фон зимних ЭЭТ характерен для Дальнереченска.

На всех метеостанциях значение линейного тренда в июле положительное и значимое, т. е. тренд в многолетнем ходе ЭЭТ является статистически значимым. Наибольшее значение повышения ЭЭТ за 10 лет составляет 1,2°С для метеостанции Терней. На остальных станциях он достигает 0,3–0,5°С. Изменчивость ЭЭТ самая значительная тоже в Тернее (размах колебаний ЭЭТ достигает 10,2°С) и во Владивостоке (около 10°С), на остальных станциях – от 7 до 9°С.

Выводы. На основании анализа динамики эквивалентно-эффективной температуры на репрезентативных станциях Приморского края показано, что во всех районах наблюдается устойчивая тенденция повышения комфортности климата. Летом увеличение комфортности наиболее выражено в южной части края (Владивосток, Тимирязевский) и на восточном побережье (Терней), тогда как на севере оно менее выражено (Красный Яр, Дальнереченск). Зимой ситуация аналогичная, наблюдается увеличение значений трендов в тех же регионах (Мельничное, Преображение, Владивосток и Терней) в значениях 0,8-0,9°/10 лет. На общем фоне по контрастности изменений погодных условий выделяются две континентальные метеостанции Свиягино (максимальная разница ЭЭТ составляет 17,7°) и Мельничное (16,3°), а также город Владивосток (17,3°). Основной вклад в увеличение комфортности климата на территории Приморского края вносит повышение стандартных температур [2].

Список литературы

1. Андреев С. С. Биоклиматические показатели (индексы) //Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2007. №4. С.109-110

2. Третий оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва: Росгидромет. 2022. 562 с.

3. Сергеева Г. А. Оценка биоклиматических условий по рассчитанным значениям показателей климатической комфортности (на примере Волгоградской области). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, 2007. 25 с.

Хлопцева А.С. [1], Шпак А.С. [2]

ПРИМЕНЕНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫМИ СЛУЖБАМИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВЛАДИВОСТОК СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ОСАДКОВ 2021-2023 гг.

[1]Муниципальное бюджетное учреждение «Содержание городских территорий»
[2]Департамент компьютерно-интегрированных производственных систем ПИ ДВФУ
Научный руководитель – к.г.н., доцент И. А. Лисина

Прогнозы погоды общего назначения не учитывают микроклимат, формирующийся в пределах дорожных полос и зависящий от типа покрытия на проезжей части. Поэтому в настоящее время назрела необходимость в специализированных прогнозах для дорожных организаций, прежде всего занимающихся зимним содержанием дорог и обеспечением безопасности движения на дорогах. Принятие решений дорожно-транспортными службами в части обслуживания и содержания дорог в зимний период непосредственно зависит от метеорологической обстановки на конкретном участке.

Поэтому важнейшим моментом является мониторинг и прогнозирование высоты снежного покрова и мест его накопления, недоучет которого приводит к обледенению и снежным накатам. Сравнение статистических показателей выпадения снега в разные периоды времени в определенной местности повысит точность прогноза для последующих зимних сезонов.

Количество твердых осадков во Владивостоке имеет сильную межгодовую вариацию, но частота их выпадения незначительна. Тем не менее они доставляют большие проблемы автомобилистам города. Это, в первую очередь, определяется гористым рельефом, значительной загруженностью автотранспортом, неравномерным распределением снежного покрова, что приводит к снежным накатам, обледенению дорог, и, в свою очередь затрудняет движение транспорта.

На первом этапе исследования была выполнена первичная пространственная детализация особенностей снегонакопления в зимний период 2021-2022 и 2022-2023 гг. на основе имеющихся наблюдений стационарной сети (Владивосток) и визуальных наблюдений в различных районах города (включающих измерение высоты снежного покрова). Дальнейший анализ показателей твердых осадков будет заключаться в мониторинге городских экосистем. Он позволит разработать классификацию улиц по интенсивности движения с учетом накопления снежного покрова в разных районах.

Для анализа в качестве исходных данных принят слой осадков, выпавших за холодный период 2021-2022, 2022-2023 гг. (рис.1), выборка температур воздуха, для оценки продолжительности зимнего периода, схема дислокации снегоуборочной техники.

Как видно из рисунка 1 за 2021-2023гг, можно выявить два периода значительного выпадения осадков и, как следствие, образования плотного снежного покрова. Зная показатели продолжительности периода, а также сроки начала зимнего сезона, можно получить параметры для оценки эффективности работы дорожно-транспортных служб, место дислокаций машин, распределение противогололедных материалов в разных точках города. По итогу за холодный период года 2021-2022 гг. выпало по сумме и частоте меньшее количество осадков, чем в 2022-2023 гг., поэтому, соответственно, количество использованных реагентов (пескосолевых и бионорда в сумме) во второй год превышало таковые (пескосолевые и отсевосолевые в сумме) в первый исследуемый период. В практике зимнего содержания автомобильных дорог для борьбы с зимней скользкостью применяют химический метод.

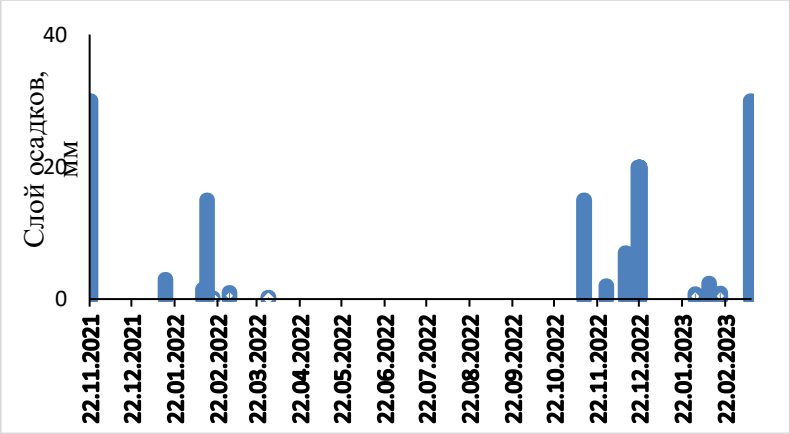


Рисунок 1 – Количество твердых атмосферных осадков (мм)
за холодный период 2021-2022 гг., 2022-2023 гг.

На рисунке 2 приведена иллюстрация максимального количества выпавших за сутки осадков.

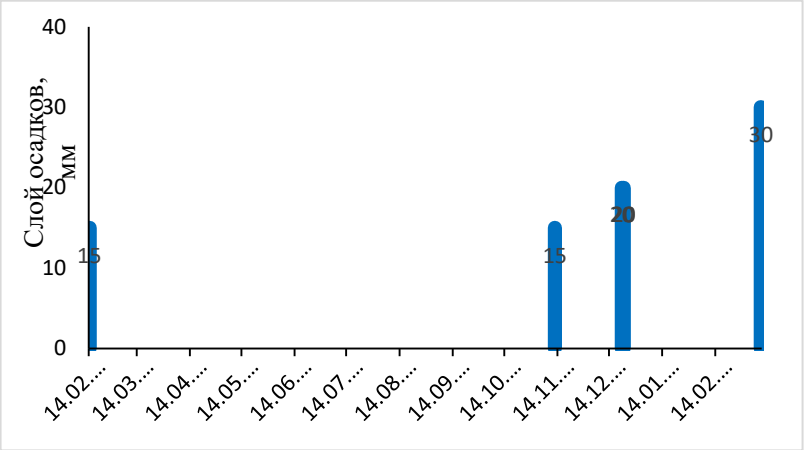


Рисунок 2 – Максимальное суточное количество твердых осадков (мм) за зимний период 2021-2022 гг., 2022-2023 гг.

Несмотря на преобладающее количество осадков в зимний период 2022-2023 гг. благодаря применению, выполненной автором предварительной классификации улиц по степени заснеженности местности прослеживается экономия реагентов при обработке дорожного полотна и более точной расстановки техники для улучшения качества обслуживания города.

Собранная и статистически обработанная метеорологическая информация за ряд лет эксплуатации дорог, учитывающая специфику дорожных и погодно-климатических особенностей отдельных их участков, будет использована для установления расчетных параметров микроклимата отдельных участков дороги, пространственной детализации прогнозов и совершенствования методов прогноза метеорологических величин, влияющих на формирование состояния дорожного покрытия и для долгосрочного планирования работ по их содержанию. В связи с отличием микроклиматических величин в разных районах города прогноз накопления твердых осадков в определенных его частях позволит дорожно-транспортным службам не только рационально расходовать противогололедные смеси, но и значительно быстрее бороться с последствиями снегопадов.

Раздел IV МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Белоусов М.Д.[1]

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО АНПА НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ROS 2

[1]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – д.т.н., профессор Д. А. Юхимец

В ходе разработки автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) одним из этапов становится проектирование и реализация информационно управляющей системы (ИУС). Зачастую именно ИУС определяет функционал и удобство программирования любого робота, поэтому решения, принятые на этапе проектирования ИУС будут напрямую влиять на всё программное обеспечение устройства.

Существуют готовые решения ИУС для различных мобильных роботов, такие как ArduPilot, но они не подходят для данного АНПА так как он имеет на борту два вычислительных устройства - микроконтроллер ESP32 и одноплатный компьютер LattePanda.

В настоящее время созданы инструменты, позволяющие упростить разработку ИУС для роботов. Такие платформы, как ROS2, URBI, Miro и т,д. подходят для создания универсальных ИУС и обеспечивают простоту разработки и универсальность программных компонентов. Наиболее популярны в настоящее время платформа ROS и ее приемник ROS2. Для данной платформу существует огромный набор библиотек, в частности тех, которые позволят связать микроконтроллер и одноплатный компьютер в единую систему.

В ходе работы АНПА должны быть реализованы два рабочих состояния – режим нормальной работы и аварийный режим. В нормальном режиме основные вычисления происходят на микрокомпьютере. Компьютер хранит в себе информацию о миссии, проводит комплексирование данных, рассчитывает текущие параметры АНПА и необходимый для выполнения миссии вектор тяг и моментов. Микроконтроллер получает данные о векторе тяг и моментов, преобразует его в тяги движителей и подает рассчитанный сигнал на контроллеры движителей. Собранные данные от подключенного к ESP32 акселерометра контроллер обрабатывает с помощью фильтра Маджевика, получая углы ориентации, которые вместе с данными от компаса и датчика глубины отправляются на микрокомпьютер для дальнейшей обработки. Так же ESP32 следит за частотой поступающих с микрокомпьютера данными, которая должна составлять 20 Гц, и в случае провисания, которое может быть вызвано нестабильностью питания или программной ошибкой, вводит систему в аварийный режим.

Аварийный режим подразумевает частичный или полный отказ микрокомпьютера. В этом режиме все вычисления, необходимые для работы системы, производит микроконтроллер, который должен обеспечить всплытие аппарата.

Для реализации ИУС на основе платформы ROS2 необходимо продумать распределение вычислительных задач между узлами и определить вид входных и выходных данных этих узлов. В ходе проектирования системы был разработан граф узлов ROS, позволяющий реализовать необходимый функционал ИУС (рисунок 1).

На контроллере ESP 32 развернут узел ESP_Node. Целью данного узла является сбор информации от подключенных к ESP 32 датчиков и обработка этих данных, а также формирование

управляющих сигналов на движители подводного аппарат. В результате узел формирует и отправляет в систему сообщения с данными от акселерометра, ориентации, глубине и углу курса по компасу. На микрокомпьютере Latte Panda развернуты узлы для обработки данных и выработки желаемого вектора сил и моментов для выполнения миссии.

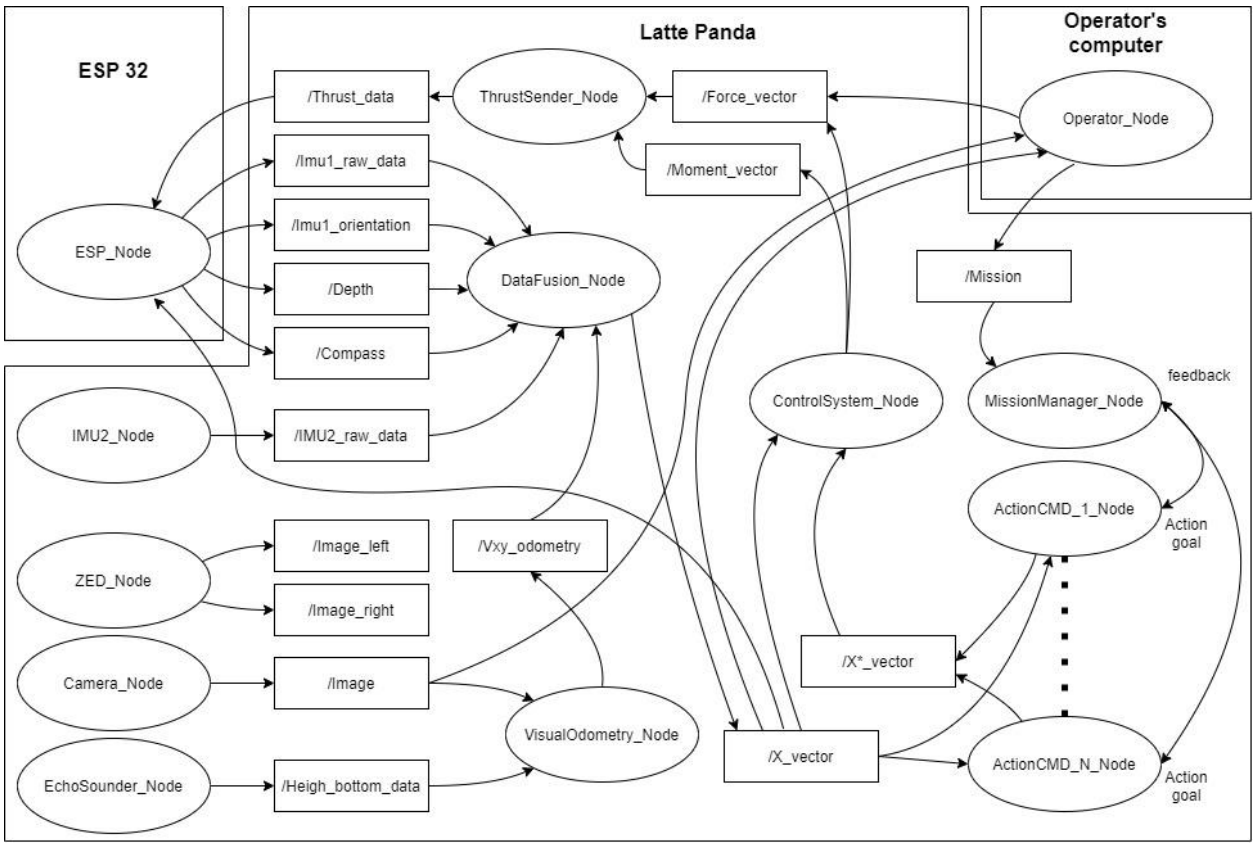


Рисунок 1 – Граф узлов ROS2 для проектируемой системы

На текущий момент реализована часть системы, развертываемая на микроконтроллере, и узлы необходимые для первых испытаний подводного аппарата в режиме телеуправления. Дальнейшей задачей является проведение испытаний системы, которые покажут качество ее работы.

Список литературы

1. Документация ROS2 [Электронный ресурс] // ROS 2 Documentation – URL: https://docs.ros.org/en/humble/

Василенко Р.П.[1,2], Красавин Н.А.[1]

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ АНПА, ОСНАЩАЕМОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ СО СТОРОНЫ РАБОТАЮЩЕГО МАНИПУЛЯТОРА

[1]Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН
[2]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.т.н., заместитель директора по научной работе А.Ю. Коноплин

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) являются перспективным средством освоения Мирового океана и способны выполнять широкий перечень исследовательских работ [1, 2]. Оснащение АНПА многозвенными манипуляторами (ММ) позволит расширить область их применения

и снизить затраты на проведение манипуляционных операций. Многими исследователями отмечалось, что такие операции целесообразно выполнять в режиме стабилизируемого зависания аппарата над объектом работ [2-4]. Однако зависший в толще воды АНПА подвержен воздействию сил и моментов со стороны работающего ММ, вызванных влиянием вязкой среды на движущиеся звенья, а также силовым контактом рабочего инструмента с объектом работ. Эти воздействия отклоняют АНПА от начального положения, что затрудняет или делает невозможным выполнение требуемой операции.

Конструкции корпусов и конфигурации движительно-рулевых комплексов (ДРК) АНПА обычно обеспечивают высокое качество работы в крейсерском режиме движения, но даже эффективные методы [2-4 и др.] не позволяют обеспечить качественную стабилизацию АНПА при выполнении манипуляционных операций в режиме зависания. Поэтому в данной работе предложено вместе с ММ устанавливать на АНПА дополнительный движитель, расположенный на одной оси вращения с основанием манипулятора выше центра величины аппарата на выносном штоке, закрепленном на поворотной платформе (рисунок 1). Это расширит исходный ДРК и позволит главным образом компенсировать воздействия со стороны манипулятора, приводящие к смещениям АНПА по углам крена и дифферента.

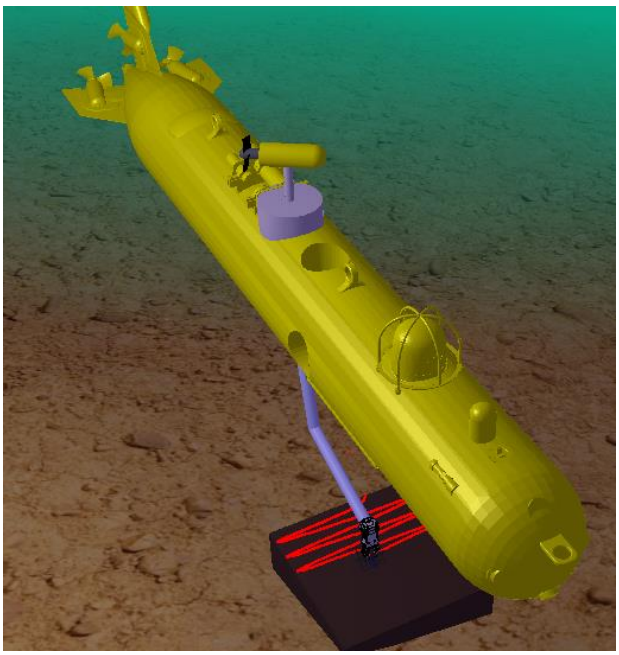


Рисунок 1 – Трехмерная модель АНПА с ММ и дополнительным движителем

Также разработан метод синтеза системы стабилизации АНПА, которая на основе идентифицированных величин силовых и моментных воздействий со стороны ММ [5], выполняющего контактную операцию, позволяет распределять управляющие воздействия между движителями аппарата, на основе математического описания расширенного ДРК, и введения «сжимающих» коэффициентов, ограничивающих величины сигналов в конкурирующих каналах управления, с использованием подхода [6]. При этом обеспечивается управление как тягой дополнительного движителя, так и углом поворота его поворотной платформы.

Результаты исследований синтезированной системы стабилизации АНПА, проведенных с помощью численного моделирования, показали ее работоспособность и высокую эффективность при выполнении раннее недоступных для АНПА манипуляционных операций. При этом было продемонстрировано многократное увеличение точности стабилизации АНПА, а также выполнение силовых контактных операций с отклонением усилия, оказываемого рабочим инструментом ММ на объект не более 9% от целевого значения в установившемся режиме.

Список литературы

1. Бабаев Р.А., Боловин Д.А., Борейко А.А., Боровик А.И., Ваулин Ю.В., Коноплин А.Ю., Трегубенко Д.И., Михайлов Д.Н., Щербатюк А.Ф. Технология использования АНПА для исследования глубоководных экосистем Атлантического сектора Антарктики // Подводные исследования и робототехника. 2020. №2 (32). С. 13-21.

2. Antonelli G. Underwater Robots. Third Edition // Springer Tracts in Advanced Robotics. 2014. Vol. 96.

3. W. McLain, S. M. Rock, M. J. Lee. Experiments in the coordinated control of an underwater arm/vehicle system //Underwater Robots. – 1996. – pp. 139-158.

4. Konoplin, N. Krasavin. Automatic Speed Control System for Manipulator Mounted on Underwater Vehicle //2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – IEEE, 2022. – pp. 205-209.

5. Коноплин А.Ю., Красавин Н.А., Юрманов А.П., Пятавин П.А., Кацурин А.А. Система позиционно-силового управления подводными аппаратами с многозвенными манипуляторами для выполнения контактных манипуляционных операций // Подводные исследования и робототехника, 2022, № 4, С. 40-52.

6. Киселев Л.В., Костенко В.В., Медведев А.В. К оценке динамических характеристик АНПА «МТ-3500» на основе модельных и экспериментальных данных // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 3 (41). pp. 33–44.

Красавин Н.А.[1], Василенко Р.П. [1, 2]

СИСТЕМА СОГЛАСОВАННОГО ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ С МНОГОЗВЕННЫМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

[1]Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН
[2]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.т.н., заместитель директора по научной работе А.Ю. Коноплин

В настоящее время автономные и гибридные необитаемые подводные аппараты (НПА) все чаще оснащаются многозвенными манипуляторами (ММ) и активно применяются для проведения различных подводных исследований и выполнения технологических операций в автономном режиме. Большинство таких манипуляционных операций требуют контакта рабочего инструмента манипулятора с объектами работ, в том числе и с оказанием заданного усилия на поверхности этих объектов, например, отбор бактериальных матов и введение пробоотборников в грунт, а также очистка поверхностей от обрастаний и заиливаний, установка пробоотборников в контрольные отверстия на подводных манифольдах и др. При этом такие работы зачастую оправдано выполнять в режиме зависания НПА вблизи или над объектами работ [1]. В этом режиме аппарат занимает наиболее удобное для манипулирования положение и не взмучивает придонный слой воды, как это происходит при посадке на грунт, что может затруднить визуальную навигацию НПА относительно целевого объекта.

Однако при контакте ММ с поверхностью объекта на его рабочий инструмент начинает действовать сила, приводящая к возникновению нежелательных внешних моментов на выходных валах электроприводов в степенях подвижности манипулятора, а также к силовому и моментному воздействиям на точку крепления ММ к НПА. Эти воздействия смещают аппарат от точки его зависания, что неизбежно приводит к отклонениям рабочего инструмента от предписанных траекторий и потере контакта с поверхностью объекта работ.

Существующие подходы к решению указанной проблемы [2-4] имеют ряд недостатков, которые до сих пор не позволяют НПА с ММ в автономном режиме выполнять контактные операции. Поэтому для ее решения в данной работе была разработана система, которая обеспечивает адаптивную компенсацию нежелательных внешних моментных воздействий на выходные валы электроприводов подводных ММ, поддерживая таким образом требуемые показатели качества работы многозвенников, выполняющих контактные операции в вязкой среде [5]. При этом разработанная система позволяет осуществлять согласованное позиционно-силовое управление НПА с ММ, обеспечивая выполнение контактных манипуляционных операций с оказанием желаемого силового воздействия рабочего инструмента на поверхность объектов работ в режиме стабилизируемого зависания аппарата над или вблизи этих объектов без использования дорогих многокомпонентных сило-моментных датчиков [6].

Для исследования разработанной системы в Simulink была синтезирована модель ММ с НПА, связанная с симулятором CoppeliaSim, в котором проводилась визуализация работы системы (рис. 1).

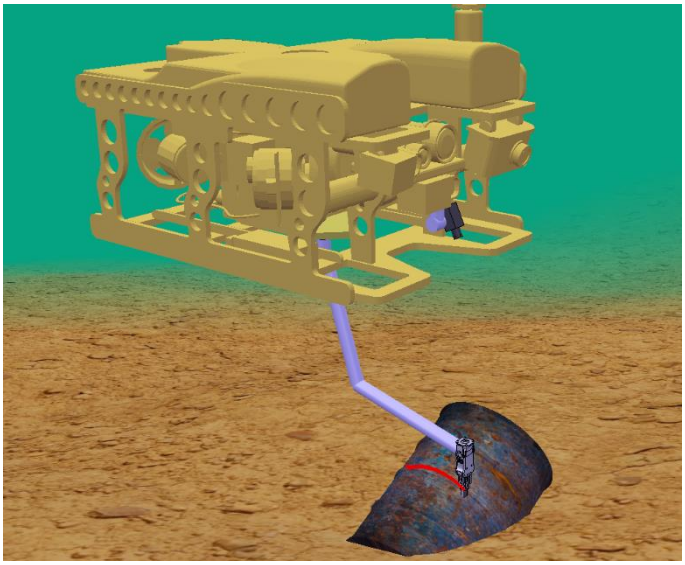


Рисунок 1 – Трехмерная модель НПА с ММ, выполняющим операцию очистки объекта

Результаты проведенного численного моделирования позволяют сделать вывод, что разработанная система позиционно-силового управления НПА, оснащенными ММ, позволяет значительно повысить точность выполнения контактных манипуляционных операций и может успешно использоваться для выполнения манипуляционных работ с оказанием заданного усилия. Причем отклонение оказываемого усилия от заданной величины в процессе работы не превышает допустимых значений. Практическая реализация этой системы не вызывает принципиальных трудностей и не требует использования дорогостоящих сило-моментных датчиков.

Список литературы

1. Konoplin, A. Development of a control system for multilink manipulators on unmanned underwater vehicles dynamically positioned over seafloor objects / A. Konoplin, A. Yurmanov, N. Krasavin, P. Piatavin // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – №3. – P. 1666.

2. Lapierre, L. Position/force control of an underwater mobile manipulator / L. Lapierre, P. Fraisse, P. Dauchez // Journal of Robotic Systems. – 2003. – Vol. 20. – №12. – P. 707-722.

3. Cao, H. Dynamic adaptive hybrid impedance control for dynamic contact force tracking in uncertain environments / H. Cao, et al. // IEEE Access. – 2019. – Vol. 7. – P. 83162-83174.

4. Cui, Y. A unified adaptive force control of underwater vehicle-manipulator systems (UVMS) / Y. Cui, J. Yuh // Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003) IEEE. – 2003. – Vol. 1. – P. 553-558.

5. Филаретов, В. Ф. Метод синтеза систем высокоточного управления перемещениями подводных манипуляторов / В. Ф. Филаретов, А. Ю. Коноплин, А. В. Зуев, Н. А. Красавин // Подводные исследования и робототехника. – 2020. – №.4. – С. 31-37.

6. Коноплин, А. Ю. Система позиционно-силового управления подводными аппаратами с многозвенными манипуляторами для выполнения контактных манипуляционных операций / А. Ю. Коноплин, Н. А. Красавин, А. П. Юрманов, П. А. Пятавин, А. А. Кацурин // Подводные исследования и робототехника. – 2022. – №.4. – С. 40-52.

Красавин Н.А.[1], Василенко Р.П. [1, 2]

СИСТЕМА СОГЛАСОВАННОГО ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ С МНОГОЗВЕННЫМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

[1]Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН
[2]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.т.н., заместитель директора по научной работе А.Ю. Коноплин

В настоящее время автономные и гибридные необитаемые подводные аппараты (НПА) все чаще оснащаются многозвенными манипуляторами (ММ) и активно применяются для проведения различных подводных исследований и выполнения технологических операций в автономном режиме. Большинство таких манипуляционных операций требуют контакта рабочего инструмента манипулятора с объектами работ, в том числе и с оказанием заданного усилия на поверхности этих объектов, например, отбор бактериальных матов и введение пробоотборников в грунт, а также очистка поверхностей от обрастаний и заиливаний, установка пробоотборников в контрольные отверстия на подводных манифольдах и др. При этом такие работы зачастую оправдано выполнять в режиме зависания НПА вблизи или над объектами работ [1]. В этом режиме аппарат занимает наиболее удобное для манипулирования положение и не взмучивает придонный слой воды, как это происходит при посадке на грунт, что может затруднить визуальную навигацию НПА относительно целевого объекта.

Однако при контакте ММ с поверхностью объекта на его рабочий инструмент начинает действовать сила, приводящая к возникновению нежелательных внешних моментов на выходных валах электроприводов в степенях подвижности манипулятора, а также к силовому и моментному воздействиям на точку крепления ММ к НПА. Эти воздействия смещают аппарат от точки его зависания, что неизбежно приводит к отклонениям рабочего инструмента от предписанных траекторий и потере контакта с поверхностью объекта работ.

Существующие подходы к решению указанной проблемы [2-4] имеют ряд недостатков, которые до сих пор не позволяют НПА с ММ в автономном режиме выполнять контактные операции. Поэтому для ее решения в данной работе была разработана система, которая обеспечивает адаптивную компенсацию нежелательных внешних моментных воздействий на выходные валы электроприводов подводных ММ, поддерживая таким образом требуемые показатели качества работы многозвенников, выполняющих контактные операции в вязкой среде [5]. При этом разработанная система позволяет осуществлять согласованное позиционно-силовое управление НПА с ММ, обеспечивая выполнение контактных манипуляционных операций с оказанием желаемого силового воздействия рабочего инструмента на поверхность объектов работ в режиме стабилизируемого зависания аппарата над или вблизи этих объектов без использования дорогих многокомпонентных сило-моментных датчиков [6].

Для исследования разработанной системы в Simulink была синтезирована модель ММ с НПА,

связанная с симулятором CoppeliaSim, в котором проводилась визуализация работы системы (рис. 1).

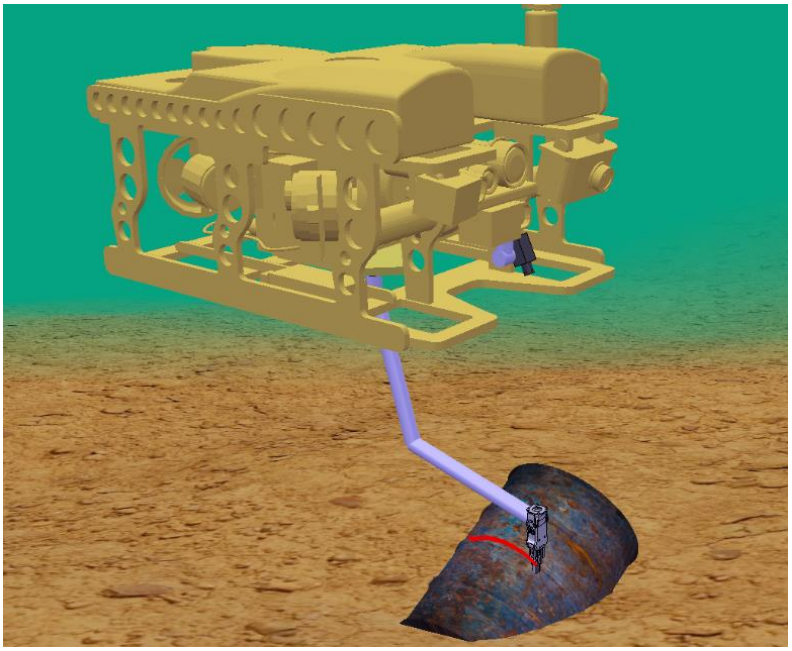


Рисунок 1 – Трехмерная модель НПА с ММ, выполняющим операцию очистки объекта

Результаты проведенного численного моделирования позволяют сделать вывод, что разработанная система позиционно-силового управления НПА, оснащенными ММ, позволяет значительно повысить точность выполнения контактных манипуляционных операций и может успешно использоваться для выполнения манипуляционных работ с оказанием заданного усилия. Причем отклонение оказываемого усилия от заданной величины в процессе работы не превышает допустимых значений. Практическая реализация этой системы не вызывает принципиальных трудностей и не требует использования дорогостоящих сило-моментных датчиков.

Список литературы

1. Konoplin, A. Development of a control system for multilink manipulators on unmanned underwater vehicles dynamically positioned over seafloor objects / A. Konoplin, A. Yurmanov, N. Krasavin, P. Piatavin // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – №3. – P. 1666.

2. Lapierre, L. Position/force control of an underwater mobile manipulator / L. Lapierre, P. Fraisse, P. Dauchez // Journal of Robotic Systems. – 2003. – Vol. 20. – №12. – P. 707-722.

3. Cao, H. Dynamic adaptive hybrid impedance control for dynamic contact force tracking in uncertain environments / H. Cao, et al. // IEEE Access. – 2019. – Vol. 7. – P. 83162-83174.

4. Cui, Y. A unified adaptive force control of underwater vehicle-manipulator systems (UVMS) / Y. Cui, J. Yuh // Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003) IEEE. – 2003. – Vol. 1. – P. 553-558.

5. Филаретов, В. Ф. Метод синтеза систем высокоточного управления перемещениями подводных манипуляторов / В. Ф. Филаретов, А. Ю. Коноплин, А. В. Зуев, Н. А. Красавин // Подводные исследования и робототехника. – 2020. – №.4. – С. 31-37.

6. Коноплин, А. Ю. Система позиционно-силового управления подводными аппаратами с многозвенными манипуляторами для выполнения контактных манипуляционных операций / А. Ю. Коноплин, Н. А. Красавин, А. П. Юрманов, П. А. Пятавин, А. А. Кацурин // Подводные исследования и робототехника. – 2022. – №.4. – С. 40-52.

Оселедец В.А.[1]

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ В НЕИЗВЕСТНОЙ ОБСТАНОВКЕ

[1]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.А. Юхимец

Одним из наиболее перспективных методов повышения эффективности, выполняемых необитаемыми подводными аппаратами (НПА), миссий является использование группы аппаратов, так как в таком случае устраняются ограничения, обусловленные характеристиками имеющегося на НПА оборудования. Наиболее популярной стратегией формирования группы является система «лидер – ведомые», в которой один из НПА назначается лидером, имеющим полную информацию о заданной миссии и формирующий траекторию движения группы, а другие НПА принимаются ведомыми, получающими от лидера информацию о его текущем положении и на ее основе корректирующие свое движение с учетом предписанного им положения в строю [1].

На сегодняшний день актуальна задача выхода НПА к цели, координаты которой задаются перед началом миссии. При перемещении на большие расстояния бортовая навигационная система НПА дает большие погрешности при оценке положения НПА. Возможность корректировки своего положения при этом отсутствует. Использование группы НПА, двигающихся друг от друга на некотором расстоянии, для решения поставленной задачи повышает вероятность того, что НПА достигнет цели с допустимой погрешностью.

Цель работы: разработать такую систему управления группой НПА, которая позволит группе НПА осуществлять перемещение в заданную точку, при этом сохраняя по ходу движения заданный строй (за исключением тех случаев, где нарушение строя необходимо для избегания столкновений).

Одним из возможных решений является использование метода формирования сигналов управления при помощи информации, получаемой с бортовых видеокамер НПА – ведомых, где на НПА – лидере установлены специальные маяки, с помощью которых НПА – ведомые могут определять свое положение относительно лидера. Такой подход позволяет обеспечить безопасное и точное движение группы НПА за счет возможности своевременного корректирования сигналов управления при нарушении строя участниками группы. На рисунке 1 представлена схема системы управления НПА – ведомого.

Рисунок 1 – Структурная схема системы управления НПА - ведомого

Получаемое с бортовой видеокамеры изображение обрабатывается таким образом, чтобы на картинке отображались только маяки лидера, пиксельные координаты (геометрические центры масс каждого из элементов) которых определяются. Далее по известным параметрам бортовой видеокамеры и пиксельным координатам происходит расчет положений НПА – ведомого и НПА – лидера в

абсолютной системе координат (АСК), которые необходимы для определения целевой точки. Задавая желаемое положение НПА – ведомого, система управления движением формирует такие тяги и моменты силы, которые обеспечивают прибытие НПА – ведомого в желаемую точку с желаемой ориентацией.

При этом стоит понимать, что во время движения НПА в подводной среде подразумевается его перемещение в априорно неизвестной обстановке, в которой могут иметься препятствующие движению участников группы объекты. НПА группы должны обходить эти препятствия на безопасной дистанции, исключая при этом возможности столкновения с другими участниками группы. Таким образом, при вычислении целевой точки появляется необходимость учитывать показания с бортовых дальномеров.

Для проверки эффективности системы была осуществлена ее программная реализация на языке Python и составлена визуальная модель в среде V-REP. Проводилось моделирование обхода препятствия группой НПА из трех роботов, расположенных в строю типа треугольник. Каждый НПА группы оснащен высокоточной следящей системой управления [2]. Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

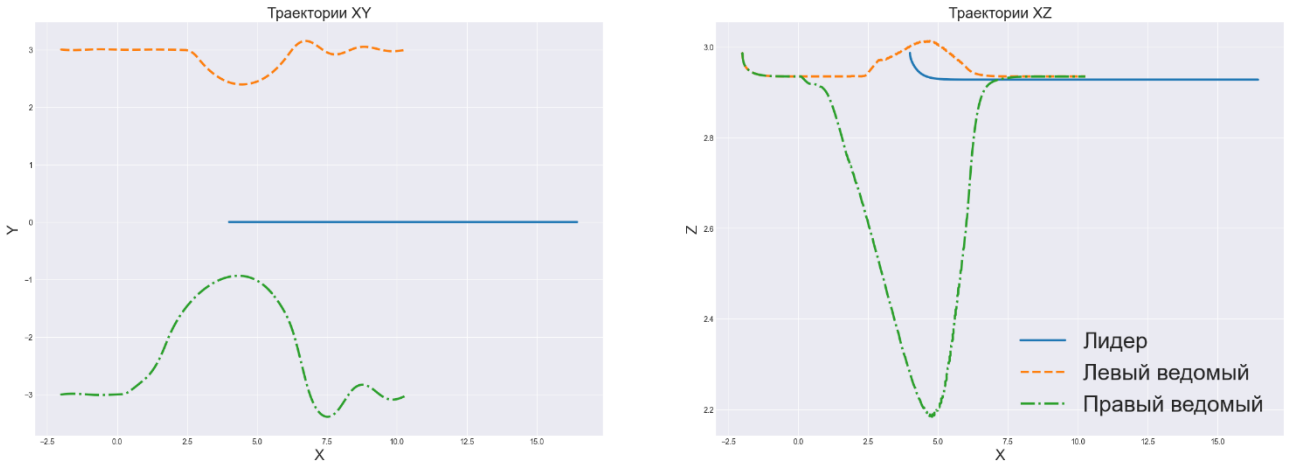


Рисунок 2 – Траектории движения группы НПА при обходе препятствий

Реализованная система позволяет обеспечить движение группы НПА в заданном строю с использованием визуальной системы слежения. Дальнейшем развитием данной работы является разработка и реализация алгоритмов для повышения точности работы системы.

Список литературы

1. Агеев, М. Д. Автономные подводные роботы: Системы и технологии / М.Д. Агеев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко; под общ. ред. М.Д. Агеева. - М.: Наука, 2005. - 398 с.

2. T.I. Fossen Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control / T.I. Fossen. - Trondheim: WILEY, 2011. - 575 с.

Панчук М.О.[1,2], Юрманов А.П. [1,2]

МЕТОД УТОЧНЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ МНОГОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА ПОДВОДНОГО АППАРАТА, ПОСТРОЕННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТОВ

[1]Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН
[2]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель - к.т.н., заместитель директора по научной работе А.Ю. Коноплин

В настоящее время подводные аппараты (ПА) с установленными на них подводными манипуляторами (ПМ) активно используются не только для исследовательских, но и для сложных

технологических операций. ПА оснащаются системами технического зрения (СТЗ), позволяющими сканировать и распознавать подводные объекты, а также строить траектории движения рабочего инструмента ПМ по поверхностям этих объектов [1]. Существующие способы построения указанных траекторий с помощью СТЗ [2], а именно стереоскопической камеры, предусматривают получение облаков точек объекта работ с дальнейшим построением триангуляционной поверхности этой области с помощью известных методов [3, 4]. Исследования показали, что недостаточная точность получения облаков точек, обусловленная ограниченной точностью калибровки СТЗ и изменяющимся параметрам водной среды, приводит к значительным ошибкам при построении траекторий ПМ по поверхностям реальных объектов. Для решения указанной проблемы в докладе предложен новый метод уточнения траекторий движения рабочего инструмента ПМ на основе данных, полученных при распознавании специального графического маркера, который заранее закрепляется на или вблизи этого инструмента.

Предложенный метод позволяет на основе распознавания специального маркера на видеоизображении, получаемом от СТЗ (рисунок 1), определить положение и ориентацию рабочего инструмента ПМ в системе координат (СК) СТЗ - X_c,Y_c,Z_c, которая в дальнейшем пересчитывается в СК ПМ - X_m,Y_m,Z_m. Идентифицированное положение сравнивается с положением инструмента, вычисленным на основе информации об обобщенных координатах ПМ, получаемой от датчиков, расположенных в его степенях подвижности. Таким образом, путем сравнения двух пространственных положений рабочего инструмента в реальном масштабе времени вычисляется корректирующий вектор, позволяющий уточнить желаемую траекторию движения ПМ.

Предложенный метод был исследован с помощь численного моделирования в среде разработки Unity, где была воссоздана сцена, содержащая ПА с ПМ и СТЗ, а также объекты работ. Для проверки работоспособности метода динамически изменялись параметры водной среды, негативно влияющие на точность определения пространственного расположения целевого объекта. Также были проведены натурные подтверждающие испытания с использованием разработанных в ИПМТ ДВО РАН многозвенного ПМ и СТЗ. Результаты исследований показали, что описанный метод позволяет на основе видеоизображения от СТЗ, на котором идентифицируются объект работ и рабочий инструмент ПМ с нанесенным маркером, определить взаиморасположение этих двух объектов и рассчитать вектор смещения инструмента от желаемой траектории, что обеспечит повышение точности выполнения различных манипуляционных операций с минимальной вычислительной сложностью.

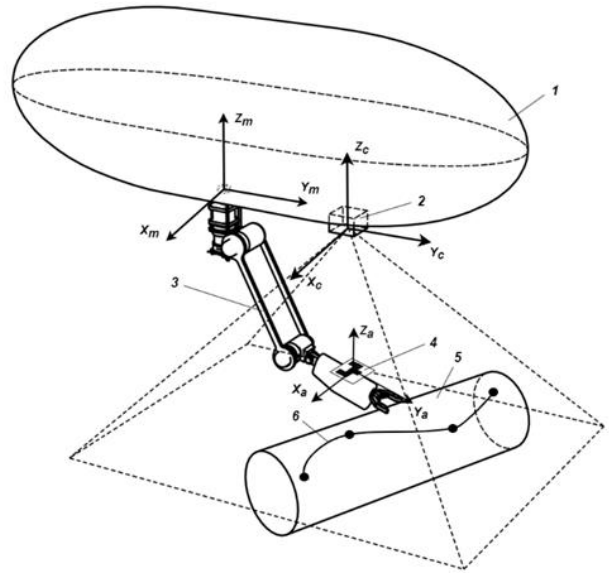


Рисунок 1 – Распознавание специального маркера

На рисунке: 1 – ПА; 2 – СТЗ; 3 – ПМ; 4 – Специальный маркер; 5 – Объект работ; 6 – Траектория движения ; X_a,Y_a,Z_a – СК маркера;

Список литературы

1. A. Konoplin, A. Yurmanov, N. Krasavin, P. Pyatavin. Development of a Control System for Multilink Manipulators on Unmanned Underwater Vehicles Dynamically Positioned over Seafloor Objects // Applied Sciences 12, no. 3: 1666, 2022.

2. A. Konoplin, A. Yurmanov, N. Krasavin, P. Pyatavin, M. Panchuk, R. Vasilenko System for Identifying Target Objects to Perform Manipulative Operations by Unmanned Underwater Vehicles // International Conference on Ocean Studies, 2022, P. 55 – 59.

3. Z. Marton, R. Rusu and M. Beetz On Fast Surface Reconstruction Methods for Large and Noisy Datasets // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2009, Kobe, Japan, pp. 3218-3223.

4. Detection of ArUco Markers [Электронный источник] – URL: https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html

---

Пятавин П.А.[1, 2]

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТЫКОВКИ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ С ПОДВОДНЫМИ СТАНЦИЯМИ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

[1]Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН
[2]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.т.н., заместитель директора по научной работе А.Ю. Коноплин

Обслуживание подводных добычных комплексов в условиях сложной ледовой обстановки требует использования необитаемых подводных аппаратов (НПА) нового поколения, способных базироваться на станциях подводного обслуживания (СПО), где осуществляется зарядка аккумуляторных батарей аппарата, а также передача информации, собранной им в процессе выполнения операций. Такие аппараты способны обеспечивать круглогодичное обследование технических сооружений и трубопроводов без использования судна сопровождения. При этом для расширения функциональных возможностей на эти НПА устанавливают многозвенные манипуляторы (ММ), благодаря которым становится возможным очистка сооружений от заиливаний и обрастаний, взаимодействия с манифольдами, проверка катодного потенциала, установка инклинометров и другие манипуляционные операции.

На сегодняшний день процедура стыковки НПА со СПО производится с помощью специальных «ловушек» [1] или посадочных гаков [2], однако если НПА обладает системой динамической стабилизации и развитым движительно-рулевым комплексом, посадку и дальнейшую стыковку можно произвести и без применения специальных причальных устройств. Многими исследователями отмечается, что автоматическая стыковка НПА с СПО — это сложная задача, требующая решения проблем, связанных с обнаружением посадочной платформы и точным позиционированием НПА [3-4]. При этом стандартные подходы, основанные на применении «ловушек», затруднительно реализовать для крупных аппаратов, имеющих сложную форму или оснащенных ММ. Также отсутствует универсальность стыковочного соединения, и каждая «ловушка» совместима только с НПА, для которого она разрабатывалась [5]. Если же НПА оснащен ММ, то он может ухватиться его схватом за специальное крепление, установленное на СПО, и произвести высокоточную стыковку за счет автоматического изменения конфигурации манипулятора и согласованного формирования тяг движителей НПА.

Поэтому в данной работе предложена система согласованного формирования программных

сигналов управления приводами ММ и движителями НПА для автоматической стыковки аппарата с СПО. Как было отмечено выше, на СПО предложено устанавливать специальное стыковочное крепление, которое идентифицируется аппаратом с помощью бортовых систем технического зрения и алгоритмов [6]. Зная координаты этого крепления в системе координат НПА, вычисляется пространственное положение, которое должен занять НПА для успешной отработки траектории подхода схвата ММ к точке зацепления с указанным креплением. Отработка сформированных программных сигналов управления, в результате которой схват ММ захватывает крепление, реализуется с помощью системы управления НПА с ММ, предназначенной для автоматического выполнения манипуляционных операций [7].

В процессе стыковки ухватившийся за крепление ММ изменяет свою конфигурацию таким образом, чтобы НПА двигался по желаемой траектории посадки или стыковки с СПО (рисунок 1). Если изменение конфигурации ММ не приводит к соответствующим перемещениям НПА в направлении СПО, то присутствуют соскальзывания и проворачивания схвата ММ вокруг точки зацепления. Для решения этой проблемы на движители НПА подаются сигналы управления, обеспечивающие дополнительные перемещения аппарата для его успешной стыковки. Результаты предварительного моделирования подтвердили работоспособность предложенной системы.

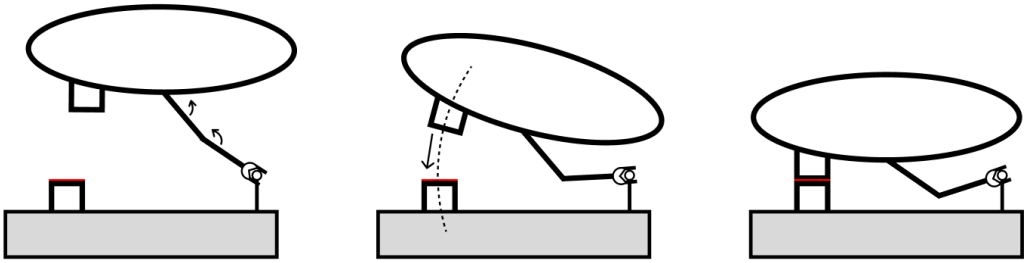


Рисунок 1 – Схематичное изображение НПА,
осуществляющего стыковку при наличии прокручиваний схвата ММ

Список литературы

1. A.M. Yazdani, K. Sammut, O.A. Yakimenko et al. A survey of underwater docking guidance systems // Robotics and Autonomous Systems (2019), doi: 10.1016/j.robot.2019.103382

2. T. Fukasawa, T. Noguchi, T. Kawasaki and M. Baino. "MARINE BIRD", a new experimental AUV with underwater docking and recharging system // Oceans 2003, Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No.03CH37492), 2003, pp. 2195-2200 Vol.4, doi: 10.1109/OCEANS.2003.178242

3. K. Teo, E. An and P. -P. J. Beaujean. A Robust Fuzzy Autonomous Underwater Vehicle (AUV) Docking Approach for Unknown Current Disturbances // IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 37, no. 2, pp. 143-155, April 2012, doi: 10.1109/JOE.2011.2180058

4. Page B.R., Lambert R., Chavez-Galaviz J. and Mahmoudian N. Underwater Docking Approach and Homing to Enable Persistent Operation // Front. Robot. AI 8:621755. doi: 10.3389/frobt.2021.621755

5. N. Palomeras et al., I-AUV docking and intervention in a subsea panel // 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2014, pp. 2279-2285, doi: 10.1109/IROS.2014.6942870.

6. Konoplin A.Yu., Yurmanov A.P., Krasavin N.A., Pyatavin P.A., Panchuk M.O., Vasilenko R.P. System for Identifying Target Objects to Perform Manipulative Operations by Unmanned Underwater Vehicles // IEEE International Conference on Ocean Studies. 2022. P. 55–59.

7. Konoplin A., Yurmanov A., Krasavin N., Piatavin P. Development of a Control System for Multilink Manipulators on Unmanned Underwater Vehicles Dynamically Positioned Over Seafloor Objects // Applied Sciences. 2022; 12(3):1666.

Стасюк М.П.[1]

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА ДЕФЕКТОВ НА ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА, УСТАНОВЛЕННОГО НА ПОДВОДНОМ АППАРАТЕ

[1]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Зуев

Проблема автоматизации инспекции и обследования гидротехнических сооружений и морских подводных трубопроводов остается одной из наиболее актуальных. Регулярная инспекция имеет важнейшее значение для снижения экологического риска наряду с предотвращением дорогостоящего ремонта, который можно было бы предупредить. Для обнаружения коррозии, утечки, механического нарушения целостности трубопровода и сварных соединений целесообразно использовать автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), которые широко применяются для выполнения обзорно-поисковых и инспекционных операций, существенно снижая стоимость этих работ [1].

Цель работы: разработать систему автоматического поиска дефектов на подводных объектах с использованием АНПА, оснащенного системой технического зрения (СТЗ) в виде лазерного сканера. В качестве инспектируемого объекта выступает подводный трубопровод, а в качестве дефектов – деформации тела трубопровода, а также возможные его обрывы или завалы.

Для определения дефектов был разработан алгоритм, при котором АНПА движется вдоль трубопровода и выполняет его сканирование с использованием бортового лазерного сканера. При этом, данные поступающие от этой СТЗ сохраняются на бортовом накопителе в виде облака точек. По мере поступления данных от СТЗ формируемое облако точек разделяется на сегменты заданной длины, например, 1–2 метра. Далее каждый из этих сегментов совмещается с эталонной моделью трубопровода для обнаружения несоответствий (дефектов), то есть таких областей, которые имеют отклонение от эталонной модели больше заданного порогового значения. Для совмещения облаков точек используется хорошо известный алгоритм ICP (Iterative Closest Point) [2]. Общая последовательность шагов разработанного алгоритма представлена на рисунке 1.

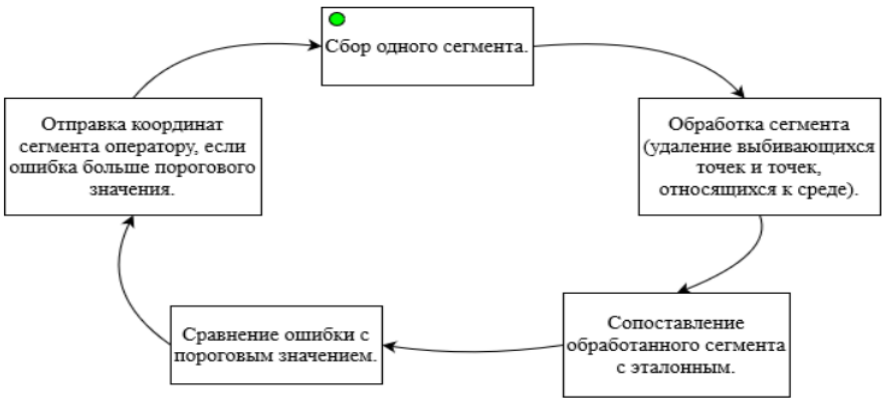


Рисунок 1 – Обобщенная последовательность шагов разработанного алгоритма

Для проверки работоспособности предложенного алгоритма был проведен эксперимент в бассейне с использованием подводного лазерного сканера (см. рис. 2а). В качестве сканируемого объекта выступает стальная оцинкованная труба, помещенная на дно бассейна. Для имитации дефекта на эту трубу сверху ближе к середине был установлен камень.

После сканирования была получена модель трубы в виде облака точек, которая показана на рисунке 2б белым цветом, а для обнаружения дефекта она совмещалась с эталонной моделью трубы,

которая выделена зеленым цветом на этом же рисунке.

(а) (б)

Рисунок 2 – Проведение реального эксперимента со сканированием части трубы в бассейне с использованием лазерной СТЗ (а) и результаты (б) этого сканирования в виде облаков точек (зеленым цветом обозначено эталонное облако точек, а белым – с дефектом)

Результат совмещения этих облаков точек показан на рисунке 3, при этом пороговое значение было выбрано равным $2.2 \cdot 10^{-5}$м. После совмещения среднеквадратичное значение ошибки составило 0.001 м, а это на два порядка больше чем пороговое значение, что говорит о наличии несоответствий между облаками, т.е. наличии дефекта.

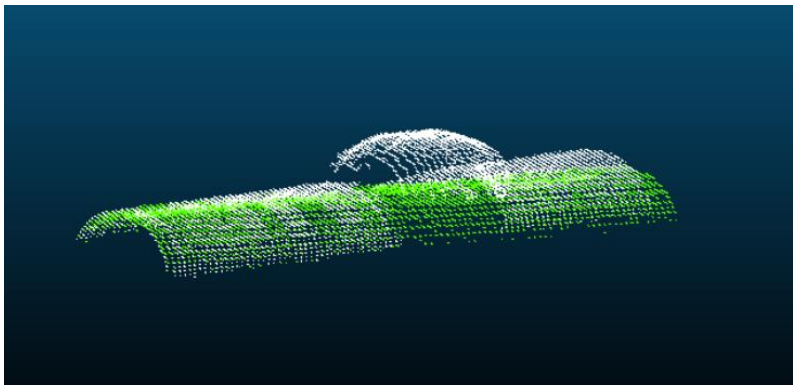


Рисунок 3 – Результаты совмещения облаков точек

В результате разработанный алгоритм позволил на отдельных сегментах автоматически обнаруживать несоответствия (дефекты), а экспериментальная проверка подтвердила его эффективную работу.

Список литературы

1. Shand, C. The subsea Pipeline Inspection Paradigm – What Next? / Calum Shand // Shell UK Ltd. – 2019. – 12 p.

2. Besl, P. A method for Registration of 3–D Shapes / P. Besl and N. McKay // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI). – 1992. – P. 239-256.

Щербаков Г. Е.[1]

ИТЕРАТИВНЫЙ АЛГОРИТМ БЛИЖАЙШИХ ТОЧЕК И ЕГО МОДИФИКАЦИИ

[1]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.т.н., доцент А. А. Кацурин

Итеративный алгоритм ближайших точек или ICP (англ. Iterative Closest Point) – алгоритм, широко используемый для сопоставления двух облаков точек. Результатом работы алгоритма является

геометрическое преобразование (сдвиг и поворот) в матричной форме, необходимое, чтобы совместить два облака точек с заданной точностью. Метод основан на использовании исключительно геометрических характеристик трехмерных моделей и для своей работы требует только начальную оценку преобразования, которая затем итеративно уточняется.

Основное применение алгоритм ICP – объединение облаков точек, полученных путём 3D-сканирования объекта с разных ракурсов с целью получения его цельной модели. Данный алгоритм также может применяться при решении задачи SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) [1], когда автономный мобильный робот с помощью стереокамеры или 3D-сканера снимает облако точек своего окружения и затем с помощью алгоритма ICP создает полную трехмерную карту пространства, на основе которой можно определить желаемую траекторию движения.

Основными недостатками метода являются медленная сходимость, чувствительность к выбросам и отсутствующим данным. Описанный впервые в начале 90-х годов прошлого века, в работах [2] и [3], итеративный алгоритм ближайших точек не переставал совершенствоваться. Каждый вариант модификации, как правило, касается одного из шести этапов работы алгоритма [4]:

1) Выбор некоторого подмножества точек в обоих облаках;
2) Определение соответствия между точками выбранных подмножеств;
3) Сопоставление весовых коэффициентов получаемым парам;
4) Отбрасывание некоторых пар на основе рассмотрения каждой пары в отдельности или всего набора пар;
5) Выбор метрики ошибки для пар точек;
6) Минимизация метрики ошибки.

При комбинировании модификаций и при условии хорошей начальной оценки может достигаться высокая скорость выравнивания облаков точек (несколько десятков миллисекунд), что потенциально делает возможным применение алгоритма для создания 3D-моделей объектов в режиме реального времени или отслеживания объекта на основе его модели [4].

Кроме того, классический алгоритм ICP предполагает, что объект, облака точек которого сопоставляются, является жестким, т. е. не меняет свою форму и размер. Существуют работы, посвященные расширению возможностей алгоритма для случая произвольного аффинного преобразования [5].

Итеративный алгоритм ближайших точек – один из важнейших инструментов при работе с облаками точек, а благодаря непрерывно появляющимся вариантам модификаций, алгоритм находит всё новые области применения.

Список литературы

1. Bai H. ICP Algorithm: Theory, Practice and Its SLAM-oriented Taxonomy // International Conference on Computing and Data Science, 2022. – URL: https://arxiv.org/abs/2206.06435
2. Chen, Y. Object Modeling by Registration of Multiple Range Images / Y. Chen, G. Medioni // IEEE International Conference on Robotics and Automation. – 1991. – Vol. 3. – 2724-2729.
3. Besl P. A Method for Registation of 3-D Shapes / P. Besl, H. McKay // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1992. – Vol. 14, no. 2. – 239-256.
4. Rusinkiewicz S. Efficient Variants of the ICP Algorithm / S. Rusinkiewicz, M. Levoy // Proceedings of the 3rd International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling. – 2001. – 145-52.
5. Точные решения вариационной задачи алгоритма ICP в классе аффинных преобразований / А. Ю. Маковецкий, С. М. Воронин, Д. В. Тихоньких, М. Н. Алексеев // Челябинский физико-математический журнал. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 282-294. – EDN ZREHWT.

Юрманов А.П.[1,2], Панчук М.О.[1,2]

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ

[1]Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН
[2]Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.т.н., заместитель директора по научной работе А.Ю. Коноплин

Подводные необитаемые аппараты (НПА) являются незаменимым средством исследования и освоения Мирового океана. Аппараты, оснащенные многозвенными манипуляторами (ММ), позволяет выполнять широкий спектр задач от забора грунта с определенных участков морского дня и сбора морских организмов, до очистки и обслуживания сложных подводных конструкций [1, 2]. Выполнение перечисленных операций НПА в автоматическом режиме без участия человека затруднительно ввиду высокой сложности идентификации и определения местоположения объектов в водной среде, которые могут быть заиленными, обросшими или деформированными. Существующие системы и методы [3, 4] хоть и облегчают операторам восприятие окружающей подводной обстановки и упрощают процесс ручного управления ММ, но не позволяют выполнять манипуляционные операции под контролем оператора при наличии только гидроакустического канала связи с НПА. Для решения обозначенной проблемы в данной работе предложена система поддержки деятельности операторов НПА, обеспечивающая эффективное выполнение манипуляционных операций в диалоговом супервизорном режиме с использованием гидроакустического канала связи с аппаратом.

Система синтезирована на основе разработанных авторским коллективом методов [5-7], которые позволяют управлять НПА и его ММ в супервизорном режиме по целеуказаниям оператора, переданным по гидроакустическому каналу связи. При этом в автоматическом режиме осуществляется определение пространственного расположения заранее известных подводных объектов с учетом возможного заиливания и обрастания, формирование рабочих траекторий движения манипулятора (рисунок 1) и контроль процесса подхода его рабочего инструмента к поверхностям этих объектов, а также отслеживание нахождения НПА в зоне действия гидроакустической системы связи и навигации для повышения эффективности и безопасности выполнения миссий. Однако оператор имеет возможность контролировать каждый этап выполнения операции и давать команды НПА для перехода от одного этапа к другому.

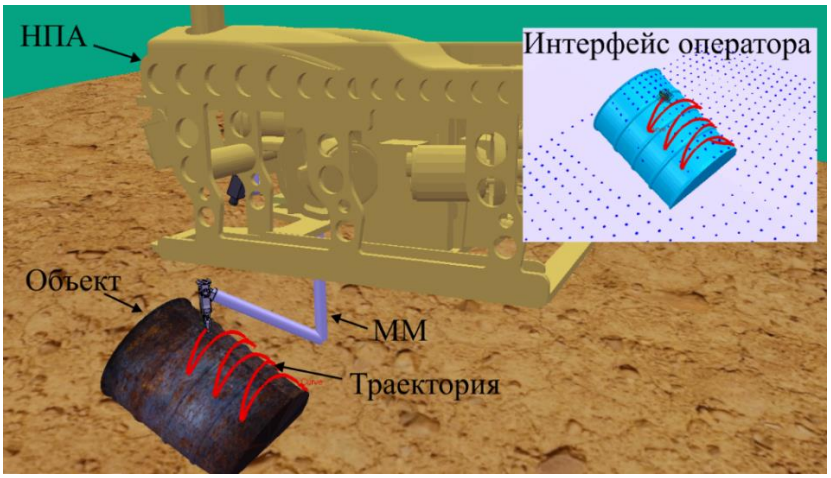


Рисунок 1 – Выполнение операции в диалоговом супервизорном режиме

Это позволяет значительно увеличить скорость и облегчить выполнение манипуляционных операции за счет автоматизации процесса выполнения операций при одновременном снижении умственной нагрузки на оператора НПА.

Для упрощения внедрения представленная система реализована в виде программного комплекса, состоящего из программы «нижнего уровня», которая функционирует на борту аппарата, и программы «верхнего уровня», функционирующей на посту оператора и имеющей специальный графический интерфейсе с функциями управления ММ в различных режимах, а также воссоздания сцены подводной обстановки по телеметрии, поступающей от НПА.

Предложенная система была исследована с помощью численного моделирования в программных пакетах CoppeliaSim и Matlab/Simulink с использованием динамической модели НПА с манипулятором и моделей окружающей обстановки. Кроме того, проводились натурные эксперименты в условиях экспедиций с автономным и телеуправляемым НПА, а также бассейновые испытания с разработанными ММ и системой технического зрения. Результаты исследований свидетельствуют о работоспособности и высокой эффективности системы.

Список литературы

1. Carrera, A.; Ahmadzadeh, S.R.; Ajoudani, A.; Kormushev, P.; Carreras, M.; Caldwell, D.G. Towards Autonomous Robotic Valve Turning // Cybern. Inf. Technol. 2012, 12, 17–26, doi:10.2478/cait-2012-0018.

2. Galloway, K.C.; Becker, K.P.; Phillips, B.; Kirby, J.; Licht, S.; Tchernov, D.; Wood, R.J.; Gruber, D.F. Soft Robotic Grippers for Biological Sampling on Deep Reefs // Soft Robot. 2016, 3, 23–33, doi:10.1089/soro.2015.0019.

3. Коноплин А.Ю., Юрманов А.П. Красавин Н.А., Пятавин П.А. Способ управления многозвенным манипулятором необитаемого подводного аппарата для выполнения манипуляционных операций с подводными объектами // Патент РФ на изобретение №2781926. Бюл. № 30 от 21.10.2022.

4. Cieslak P., Ridao P., Giergiel M. Autonomous Underwater Panel Operation by GIRONA500 UVMS: A Practical Approach to Autonomous Underwater Manipulation // Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2015. P. 529-536.

5. Konoplin A., Filaretov V., Yurmanov A. A Method for Supervisory Control of Manipulator of Underwater Vehicle // Journal of Marine Science and Engineering. 9(7):740. 2021.

6. Konoplin A., Yurmanov A., Krasavin N., Piatavin P. Development of a Control System for Multilink Manipulators on Unmanned Underwater Vehicles Dynamically Positioned Over Seafloor Objectse // Applied Sciences. 2022.

7. Konoplin A.Yu., Konoplin N.Yu., Yurmanov A.P. Development and Field Testing of a Smart Support System for ROV Operators // Journal of Marine Science and Engineering, 2022.

Раздел V ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бережной Д.А.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОИСКОВОГО ПРИБОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Д.А. Полянский

Для обеспечения информационной безопасности организациями используются различные инструменты и методы, которые позволяют бороться с угрозами из различных областей действия. Одной из ключевых областей является защита информации от утечки по техническим каналам. Данная область остается актуальной ввиду высокого уровня рисков, связанных с возможностью злоумышленников использовать закладные устройства для негласного съема информации. Подобные устройства, в свою очередь, не требуют больших навыков в использовании или больших финансовых затрат на создание.

Одним из самых распространенных типов закладных устройств являются радиозакладные устройства. Для борьбы с данным типом устройств применяются приборы контроля радиочастотного диапазона в сочетании с различными типами антенн, которые позволяют добиться эффективного поиска в некотором диапазоне частот. В данном вопросе промышленные комплексы бесспорно являются одним из наиболее эффективных решений, однако высокая стоимость данных комплексов делает невозможным штатное их использование на малых и средних объектах защиты. Следовательно, наиболее разумным решением для борьбы с радиозакладными устройствами является использование более доступных по цене радиоприемников в сочетании со свободно распространяемым программным обеспечением и правильно подобранной антенной.

Цель данной работы заключается в разработке аппаратной составляющей поискового устройства. Для этого необходимо установить диапазон частот, в котором мы будем производить поисковые работы, а также выбрать подходящую аппаратную базу для функционирования поискового устройства.

Ввиду того, что незаконное использование радиозакладных устройств является правонарушением, а их оборот регулируется государством [1], то можно сделать вывод, что в большинстве своем злоумышленниками данные устройства создаются кустарным методом. Следствием этого является отсутствие единой аппаратной базы, а из-за этого и единой классификации. Классификация радиозакладных устройств может различаться в зависимости от параметров и их значений, например, они могут работать как на низких, так и на высоких частотах [2]. Для осуществления защиты от радиозакладных устройств необходимо учитывать параметры доступной аппаратной базы и стараться подобрать решение с наиболее широким диапазоном частот.

Основой аппаратной базы является программно-определяемая радиосистема (SDR приемник), выполненная в виде печатной платы с USB коннектором, которая позволяет изменять различные настройки радиочастотных параметров. Данный тип приемника доступен в разных ценовых категориях, но даже бюджетные варианты способны работать в диапазоне 20-1700 МГц, что охватывает значительный диапазон частот, включая системы GPS и ГЛОНАСС. Использование USB коннектора позволяет использовать приемник с ноутбуком, что экономит на стоимости прибора и предоставляет

возможность запускать программное обеспечение с открытым исходным кодом, что повышает эффективность работы с приемником.

Учитывая финансовый фактор в качестве основного элемента аппаратной базы предпочтительнее всего использовать SDR (Software-defined radio) приемник, выполненный в виде печатной платы с аналого-цифровым преобразователем и USB коннектором. В совокупности USB коннектор и аналогово-цифровой преобразователь позволяют снизить затраты на устройство, так как мы отказываемся от функционала встроенного дисплея, но при этом мы можем подключать приемник к ноутбуку через USB разъем, что позволяет использовать различные варианты общедоступного программного обеспечения для более эффективного использования приемника. Сам по себе тип приемника имеется в различных ценовых сегментах, ввиду множества вариантов встроенных опций и решений, но даже сравнительно недорогие варианты способны принимать сигналы в диапазоне от 30 до 1700 МГц. Таких значений хватает чтобы закрыть потребности небольших организаций в задаче радиочастотного контроля.

Для эффективной работы поискового устройства необходимо выбрать подходящую антенну. Так как устройство предназначено для поиска, в первую очередь нас волнует прием сигнала с помощью антенны, ведь одним из основных демаскирующих факторов и является сам факт улавливания сигнала радиозакладного устройства, который может находиться в различных частотных диапазонах. В связи с этим, основным критерием выбора антенны и является ее ширина полосы частот. Наиболее подходящим вариантом является логопериодическая антенна, в которой увеличение числа длинных и коротких вибраторов позволяет расширить диапазон частот как в сторону низких, так и в сторону высоких частот. Для большей эффективности возможно использование нескольких антенн данного типа.

В данной статье описана аппаратная составляющая прибора, предназначенного для обнаружения радиозакладных устройств. Далее планируется проведение экспериментов по поиску имитаторов радиозакладных устройств. Для выполнения данной задачи будут применяться SDR приемник, ноутбук, общедоступное программное обеспечение и подходящий набор антенн, которые позволят принимать и исследовать информацию, полученную в результате радиочастотного контроля.

Список литературы

7. Федеральный закон от 12.08.1995 г. N 144-ФЗ "Об оперативно-розыскной деятельности" // “Сборник Собрание законодательства Российской Федерации от 1995 г., № 33, ст. 3349”

8. Классификация электронных устройств перехвата информации [Текст]: / Хорев А.А. – М.: Спецтехника и связь. 2009. - №1. - С.46 – 50.

Быстревский С.А.

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГОМОМОРФНОГО ШИФРОВАНИЯ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.т.н., с.н.с. доцент Ю.В. Добржинский

Большую роль в рамках современного общества получили системы аукционных торгов. Однако, за счет того, что обозначенные системы работают с финансами их участников, возникает необходимость внедрения в них систем безопасности.

Для обеспечения конфиденциальности в пределах проведения аукционных торгов был предложен алгоритм конфиденциальных вычислений, который позволяет узнать у кого из участников ставка выше, при этом участники не разглашают свои ставки.

В настоящее время существуют различные подходы к обеспечению конфиденциальности вычислений в рамках аукционных торгов.

Например, одним из подходов, который может использоваться для решения данной задачи это применение протокола блокчейн обеспечивая анонимизацию всех транзакций [1-3]. Дальнейшее развитие идея применения протокола блокчейн для решения проблемы конфиденциальных вычислений получила в работе [4], где совместно с технологией блокчейн применялась схема доказательства знания с нулевым разглашением для проверки корректности полученного результата конфиденциальных вычислений. Недостатком указанных протоколов является высокая вычислительная сложность необходимая для их выполнения. Для обеспечения безопасности вычислений при проведении аукционных торгов, в частности, был предложен алгоритм конфиденциальных вычислений на основе гомоморфного шифрования [5, 6]. Помимо указанного выше подхода можно выделить еще два подхода построения алгоритмов конфиденциальных вычислений: на основе схем разделения секрета и искажении логического контура [7,8]. Однако указанные протоколы также не обеспечивают конфиденциальность вычислений в полной мере за счет трудоемкости выполнения, заложенных в их основу операция.

Суть алгоритма в том, что участник аукциона хочет заплатить цену x. К этому значению он применяет преобразование:

$$C = \alpha^x \beta^r \ (mod\ p)\ ,$$

где: p – большое простое число;
α и β – первообразные члены p;
r – случайное число.

Значения x и r – это любые числа от 2 до p-2, которые участник хранит при себе в секрете, а значение C участвует в протоколе и играет роль цифровой подписи. И в конце если участник выиграет аукцион, то он предоставит значения x и r, после чего происходит проверка правильности значения C, если всё совпадает, то в ходе протокола участник не мошенничал и действительно его цена самая большая.

В рамках данной работы разработан алгоритм конфиденциальных вычислений для аукционных торгов с закрытыми ставками, позволяющий узнать у кого из участников наибольшая ставка, при этом не раскрывая значения их ставок, даже для организаторов аукциона. Данный алгоритм имеет полиномиальную сложность, что позволяет использовать его для проведения нединамических аукционных торгов даже с большими ставками. Для противодействия возможного обмана участниками аукциона использована цифровая подпись ставки участника. Также имитация действий других участников обнаруживается с использованием механизма проверки участников арбитром. Таким образом любое нарушения протокола может повлечь дисквалификацию из аукциона, так как будет свидетельствовать о сговоре или обмане. Можно отдельно отметить, что предложенный алгоритм конфиденциальных вычислений основан на гомоморфном шифровании, позволяя выделить принципиально новый подход к разработке подобного семейства алгоритмов.

Алгоритмы конфиденциальных вычислений, способные вычислить любую вычислимую функцию более важны, так как способны покрыть большее количество задач, кроме нединамических аукционов [9,10]. Рассмотрение возможности создания такого алгоритма конфиденциальных вычислений на основе гомоморфного шифрования требует отдельного исследования.

Список литературы

1. Al-Bassam M. et al. Airtnt: Fair exchange payment for outsourced secure enclave computations //arXiv preprint arXiv:1805.06411. – 2018.

2. Bentov I. et al. Tesseract: Real-time cryptocurrency exchange using trusted hardware //Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. – 2019. – С. 1521-1538.

3. Cheng R. et al. Ekiden: A platform for confidentiality-preserving, trustworthy, and performant smart contracts //2019 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P). – IEEE, 2019. – С. 185-200.

4. Galal H. S., Youssef A. M. Succinctly verifiable sealed-bid auction smart contract //Data Privacy Management, Cryptocurrencies and Blockchain Technology. – Springer, Cham, 2018. – С. 3-19.

5. Казарин О. В. Разработка методов проактивной защиты информационных систем на основе конфиденциальных вычислений. //Вопросы защиты информации. 2013. № 3 (102). С. 68-80.

6. Варановский Н. П., Мартишин С. А., Храпченко М. В., Шокуров А. В. Пороговые схемы гомоморфного шифрования и защита информации в облачных вычислениях. //Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. 2017. № 1. С. 38а-44.

7. Gilad Asharovy, Yehuda Lindelly. A Full Proof of the BGW Protocol for Perfectly Secure Multiparty Computation. //DSPA: Issues of application of digital signal processing. 2018. Т. 8. № 1. С. 12-17.

8. Thomas Schneider, Michael Zohner. GMW vs. Yao? Ecient Secure Two-Party Computation with Low Depth Circuits. //ACS Sensors. 2017. Т. 2. № 8. С. 1128-1132.

9. Русаловский И. Д., Бабенко Л. К. Проблема полностью гомоморфной обработки целых чисел. //В сборнике: Безопасность информации и компьютерных сетей (SIN 2019). Материалы 12-й Международной научной конференции. 2019. С. 41-43.

10. Бабенко Л. К., Русаловский И. Д. Библиотека полностью гомоморфного шифрования целых чисел. //Известия ЮФУ. Технические науки. 2020. № 2 (212). С. 218-227.

Васильцов А.О.

ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЙ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

С каждым годом в мире все чаще слышна тема кибератак и киберпреступлений. Согласно открытой статистике, которую приводит на своем портале компания Positive Technologies, количество успешных инцидентов информационной безопасности имело стабильный рост в каждом из кварталов 2022 года, а их общее количество увеличилось примерно на 20%. [1]

Наметился тренд на использование программ шифровальщиков, согласно данным ведущих вендоров, таких как Positive Technologies и Лаборатории Касперского, их доля в проводимых в 2022 году кибератаках составила около 50% от общего числа вредоносного программного обеспечения (ВПО).

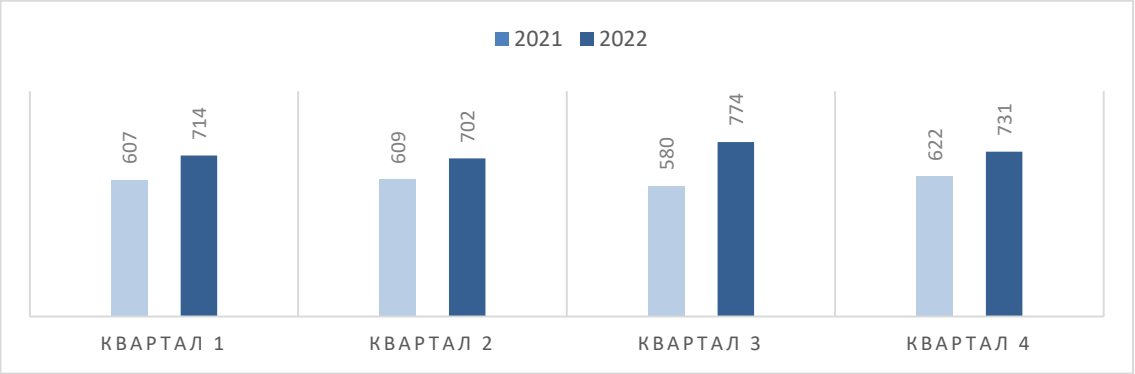


Рисунок 1 - Количество успешных кибератак в 2021 и 2022 годах

Также сохраняется высокий тренд на социальную инженерию, в успешных атаках на организации этот метод применялся в 43% случаев, на частных лиц — в 93% [1]. Кроме того, использование социальной инженерии ставит под угрозу такое средство защиты как многофакторная аутентификация, поскольку пользователь сам предоставляет злоумышленнику все необходимые данные. И если от большинства шифровальщиков можно защититься, правильно настроив СКЗИ (средства криптографической защиты информации) и СЗИ (средства защиты информации), то социальная инженерия направленна на самую уязвимую часть, а именно на персонал. Единственным вариантом защиты от нее является постоянный инструктаж сотрудников защищаемого объекта, кроме того, следует всячески пресекать возможные варианты использования данной техники атаки. Например, ввести в эксплуатацию ПО класса sandbox для проверки почты, адресованной сотрудникам, на наличие вредоносных вложений или ссылок. Однако стоит помнить, что это не панацея и всегда делать скидку на человеческий фактор, многочисленный опыт киберучений это подтверждает, из 1000 сотрудников всегда найдется один, кто станет жертвой фишинговой рассылки, единственным выходом является быстрое выявление и реагирование на подобного виды инциденты.

Security Operation Center (SOC) является наиболее эффективным инструментом для успешного противостояния кибератакам различного уровня. Фактически SOC это структурное подразделение какой-то конкретной организации, отвечающее за постоянный круглосуточный мониторинг сетевой инфраструктуры этой самой организации. [2]

Основными задачами SOC являются:

- активный мониторинг IT-среды и сбор данных об инцидентах;
- анализ подозрительных событий;
- реагирование на угрозы;
- восстановление после инцидента;
- расследование инцидентов;
- ведение реестра ресурсов;
- менеджмент соответствия требованиям; [2]

Постоянное наблюдение за инфраструктурой позволяет существенно повысить уровень защищенности организации, поскольку перед специалистами фактически стоит только одна задача, направленная на защиту предприятия или гос. органа от киберугроз, а не как часто это, к сожалению, бывает еще ряд задач с этим не связанных. Кроме того, злоумышленники постоянно модифицируют способы и инструменты для проведения кибератак. Известны случаи создания ВПО под конкретные СКЗИ, позволяющие злоумышленникам оставаться незаметными. Однако специалисты SOC способны заметить аномалии, возникающие в событиях, собираемых с различных источников и выявить кибератаку еще на этапе ее зарождения, что опять-таки подтверждает опыт различных киберучений.

Главным же минусом SOC является его высокая стоимость, ведь для его организации необходимо иметь штат специалистов, позволяющий обеспечивать круглосуточный мониторинг, а также наличие всех современных СКЗИ, зачастую многие организации не готовы содержать такое структурное подразделение, ввиду низкого бюджета самой организации. Особенно актуально это для мелкого и среднего бизнеса и различных муниципальных органов.

Решением этой ситуации может послужить создание специальных организаций, занимающихся исключительно мониторингом сетевой инфраструктуры. За счет большого числа различного рода заказчиков, цена услуги будет заметно ниже, чем создание собственного SOC в конкретной организации. Также ввиду небольших масштабов заказчиков, в сравнении с крупнейшими организациями, создающими собственные центры мониторинга, не будет страдать эффективность самого мониторинга, поскольку количество обслуживаемых сетевых устройств будет сопоставимо с количеством в крупных сетевых инфраструктурах. Примером организации подобного рода является множество зарубежных компаний, являющихся решениями класса MSSP (Managed Security Service Provider) или MSS (Managed Security Service), одним из ярких примеров компаний подобного рода является IBM Security – дочерняя компания IBM. [3] В России данный рынок только зарождается.

Список литературы

1. А. Новиков, В. Соловьев "Кто и как атакует российские организации" // - Ого, какая ИБ! Особо горячие обстоятельства из мира кибербезопасности. 13 Итоги 2022-го и прогнозы на 2023 год по версии Positive Technologies. - 2022: С. 12 - 16.
2. Knerler K., Parker I., Zimmerman C. 11 Strategies of a World-Class Cybersecurity Operations Center . - 2-е изд. - Bedford: The MITRE Corporation, 2022. - 452 с.
3. Top 15 Best Managed Security Service Providers (MSSPs) In 2023 // softwaretestinghelp URL: https://www.softwaretestinghelp.com/managed-security-service-providers/ (дата обращения: 31.03.2023).

Веденеев А.А.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ СЕТЕВОЙ ЗАЩИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ФИЛЬТРАЦИИ ТРАФИКА

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - старший преподаватель И.О. Капецкий

В настоящее время защита от сетевых атак является необходимой мерой для защиты всей информации и сохранения рабочего состояния оборудования обратки данных. Данные атаки могут использоваться для незаконного проникновения в систему, прослушивания сетевого трафика, деструктивного воздействия на узлы сети и других противоправных действий. Проблема особенно актуальна для таких организаций, как банки, правительственные учреждения, крупные и малые коммерческие компании.

Наиболее эффективным методом обнаружения сетевых атак является анализ сетевого трафика, благодаря которому можно обнаружить специальные сигнатуры, посылаемые злоумышленниками. Злоумышленник, посылая определенные запросы, может проэксплуатировать открытую ранее уязвимость сети. Для обнаружения вредоносного трафика используются разные программно-аппаратные средства, например, BitTally, TMeter, Wireshark и ParserCap.

Целью данной работы является построение системы сетевой защиты с использованием программного комплекса фильтрации трафика. Каждое средства из программного комплекса

фильтрации и анализа трафика имеют свои алгоритмы реализации, что вызывает конфигурационный конфликт устройств и может привести к поломке узла сети.

В выбранный программно-аппаратный комплекс входят следующие решения: IPFire, BitTally и pfSense. IPFire выполняет функции маршрутизатора и автономного брандмауэра с веб-консолью управления для настройки. PfSense предназначен для фильтрации IP/портов, ограничении соединений, балансировки нагрузки на сервер и для мониторинга трафика сети в реальном времени. BitTally позволяет проводить анализ посещенных ресурсов сети, HTTP запросов, используемых протоколов. Помимо анализа BitTally имеет функционал перенаправления трафика с одного адреса на другой в режиме реального времени. Данные программные решения теоретически в совокупности имеют высокую пропускную способность и высокий показатель фильтрации трафика по сравнению с бесплатными программно-аппаратными средствами имеющие идентичный функционал.

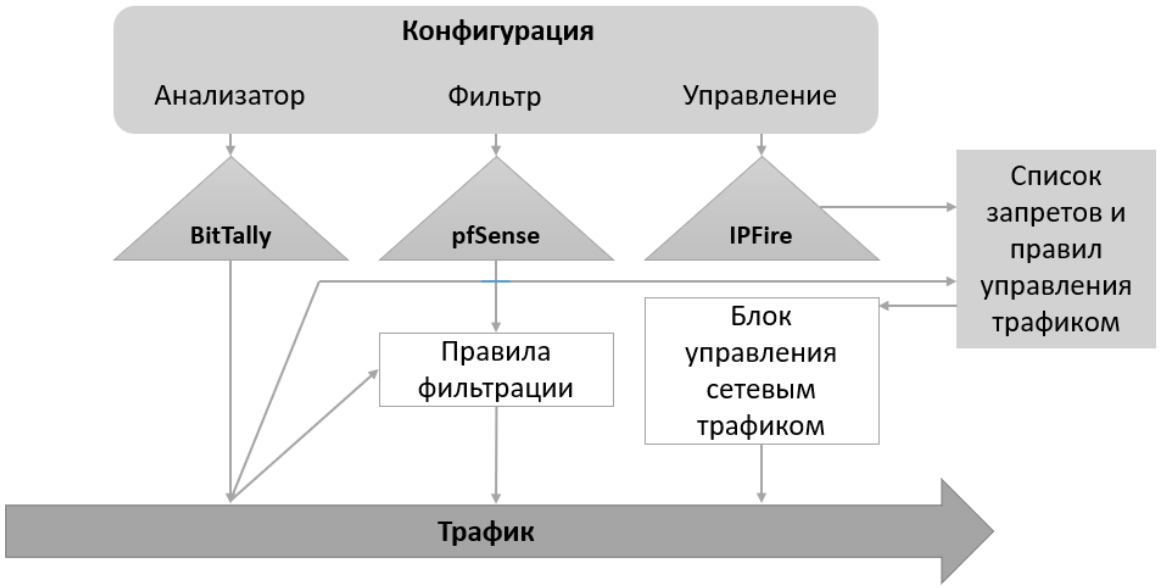


Рисунок 1 – Блок-схема работы программного комплекса фильтрации трафика

Данные средства, при использовании всего функционала на одном узле, вызывают полную блокировку возможности приема сетевого трафика. Это связанно с ненастроенной конфигурацией всех представленных устройств. В рамках практической части, создан общий конфигурационный файл, имеющий 3 раздела под каждое решение. Сами средства не имеют возможность обращаться к разным секциям общего конфигурационного файла, что решается самописным скриптом. В данном файле отключаются ненужные и вызывающие ошибки несовместимости функции и настраиваются основные функции по анализу, фильтрации и блокировки трафика. IPFire является по большей мере средством с возможностью расширения утилитами управления пакетов. Это говорит о том, что конфигурация данного решения убирает все сторонние функции кроме возможности управления трафиком. PfSense настраивается исключительно на фильтрацию сетевого трафика, поскольку он способен производить как фильтрацию на основе адресов и портов, так и фильтрацию на основе фингерпринтинга ОС. BitTally позволяет комплексно и развернуто анализировать сетевой трафик. Настройка приложения осуществляется не только на анализ трафика, но и на выгрузку результатов анализа в отдельный файл для IPFire.

Для сравнения полученного результата использовалось бесплатное комплексное решение ClearOS. Проверена в одной и той же среде скорость потока данных и скорость потока с постоянным потенциально вредоносным трафиком. Результаты показали, что готовое решение ClearOS при работе с трафиком без постоянной вредоносной нагрузки на несколько процентов обходит созданный

комплекс. Но при фильтрации большого потока пакетов с сигнатурой атаки, созданное решение обошло ClearOS на 23% по скорости обработки трафика.

Список литературы

1. ClearOS 6 community [Электронный источник] - URL: https://www.clearos.com/clearfoundation/software/clearos-6-community#compare
2. IPFire [Электронный источник] - URL: https://www.ipfire.org
3. pfsense [Электронный источник] - URL: https://www.pfsense.org
4. Configure a professional firewall using pfSense [Электронный источник] - URL: http://freesoftwaremagazine.com/articles/configure_professional_firewall_using_pfsense/

Евтихов В.В.

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ШУМА, РАБОТАЮЩЕГО НА ЧАСТОТАХ ИНТЕРФЕЙСА HDMI

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Д.А. Полянский

Особое влияние на техническую защиту оказывает канал утечки информации через побочные электромагнитные излучения и наводки (ПЭМИН). Этот канал является актуальным, так как с его помощью чаще всего похищают информацию, относящуюся к государственной тайне. Хотя по каналу ПЭМИН могут быть похищены только 1-2% данных, хранимых на персональных компьютерах и других технических средствах передачи информации (ТСПИ), это все же довольно значительная часть сведений, которые нужно защищать. В сравнении с акустическим каналом, по которому может произойти утечка до 100% речевой информации, канал ПЭМИН менее опасен. Однако следует помнить, что данные, вводимые с клавиатуры компьютера или отображаемые на дисплее, являются уязвимыми для технических средств перехвата и могут быть доступны для посторонних.

Цель данной работы – разработка генератора шума, который будет работать на частотах видеоинтерфейса HDMI. Для выполнения данной цели работа поделится на несколько этапов: создание генератора пространственного зашумления (ГПЗ), подбор антенны и анализ полученного сигнала на анализаторе спектра и осциллографе, попытка съема побочного электромагнитного излучения HDMI для проверки работоспособности нашей системы зашумления.

Для защиты информации от утечки через канал ПЭМИН при использовании интерфейса HDMI, мы будем использовать генератор шумового поля в пространстве. Этот генератор создает помехи типа «белого шума» или «синфазные помехи», которые используются для защиты персональных компьютеров (ПК). Сигнал помех имеет идентичный спектральный состав с побочными электромагнитными излучениями ПЭВМ, что позволяет создать «имитационную помеху», соответствующую спектру скрываемого сигнала.

В процессе работы мы определим частоты, на которых работает HDMI при использовании различных разрешений мониторов, чтобы эффективно защитить информацию от утечки и после этого будет подобрана нужная нам передающая антенна, так как ГПЗ работает на передачу. Также учитываем то, что нам не нужен большой диапазон частот. Наоборот, необходимо подобрать такую антенну, которая будет выдавать узкую полосу частот, но в различных диапазонах.

В заключении, будет проведена имитация кражи информации по каналу ПЭМИН HDMI. Если попытка съема будет безуспешной, то можно будет сделать вывод о том, что наш самопальный генератор шума справляется со своей задачей. При этом стоит помнить, что наш ГПЗ должен заполнять

своей помехой всю контролируемую зону (КЗ) – зону, в которой обрабатывается информация и высока вероятность ее похищения за счет различных разведывательных приемников. В пределах КЗ отношение «информационный сигнал/помеха» не должно превышать допустимое нормированное значение.

Список литературы

1. Передающие антенны [Электронный ресурс] – URL: https://www.tnuda.org.il/en/transmission-and-receiving-antennas

2. Урбанович П.В. Генератор шума с подстройкой диапазонов // Доклады ТУСУРа. – 2008. – № 2 (18), ч. 1. – С. 9–11.

Жачко А.Н.

ПРОТОКОЛ ТОРГОВЛИ БИРЖЕВЫМИ ОПЦИОННЫМИ ДОГОВОРАМИ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – доцент А.Е. Боршевников

Активное развитие финансового рынка влечёт за собой повышение популярности производных финансовых инструментов, которые дают возможности для хеджирования рисков, эффективной спекуляции с целью получения дополнительной прибыли и арбитража цен. Опционный контракт, или опцион определяется как соглашение, по которому одна из сторон получает право на продажу (пут-опцион) или покупку (колл-опцион), а вторая сторона обязуется, соответственно, купить или продать оговорённое количество базового актива по определённой цене [1]. Повышенный интерес к этому типу деривативов вызван высоким уровнем сложности их регулирования.

Особую актуальность в настоящее время имеет перспектива внедрения автоматизированных систем торговли, позволяющих реализовывать взаимодействие трейдеров напрямую, без вовлечения третьих лиц. Такие системы представляют собой алгоритмы, позволяющие выявить устойчивые тенденции ценовых движений на финансовом рынке и сгенерировать сигнал об открытии или закрытии торговой позиции [2]. Однако, повышенный интерес к развитию в этой области, делает ключевой задачей обеспечение безопасности информации, обрабатываемой в таких системах.

Наибольший интерес представляет возможность построения автоматизированной торговой системы на основе технологии блокчейн. Для достижения максимально возможного уровня безопасности, целостности информации и конфиденциальности в блокчейн используются криптографические примитивы, в числе которых: алгоритмы консенсуса, криптографические хэш-функции и цифровые подписи. Таким образом, блокчейн является чётко сформулированным решением задачи согласования действий пользователей, лишённых доверия друг к другу.

В рамках данной работы предложен протокол безопасной торговли опционными договорами в рамках блокчейн-сети.

Предложенный протокол в неформализованном виде представляет из себя следующую последовательность действий:

1. Пользователь A создаёт опционный договор;
2. Пользователь A передаёт доверенному центру T подписанный своим секретным ключом вектор данных, содержащий созданный им опцион, значение хэш-функции от последнего блока и свой открытый ключ;

Майнер Mi генерирует новый блок;

Все остальные майнеры сети проверяют корректность сгненерированного блока;

3. Пользователь B передаёт доверенному центру T значение хэш-функции от опицона, тем

самым указывая на желание купить данный опцион;

Доверенный центр T проверяет доступность опциона и возможности пользователя B к покупке данного опциона;

4. Пользователь B передаёт доверенному центру T подписанный своим секретным ключом вектор данных, содержащий выбранный опцион, значение хэш-функции от последнего блока и свой открытый ключ;

Майнер Mi генерирует новый блок;

Все остальные майнеры сети проверяют корректность сгенерированного блока;

5. Пользователь B передаёт доверенному центру T премию по выбранному им опциону;

Майнер Mi генерирует новый блок;

Все остальные майнеры сети проверяют корректность сгенерированного блока;

6. В случае американского опциона дальнейшие действия могут быть произведены в любой момент времени до даты экспирации и включая её; В случае европейского – исключительно в дату экспирации;

6’. Пользователь B передаёт доверенному центру T подписанный своим секретным ключом вектор данных, содержащий выбранный опцион, значение хэш-функции от последнего блока и выплату по опциону. В случае отказа пользователем B от исполнения опционного договора выплата составляет 0;

Доверенный центр передаёт продавцу опциона данные об отказе покупателя;

Доверенный центр передаёт продавцу опциона премию по опциону;

Майнер Mi генерирует новый блок;

Все остальные майнеры сети проверяют корректность сгенерированного блока;

6’’. Пользователь B передаёт доверенному центру T подписанный своим секретным ключом вектор данных, содержащий выбранный опцион, значение хэш-функции от последнего блока и выплату по опциону. В случае исполнения пользователем B опционного договора выплата рассчитывается как произведение страйк-цены на количество базового актива;

Доверенный центр передаёт продавцу опциона премию по опциону;

Майнер Mi генерирует новый блок;

Все остальные майнеры сети проверяют корректность сгенерированного блока;

Предложенной в рамках данной работы протокол позволяет реализовать процесс торговли опционными договорами в рамках сети блокчейн, что позволяет обеспечить безопасность данных пользователей.

Список литературы

1. Указание Банка России от 16.02.2015 N 3565-У "О видах производных финансовых инструментов" (Зарегистрировано в Минюсте России 27.03.2015 N 36575)

2. Фатьянова М.Э., Семенов М.Е. Анализ автоматизированных торговых систем // Gaudeamus Igitur. - 2015. - №4. - С. 49-52.

Жачко А.Н., Ялынычев Д.В.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЗАШИФРОВАННЫХ ДАННЫХ В СТЕГОКОНТЕЙНЕРЕ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель-доцент А. Е. Боршевников

Развитие стеганографического анализа является важной, в смысле защиты информации, задачей, поскольку любые стеганографические алгоритмы, при разработке которых не были учтены

возможности существующих методов стегоанализа могут считаться непригодными для использования в современных системах. Более того, высока вероятность утечки информации именно посредством методов стеганографии, поэтому стегоанализ может играть ключевую роль в вопросе её предотвращения. В рамках данной работы предложен алгоритм детектирования зашифрованных данных в стегоконтейнере.

Изначальная гипотеза основана на утверждении, что при встраивании данных изменяется байтовая структура файла. Таким образом, можно предположить, что, проанализировав характеристики числовых представлений для пустых контейнеров и для заполненных, можно выявить закономерности, которые послужат основой для построения эффективной системы детектирования скрытых данных.

В ходе данной работы были исследованы изображения в форматах JPEG и PNG. Начальный набор состоял из пяти объектов, каждый из которых был представлен в двух форматах. На первом этапе было сгенерировано 10000 текстов, имитирующих естественный язык. Далее каждый текст был зашифрован с использованием стандарта AES на 128 битном ключе, сгенерированном случайно. В результате шифрования получены 10000 шифртекстов, представленных байтовыми строками.

На втором этапе в каждое изображение был встроен каждый из текстов. Было использовано два различных метода встраивания данных в изображение. Первый метод встраивания данных основан на модификации пикселей изначального изображения. На каждой итерации в изображении выбирается случайный интервал, после чего во всех пикселях, попавших в интервал значений красного оттенка, заменяется на номер символа, встраиваемого шифртекста по таблице ASCII. Второй метод основан на встроенной функции python для записи данных в файл, где в качестве файла выступает пустое изображение. Третий метод, в отличии от первого, не даёт искажений значений RGB для пикселей, за счёт того, что изначальный шифртекст кодируется на стандарте base64, после чего из изображения извлекаются случайные пиксели, в которые встраиваются символы двоичного представления сообщения. Далее модифицированные пиксели встраиваются в изначальный контейнер на соответствующие места. В результате использования трёх методов получено 300000 заполненных контейнеров.

Следующий этап состоял в анализе полученных контейнеров и сравнении их характеристик с характеристиками изначальных изображений. В рамках данного этапа каждый объект был представлен последовательностью байт, после чего каждый байт был представлен в виде десятичного числа. Для полученных последовательностей вычислялись энтропия, дисперсия, математическое ожидание, среднее абсолютное отклонение по моде и статистика хи квадрат для трёх длин битовых подпоследовательностей – 16, 24 и 32 бита. В выборку, достаточную для построения системы обнаружения наличия факта встраивания попадают дисперсия, среднее абсолютное отклонение по моде и хи квадрат для подпоследовательностей длины двадцать четыре бита.

Средством для анализа контейнеров выбран многослойный персептрон. В рамках реализации функцией потерь была выбрана функция потерь Хьюбера. В качестве функции активации была выбрана сигмоида, поскольку она показывает себя наиболее эффективной в задачах классификации [1]. Также сигмоида гарантирует существенное изменение выхода при малых отклонениях аргумента. На вход разработанной нейронной сети подаётся вектор из четырёх значений: маркер формата изображения («1» для JPEG и «0» для PNG), значение статистики хи квадрат для длины подпоследовательностей равной двадцати четырём битам, значение среднего абсолютного отклонения по моде и значение дисперсии. На этом этапе была проведена серия экспериментов для установления оптимального количества слоёв используемой нейронной сети.

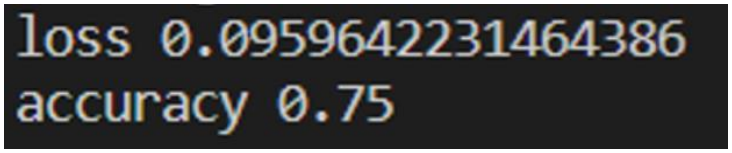


Рисунок 1 – Результаты работы нейронной сети

На рисунке 1 представлен результат тестирования обученной нейросети. Результатом стало значение точности, равное 0.75. В данной реализации в качестве функции потерь была использована функция потерь Хьюбера, значение которой составило 0.096.

Основным достоинством разработанного метода является тот факт, что он основан на математической статистике и теории вероятности, что обуславливает простоту вычисления параметров, необходимых для обнаружения факта сокрытия. Недостатком же метода можно считать недостаточно высокую вероятность верного ответа обученной нейронной сети.

Таким образом, разработанный метод нуждается в дальнейшей исследовании, на данном этапе применим на задачах обнаружения скрытых данных в изображениях только в случаях, когда достигнутая точность может считаться достаточной.

Список литературы

1. Филатова, Т. В. Применение нейронных сетей для аппроксимации данных [Электронный ресурс] / Т. В. Филатова // Вестник Томского государственного университета. – 2004. – № 284.

Карпов Т. А.[1]

ДЕМОНСТРАЦИЯ СПОСОБОВ ВЫСЛЕЖИВАНИЯ РАДИОСИГНАЛА, ПРИМЕНЯЕМЫХ СОТРУДНИКАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

[1]АНОО «Православная гимназия»
Научный руководитель – аспирант ДВФУ, учитель физики С.А. Быстревский

В современном мире существует много приборов шпионской деятельности. Эти приборы могут передавать видео изображение, звук и местоположение посторонним лицам. Сотрудники технической защиты информации находят такие устройства с помощью спектрального коррелятора (детектора радиосигналов). Такой анализатор есть в ДВФУ на кафедре информационной безопасности. Целью этой работы являлась демонстрация способов выслеживания радиосигнала, применяемых сотрудниками технической защиты информации с помощью спектрального коррелятора и собранного мной экспериментального образца прослушивающего устройства.

По законам Российской федерации за изготовление приборов шпионажа грозит штраф либо срок, в любом случае, изготовление таких приборов является прямым нарушением закона. Поэтому нам потребовалось изучить статью УК РФ, касающуюся приборов шпионажа (смотри приложение) собрать наше прослушивающее устройство, как научно-экспериментальное пособие. Для этого нам следует сделать наше устройство демаскированным; подписать его фамилией сборщика; включить в схему прибора диодный ключ (выключатель). Также причиной не относящей его к приборам шпионской деятельности является отсутствие приемника.

Схема собирался по схеме, представленной ниже (рис. 1):

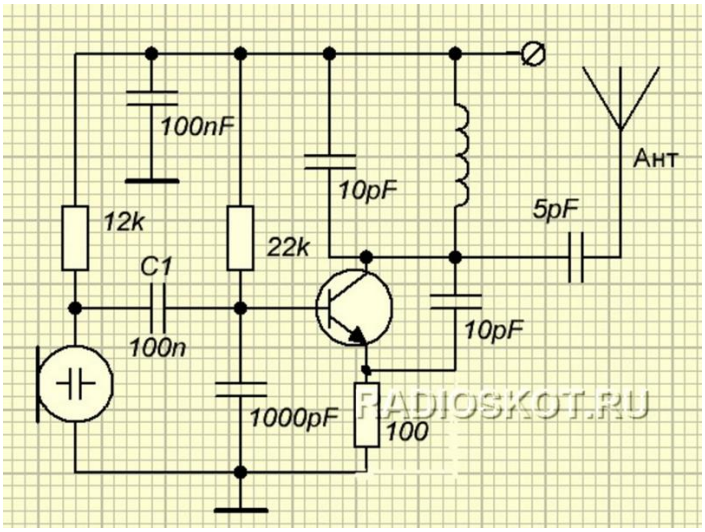


Рисунок 1 - схема экспериментального устройства

Для сборки потребовались следующие радиодетали:

1. C1 5 пФ
2. C2 10 пФ
3. C3 10 пФ4
4. C4 1000 пФ
5. C5 100 нФ
6. C6 100 нФ
7. КТ368
8. R1 12 кОм
9. R2 22 кОм
10. R3 100 Ом
11. Микрофон на 2,2 кОм
12. Гнездо для батареек на 4,5 В
13. Катушка индуктивностью 0,253 мкГн или близкой к этой
14. Диодный выключатель.

В ходе данной работы, в соответствии со специальной методической литературой, были изучены принципы работы и виды устройств слежения и устройств обнаружения, а также был собран экспериментальный образец прослушивающего устройства.

Для оценки качества сборки экспериментального образца, его проверки на исправность и демонстрации способов выслеживания радиосигнала, которые применяют сотрудники технической защиты информации была предпринята поездка в ДВФУ на кафедру информационной безопасности для проведения обнаружения прослушивающего устройства с помощью спектрального коррелятора. Также был записан видеоролик, демонстрирующий работу спектрального коррелятора по обнаружению прослушивающего устройства.

Данный видеоролик может быть использован на уроках физики для демонстрации такого физического явления, как радиоволна. Также он может побудить учеников для поступления на кафедру информационной безопасности в ДВФУ.

Список литературы

1. Сайт «proslushka.economic-security.ru» [Электронный ресурс]. — URL: https://proslushka.economic-security.ru/blog-po-zaschite-informacii/7-vidy-podslushivajuschih-ustrojstv-i-skrytyh-kamer-zhuchkov.html

2. Сайт «vyborok.com» [Электронный ресурс]. — URL: https://vyborok.com/rejting-luchshih-detektorov-zhuchkov/
3. Сайт «cxem.net» [Электронный ресурс]. — URL: https://cxem.net/radiomic/bugs08.php
4. Сайт «www.astena.ru» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.astena.ru/st_ag_6.html
5. Сайт «radioskot.ru» [Электронный ресурс]. — URL: https://radioskot.ru/publ/peredatchiki/skhema_zhuchka_dlja_proslushki/11-1-0-483?ysclid=lac2lnkm6k16971942
6. Сайт «habr.com» [Электронный ресурс]. — URL: https://habr.com/ru/post/158161/?ysclid=l9nr1zzc22799646897

Кислов М. В.[1], Верещагина Е. А.

НЕОБХОДИМОСТЬ ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРИИ ФИЗИКИ ГЕОСФЕР ТОИ ДВО РАН

[1]Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е. А. Верещагина

Оценка рисков, связанных с применением облачных технологий необходима, так как подобную систему впервые будут использовать для нужд лаборатории.

В прошедшем году сильно вырос спрос на облачные сервисы [2]. Основной причиной является то, что сейчас очень тяжело обновлять собственные компьютеры и серверы. Многие не могут этого сделать из-за нехватки денег, или из-за общего дефицита устройств на рынке. Это касается и лаборатории, которая использует собственную инфраструктуру.

Чаще всего облачные системы выбирают потому, что при их создании разработчики исходили из необходимости создать хорошо защищённую систему. На сегодняшний день разработчики облачных систем занимаются активным повышением уровня своих знаний в области защиты информации, а также создают собственные услуги и решения, необходимые для тех заказчиков, что сейчас на рынке. А также они следят за информационным полем для того, чтобы быть в курсе всех событий в данной области.

Для решения задачи автоматизации обработки данных, поступающих с лазерного деформографа, было принято решение создать подсистему на основе платформы IACPaaS. Выбор обусловлен несколькими параметрами: платформу используют уже более 10 лет в различных областях науки (например медицина, математика); платформа хорошо защищена от кибератак благодаря отделу информационной безопасности Института автоматики и процессов управления.

Основной проблемой облачных ресурсов является предоставление большого количества ненужных разрешений пользователям. В платформе IACPaaS нет подобных проблем. За более чем 10 лет существования их все исправили. Это является огромным плюсом данной платформы.

Для внедрения в лабораторию физики геосфер новой подсистемы по автоматизированной обработке данных было необходимо проанализировать риски использования облачной системы для лаборатории. Для этого обратимся к документам ФСТЭК.

В соответствии с Приказом ФСТЭК от 11 февраля 2013 г. № 17 «Об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах» [1], субъектами положений приказа являются:

– обладатель информации (заказчик, заключивший контракт на создание государственной информационной системы). На практике заказчиком выступает государственный орган, владелец информационной системы. В соответствии с Федеральным законом «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (п. 3 ст. 2), информационная система – это совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств (далее – ГИС).

– оператор информационной системы – лицо, организующее и осуществляющее обработку данных, составляющих информацию в информационной системе. В соответствии с ФЗ-149 «Об информации» (п. 12 ст. 2), оператор информационной системы — гражданин или юридическое лицо, осуществляющие деятельность по эксплуатации информационной системы, в том числе по обработке информации, содержащейся в ее базах данных. На практике, оператором может выступать также и сам государственный орган – тогда происходит совпадение субъектов для целей Приказа ФСТЭК.

– уполномоченное лицо – лицо, обрабатывающее информацию, являющуюся государственным информационным ресурсом, по поручению обладателя информации (заказчика) или оператора и (или) предоставляющее им вычислительные ресурсы (мощности) для обработки информации на основании заключенного договора.

Таким образом, облачный провайдер в терминологии ФСТЭК пользуется статусом «уполномоченного лица». В соответствии с п. 4 раздела I Приказа ФСТЭК № 17 именно облачный провайдер (уполномоченное лицо) обеспечивает защиту информации, что указывается в договоре. В соответствии с п. 17.6 Приказа ФСТЭК от 11 февраля 2013 г. № 17, если информационная система создается на базе информационно-телекоммуникационной инфраструктуры центра обработки данных (далее – ЦОД) уполномоченного лица, такая инфраструктура должна быть аттестована на соответствие требованиям Приказа. Таким образом, Приказ ФСТЭК направлен на вопросы обеспечения безопасности ГИС, при этом если для создания и работы ГИС используются центры обработки данных (инфраструктура облачных провайдеров), то такие ЦОД также подлежат аттестации в соответствии с требованиями Приказа ФСТЭК от 11 февраля 2013 г. № 17. Также была проведена оценка угроз безопасности в соответствии с документом ФСТЭК «Методика оценки угроз безопасности информации». Результаты проверки не разглашаются.

В нашем случае оператором является Институт автоматики и процессов управления (ИАПУ ДВО РАН). А за безопасность облачной платформы IACPaaS отвечает отдел информационной безопасности Института автоматики и процессов управления. Никакие данные о способах защиты платформы не разглашают. Поэтому можно лишь отметить, что у данной платформы реализованы все необходимы лаборатории методы защиты информации. Так, у данной системы есть чёткое разделение прав пользователей. Например, каждый пользователь имеет доступ только к своему «Фонду». Это необходимо, поскольку таким образом реализована защита интеллектуальной собственности пользователей. Для лаборатории это очень важно. Также у администратора подсистемы нет прав на самостоятельное копирование, редактирование, или удаление «Фондов пользователей». Также запрещён удалённый доступ к рабочим станциям сотрудников лаборатории.

Из этого можно сделать вывод, что оценка рисков необходима, особенно для тех, кто внедряет ранее задействованные для работы технологии. Однако в открытом доступе такая информация находится не должна. Это может привести к серьёзным проблемам.

Список литературы

1. ФСТЭК России. [Электронный ресурс] URL: https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty

2. Угрозы безопасности в облаке. [Электронный ресурс] – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%B2_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B5

3. Сайт платформы IACPaaS. [Электронный ресурс] - URL: https://iacpaas.dvo.ru/

Костенецкий И.В., Чабанов И.Д.

ВОЗМОЖНОСТЬ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕЛЕГАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ПРИКРЫТИЕМ ЛЕГАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

В настоящее время, в связи с развитием технологий, совершенствуются методы несанкционированного получения информации злоумышленником. Ввиду огромного выбора и доступности приобретения технических средств получения информации отслеживание местоположения передвижного объекта и прослушивание речи с помощью радиозакладных устройств становится одной из главных проблем государственных структур, компаний и физических лиц [1]. Данные устройства могут устанавливаться скрытно, передавая информацию по каналу, который недоступен для человеческих органов чувств, при этом устройства слежения и получения информации передают данные на большие расстояния, предоставляя злоумышленнику пространство для творчества.

Цель представленного исследования состояла в анализе типов и частот работы, методов поиска, и практическом выявлении устройств слежения, работающего под прикрытием легального устройства слежения.

Обычно, если мы затрагиваем тему технической защиты информации в организации, специалисты останавливаются на поиске средств негласного съема информации только в конкретных помещениях, однако упускают тот факт, что деловые разговоры в автомобиле, либо же информация о местоположении конкретных людей, является немаловажной. Современные системы автоматического определения местоположения транспортных средств – AVL (Automatic Vehicle Location system) крайне распространены не только среди обычных граждан, которые желают защитить свой автомобиль, но и среди организаций, к примеру, в Дальневосточном Федеральном университете каждый автобус, курсирующий по маршруту, оснащен системой определения местоположения для удобства студентов и сотрудников.

На сегодняшний день основными системами спутниковой навигации являются система глобального позиционирования NAVSTAR (Navigation System Using Time and Ranging) или GPS (Global Positioning System) и ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система). Обе системы имеют двойное назначение – военное и гражданское [2]. Любой человек может купить легальный GPS-трекер, либо GPS-маяк, и установить его почти в любое место, чем и пользуются злоумышленники. Однако обнаружить хорошо спрятанный маяк или трекер не так просто.

Использование нелинейных локаторов в автомобиле не даст никаких результатов, ввиду особенностей работы данной аппаратуры [3]. Однако, GPS-трекер можно обнаружить, используя Спектральный коррелятор OSCOR OSC-5000. OSC-5000 представляет собой функциональное сочетание нескольких приборов. Во-первых, это панорамный приемник последовательно-параллельного типа (сканер), перекрывающий диапазон частот 10 кГц – 3 ГГц с полосой пропускания 15 кГц. Столь широкий диапазон перестройки обеспечивается наличием нескольких входов (фактически нескольких

приемников), к каждому из которых подключена своя антенна (рамочная, штыревая и дискоконусная). Анализ может производиться как во всем диапазоне, так и в заданных полосах (до 31 полосы), автоматически или в ручном режиме. Максимальная скорость перестройки по частоте составляет 93 МГц/с при полосе пропускания 250 кГц. Чувствительность приемника соответствует значению 0,8 мкВ, а динамический диапазон входных сигналов составляет 90 дБ. Прибор оснащен набором детекторов, что дает возможность принимать сигналы с различным видом модуляции [4]. Несомненным достоинством является наличие инфракрасного детектора с областью спектральной чувствительности 0,85 – 1,07 мкм и специального адаптера, позволяющего вести контроль наличия излучений от сетевых закладок в диапазоне частот 10 кГц – 5МГц в проводных линиях с напряжением до 300 В. Во-вторых, это осциллограф и анализатор спектра, позволяющий наблюдать амплитудно-временные развертки демодулированных сигналов и их спектры с разрешением по частоте не хуже 50 Гц.

В лабораторных условиях удалось выявить факт наличия GPS-маяка, работающего под прикрытием легального GPS-трекера, однако в реальных условиях поиск такого устройства осложняется несколькими нюансами. Во-первых, если никогда не проводилась паспортизация линий электрических цепей, то поиск РЗУ с помощью метода проверки утечки тока может не дать никаких результатов. Во-вторых, если опираться на метод поиска РЗУ как электронных средств, то все замеры нужно проводить во время движения автомобиля, но и тут есть некоторые проблемы. Если GPS-трекер работает в режиме маяка, другими словами, передает координаты в определенное время, а остальной период находится в выключенном состоянии, то выявить факт наличия такого жучка возможно только с помощью индикаторов электромагнитного поля, иногда для этого автомобиль нужно поместить в закрытый бокс и проводить исследование несколько дней. В-третьих, в случае работы устройства злоумышленника, под прикрытием легальной системы, поиск «жучка» осложняется тем, что оба устройства будут работать в одном частотном диапазоне, в случае если оба устройства работают в режиме маяка, будет крайне сложно опознать устройство злоумышленника, т. к. частоты работы устройств могут меняться и нет возможности определить какое из устройств в данный момент отправило сигнал.

Попытка «заглушить» частотный диапазон работы GPS или ГЛОНАСС может привести к нарушению работы штатной системы слежения, вдобавок ко всему, «жучок» злоумышленника может работать в диапазоне GSM, в случае нарушения работы этого частотного диапазона, может полностью отсутствовать мобильная связь.

Таким образом, поиск устройств слежения возможен с помощью средств контроля радиодиапазона. Вдобавок, рекомендуется проводить паспортизацию линий электрических цепей автомобилей, с целью дальнейшей регулярной проверки методом поиска утечки тока.

Список литературы

1. Утечка информации. Статистика в мире и России [Электронный источник] – URL: https://xn----dtblgkcxfcwz2c.xn--p1ai/blog/utechka-informaczii-statistika-v-mire-i-rossii/

2. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС [Электронный источник] – URL: https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.php.

3. Нелинейная радиолокация: сб. ст. / под ред. А.А. Горбачёва, А.П. Колданова, А.А. Потапова, Е.В. Чигина. – Ч.1 – М.: Радиотехника, 2005. – 96с.

4. Епифанцева М.Я., Криворучко М.А. Обнаружение и идентификация закладных устройств комплексом «OSCOR OSC-5000». Омск: СибАДИ3 2012. – 81 с.

Бондарь А.Е.[1], Кваша А.С.[2], Масленников Н.С.[3]

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ АДВОКАТСКОЙ ФИРМЫ

[1]Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
[2] Дальневосточный Федеральный Университет
[1]Научный руководитель - к.т.н., профессор Ю.В. Добржинский

Начальной точкой при разработке политики адвокатской фирмы в области защиты информации является ясное понимание роли и места системы защиты информации в деятельности адвокатской фирмы и в сфере обеспечения его безопасности в целом. Защита информации является одним из элементов общей политики адвокатской фирмы в области безопасности, которая охватывает более широкий круг вопросов, начиная от охраны материальных ценностей адвокатской фирмы и защиты его персонала до использования криптографических средств защиты информации и предотвращения возможной утечки информации. Элементы общей системы безопасности адвокатской фирмы должны быть взаимосвязаны и согласованы.

В работе рассматривается организация комплексной защиты адвокатской фирмы, схема помещения которой приведена на рис.1.

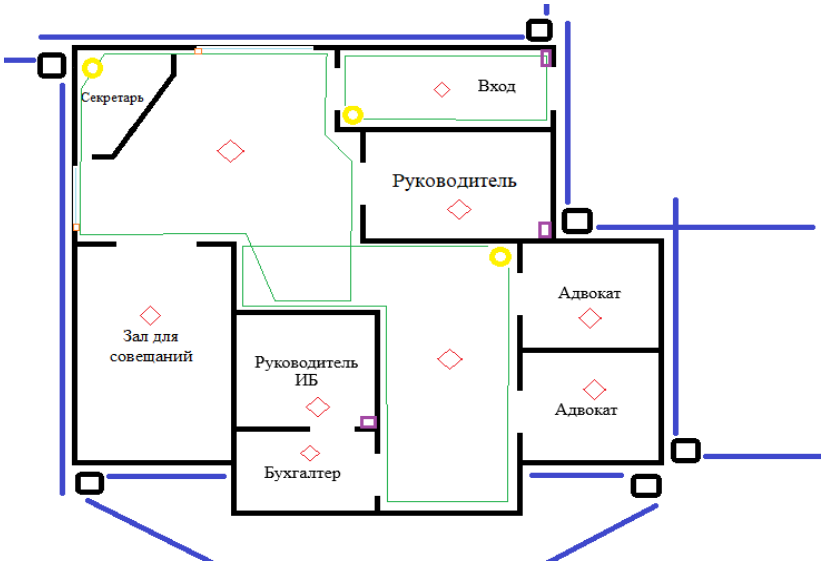


Рисунок 1 – План помещения с системами видеонаблюдения, пожарной безопасности

Состав используемого оборудования и схема взаимодействия его компонент приведены на рис.2.

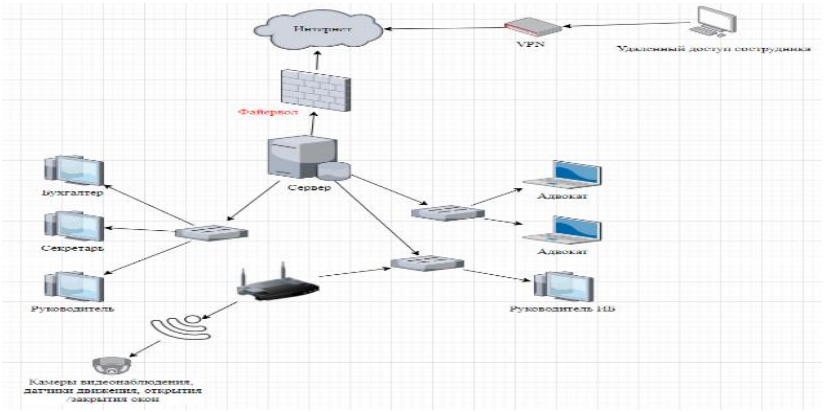


Рисунок 2 – схема сети с системой безопасности и удаленным доступом

Модель комплексной системы защиты подразумевает семь уровней защиты. Первый уровень – охрана территории и здания (помещения), занимаемой фирмой. Второй – охрана помещений, в которых находится ресурсы автоматизированных систем и защищаемая информация. Третий уровень – защиту каналов связи, которые могут находиться как в пределах здания, так вне его. Четвертый уровень – защита аппаратных средств (ПК, диктофоны, шифраторы и т.п.). Пятый уровень – защита программных средств (ОС; программы, осуществляющие деятельность фирмы и т.п.). Шестой уровень – файлы и данные.

Для успешной реализации комплексной защиты необходим тщательный анализ актуальных угроз, результаты этого анализа для рассматриваемой фирмы приведены в табл.1.

Таблица

Типы угроз и их вероятность

№	Типы угроз	Вероятность
1	Проникновение в здание злоумышленника	Средняя
2	Повреждение внешних систем здания	Высокая
3	Утечка акустической секретной информации	Низкая
4	Утечка визуальной секретной информации	Низкая
5	Действия вредоносных программ	Высокая
6	Несанкционированный анализ сетевого трафика	Высокий
7	Несанкционированный доступ к персональным данным	Высокий
8	Несанкционированный удаленный доступ	Средний
9	Утечка информации с ПК	Высокий
10	Утрата физических носителей	Средний
11	Выход из строя системы безопасности	Низкий

Вывод: Таким образом в работе были рассмотрены вероятные угрозы утечки информации, и, как следствие, разработана комплексная система защиты предприятия.

Список литературы

1. Алексенцев, А.И. Понятие и назначение комплексной системы защиты информации/ А.И.Алексенцев// Вопросы защиты информации.- 1996.- № 2. - С. 2 - 3.

2. Копейкин, В.Г. Экономическая безопасность предприятия: обучение персонала/ В.Г.Копейкин, Н.А.Лапина// Информационно-методический журнал «Защита информации Конфидент».- 2004.- № 3 (57).- С.44.

3. Алгоритм системы мониторинга утечек конфиденциальных документов / Д. В. Захарченко, А. Е. Боршевников, И. Черноусов, Ю. В. Добржинский // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2021. – № 7. – С. 81-88.

Михальчук Е.Ю.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ СКРЫТЫХ АДРЕСОВ В ЗАДАЧЕ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. доцент Ю.В. Добржинский

Голосование – способ коллективного принятия решения путём волеизлияния каждого участника и подсчет голосов.

Надежная система электронного голосования обязана исключить административное манипулирование, вмешательство с третьей стороны и снизить недоверие избирателей.

Выделяются следующие требуемые критерии безопасности для систем электронного голосования:

– Аутентификация участников и фиксация голоса. Доступ к системе и возможность отдать свой голос должен осуществляться нетривиальными механизмами.

– Целостность данных. Каждый учтённый голос должен быть надёжно защищен от любых воздействий и быть неизменным во время всего процесса голосования.

– Анонимность участников голосования и конфиденциальность данных. Сведения о связи между конкретным участником и его зафиксированном голосе должны отсутствовать.

– Открытость и прозрачность. Возможность наблюдателем убедиться в факте участия в голосовании конкретным известным участником.

– Доступность данных и доверие к системе. У легитимного участника голосования не должно появляться иллюзии безопасности или самого голосования.

– Корректность. Каждый избиратель вправе убедиться в учёте своего голоса без распространения информации о самом голосе [1].

В большинстве информационных систем раскрытие информации о пользователях заключается в публичном доступе к его адресам. Зная конкретную связь пользователя с каким-либо адресом, становится возможным проследить и другие адреса, связанные с этим пользователем. Механизмы скрытых адресов позволяют предотвратить построение этих связей третьими лицами, тем самым обеспечить конфиденциальность за счёт непрослеживаемости различных взаимодействий.

Построение модели скрытого адреса не может опираться лишь на однонаправленные функции. Требования к построению скрытого адреса ограничиваются минимумом, удовлетворяющему ассиметричной криптосистеме. В системе электронного голосования построение скрытого адреса возможно, как получателем, так и отправителем. Базовая модель скрытого адреса опирается на протоколы генерации общего секретного параметра, особенность которых заключается в наличии знания обоими пользователями друг о друге. Но для системы голосования данная особенность не позволительна. Одним из вариантов обеспечения полной конфиденциальности в скрытых адресах может служить организация взаимодействия пользователей системы с доверенным источником. В перспективе, конфиденциальное взаимодействие пользователей с системой может сильно зависеть от протоколов доказательств знаний с нулевым разглашением [2].

Формализуем применение скрытого адреса для его использования в системе электронного голосования. Введём следующие обозначения: A – участник электронного голосования (избиратель); B – кандидат; T – доверенный источник с открытым доступом; $\mathrm{key}_{\mathrm{sec\,A}}, \mathrm{key}_{\mathrm{pub\,A}}$ – пара ключей участника A; $\mathrm{key}_{\mathrm{scan\,B}}$ – ключ сканирования кандидата B; $\mathrm{List}_{\mathrm{address}}$ – список скрытых адресов кандидатов; $\mathrm{stealth}_{\mathrm{B}}$ – скрытый адрес кандидата B; trans – транзакция (перевод) голоса.

1. $\mathrm{A}: \mathrm{key}_{\mathrm{sec\,A}}, \mathrm{key}_{\mathrm{pub\,A}}; \mathrm{B}: \mathrm{key}_{\mathrm{scan\,B}}$
2. $\mathrm{B} \rightarrow \mathrm{T}: \mathrm{address}_{\mathrm{B}}$
3. $\mathrm{T}: \mathrm{List}_{\mathrm{address}}$
4. $\mathrm{T} \rightarrow \mathrm{A}: \mathrm{List}_{\mathrm{address}}$
   4.1 $\mathrm{A}: \mathrm{stealth}_{\mathrm{B}}$
   4.2 $\mathrm{A} \rightarrow \mathrm{T}: \mathrm{trans}$
5. $\mathrm{T} \rightarrow \mathrm{B}: \mathrm{trans}$

Рисунок 1 – Формализация скрытого адреса

В приведенной формализации скрытого адреса были описаны следующие шаги:

1. Генерация пары ключей участником A, причём секретный ключ обязан быть одноразовым, и генерация ключа траты кандидатом.
2. На основе собственного ключа $key_{scan\,B}$ кандидат создаёт адрес и передаёт его доверенному источнику.
3. Доверенный источник формирует список адресов всех кандидатов на основе собственной пары ключей.
4. По запросу пользователя осуществляется передача списка адресов кандидатов и осуществление фиксирование его волеизлияния путём помещения голоса на сформированный скрытый адрес кандидата.
5. Перевод голоса на счёт кандидата.

Кандидату необходимо получить список открытых ключей пользователей, которые объединяются с собственным ключом траты. Тем самым производится проверка на наличие транзакции на каждом адресе. Если на полученном адресе находится значение с голосом избирателя, с использованием ключа траты, голос переводится на общедоступный адрес для корректного подсчета голосов. Присутствие дополнительных ключей сканирования и траты ограничивает доступ к счёту всем пользователям группы общего секрета. Сканирование может быть осуществлено средствами доверенного источника без участия кандидата. [3].

Сами по себе скрытые адреса не способны обеспечить систему значительной дополнительной конфиденциальностью. Также скрытые адреса не исключают повторного использования адресов, хотя и вероятность этого крайне незначительна.

Список литературы

1. Черемушкин А. В. Криптографические протоколы: основные свойства и уязвимости //Прикладная дискретная математика. Приложение. – 2009. – №. 2. – С. 115-150.
2. Fan X. Faster dual-key stealth address for blockchain-based internet of things systems //Blockchain–ICBC 2018: First International Conference, Held as Part of the Services Conference Federation, SCF 2018, Seattle, WA, USA, June 25-30, 2018, Proceedings 1. – Springer International Publishing, 2018. – С.127-138.
3. Buterin V. An incomplete guide to stealth addresses [Электронный ресурс] //Vitalik Buterin's website //URL: https://cryptonews.website/vitalik-buterin-predstavil-koncepciyu-skrytyx-adresov-dlya-povysheniya konfidencialnosti-polzovatelej-ethereum/

Переверзева М.С.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩЕГО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.т.н., доцент Е.А. Верещагина

На данный момент происходит бурное развитие компьютерных технологий и все больше предприятий переходит на электронные системы обработки данных. Одновременно с этим не стоит забывать про постоянное появление большого количества угроз, связанных с нарушением целостности, конфиденциальности и доступности информации, с которой работает предприятие. Необходимо поддерживать степень защищённости информации на высоком уровне для того, чтобы избежать возникновения различных видов потерь. В исследовании описываются способы и системы обеспечения

ИБ, которые уже используются в сфере локальных вычислительных сетей в общем, а также описывается система защиты информации предприятия ООО «ПортТелеком», предоставляющего телекоммуникационные услуги.

Работая с ЛВС, можно выявить большое количество путей для несанкционированного доступа к информации. Сюда же можно отнести: кражу аутентификационных данных, злонамеренное отключение механизмов защиты или вмешательство троянов; подобная кража может быть совершена умышленно – с использованием подслушивающих устройств и программных ловушек; получение информации через дистанционную фотосъемку; использование радиоэлектронной аппаратуры, перехват электромагнитного излучения; умелое манипулирование недостатками языков программирования или ОС; хищение или копирование носителей информации; вредоносное подключение к оборудованию или линиям связи; использование комбинации разрешенных запросов для получения данных; незаконное использование терминалов.

Для решения задачи создания механизмов защиты информации применяются технические средства, подключенные непосредственно к устройствам LAN; программное обеспечение, т.е программы, имеющие функции, чтобы защищать информацию; и физические устройства: видеокамеры и сигнализация, дверные замки, оконные решетки. Также следует отметить основные методы обеспечения защиты информации, такие как физическая защита, идентификация и аутентификация, управление доступом, криптография и экранирование.

При проведении аудита на предприятии ООО «ПортТелеком» были выявлены различные уязвимости существующей системы защиты. Первым делом, чтобы понять, эффективно ли система предотвращает несанкционированный доступ, нужно определить обрабатываемые категории информации, это: иные и биометрические, так как на предприятии доступ в отдельные помещения ограничивается с использованием биометрической аутентификации.

К существующим уязвимостям системы физической безопасности можно отнести следующее: на предприятии не ведётся система постоянного наблюдения; нет организованной системы контроля доступа; кабель-менеджмент организован на низком уровне, что может привести к несанкционированному доступу к проводам локальной вычислительной сети; помимо этого, у компании имеется несколько филиалов, которые имеют общий сервер, потому очень важно следить за тем, исправен ли он, и обеспечить непрерывную его работу. Из указанных уязвимостей вытекают соответствующие рекомендации по защите.

В компьютерной системе защиты информации было обнаружено меньше недостатков, так как установленная на предприятии операционное программное обеспечение имело множество встроенных средств обеспечения безопасности. Больше всего заслуживают внимания: авторизации пользователей, политика паролей, контроль доступа, отслеживание действий пользователей в сети. Однако не все виды угроз могут быть нейтрализованы встроенной системой защиты. В связи с этим рекомендуется следующее: установка антивирусного программного обеспечения, установка замка для защиты корпуса ПЭВМ, установка на рабочие станции системы санкционированного доступа. Также если на компьютерах установлены разные версии операционной системы рекомендуется обновить необходимое ПО.

К недостаткам системы документооборота можно отнести невозможность отслеживания четких маршрутов прохождения конфиденциальных документов. Для устранения этих проблем рекомендовано делать следующее: передавать документы под роспись, ставить гриф секретности, копии делать только с разрешения руководства, обеспечивать защиту материальных носителей. Также можно проводить с копиями еле различимые изменения, чтобы найти тех сотрудников, сливших информацию.

Далее необходимо рассмотреть правовые методы защиты информации. К ним относятся законы, нормативные акты в сфере защиты информации, которые установило государство и которые обязаны соблюдать участники информационных отношений. Также правовые методы устанавливают наказание за нарушение правил этих документов.

К организационным методам защиты обычно относится работа с сотрудниками, внутренним регламентом. Необходимо проводить работу с сотрудниками и внутренними документами, то есть подбирать надежных и компетентных специалистов, заниматься составлением договоров о неразглашении информации и их подписанием.

Нельзя забывать о разработке нормативно-правовых документов и инструкций, таких как договор о неразглашении коммерческой тайны; инструкция по защите коммерческой тайны; политика, описывающая процесс использования рабочих станций; свод правил реагирования на инциденты ИБ.

В данной статье были описаны рекомендации по повышению степени защищенности в предприятии ООО «ПортТелеком». Существующие системы обеспечения безопасности информации в организации имеют множество недостатков. Разработанные рекомендации позволят нейтрализовать многие из них. В дальнейшем планируется описать процесс реализации рекомендованных мер защиты и запечатлеть возможный эффект их применения.

Список литературы

1. О персональных данных: федеральный закон "О персональных данных" от 27.07.2006 N 152-ФЗ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Электрон. дан. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801

2. Гибилинда Р.В., Коллеров А.С., Синадский Н.И. и др. Аудит информационной безопасности компьютерных систем: учебное пособие / А.В. Гибилинда Р.В., Коллеров А.С., Синадский Н.И. и др. – Москва : Горячая линия - Телеком, 2021. – 126 с. – ISBN 978-5-9912-0887-1

3. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федеральный закон "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" от 27.07.2006 N 149-ФЗ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Электрон. дан. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/

Пономарёв К.Г.

ПРИМЕНЕНИЕ СИГНАТУРНОГО АНАЛИЗА И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.т.н., доцент Е.А. Верещагина

Классический способ выявления компьютерных атак (вирусы, трояны, сетевые черви и другие) основан на сигнатурном анализе, подразумевающий проверку поступающих файлов на наличие сигнатур вредоносной программы. Сигнатурой вируса можно считать совокупность черт в файле однозначно идентифицирующих наличие вредоносной программы. Для диагностики используется обычно размер сигнатуры 8-12 байтов, в некоторых случаях для полноценной идентификации используют размер до 64 байт. В простейшем случае сигнатурный анализ представлен в виде алгоритма поиска строки в тексте [1]. Например, пусть поток входящих данных или событий представлен в виде следующего вида: ABCDDABACCBC, распознавание происходит по сигнатуре DDAB. Таким образом, сигнатурный анализ будет построен по правилам дискретной аппроксимации: AxxDxAxxCxxxx, а значение x обозначает отсутствие символа. Следовательно, компьютерная атака будет распознана. Предположим, что образец

поиска встречается только один раз со сдвигом s = 3 байта, тогда метод сигнатурного анализа будет представлен следующим образом.

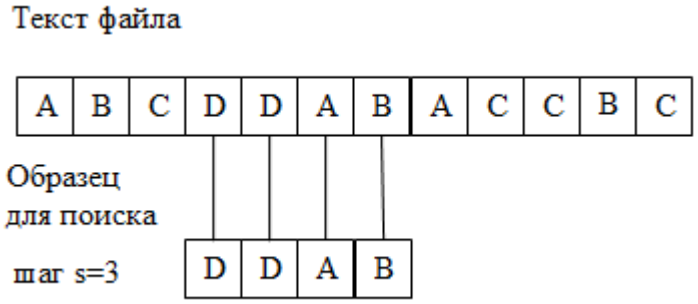


Рисунок 1 – Сигнатурный анализ входящих данных

Стоит отметить, что для наполнения сигнатур компьютерных вирусов проводится формирование последовательностей двоичного кода. Для этого компьютерный вирус с помощью макроассемблера переводят в двоичный код и выявляют последовательности. Данный способ достаточно статичен и хорошо себя зарекомендовал в известных способах компьютерных атак.

В случае рассмотрения методов машинного обучения используется эвристический анализ выявления компьютерных атак. Предварительно проводится обучение модели для классификации событий безопасности по одному из выбранных методов машинного обучения.

Основными критериями успешности модели являются следующие характеристики: доля правильных ответов, точность (насколько точно можно доверять классификатору), полнота (как много объектов класса «есть атака» определяет классификатор), F1-мера (гармоническое среднее между точностью и полнотой) [2].

Например, если выбрать набор данных веб-атак CICDS2017 возможно подготовить метрики качества по каждому из методов машинного обучения с применением метода кросс-валидации (таблица). В данном случае целесообразно использовать метод «случайный лес» для наилучшего средства выявления веб-атак. Однако жестких правил не существует, и под каждую задачу могут быть эффективны разные методы машинного обучения. В настоящее время наибольшую распространенность такие методы нашли в защите сетевого трафика и приложений [3].

Таблица

Оценка качества моделей машинного обучения по методу кросс-валидации

Модель	Доля правильных ответов	Точность	Полнота	F1-мера	Время исполнения
Метод ближайших соседей	0,966	0,936	0,951	0,969	1,02 сек
Метод опорных векторов	0,703	0,618	0,032	0,603	46,60 сек
Дерево решений	0,965	0,928	0,957	0,964	0,54 сек
Случайный лес	0,968	0,959	0,911	0,963	0,42 сек
Модель адаптивного бустинга	0,974	0,966	0,947	0,971	8,02 сек
Логическая регрессия	0,956	0,970	0,880	0,947	3,14 сек
Байесовский классификатор	0,735	0,532	0,990	0,775	0,20 сек
Линейный дискриминантный анализ	0,933	0,909	0,862	0,940	0,65 сек
Квадратичный дискриминантный анализ	0,866	0,706	0,656	0,866	0,21 сек
Многослойный персептрон	0,942	0,874	0,920	0,964	77,35 сек

По итогам проведенного исследования необходимо отметить, что сигнатурный анализ и эвристический анализ, построенный на методах машинного обучения, дополняют друг друга, а не исключают. В каждом из методов существуют собственные недостатки. Особое внимание в двух этих методах уделяется набором данных – сигнатуры вирусов или обучающие наборы данных.

Список литературы

1. Горбунов А. Н., Емельяненко Т. Г. Принципы использования сигнатурного анализа для обнаружения вредоносных программ // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. №11-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-ispolzovaniya-signaturnogo-analiza-dlya-obnaruzheniya-vredonosnyh-programm
2. Горюнов М.Н., Мацкевич А.Г., Рыболовлев Д.А. Синтез модели машинного обучения для обнаружения компьютерных атак на основе набора данных CICIDS 2017 // Труды ИСП РАН. 2020. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-modeli-mashinnogo-obucheniya-dlya-obnaruzheniya-kompyuternyh-atak-na-osnove-nabora-dannyh-cicids2017
3. Бахарева Надежда Федоровна, Тарасов Вениамин Николаевич, Шухман Александр Евгеньевич, Полежаев Петр Николаевич, Ушаков Юрий Александрович, Матвеев Артем Алексеевич Выявление атак в корпоративных сетях с помощью методов машинного обучения // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-atak-v-korporativnyh-setyah-s-pomoschyu-metodov-mashinnogo-obucheniya

---

Свинцицкий М.Ю.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПОИСКА РАДИОЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Д.А. Полянский

Сегодня защита от радиозакладных устройств является неотъемлемой составляющей обеспечения конфиденциальности информации. Такие устройства, внедрённые на объекты информатизации и использующие для передачи информации радиоканал, могут быть использованы для несанкционированного съема информации, шпионажа, скрытой видеозаписи и других противозаконных действий. Проблема особенно актуальна для правительственных учреждений, банков, малых и крупных коммерческих организаций.

Для обнаружения радиозакладных устройств наиболее эффективным методом является анализ спектра сигналов с помощью анализаторов электромагнитного излучения. С их помощью можно быстро сканировать радиочастотный диапазон, обнаруживать электромагнитные волны на определенных частотах, определять тип модуляции и оценивать мощность сигнала [1]. Однако, некоторые компании не в состоянии приобрести данное оборудование из-за его значительной стоимости. Поэтому создание недорогих, мобильных и простых в эксплуатации устройств контроля радиочастотного диапазона является важным направлением развития технологии.

Цель данной работы заключается в создании программного обеспечения сканера радиочастотного спектра сигналов, который сможет заменить дорогостоящие профессиональные устройства для обнаружения простых радиозакладных устройств и сократить расходы организаций.

В первую очередь необходимо определиться с аппаратной частью анализатора спектра. В качестве устройства, принимающего радиосигнал, можно использовать уже готовый приемник или собрать его самостоятельно. Устройство должно иметь блок приема сигнала с подключенной к нему широкополосной антенной, встроенный аналого-цифровой преобразователь, USB-интерфейс для передачи оцифрованного сигнала на обрабатывающее оборудование.

Для обработки полученного сигнала и проведения анализа в режиме реального времени необходимо устройство с достаточной вычислительной мощностью и возможностью вывода изображения с графическим интерфейсом. Одним из наиболее доступных и удобных вариантов является персональный компьютер с предустановленной операционной системой Windows. Программное обеспечение анализатора реализуется под данную систему.

Архитектура программного обеспечения сканера должна содержать компоненты для получения данных от приемника, обработки и проведения анализа сигналов, а также вывода результатов на экран. Программный код будет написан на языке программирования Python, с применением библиотеки SciPy, которая содержит функции для работы с сигналами, включая фильтрацию, преобразование Фурье и другие. Для визуализации электромагнитных волн на экране будет использоваться библиотека Matplotlib, позволяющая строить графики и диаграммы. Реализация пользовательского интерфейса будет осуществлена возможностями фреймворка PyQt.

В дальнейшем планируется реализация возможности выбора отображаемых диапазонов частот пользователем и проведение многочисленных тестирований созданного программного обеспечения с использованием аппаратной платформы радиоприемника.

Список литературы

1. Каторин Ю.Ф., Разумовский А.В., Спивак А.И. Защита информации техническими средствами: Учебное пособие / Под редакцией Ю.Ф. Каторина – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 416 с.

Середа А.М.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПО ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – доцент А.Е. Боршевников

Бумажные носители информации практически полностью заменились на электронные, теперь идет интенсивный процесс цифровизации персональных данных, для обеспечения усиленного контроля, упрощения и ускорения процесса аутентификации. Решением, способным осуществить перечисленные задачи, является биометрическая аутентификация.

Биометрическая аутентификация может быть реализована путём сбора различного рода данных, и одним из наибольших признаний получила биометрическая аутентификация на основе трёхмерного изображения лица. Эта технология способна учитывать даже сильные перемены во внешности человека, быть точной при изменении положения лица в пространстве, при ухудшении качества изображения и при плохом освещении. Так же это решение удобно в использовании и активно внедряется организациями как инструмент контроля доступа.

Разработка системы биометрической аутентификации наиболее широко реализуется с помощью нейронной сети. Сиамская нейронная сеть сочетает метод главных компонент ядра (KPCA) с методом опорных векторов (SVM). В трехмерном изображении используется локальный бинарный паттерн (LBP) - алгоритм распознавания лиц при разновидностях выражений.

Для начала полученное изображение требует обработки и корректного положения лица. Затем рассчитывается индекс формы, где различные значения индекса соответствуют различным формам криволинейной поверхности. Таким образом значение оси Z трёхмерного изображения представляют собой расстояние между каждой точкой лица и кончика носа. Далее изображение облака точек проецируется и преобразуется в двумерное изображение глубины, с которым производится дальнейшая работа[1].

В ходе проведенной работы была предложена концепция системы биометрической аутентификации на основе трёхмерного изображения лица для начинающих исследователей в области биометрической аутентификации. Благодаря тщательному анализу инструментов подобрана совокупность средств, позволяющих с минимальными затратами и легкой доступностью спроектировать и протестировать данную систему.

Предложенная концепция включает в себя несколько важных процессов. Выбор программно-аппаратных средств, а именно приобретение камеры, способной считать трёхмерное изображение с использованием маленького инфракрасного излучателя, который проецирует равномерные линии на предметы. Подключение камеры для передачи информации, и дальнейшая работа с программным обеспечением SDK. Описание рекомендаций по работе с формированием базы данных.

Следующий этап состоит из описания принципа работы сиамской нейронной сети. На этом этапе разработчикам необходимо научить архитектуру различать расстояния между конкретными данными, такими как изображения[2]. Осуществить передачу пар данных через сиамские сети, чтобы сеть отображала их в низкоразмерных характеристиках пространства, как n-мерный массив, а затем обучить сеть делать такое сопоставление, чтобы данные точек из разных классов были как можно дальше, в то время как данные точек из одного и того же класса находились как можно ближе. В итоге разработчики научат сеть извлекать наиболее значимые функции из данных и сжимать их в массив.

Последним шагом станет обучение нейронной сети производить аутентификацию пользователя путем сравнения двух изображений (изображение зарегистрированного лица и изображение, передаваемое в реальном времени) [3].

В данной статье представлен перечень и краткое описание основных инструментов, которые понадобятся начинающим исследователям в области биометрической аутентификации для реализации такой системы на основе трехмерного изображения лица.

Список литературы

1. Siam Neural Network and its applications Pramoda / by Patro, Krishna Kumar and G. Suresh Kumar, Department of Mathematics, K.L.University, Vaddeswaram, Guntur ,Andhra Pradesh, India, , November 2017.
2. Face recognition using siamese networks / by Prasad Ramesh, February 25, 2019
3. Как работает Face ID [Электронный ресурс] - https://kod.ru/kak-rabotaiet-faceid-v-iphone-x

---

Сысенко Ю.П.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ОТ DDOS АТАК НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ
Научный руководитель – старший преподаватель И.О. Капецкий

Среди множества видов сетевых атак наибольшее распространение получила атака типа DDoS. По данным статистики, данный вид угрозы занимает одно из лидирующих мест ежегодно. Причинами

является простота реализации, исчерпывающие сведения о механизме исполнения и малые требования к вычислительным ресурсам злоумышленника.

Атака типа "отказ в обслуживании" (DoS)– это атака, направленная на доведение вычислительной системы до отказа, что делает ее недоступной для предполагаемых пользователей. Синхронизированная DoS-атака на одну цель из разных мест называется DDoS-атакой.

Современные технологии безопасности разработали механизмы для защиты от большинства форм DoS-атак, но из-за уникальных характеристик DDoS, он по-прежнему рассматривается как повышенная угроза и вызывает большую озабоченность у организаций.

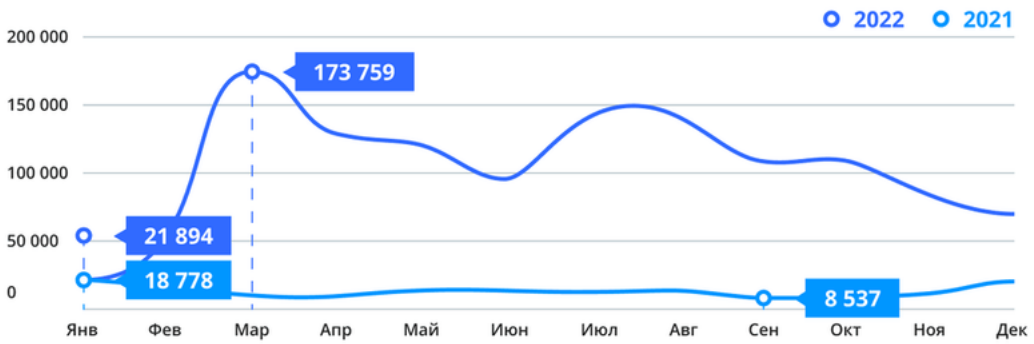


Рисунок 1 - Распределение DDoS-атак по месяцам — данные из аналитического отчета DDoS-Guard за 2022 год

Меры противодействия DDoS-атакам можно разделить на пассивные и активные, а также на превентивные и реакционные. Ниже приведён краткий перечень основных методов:

- Уменьшение зон, доступных для атаки;
- Маршрутизаторы и брандмауэры;
- Системы обнаружения вторжений (IDS);
- Фильтрация трафика.

Фильтрация трафика — это метод, используемый для обеспечения сетевой безопасности путем разделения сетевого трафика на основе многих типов критериев. Фильтры трафика используются в качестве устройств защиты от DDoS, которые обеспечивают фильтрацию входящего трафика, ограничение скорости, обратный поиск адреса и мониторинг сетевого трафика.

Нейронные сети — это разновидность алгоритма машинного обучения, вдохновленного структурой и функциями человеческого мозга. Они состоят из слоев взаимосвязанных узлов или "нейронов", которые выполняют математические операции над входными данными для получения выходных прогнозов. Они особенно хорошо подходят для задач, связанных с распознаванием образов или классификацией, где они могут научиться распознавать тонкие особенности в данных, которые могут быть трудны для обнаружения человеком.

Каждый пакет данных, перемещающийся по сети, имеет целый ряд характеристик. Из-за множественного набора характеристик и порой незаметными их различиями, будет целесообразно построение фильтра с применением нейросети, так как при правильном выборе эталонов и тщательной настройке ее параметров должна наблюдаться высокая скорость и эффективность разделения пакетов на вредоносные и легитимные.

В качестве обучающих данных можно использовать любую общедоступную базу собранного трафика, где явно будут указаны сетевые характеристики пакетов и метка о их вредоносности или легитимности. Например, база CSE-CIC-IDS2018 [1] Канадского института кибербезопасности собиралась из трафика, захваченного IDS системами, который обрабатывался программой

CICFlowMeter [2] того же института. Каждая запись в указанной базе характеризуется более чем 80 параметрами, такими как используемый протокол, продолжительность потока передачи, число пакетов в потоке, его размер и т. д. Примеры записи сетевых характеристик представлены в таблице.

Таблица

Характеристики сетевого трафика

Dst.Port	**Flow.Duration**	**Tot.Fwd.Pkts**	**Tot.Bwd.Pkts**	**TotLen.Fwd.Pkts**	**TotLen.Bwd.Pkts**	**…**	**Label**
80	20623	3	4	299	935		DDOS attack-HOIC
21	3	1	1	0	0		DoS attacks-SlowHTTPTest
58925	1141	5	2	935	274		Normal

После анализа указанной базы, для дальнейшего построения нейросетевой модели фильтрации, можно провести оптимизацию входных данных, убрав малозначимые для данной задачи, а также необходимо выбрать подходящий тип нейросети. Изменение параметров или же используемого типа нейросети будет происходить, если результат первичного обучения будет выдавать недостаточно точные прогнозы. Однако даже высокая точность прогнозов после первичного обучения не будет гарантией эффективности данного метода, так как необходимо провести дополнительные испытания в реальных условиях, моделируя и собирая легитимный и вредоносный трафик и проводя дополнительный этап обучения.

Список литературы

1. Набор данных сетевого трафика // UNB [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: https://www.unb.ca/cic/datasets/ids-2018.html

2. CICFlowMeter // UNB [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: https://www.unb.ca/cic/research/applications.html#CICFlowMeter

3. Гамаюнов Д. Ю. Обнаружение компьютерных атак на основе анализа поведения сетевых объектов: дисс. … канд. физико-математических наук / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 2007.

Частухин В.Ю., Слепенчук Р.А.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АТАК НА BLOCKCHAIN-СИСТЕМЫ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – доцент А.Е. Боршевников

Современные системы на основе blockchain (далее – блокчейн) повсеместно используются по всему земному шару не только для получения прибыли. Технологические платформы на основе этой разработки применяются в платежных и банковских системах, позволяют реализовать управление данными и протоколы голосования, играют важную роль в торговле активами и подтверждении прав доступа. Все это стало объектом внимания для злоумышленников и хакеров, ежедневно подвергающих различные системы блокчейна атакам. В рамках данной работы рассмотрены актуальные атаки на системы на основе блокчейна.

Для проведения исследования стоит разобраться в криптографических методах, которые используются для защиты и работы протоколов блокчейна. Блокчейн – децентрализованная база данных и распределенный реестр, который предназначен для хранения последовательности блоков. В системах на основе блокчейна используются такие криптографические примитивы как:

- криптографические хеш-функции.
- электронная подпись пользователя.
- дерево Меркла.
- цепочка блоков хеш-сумм.
- алгоритмы консенсуса узлов [1].

Хеш-функции обязаны быть защищены от коллизий, обеспечивать необратимость всех цепочек. Хеш-значения следующих блоков ссылаются на хеш из предыдущих блоков, что образует одно хеш-значение или же двоичное дерево с хешами – Дерево Меркла.

Цифровые подписи базируются на основе цифровых подписей с открытым ключом. Самым популярным стандартом на данный момент является ECDSA – стандарт цифровой подписи, основанный на эллиптических кривых.

Для закрепления блока в цепочке пользователи пытаются решить вычислительно сложную задачу по нахождению хеш-значения определенной длины. В блокчейне всегда выбирает самая длинная цепочка, что означает что пользователи всегда пытаются прийти к консенсусу [2].

Несмотря на большое количество использующихся криптографических примитивов, блокчейн имеет свои недостатки, которыми пользуются злоумышленники. Среди наиболее распространенных и известных атак на блокчейн выделяют следующие:

1. Атака 51% - злоумышленники используют данную атаку, если обладают 51% от общего числа вычислительных мощностей, задействованных для работы блокчейна. Таким образом хакерам открывается доступ к контролю алгоритмов консенсуса, что ведет к перехвату основной цепочки пользователей и отмене множества транзакций сети блокчейна.
2. Double-spending – атака, исходящая из атаки 51%, позволяющая хакеру создать несколько блоков с использованием в них одних и тех же данных. Обладая значительными вычислительными мощностями, злоумышленник выстраивает собственную цепочку блоков, раздваивая основную последовательность и обгоняя валидную цепь пользователей, тем самым подтверждает алгоритм консенсуса и делает свою последовательность основной.
3. Атака Сибиллы – атака, к которой уязвимы практически все существующие на данный момент протоколы голосования и хранения данных на основе сети блокчейна. В ходе данной атаки злоумышленник создает или перехватывает контроль множества аккаунтов сети. Следующим шагом является отказ от принятия и передачи блоков в последовательность блокчейна и блокирование легитимных пользователей. Угроза данной атаки заключается в изменении порядка идущих транзакций и отмена новых, что приводит к двойной трате времени и расходов участников атакуемой сети. На данный момент эффективного механизма защиты от атаки Сибиллы не существует, а существующие блокчейн-площадки обходятся алгоритмами консенсуса, делающими атаку нецелесообразной, даже если злоумышленнику удается успешно ее выполнить.
4. DDOS – атака типа «отказ в обслуживании», когда хакеры осуществляют пересылку огромного числа запросов в блокчейн и на сервера, обслуживающие базу данных пользователей сети.
5. Квантовые вычисления – способность квантовых компьютеров превзойти все существующие на данный момент вычислительные мощности и с помощью квантовых алгоритмов взломать шифрование, хеширование и цифровые подписи сети блокчейна [3].

Современные блокчейн-площадки защищены при помощи эффективных методов безопасности,

но в то же время подвержены угрозам со стороны баз данных и пользователей, которыми может воспользоваться хакеры. С учетом недавнего перехода большого числа блокчейн-платформ на новые алгоритмы консенсуса, возникают уязвимости в безопасности, связанные с DDOS-атаками и взломом алгоритмов шифрования. В связи с этим необходимо провести более глубокое исследование видов атак и способов защиты современных блокчейн-систем.

Список литературы

1. Варновский Н. П. Блокчейн как криптографический примитив // International Journal of Open Information Technologies. - 2020. - ISSN: 2307-8162 vol. 8, no. 12. - С. 28-31.

2. Маринкин Д. Н. Проблемы информационной безопасности криптографии пользователя современного блокчейна // Проблемы правоохранительной деятельности. - 2019. - №3. - С. 39-41.

3. Что угрожает блокчейн-сетям: рассматриваем атаки и способы защиты // habr.com URL: https://habr.com/ru/company/bitfury/blog/346656/ (дата обращения: 30.03.2023).

Частухин В.Ю., Слепенчук Р.А.

ПРОТОКОЛ ГОЛОСОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ BLOCKCHAIN И NFT

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – доцент ДИБ А.Е. Боршевников

В современном мире для голосования используются системы смешанного бумажного и электронного голосования и подсчета голосов избирателей. Данные структуры имеют множество недостатков и ограничений, которые могут привести к получению различных данных пользователей или даже подмене всех результатов голосования. Однако с развитием технологий в среде информационных систем появились Blockchain (далее – блокчейн) и NFT. В рамках данной работы рассмотрим вариацию протокола голосования на основе блокчейна с использованием невзаимозаменяемых токенов [1].

Описание протокола выглядит следующим образом:

1. Центральный избирательный комитет (далее – ЦИК) отправляет в блокчейн параметры и сгенерированный открытый ключ.

1.1. ЦИК подписывает транзакцию, описанную на шаге 1, идентификатор ЦИКа, открытый ключ и хеш предыдущего блок.

1.2. Майнеры формируют блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и хеш-значение из этого набора данных. Нулевой блок состоит из заголовка этого блока, вектора инициализации и значения хэш-функции вектора инициализации.

2. Блокчейн генерирует открытый и закрытый ключи и отправляет открытый ключ избирателям и ЦИК.

2.1. Блокчейн отправляет избирателю анонимные подписанные транзакции вместе с его идентификатором, открытым ключом и хеш-значением из предыдущего блока.

2.2. Майнеры формируют новый блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и хеш-значение из этого набора данных. Набор транзакций состоит из транзакций, — избиратели отправляют свои открытые ключи в блокчейн; блокчейн отправляет свой публичный ключ в ЦИК.

3. Избиратель A с помощью процедуры анонимизации добавляет собственный набор метаданных и зашифрованное случайное число, распределенное пользователю от ЦИК в блок blockchain.

3.1. Голосующий отправляет в блокчейн анонимную подписанную транзакцию, описанную в шаге 3, вместе с открытым ключом и хеш-значением из предыдущего блока.

3.2. Майнеры формируют новый блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и хеш-значение из этого набора данных. Многие транзакции включают транзакции избирателей, которые отправляют анонимизированное и зашифрованное случайное число и открытый ключ в блокчейн.

4. ЦИК создает пул смарт-контрактов, которые отправляются T.

4.1. ЦИК отправляет T подписанную транзакцию, описанную на шаге 4 вместе с идентификатором ЦИК, открытым ключом ЦИК и хеш от $Block_{x-1}$.

4.2. Майнеры формируют новый блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и хеш-значение из этого набора транзакций. Набор транзакций включает транзакцию, описанную в шаге 4.

5. A отправляет T анонимизированный секретный ключ A, случайное число A и подтверждение принятия смарт-контракта в виде своего случайного числа из сформированного пула, используя доказательство нулевого знания.

5.1. A отправляет T анонимизированные подписанные транзакцию, описанную в шаге 5, вместе с открытым ключом A и хеш от $Block_{v-1}$.

5.2. Майнеры формируют $BLOCK_v$, в который входит заголовок блока v, множество транзакций и хеш от этого множества транзакций. В datum5 входят транзакции, в которых избиратели i отправляют T анонимизированные секретный ключ i, случайное число i и подтверждение принятие смарт-контракта, используя доказательство нулевого знания.

6. Блокчейн отправляет в ЦИК зашифрованный список случайных чисел, выбранных избирателями.

7. Избиратель отправляет в блокчейн анонимный зашифрованный бюллетень со своим голосом и случайным числом.

7.1. Голосующий отправляет анонимную подписанную транзакцию, описанную в шаге 7, в блокчейн вместе с открытым ключом и хеш-значением из предыдущего блока.

7.2. Майнеры формируют новый блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и хеш-значение из этого набора данных. Многие транзакции включают транзакции, в которых избиратели отправляют анонимный зашифрованный бюллетень и случайное число в блокчейн.

8. T принимает смарт-контракты пользователей и формирует список результатов бюллетеней, открытых ключей и зашифрованных случайных чисел избирателей

8.1. Блокчейн генерирует подписанную транзакцию, описанную в шаге 8, открытый ключ и хеш-значение из предыдущего блока.

8.2. Майнеры формируют новый блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и значение хэш-функции от этого набора транзакций. Набор транзакций включает транзакции, описанные в шаге 8.

9. T отправляет ЦИК зашифрованные подсчеты бюллетеней и случайно распределенные числа избирателей.

10. ЦИК проверяет данные результатов бюллетеней при помощи отправленных смарт-контрактов, добавленных в блокчейн метаданных пользователей и случайных чисел.

10.1. ЦИК отправляет подписанные транзакции, описанные в шаге 10, в блокчейн вместе с идентификатором ЦИК, открытым ключом ЦИК и хэш-значением из предыдущего блока.

10.2. Майнеры формируют новый блок, который включает в себя заголовок блока, набор транзакций и хеш-значение из этого набора транзакций. Набор транзакций включает транзакцию, описанную на шаге 10.

Исследование, которое было проведено в рамках данной статьи, позволило расширить разнообразие используемых средств, необходимых для создания идеального протокола электронного голосования. В данной работе описана разработка усовершенствованного протокола голосования на основе блокчейна, его дополнение известными технологиями, такими как смарт-контракты и NFT, что позволило обеспечить возможность проверки участия избранных участников через токены, чего нет в основном протоколе электронного голосования.

Список литературы

1. Killer V. N., A version of the voting protocol based on blockchain technology / V. N. Killer, A. E. Borshevnikov, K. S. Soldatov // IOP Conference Series Materials Science and Engineering IOP Publishing. - 2021 - Online ISSN: 1757-899X – С. 1-6.

Шарунов А.А.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ SIEM-СИСТЕМ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Актуальность угроз целостности и конфиденциальности информации требует внимательного отношения к задаче ее защиты. Еще не так давно было достаточно установить межсетевой экран, использовать средства криптографической защиты, антивирус и настроить разграничение доступа на инфраструктуре для организации защиты. Сейчас этого недостаточно, любая информация имеющая ценность может подвергнуться угрозе хищения [1].

Целью данной работы является разработка программного модуля обработки инцидентов информационной безопасности на основе данных системы управления информацией с дальнейшим внедрением в инфраструктуру ДВФУ.

Перед тем как говорить о Security information and event management systems или SIEM-системах дадим определения события информационной безопасности и инцидента информационной безопасности согласно национальному стандарту РФ [2].

Событие информационной безопасности - идентифицированное появление определенного состояния системы, сервиса или сети, указывающего на возможное нарушение политики ИБ или отказ защитных мер, или возникновение неизвестной ранее ситуации, которая может иметь отношение к безопасности.

У инцидента информационной безопасности есть два определения:

1. Появление одного или нескольких нежелательных или неожиданных событий ИБ, с которыми связана значительная вероятность компрометации бизнес-операций и создания угрозы ИБ [3].
2. Любое непредвиденное или нежелательное событие, которое может нарушить деятельность или информационную безопасность [4].

SIEM (Security information and event management, «управление событиями и информацией о

безопасности») — класс программных продуктов, предназначенных для сбора и анализа информации о событиях безопасности. SIEM — представляет собой объединение классов SEM (Security Event Management, «управление событиями безопасности») и SIM (Security Information Management, «управление информацией о безопасности»). Решения SEM используются для мониторинга событий безопасности в реальном времени. Системы SIM, в свою очередь, отвечают за долгосрочное хранение и анализ данных с различных объектов инфраструктуры организации. SIEM-решения выполняют обе эти задачи с целью оперативного реагирования на инциденты ИБ [5].

Основная задача SIEM – обработка событий информационной безопасности (журналов и логов систем) с целью детектирования инцидентов информационной безопасности.

Основной целью обеспечения информационной безопасности организации является снижение рисков, действующих в отношении информационных ресурсов, и в конечном счете предотвращение или минимизация ущерба от возможных инцидентов ИБ.

Управление компьютерными инцидентами - процесс или набор процессов, на вход которых подаются данные, полученные в результате сбора и протоколирования данных о событиях, затрагивающих информационные системы, а на выходе этих процессов получают информацию о причинах произошедшего инцидента, об ущербе, нанесенном компании, и мерах, которые необходимо принять для того, чтобы инцидент не повторился [6]. Таким образом, управление компьютерными инцидентами направлено на совершенствование подсистемы обеспечения безопасности компании.

Автоматизированные процессы помогают аналитикам управления инцидентами безопасности оптимально реагировать на инциденты. В случае атаки компании должны действовать быстро, чтобы свести к минимуму ущерб и сдержать угрозы.

Разработанный модуль производит обогащение полученных от SIEM системы событий для последующего формирования инцидентов информационной безопасности и загрузки их в систему управления инцидентами.

Исходные события берутся из ELK Stack. На ELK заведены различные источники событий информационной безопасности – сырые, необработанные события [7]. Система их обрабатывает, нормализует и записывает в свою базу данных. Такое событие имеет только ip-адрес источника, источник данного события и правило, по которому это событие было создано.

Обогащение событий производится информацией, полученной от профильных систем. Обогащённое событие имеет полную информацию для дальнейшего расследования инцидента информационной безопасности, исключая необходимость сотрудника заниматься ручным сбором сведений об устройствах, участвующих в инциденте. Тем самым сосредоточив внимание специалиста на выявление причин и последствий данного инцидента, принятия мер по устранению угрозы и вынесения решения о возможности легитимного события в системе.

После успешного обогащения сформированный инцидент отправляется в систему значимого документооборота, для отслеживания эффективности реагирования на инциденты информационной безопасности. А также заноситься в собственную базу данных для дальнейшей их обработки.

После запуска модуля, специалисту по защите информации не нужно вручную создавать инциденты информационной безопасности, система самостоятельно создает инцидент и оповещает сотрудника о необходимости реагирования. Вследствие чего увеличивается время, для анализа первопричины возникновения инцидента и устранения уязвимости.

Список литературы

1. Актуальность проблемы обеспечения безопасности информации [Электронный ресурс] — URL: https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/osnovnye-aspekty-

informatsionnoj-bezopasnosti/osnovnye-printsipy-obespecheniya-informatsionnoj-bezopasnosti/problemy-obespecheniya-bezopasnosti-informatsii/

2. СТ РК 34.007-2002 «Информационная технология. Телекоммуникационные сети. Основные термины и определения» — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200006924

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 18044-2007 [Электронный ресурс] — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200068822

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006 [Электронный ресурс] — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200048398

5. SIEM (Security information and event management) [Электронный ресурс] — URL: https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/siem/

6. Руководство по реагированию на инциденты в сфере информационных и компьютерных технологий [Электронный ресурс] — URL: https://fstec.ru/en/component/attachments/download/3042?ysclid=lc9ukgyuxt321856277

7. Free and Open Search: The Creators of Elasticsearch [Электронный ресурс] — URL: https://www.elastic.co/

Раздел VI
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Агапова Д.Р., Накао П.Д.

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫКРОЕК ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

В настоящее время все процессы автоматизируются и ручной труд уходит на второй план, но это почти не коснулось создания выкроек. Люди до сих пор вручную создают их, что зачастую занимает огромное количество времени. В процессе работы над созданием желаемого изделия возникают следующие проблемы:

- поиск шаблонов выкроек в интернете, книгах или журналах;
- наглядное представление внешнего вида готового изделия;
- изменение шаблона выкройки по своим или чужим параметрам, учитывая припуски;
- изображение (размещение) выкройки планируемого изделия на миллиметровой бумаге или кальке.

Следовательно, чтобы разработать систему, решающую эти проблемы, необходимо сначала разработать проект программной системы, главная цель которого – упрощение процесса создания выкроек и их наглядного представления.

В процессе создания проекта программной системы были определены функциональные и нефункциональные требования, решающие следующие задачи:

- удобный и быстрый поиск выкроек;
- наглядное представление внешнего вида готового изделия на 3D-модели;
- автоматическое построение выкройки по индивидуальным параметрам;
- сохранение выкройки в реальном размере для дальнейшей печати на листах формата А4.

Система должна иметь два типа пользователей с разным доступом к функционалу – пользователь и администратор (пользователь – человек, использующий систему для выполнения функции автоматического построения выкройки, а администратор – специалист в области информационных технологий, который может поддерживать систему в исправном состоянии, а также актуализировать данные в базе данных).

На основании задач, которые должна решать система, а также, чтобы учесть возможности каждого типа пользователя, были разработаны диаграммы потоков данных (рисунок 1-2), которые представляют собой описание системы и ее взаимодействие с внешней средой и являются основным средством моделирования функциональных требований проектируемой системы [1].

Также были выделены информационные объекты проектируемой системы, по которым была разработана логическая модель представления данных (рисунок 3). Она описывает понятия предметной области, их взаимосвязь, а также ограничения на данные, налагаемые предметной областью [2].

Пример проекта интерфейса системы представлен на рисунке 4.

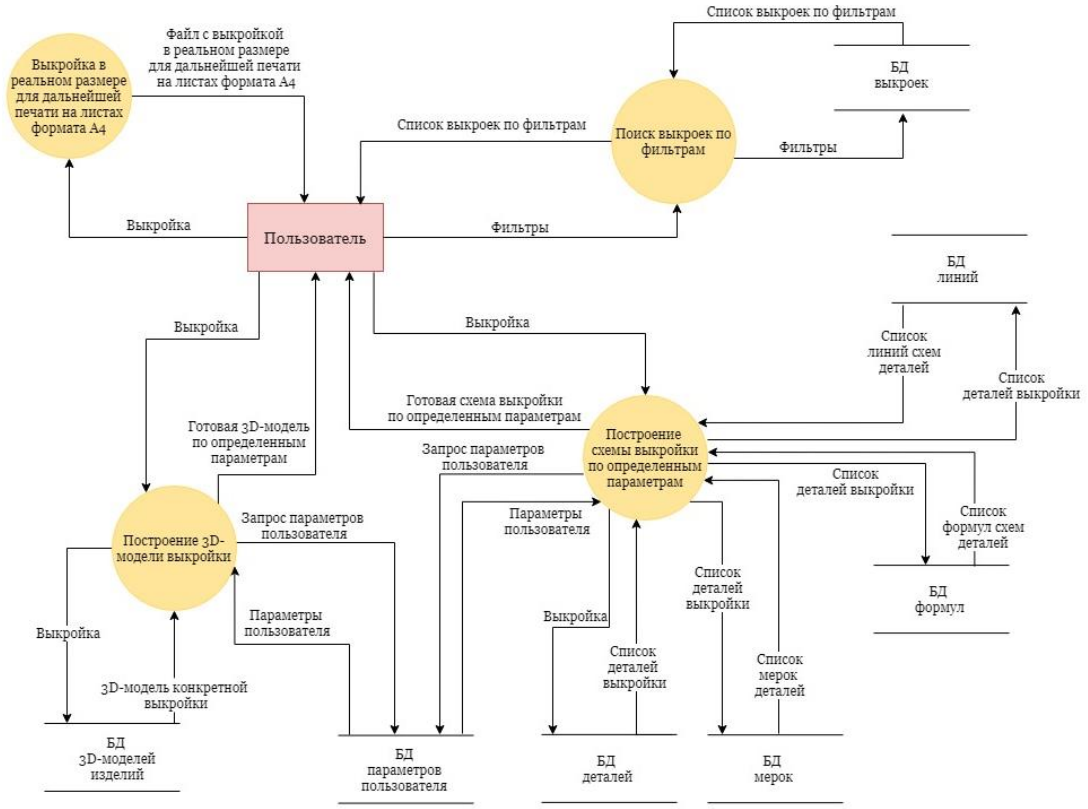


Рисунок 1 – Диаграмма поток данных системы «Программная система для автоматизации создания выкроек. Подсистема пользователя»

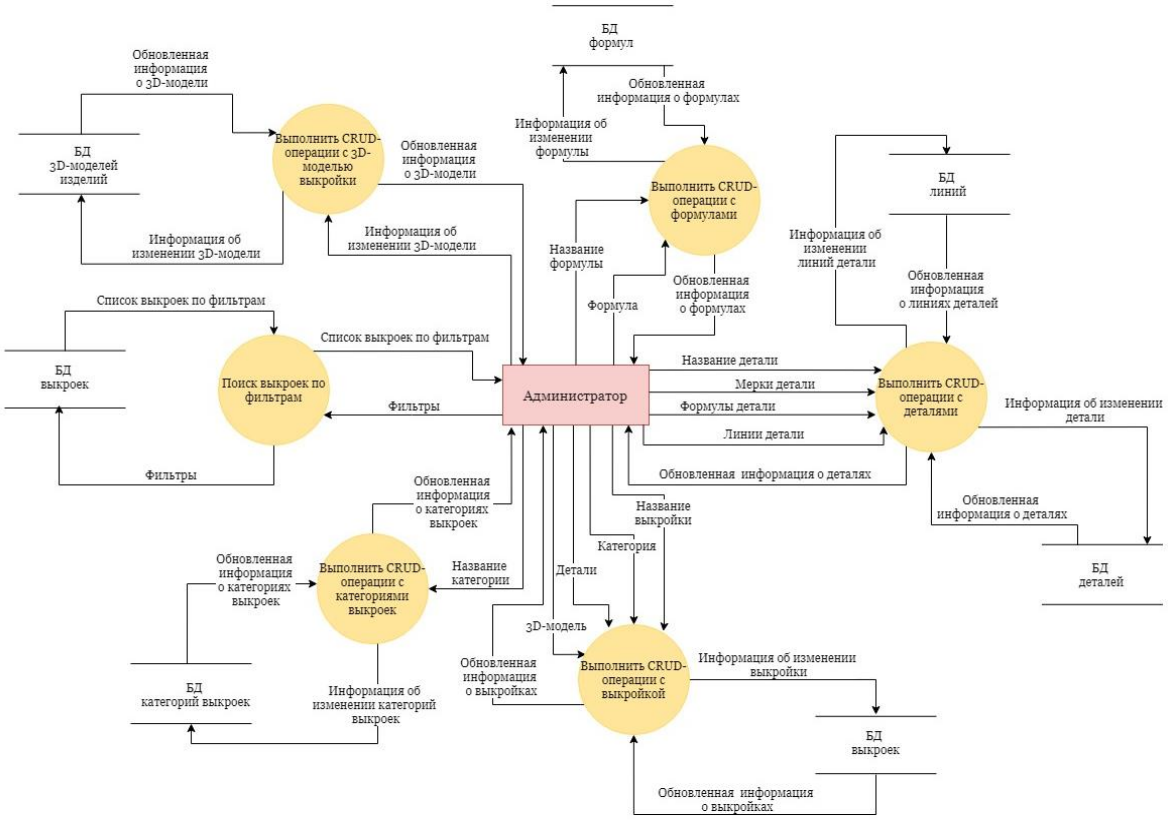


Рисунок 2 – Диаграмма поток данных системы «Программная система для автоматизации создания выкроек. Подсистема администратора»

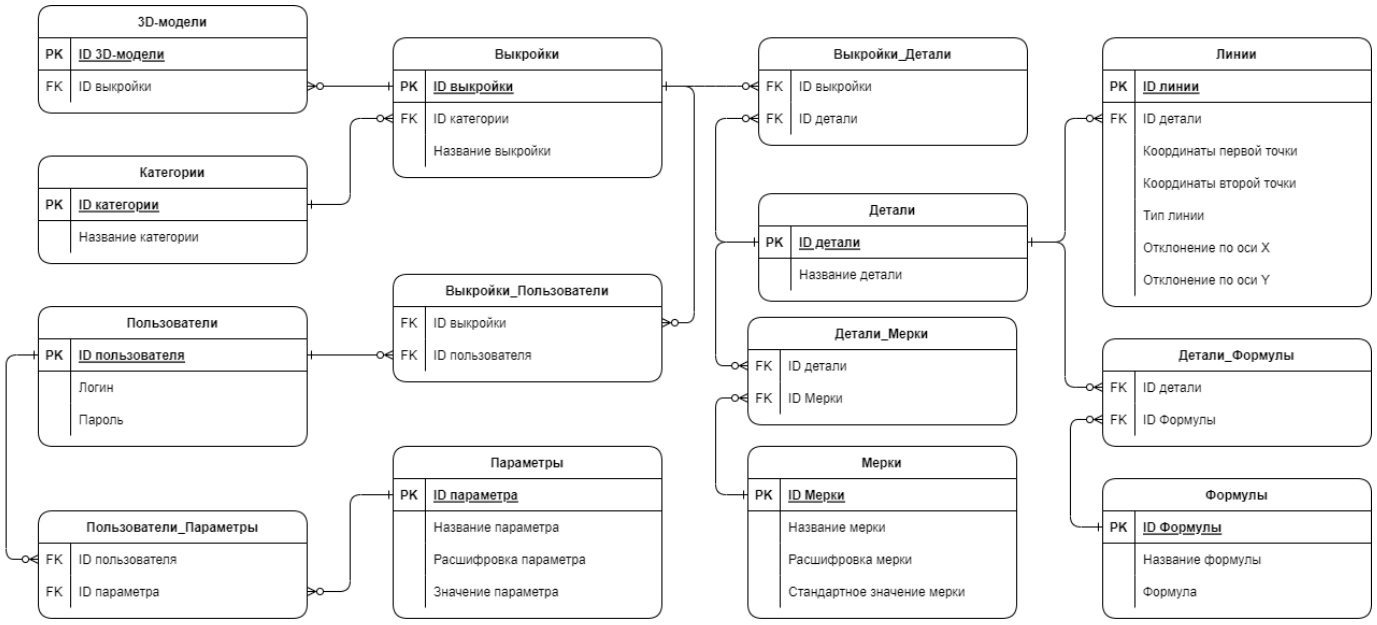


Рисунок 3 – Логическая модель БД

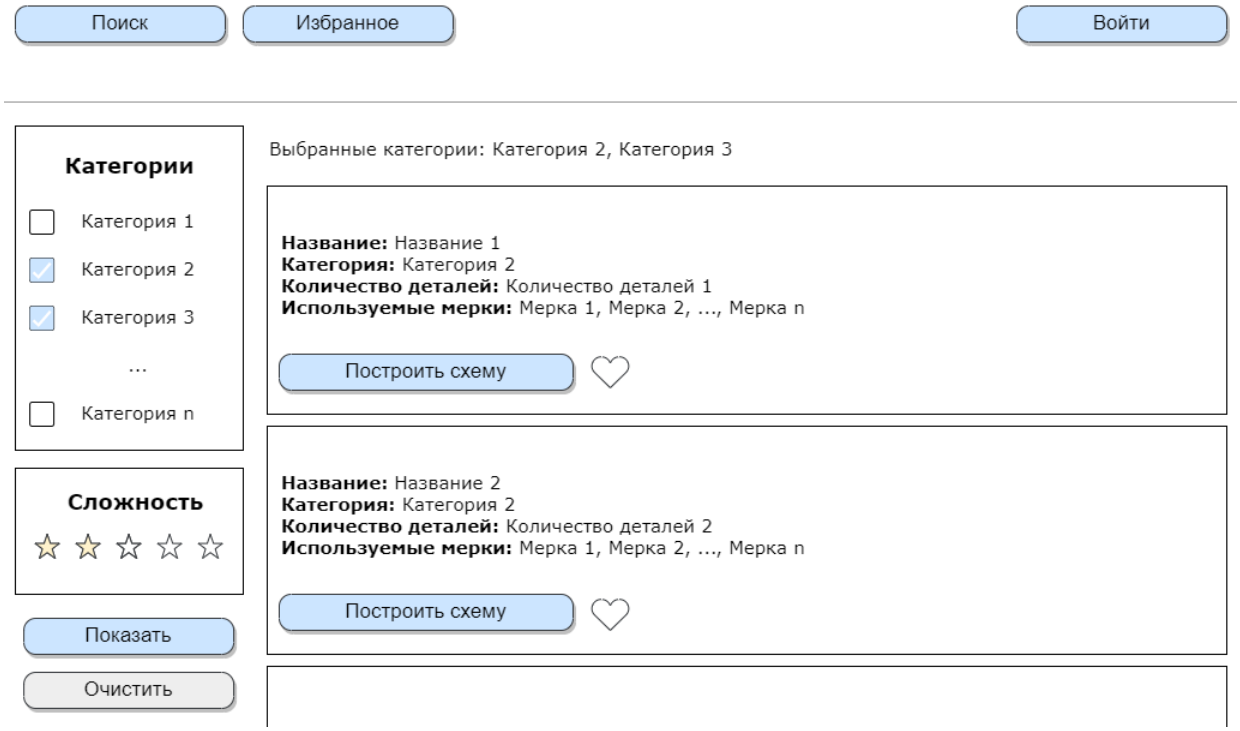


Рисунок 4 – Пример интерфейса страницы поиска

Список литературы

1. Консалтинг при автоматизации предприятий: подходы, методы, средства [Электронный ресурс] URL: https://dit.isuct.ru/IVT/BOOKS/IS/IS8/defs23.htm (дата обращения: 23.03.2023)

2. Системы баз данных. Уровни моделирования ИС [Электронный ресурс] URL: https://dl.nure.ua/pluginfile.php/550/mod_resource/content/2/content/content4.html (дата обращения: 30.03.2023)

Аликаева А. А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ОБУЧЕНИЯ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель –д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

В настоящее время, в условиях быстрого развития информационных технологий, все большую популярность набирают системы для совместного обучения. Это связано с тем, что современные обучающиеся хотят иметь больше контроля над своим образованием, а также расширить свои знания и навыки за счет общения с другими людьми. Системы для совместного обучения предоставляют пользователям возможность сотрудничать, общаться и обмениваться знаниями в онлайн-среде.

Согласно исследованию, опубликованному в журнале "International Journal of Emerging Technologies in Learning" [1], разработка системы для совместного обучения является актуальной и важной задачей в современном образовании. Существующие системы для совместного обучения имеют недостатки, такие как ограниченный функционал и неудобный интерфейс, или система вовсе обладает излишним для совместного обучения функционалом, что затрудняет использование их учащимися и преподавателями.

Другим примером изучения проблем существующих систем является исследование, проведенное М. Хоффманом и коллегами в университете Гарварда [2]. Исследование показало, что существующие системы для совместного обучения часто не учитывают индивидуальные потребности и уровень знаний учащихся, что может привести к неэффективному использованию системы и неудовлетворительным результатам обучения.

В этой связи возникает необходимость в разработке новой системы, которая будет объединять преимущества существующих систем, и при этом быть более удобной и эффективной для пользователей. Важными требованиями к такой системе являются: удобный и интуитивно понятный интерфейс для всех пользователей, возможность поиска сообщников, возможность создания и управления группами для совместного обучения, возможность создания целей и заданий, а также легкий доступ к прикладным материалам.

В целом, разработка системы для совместного обучения является важной задачей в современном образовании, которая требует учета потребностей всех участников образовательного процесса, включая учащихся, преподавателей и администрацию. В итоге разработка системы для совместного обучения станет важным шагом в развитии образования и обеспечит более эффективный и удобный образовательный процесс для всех участников.

Список литературы

1. Akaslan, D. Designing for teacher-learner collaboration in personalised learning pathways: A case study. International Journal of Emerging Technologies in Learning – 2020. – С. 15(17), 193-208

2. Хоффман, М., Ригби, М., Росс, Д., Саэнкс, М. Развитие образовательных технологий и ресурсов: роль технологической платформы HarvardX в университете Гарварда. Развитие образовательных технологий и ресурсов: роль технологической платформы HarvardX в университете Гарварда – 2014. – С. 1-16

Болычев Л.И.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЗОРА ПОЧВ, ГРУНТОВ, РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Человеку, чья профессиональная деятельность тесно связана с сельским хозяйством, строительством или почвоведением, часто нужно знать свойства, распределение по местности и характеристики почв, грунтов, растений и животных. Земледельцам и агрономам нужно знать, какие растения на каких почвах растут лучше, а какие – хуже; пастухам и скотоводам интересно, на каких почвах растут подходящие кормовые растения для выпаса скота и что это за растения; строителям – какие грунты характерны для тех или иных почв и какие здания следует строить на данных грунтах, чтобы они были долговечными и устойчивыми; а почвоведам, в свою очередь, нужно изучать почвы и их свойства.

Ошибки в определении почв и их свойств могут существенно снизить эффективность профессиональной деятельности и привести к росту расходов, ведь на неподходящих почвах растения будут расти плохо, животные – получать мало питательных веществ из-за несоответствующих кормов, здания – быстро приходить в негодность, ветшать и даже обрушаться. Поэтому актуальна разработка системы, основанной на знаниях, способной помочь человеку в осуществлении профессиональной деятельности, связанной с почвами.

Целью работы является создание программной системы, основанной на знаниях, способной построить 3D-модель местности с указанием распределения почв на ней, содержащей сведения о почвах, их свойствах, характерных для них грунтах и кормовых растениях, а также способной советовать, какие растения на этих почвах стоит выращивать, каких животных выпасать и какие здания строить. Также эта система должна быть лишена недостатков, характерных для уже существующих систем такого рода, таких как низкая наглядность, сложность освоения, отсутствие мобильного приложения, слишком дорогая цена или слишком низкая производительность. Были рассмотрены некоторые популярные системы для обзора почв, грунтов, растений и животных [1][2][3][4][5]. Результаты обзора существующий решений показаны в таблице.

Таблица

Результаты анализа существующих решений

Критерии	Наглядность	Простота освоения	Информация о почвах	Информация о растениях	Информация о выпасе скота	Рельеф местности и грунты	Наличие веб-приложения	Наличие мобильного приложения	Время работы	Монетизация и приемлемый уровень цен
ГИС Панорама	+	+	-	-	-	-	-	-	?	-
Topocad	+	-	-	-	-	+	-	-	?	-
Soil-db	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+
My Garden	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Cropwise Operations	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-

Все рассмотренные системы обладают теми или иными недостатками. Поэтому было решено создать более совершенную программную систему.

К текущему моменту был осуществлён обзор существующих решений, проведён анализ предметной области и построена её модель, создан проект программной системы. В дальнейшем планируется также реализовать и протестировать прототип программной системы.

Список литературы

1. ГИС ПАНОРАМА, Трёхмерное моделирование [Электронный источник] – URL: https://gisinfo.ru/3d/3d_model.htm.
2. Геодезическая программа Topocad [Электронный источник] – URL: https://topocad.ru.
3. Фридланд и Урусевская с соавторами. Картографический блок. Почвенная карта России [Электронный источник] – URL: https://soil-db.ru/map?lat=55.51&lng=37.9348&zoom=12.
4. Планировщик сада "My garden" [Электронный источник] – URL: https://www.gardena.com/ru/ukhod-za-sadom/planirovshchik-sada/.
5. Cropwise Operations. Цифровое решение для агропроизводства [Электронный источник] – URL: https://ru.cropwise.com/operations#tab5.

Бураков А.А., Калиниченко П.А.

СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОПРОСНИКОВ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор С.В. Смагин

Широкое распространение устройств с доступом в интернет позволяет современной медицине все чаще обращаться к телемониторингу. Системы телемониторинга позволяют пациентам получать медицинскую помощь удаленно, что особенно актуально в условиях пандемии. Для этого необходимо лишь обеспечить канал, связывающий врача и пациента.

Состояние здоровья пациента может быть оценено при анализе объективных показателей и с учетом субъективных оценок со стороны больного и наблюдающего за ним. Одним из инструментов для анализа состояния пациента является анкетирование. Процесс может быть разделен на несколько основных этапов: подготовка опросников и критериев их оценки, сбор данных с использованием методики «вопрос-ответ», обработка данных, анализ результатов и принятие на их основе врачебных решений. Опросники делятся на общие и специализированные. Обычно используется градация ответов от точного «да» до «нет» [1].

На сегодняшний день разработан ряд программных систем, позволяющих создать канал, связывающий врача и пациента. Такие системы можно разбить на категории [2]:

- системы самонаблюдения (например, «Электронная медицинская карта»);
- системы связи пациентов и врачей (например, «СберЗдоровье»);
- системы управления данными в мед. учреждениях (например, «Remsmed»).

Анализ приведенных категорий показал, что ни одно из рассмотренных программных средств не имеет возможности создания медицинских опросников. В Департаменте программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ с 2019 года ведется разработка программного средства

«Паркинсофт» для удаленного мониторинга пациентов на основе опросников. В первой версии были разработаны следующие подсистемы:

- «Журнал врача», позволяющий работникам медицинских учреждений назначать опросники пациентам и просматривать заполненные опросники по дням.
- «Мобильное приложение», с помощью которого пациенты и наблюдатели за их состоянием (например, родственники) заполняют ежедневные и еженедельные опросники.

Разработка программных систем предполагает этап сопровождения, позволяющий поддерживать актуальность, эффективность и безопасность программного обеспечения, исправлять ошибки и дефекты, а также добавлять и модифицировать функции. В результате сопровождения проекта «Паркинсофт» в 2022 году была выпущена вторая версия программного средства, в рамках которой были устранены недостатки прошлой версии, проведена полная интеграция подсистем и добавлен простой конструктор опросников.

Для решения задачи удаленного анкетирования необходимо реализовать расширенный конструктор индивидуальных опросников для пациентов, учитывающий государственные стандарты [3]. Таким образом, продолжение сопровождения проекта «Паркинсофт» является актуальным. В результате анализа медицинские шкалы (опросники) были разбиты на четыре группы: шкалы, подходящие для самодиагностики, основанные на балльной системе, или шкалы, приводимые к этому типу (67 шкал); шкалы, предназначенные для оценки боли (3 шкалы); узкоспециализированные шкалы для специалистов и врачей (13 шкал); шкалы, тесты и опросники с качественной оценкой (6 шкал).

Опросники, подходящие для самодиагностики и основанные на балльной системе, преобладают над другими группами и поддаются автоматизации. В сопровождаемом программном средстве необходимо реализовать конструктор опросников данной группы. Периодичность опросника должна быть задана создателем и выражаться в днях. Каждому вопросу из опросника сопоставляются варианты ответа. Пациенту предлагается выбрать вариант ответа, который наиболее точно описывает его состояние. Вариант ответа представляет из себя предложение на естественном языке вместе с оценкой состояния здоровья: плохое, нормальное, хорошее. На основе полученных от пациента и наблюдателя ответов можно оценить изменение состояния здоровья пациента как в рамках одного признака за определенный временной отрезок, так и основываясь на общей оценке результатов опроса, полученной с помощью оценок, введенных для вариантов ответа.

Для представления результатов опросов в графическом виде предполагается использовать линейные графики (диаграммы). Линейные графики позволяют отследить изменение данных за заданный период времени, поэтому они подойдут для представления тенденций изменения данных с равными временными интервалами. Ось абсцисс содержит заданный пользователем диапазон дней, в котором наблюдалось состояние пациента, ось ординат содержит зафиксированное с помощью опросников состояние пациента по какому-либо отслеживаемому параметру. Оценка состояния здоровья пациента дает возможность автоматически подбирать рекомендации, способные улучшить самочувствие и не требующие контроля врача (например, советы по ведению здорового образа жизни).

Добавление конструктора опросников является главной задачей сопровождения в третьей версии программного средства, но не единственной. Другие задачи представляют собой: рефакторинг кода, обновление программных компонентов до актуальных версий для обеспечения эффективности и безопасности. Также обновляется и уточняется модель предметной области, ввиду изменения функциональности программного средства.

Любое лечение предполагает план, по которому предусмотрен прием лекарств, выполнение упражнений и т.д. Формализация стандартов, которых придерживаются врачи при формировании

плана лечения, позволит врачам назначать лечение и корректировать его с помощью программного средства. В таком случае пациенты и наблюдатели смогут следить за соблюдением плана лечения с помощью мобильного приложения. Данное направление развития проекта «Паркинсофт» требует детального анализа и подтверждения актуальности, и, следовательно, может быть реализовано в рамках четвертой версии.

В настоящее время командой программистов Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ в рамках сопровождения программного средства «Паркинсофт» третьей версии ведется разработка подсистем хранения и анализа данных, формирования опросников и визуализации результатов.

Список литературы

1. Гальман В.Я., Дохов М.А. Проблема развития домашнего мониторинга состояния здоровья [Эл. ресурс] // Журнал медицина. – 2020.

2. Материалы Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по естественным наукам, Владивосток, 15-30 апреля 2022 г. [Электронный ресурс] / Отв. ред. В.Ю. Ермаченко. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2022. – URL:https://www.dvfu.ru/institute_of_high_ technologies_and_advanced_materials/Conferences/ – Загл. с экрана. ISSN 2500-3518.

3. Рубрикатор клинических рекомендаций Минздрава [Эл. ресурс]. — URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/

Васильев О.И.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В БИБЛИОТЕКАХ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ, ФАКТОР КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ И ИХ ВЫБОР

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» предусмотрено дополнительное образование, оно включает в себя такие подвиды, как дополнительное образование детей и взрослых и дополнительное профессиональное образование, которое в том числе можно получить в различных библиотеках [1].

Дополнительное образование - вид образования, который направлен на всестороннее удовлетворение образовательных потребностей человека в интеллектуальном, духовно-нравственном, физическом и (или) профессиональном совершенствовании и не сопровождается повышением уровня образования [1].

Дополнительное образование предоставляют как библиотеки образовательных организаций, так и общедоступные библиотеки. Одним из важных направлений в этой деятельности является повышения кадрового обеспечения библиотек, однако библиотеки могут, исходя из своих ресурсов, осуществлять дополнительное образование и в других сферах, которые непосредственно не пересекаются с библиотечной.

В рамках осуществления дополнительного образования библиотекам требуется разное программное обеспечение, что в свою очередь требует должной оценки качества программных продуктов, приобретаемых библиотекой.

В «Стратегии развития библиотечного дела в Российской Федерации на период до 2030 года» отмечается недостаточный уровень информатизации библиотек в то же время говорится о развитии информационных технологий и соответственно необходимости цифровой трансформации деятельности библиотек [2].

Основным программным обеспечением для библиотеки является автоматизированная библиотечно-информационная система (АБИС) в ней созданы различные базы данных в том числе и база данных пользователей библиотеки, соответственно логично, чтобы с ней была интегрирована используемая система электронного обучения и другое программное обеспечение, используемое при осуществлении дополнительного образования [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Здесь же следует отметить, что при реализации дополнительного образования важно, чтобы были доступны электронные библиотеки, чтобы обучающиеся имели возможность изучать и обращаться к учебным материалам удалённо.

Здесь уже затрагивается не только область оценки качества программных систем и их сопровождения, но и область принятия решений так как от ответственного лица за выбор программного обеспечения нужно нетривиальное решение, которое могло бы учесть настоящую деятельность библиотеки и спрогнозировать развитие этой деятельности в будущем.

С учётом вышесказанного можно прийти к выводу, что осуществление дополнительного образования на базе конкретной библиотеки это непростая задача уже на уровне обеспечения библиотеки должными программными решениями, что в свою очередь требует дополнительных исследований, которые бы содействовали в разрешении поставленных задач и возникающих вопросов.

Исходя из этого ведётся работа по исследованию методов и программных средств оценки качества программных систем, а именно автоматизированных библиотечно-информационных систем.

Список литературы

1. Об образовании в Российской Федерации : Федеральный закон № 273-ФЗ : [принят Гос. думой 21 декабря 2012 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2012 года]

2. «Об утверждении Стратегии развития библиотечного дела на период до 2030 года» : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 марта 2021 года

3. Васильев, О. И. Возможность применения электронных обучающих систем в деятельности вузовских библиотек / О. И. Васильев // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2020. – С. 60-61.

4. Васильев, О.И. Значение оценки качества программных систем в дистанционном обучении / О.И. Васильев // Всероссийская научно-практическая конференция. Методологические ориентиры субъектов опережающего образования. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. – С. 207-213.

5. Васильев, О. И. Оценка качества программных систем как фактор успешного импортозамещения в сфере информатизации образования / О. И. Васильев // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2022. – С. 91-92.

6. Васильев, О. И. Перспективные направления информатизации образования в вузовских библиотеках / О. И. Васильев // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. – С. 96 – 97.

7. Васильев, О. И. Проблема совершенствования электронных библиотек университетов / О. И. Васильев // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2019. – С. 152 – 153.

8. Vasyliev, O.I. Automated library – information systems as a higher school information element / O.I. Vasyliev, L.A. Fedko // The 8TH ANNUAL STUDENT SCIENTIFIC CONFERENCE IN ENGLISH. CONFERENCE PROCEEDINGS. – Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2021. С. 110-111.

9. Vasyliev, O.I. Quality assessment of software systems as a factor of successful integration of software in the sphere of informatization of education / O.I. Vasyliev // The 9TH ANNUAL STUDENT SCIENTIFIC CONFERENCE IN ENGLISH. CONFERENCE PROCEEDINGS. – Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2022. С. 95-96.

Васильева Н. Б., Пугач П. А.

ОБУЧЕНИЕ ПРИКЛАДНОГО ИИ «BAUM AI» ГРАФОВЫМ МОДЕЛЯМ ГОРОДОВ

Департамент математики ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор А. Л. Абрамов

В современной жизни искусственный интеллект используется в различных областях. Для предсказания значений показателей в будущие периоды алгоритмы искусственного интеллекта нашли широкое применение в бизнес-аналитике и активно используются для прогнозирования таких показателей, как выручка от продаж, расходы компании, кредитоспособность контрагента и др. Также активно используются алгоритмы искусственного интеллекта для кластеризации объектов по некоторому признаку. Например, в медицине производят определение по индексу массы тела групп людей для последующего выделения групп риска с высокой вероятностью возникновения диабета. Следует отметить, что в настоящее время область применения искусственного интеллекта существенно имплементирована в жизнь каждого человека. В смартфонах встроены прикладные программы распознавания и обработки изображений и видео, воспроизведения речи, различные голосовые помощники и сервисы.

Область знаний искусственный интеллект впервые была представлена летом 1956 г. в Дартмуте [1, с. 4-6]. Иоселиани А.Д., Цхададзе Н.В. определяют искусственный интеллект, как систему, предназначенную для решения интеллектуальных задач [2, с. 169]. Несомненно, широкое распространение систем искусственного интеллекта обуславливается его эффективным применением для решения практических задач.

В феврале 2022 года для разработки и внедрения импортозамещающих доверенных технологий в структурном подразделение МГТУ им. Н.Э – НОЦ «Технологии искусственного интеллекта» начали разработку и внедрение прикладного искусственного интеллекта «Baum AI». На данный момент в систему успешно встроены модули для обработки информации профильными аналитиками без необходимости прямого кодирования [3, 4].

В Дальневосточном федеральном университете (ДВФУ) для прогнозирования и планирования социально-экономического развития на Дальнем Востоке предполагается использование российской прикладной системы искусственного интеллекта на базе ПИШ ДВФУ [5]. Для реализации поставленных целей в 2022 г. сотрудники передовой инженерной школы (ПИШ) ДВФУ прошли

стажировку в научно-образовательном центре «Технологии искусственного интеллекта» МГТУ им. Н. Э. Баумана.

В период стажировки производилась разработка функций на языке Python для обучения прикладного ИИ «BAUM AI» графовым моделям городов, к каждой функции разработаны описательные характеристики, написан соответствующий визуализирующий компонент – GUI, реализованный в двух частях:

GUI_dict – присутствует в заключительной части тела только тех функций, которые предоставляют пользователю в результате работы функции визуальный материал в виде таблиц, рисунков или графиков.

GUI.py – отдельный блок кода, который обеспечивает корректное отображение функции в виде блока на платформе.

Графовой моделью города в данной работе является граф транспортной сети города, в котором ребрами являются автомобильные транспортные пути в городе, а вершинами – пересечение автомобильных транспортных путей.

На рисунке представлено визуальное отображение пользователю пайплана «Графовые модели городов» на платформе «BAUM AI».

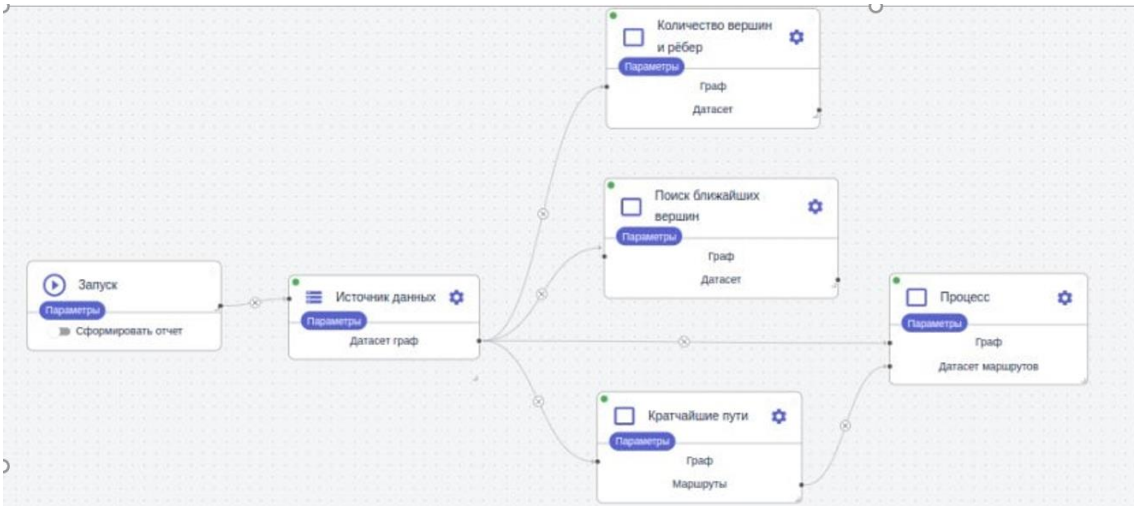


Рисунок – Визуальное отображение пользователю пайплана «Графовые модели городов» на платформе «BAUM AI»

Для обучение прикладного ИИ «Baum AI» графовым моделям городов проведена разработка следующих функции (блоков пайплайна «Графовые модели городов»):

1. Функция «Загрузка графа» (блок «Источник данных»).
2. Функция «Расчет количества вершин и ребер графа» (блок «Количество вершин и ребер»).
3. Функция «Вычисление k кратчайших путей в графе» (блок «Кратчайшие пути»).
4. Функция «Визуализация k кратчайших путей» (блок «Процесс» - без уникального названия).
5. Функция «Вычисление id вершин, ближайших к указанным координатам, и расстояний между ними» (блок «Поиск ближайших вершин»).

Разработанный пайплайн «Графовые модели городов» в системе прикладного ИИ является первым выполненным этапом работы по обучению прикладного ИИ планированию и прогнозированию социально-экономического развития ДВ региона.

На данный момент продолжается разработка пайплайнов прикладного ИИ для дальнейшего инструментального использования при решении задачи интеллектуальной обработки данных и моделирования в экономике и социальных системах.

Список литературы

1. Kelleher, John D. Deep learning / John D. Kelleher: The MIT Press. — 2019. p. 280.
2. Иоселиани А.Д., Цхададзе Н.В. Искусственный интеллект: социально-философское осмысление // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2019. №2.— С. 169-202.
3. Официальный сайт BAUM AI.— URL: https://bauminform.ru/ai/platform (дата обращения: 27.03.2023).
4. Официальный сайт НОЦ "Технологии искусственного интеллекта".— URL: https://ai.emtc.ru/ (дата обращения: 27.03.2023).
5. Официальный сайт ДВФУ. — URL: https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/dvfu_sozdast_tsifrovuyu_fabriku_budushchego_dlya_prognozirovaniya_potrebnostey_dalnego_vostoka/ (дата обращения: 27.03.2023).

Вишняков А.Е., Павлов А.С., Ягольницкий С.Ю.

СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МАШИННОМУ ОБУЧЕНИЮ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор С.В. Смагин

В современном мире машинное обучение становится все более востребованным. Технологические компании, такие как Google, Amazon, Microsoft активно используют его для оптимизации своих продуктов и услуг. Уже 35% компаний сообщают об использовании искусственного интеллекта (ИИ) в своем бизнесе, а еще 42% говорят, что изучают ИИ [1].

Неотъемлемая часть машинного обучения – это проведение экспериментов. Каждый эксперимент состоит из следующих этапов [2]:

1. Выборка данных – формирование начального набора данных для моделирования, который должен быть большим, чтобы содержать достаточную информацию для извлечения, и ограниченным, чтобы его можно было эффективно использовать.
2. Исследование – выявление ассоциаций, визуальный и интерактивный статистический анализ, понимание данных путем обнаружения ожидаемых и непредвиденных связей между переменными, а также отклонений с помощью визуализации данных.
3. Модификация – применение методов выбора, создания и преобразования переменных при подготовке к моделированию: кластерный анализ, преобразование, фильтрация и замещение информации.
4. Моделирование – применение методов построения и обработки моделей: искусственные нейронные сети, деревья принятия решений, регрессионный анализ.
5. Оценка – сравнение результатов моделирования между собой и с планируемыми показателями, анализ надежности и полезности созданных моделей.

Эксперименты в машинном обучении имеют важное значение для проверки и оценки эффективности алгоритмов на различных наборах данных. Они помогают определить, какой алгоритм лучше всего подходит для решения конкретной задачи и для конкретного набора данных, а также какие параметры следует выбрать для достижения наилучших результатов. Кроме того, эксперименты позволяют анализировать ошибки и улучшать модели машинного обучения, что в свою очередь повышает эффективность и точность предсказаний.

Проведение экспериментов также является важным аспектом обучения, позволяющим специалистам оттачивать свои навыки, т.к. обучение специалистов по машинному обучению является сложным и трудоемким процессом, требующим большого количества времени и ресурсов [3]. Необходимо снизить порог входа для работы с алгоритмами машинного обучения, при этом, позволить пользователям проводить эксперименты и получать результаты без необходимости писать код. Идея создания системы, которая бы помогала как начинающим, так и опытным специалистам быстро сравнивать различные алгоритмы по эффективности и анализировать результаты, кажется актуальной и важной.

Сравним несколько программных средств для проведения экспериментов по машинному обучению и определим, какой из них является наиболее подходящим для обучения в университете. Проанализируем их основные характеристики, преимущества и недостатки. Application Programming Interface (API) – стандартизированный интерфейс для общения между различными программными компонентами. Гиперпараметры – параметры алгоритмов, значения которых устанавливаются перед запуском процесса обучения. В этом смысле они отличаются от обычных параметров, вычисляемых в процессе обучения.

Таблица

Сравнение категорий программных средств

Функции	Google Colab	FloydHub	Amazon SageMaker	Weights & Biase	Comet.ml
Бесплатность	+	–	–	–	–
API	–	–	–	+	+
Необходимость писать код	+	+	+	+	+
Автоматическая визуализация результатов	–	–	+	+	+
Возможность сравнения алгоритмов	–	–	–	–	–
Автоматический подбор гиперпараметров	–	–	–	–	–

Исходя из проведенной таблицы можно сделать вывод, что ни один из инструментов для проведения экспериментов по машинному обучению не обладает всеми необходимыми функциями для автоматического подбора оптимальных алгоритмов машинного обучения. Поэтому необходимо разработать инструмент со следующими характеристиками:

- автоматический подбор наилучшего алгоритма машинного обучения,
- удобный интерфейс для работы с данными и настройки параметров,
- гибкость и возможность интеграции с другими инструментами.

Для разработки такого средства можно использовать уже существующие открытые библиотеки и фреймворки, такие как TensorFlow, PyTorch и Scikit-learn, которые обладают мощными средствами для машинного обучения. Кроме того, важно учитывать опыт других разработчиков и специалистов в области машинного обучения, чтобы создать наиболее эффективный и удобный инструмент [4, 5]. Необходимо также отметить, что большинство существующих инструментов для машинного обучения являются сложными и требуют высокой квалификации в области программирования и статистики. Это может создавать трудности для студентов и начинающих исследователей, которые еще не владеют достаточным опытом и знаниями для работы с такими инструментами.

В настоящее время командой программистов Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ ведется разработка программного средства для проведения экспериментов по машинному обучению, которое позволит в автоматическом режиме подбирать наилучший алгоритм и будет подходить для обучения в университете.

Список литературы

1. IBM Global AI Adoption Index. 2022. [Эл. ресурс]. URL: https://www.ibm.com/downloads/cas/GVAGA3JP
2. Что такое SEMMA: стандарт Data Mining и 5 фаз этого процесса. URL: https://clck.ru/eYBd3
3. Why Do Developers Find It Hard To Learn Machine Learning? [Эл. ресурс]. // Журнал Forbes. URL: https://www.forbes.com/sites/janakirammsv/2018/01/01/why-do-developers-find-it-hard-to-learn-machine-learning/?sh=600f83b6bf6d
4. Python Libraries, Development Frameworks and Algorithms for ML Applications / Dr. V. Hanuman Kumar // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)
5. PyTorch – Ваш новый фреймворк глубокого обучения [Эл. ресурс]. URL: https://habr.com/ru/post/334380/

Воробьева К.В., Кузнецов Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М.Гриняк

Своевременное обнаружение пожаров позволяет предотвратить огромные экономические потери и человеческие жертвы. Для раннего и своевременного обнаружения пожаров осуществляется мониторинг территории с использованием наземных, авиационных и спутниковых систем.

Проблема извлечения и использования информации из окружающей среды в условиях пожара является ключевой из-за сложности физико-химических процессов горения и процессов теплообмена.

В настоящее время отсутствует методика синтеза систем мониторинга пожарной безопасности, которая объединяла бы как вопросы анализа и классификации данных из видеопотоков, так и вопросы управления сбором данных о пожарной безопасности на выделенной территории.

За последние десятилетия в России и за рубежом было разработано несколько аналогичных систем мониторинга пожарной безопасности, однако их общим недостатком является неполная автоматизация и наличие большого количества настраиваемых параметров.

В настоящее время подход к реализации систем обнаружения пожаров в помещениях основан на возможности контроля среды, за которой происходит надзор. Пожарные извещатели для помещений в основе своей представляют некоторый датчик, который фиксирует изменение наблюдаемой среды.

Данные пожарные извещатели реагируют на спектр характеристик, таких как:

1. температура в помещении;
2. наличие и концентрация дыма в помещении;
3. ультрафиолетовые свойства пламени;
4. химические свойства среды.

Данные решения можно охарактеризовать тем, что возможность контролировать среду, за которой происходит наблюдение, позволяет отслеживать различные параметры и фиксировать, когда происходит либо превышение пороговых значений среды, либо превышение пороговой скорости изменения значений среды [1, 2].

На открытых пространствах, в силу хаотичности среды, за которой идет наблюдение, данные решения неприменимы в силу их зависимости от случайных факторов. С развитием технологий анализа изображений начали появляться решения, которые используют видеонаблюдение и анализ изображений. Данные решения не зависят от свойств среды наблюдения и основываются на визуальном обнаружении признаков возгорания.

Компьютерное зрение – это технология, которая, в зависимости от поставленной задачи, может находить, отслеживать, классифицировать и идентифицировать объекты, извлекая и анализируя полученную информацию из изображений или видео [3].

Метод с использованием дымовых видеоизвещателей противопожарной защиты представляет собой альтернативный вариант мониторинга пожарной обстановки в зданиях и на открытой местности вне зависимости от времени суток и атмосферных явлений. При использовании данного метода задействуются стационарные камеры видеонаблюдения, выполняющие функции средств обнаружения пожара и отдельных особенностей его развития, а также других сопутствующих характерных признаков.

Одним из путей решения проблемы по принятию решений по минимизации потерь, связанных с неблагоприятной пожарной обстановкой, является применение методов искусственного интеллекта.

Применение нейросетей в качестве алгоритмов распознавания образов широко известно, в том числе и для решения задач идентификации пожарной обстановки [4].

Существующие решения на основе видеонаблюдения всё ещё используют возможность частичного контроля параметров окружающей среды, поэтому неприменимы на открытом пространстве.[5]

С применением методов машинного обучения представляется возможным создание решения, способного визуально обнаружить на видеопотоке признаки возгорания.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. - Введ. 2012- 11-22. - М. : Стандартинформ, 2014. - 142с.: ил

2. Пожарные извещатели классифицируются [Электронный ресурс] // Моя библиотека. - mybiblioteka.su, 2015-2022. // Режим доступа: http://mybiblioteka.su/3- 52519.html.

3. Как работает компьютерное зрение// [Электронный ресурс]. // Режим доступа: https://blog.algorithmia.com/introduction-to-computer-vision/.

4. Денисов, А.Н. Информационно–функциональный подход к управлению силами и средствами на пожаре [Электронный ресурс] / А.Н. Денисов, М.В. Шевцов // Технологии техносферной безопасности: интернет–журнал. – 2010. – No3(31). // Режим доступа: http://agps–2006.narod.ru/ttb/2010–3/01–03–10.ttb.pdf .

5. FireTIR® – Thermography system for early fire detection [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://visiontir.com/products/firetir-thermography-system-for-early-fire-detection/.

Бронников А.А., Воронова Д.В., Лысенко А.А.

ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ГОЛОСОВЫХ ПОМОЩНИКОВ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Н. Остроухова

Голосовые интерфейсы позволяют взаимодействовать с устройствами голосовых команд (VCD – Voice Command Device) при помощи голоса [6]. Подобно чат-ботам, голосовые интерфейсы пользователя (VUI -Voice User Interface) проникают буквально во все сферы современной жизни. Они являются основным способом взаимодействия с виртуальными голосовыми помощниками на смартфонах и интеллектуальных колонках [2,4].

Технология разработки голосовых помощников включает в себя использование всех существующих голосовых технологий, представленных на рисунке 1 [1]:

- Распознавание речи (Automatic Speech Recognition, ASR)
- Выделение смысловых объектов (Natural Language Understanding, NLU)
- Исполнение команд
- Синтез речи (Text-to-Speech, TTS).

Выход каждого модуля служит входной точкой для следующего компонента системы.

Рисунок 1 – Голосовые технологии для разработки голосовых помощников

Перечисленными этапами разработки занимаются преимущественно программисты, поэтому создается впечатление, что только они и создают голосовой помощник. При этом не учитывается, что в работе участвуют также другие специалисты, например, сценаристы, лингвисты, продюсеры, асессоры, тестировщики и т. д.

В настоящее время для разработки голосового помощника можно использовать специализированные библиотеки, конструкторы, платформы.

Библиотеки для создания виртуальных голосовых помощников содержат набор компонентов для быстрого прототипирования диалоговых систем, которые позволяют автоматизировать процессы коммуникации в ретейле, маркетинге, банковской сфере и других областях.

Существует множество различных фреймворков и библиотек для разработки виртуальных помощников, среди которых можно выделить таких представителей как RASA, DeepPavlov, JAICF и другие. Среди основных достоинств подобных систем стоит отметить, что они позволяют описывать логику сценариев, не ограничиваясь архитектурой диалоговых платформ, а также позволяют изменять код системы в зависимости от целей проекта. Их возможности ограничиваются только возможностями языка программирования, для которого они создаются.

Современные конструкторы (Dialogflow, Aimylogic, Chatfuel) для создания чат-ботов, в частности голосовых помощников, просты и удобны в использовании, но дороги и неэффективны для разработки продвинутого многофункционального голосового помощника [3].

Платформы (24 7ai, Nuance, BotPress, Наносемантика, АТС) — это компании, которые позволяют встроить чат-бот или голосовой помощник в существующую бизнес-среду. Голосовые помощники, которые предоставляются платформами, используют в своей работе искусственный интеллект и могут включать в себя различные дополнительные возможности, например, проверку биометрических данных клиентов или сбор подробной аналитики. В то же время использование платформ требует серьезных денежных вложений, также нельзя работать с платформами самостоятельно, можно только заказать готовое решение.

Быстрое развитие голосового взаимодействия в повседневной жизни дает понять, что данная технология скоро станет альтернативой графическим пользовательским интерфейсам, поэтому создателям интегрированных систем для разработки не следует забывать, что в процессе создания голосовых помощников участвуют не только программисты, но и другие специалисты [5]. Поэтому системы должны быть понятны и удобны в использовании пользователям, не обладающим техническими знаниями.

Список литературы

1. Качалова М.В, Поляков Е.В., Поляков С.В., Мажанов М.С. Разработка интеллектуального голосового ассистента и исследование обучающей способности алгоритмов распознавания естественного языка // Системный администратор. — 2017. — №12. — URL: http://samag.ru/archive/article/3570 (дата обращения: 15.03.2023).

2. Навыки Алисы: документация // Yandex: [официальный сайт]. — URL: https://yandex.ru/dev/dialogs/alice/doc/index.html (дата обращения: 15.12.2022).

3. Платформы создания виртуальных ассистентов (мировой рынок) // Tadviser [интернет-портал]. — 2020. — URL: https://www.tadviser.ru/a/514592.

4. Платформа разработчика для Google Assistant. // Google Assistant [официальный сайт]. — URL: https://developers.google.com/assistant (дата обращения: 15.12.2022).

5. Средства разработки графических интерфейсов пользователя: учебное пособие / А. В. Бородин, А. В. Бородина. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. — 77 с.

6. Lee K.B., Grice R.A. The Design and Development of User Interfaces for Voice Application in Mobile Devices // *2006 IEEE International Professional Communication Conference.* — 2006. — P. 308-320.

Глазырин М.А.[1], Деревягин Д.Д.[2], Ри Ми Сун[3]

РАЗВИТИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

[1]Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
[2]Дальневосточный Федеральный Университет
[1]Научный руководитель — д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Одним из классов программных систем является системы, основанные на знаниях (СОЗ), отличительная особенность которых состоит в том, что знания, необходимые для выполнения профессиональной деятельность, отделены в этих системах от программ для решения прикладных задач. Система, база знаний которой пуста, называется оболочкой СОЗ. Разработка СОЗ предполагает создание оболочки. Сопровождение СОЗ предполагает сопровождение её базы знаний без изменения программ для решения задачи. Использование СОЗ дает преимущества в трудно-формализуемых предметных областях при решении задач диагностики, проектирования, планирования и управления, определения классов объектов по описаниям их свойств и т.д. При разработке СОЗ должны быть

получены ответы на следующие вопросы: как представить знания предметной области, как их использовать при решении задач, как сопровождать базу знаний. Чем сложнее предметная область, тем сложнее разработка СОЗ и сопровождение её базы знаний.

Существуют сложно-структурированные предметные области, имеющие сложную концептуальную схему, свойства которой не учитывают существующие языки для представления онтологий и методы создания онтологий. В сложно-структурированных предметных областях, особенно связанных с наукой, могут изменяться не только знания, но и онтологии, и, как следствие, множество классов прикладных задач [1].

Была разработана система для работы со сложно-структурированными предметными областями [2][3], в которой отсутствует следующий функционал: нет совместной работы над проектом, отсутствует логическое построение следующего уровня, нет сохранение изменений проекта.

Для совместной работы планируется разработка клиент-серверного подхода, где сама система будет работать на сервере, а пользователь будет работать с ней через запросы. Пользователей будет три типа: эксперт предметной области (ПО), администратор и пользователь. Данные роли необходимы для адекватной работы системы, например администратор следит за исправной работой системы, эксперт ПО может работать над всеми проектами своей области.

Построение новых уровней модели реализовано на основе алгоритма сверху-вниз [1]. Данный алгоритм позволяет пользователю самому задавать значения для параметров, определять конструкторы, объявлять новые параметры, при этом происходит проверка на полноту знаний и их непротиворечивость.

Сохранение модуля происходит в текстовый файл, в котором находится описание модуля на языке системы, а также вносятся изменения в файл конфигураций проекта, в котором описаны связи объектов проекта. Сохранение проекта происходит в директорию, хранящую в себе информацию о каждом модуле и файле конфигурации проекта.

Также была обнаружена не точная работа в обнаружении и выделение синтаксических и семантических ошибок при записи кода модели. Данная проблема решена за счёт исправления грамматики языка, с помощью которого записываются онтологии для сложно-структурированных ПО, а также была исправлена работа семантического и синтаксического модулей.

Список литературы

1. Артемьева, И.Л. Многоуровневые модели сложно-структурированных предметных областей и их использование при разработке систем, основанных на знаниях / И.Л. Артемьева, 2008.
2. Дегтярь, А.В. Среда разработки интеллектуальных систем на основе многоуровневых моделей / А.В. Дегтярь, 2022.
3. Солодовников, В.К. Оболочка среды разработки интеллектуальных систем на основе многоуровневых моделей / В.К. Солодовников, 2022.

Дубенский А. Ю.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор А.И. Сухомлинов

Развитие цифровых технологий меняет способы, которыми создаются, сохраняются и передаются знания. Вместо традиционных методов обучения, таких как книги и лекции, становятся все

более популярными онлайн-курсы, вебинары, видеоуроки и многие другие форматы. Очный формат также изменился: обучение стало более интерактивным, удобным и эффективным. Различные технологии повлияли на развитие образовательной среды. Одна из таких – это интернет вещей.

Интернет вещей (IoT) — это технология, позволяющая устройствам обмениваться данными и работать друг-с-другом без необходимости взаимодействия с человеком. В образовательной среде IoT может быть использован для создания более эффективных учебных процессов и улучшения общего качества образования. Например, IoT-устройства могут использоваться для сбора и анализа данных обучающихся, чтобы определить их потребности и создать индивидуальную образовательную программу. Другим примером использования технологии в образовании является создание «умных» классов, оснащенными новейшими технологиями и оборудованиями для повышения эффективности процесса обучения. Обычно в таких классах присутствуют «умные» доски, позволяющие учителю создавать интерактивные уроки, добавлять видео- и аудиофайлы, изображения и другие материалы, умные столы, дающие ученикам возможность работать над заданиями и проектами, используя технологию сенсорных экранов и датчиков движения, устройства для беспроводной передачи данных, а также компьютеры и ноутбуки для каждого ученика. Ещё классы оснащены специальными датчиками и устройствами, которые автоматически контролирую температуру, освещение и другие параметры класса, необходимые для более комфортных и продуктивных условий обучения.

Для примера реализации технологии будет приведена система мониторинга вовлечённости студентов в образовательный процесс, которая внедрена в некоторые вузы. Так в Финансовом университете за счёт 60 видеокамер, установленных в аудиториях учебных корпусов, фиксируются положение и наклон головы студента, направление его взгляда, положение тела, жестов и т. п. для дальнейшего анализа. Система оценки вовлечённости, анализирующая изображения, строится на основе машинного обучения: вначале некоторое количество фотографий студентов оценивается специалистами, которые выделяют вовлеченных и отвлекающихся студентов, а затем происходит обучение модели, после чего обученная модель классификации позволяет определять степень вовлечённости студентов уже на других видеоизображениях.

Но входе внедрения такой технологии возникают две проблемы - проблема безопасности и проблема финансов. Естественно утверждать, что для применения интернета вещей в образовании должна быть обеспечена максимальная безопасность персональной информации, учебных материалов и собираемых данных. А внедрение этой технологии потребует больших финансовых затрат из-за дорогостоящего оборудования, программных средств и последующего сопровождения процессов. Потому, для решения следующих проблем необходимо будет принять балансированный подход – начать внедрять постепенно, вводя небольшие пилотные проекты, которые помогут оценить эффективность и безопасность технологии, а также определить необходимый бюджет для масштабирования проекта. При этом придётся уделить внимание вопросу безопасности: нужно будет провести соответствующую оценку рисков и принять своевременные меры защиты данных. Также необходимо будет обеспечить подготовку преподавательского состава для эффективного использования технологии, включая проведение специальных тренингов и курсов обучения. Такой подход позволит максимально использовать преимущества IoT в образовании, минимизируя риски и финансовые затраты.

В заключении можно сказать, что IoT сможет предоставить учителям и учащимся множество новых возможностей для повышения эффективности учебного процесса и улучшения качества образования. Однако, как и с любой новой технологией, важно сначала провести тщательный анализ, определить, какие возможности наиболее подходят для конкретной среды обучения и какие

финансовые затраты придётся рассчитать, а также учесть вопросы безопасности и конфиденциальности данных.

Список литературы

1. Пак, А.В. Интернет вещей в сфере образования: сущность, потенциальное влияние и ожидания пользователей разных стран [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-v-sfere-obrazovaniya-suschnost-potentsialnoe-vliyanie-i-ozhidaniya-polzovateley-raznyh-stran

2. Владимир Соловьев, Дарья Куклина, Артем Славгородский. Мониторинг вовлеченности студентов в учебный процесс [Электронный источник] - URL: https://www.osp.ru/os/2018/2/13054177?ysclid=lgtx5wbsmp397026204

3. Faritha Banu J., Revathi R., Suganya M., Gladiss Merlin N. R. IoT based Cloud Integrated Smart Classroom for smart and a sustainable Campus [Электронный источник] – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920313351

4. How IoT Is Used in Education: IoT Applications in Education [Электронный источник] – URL: https://www.digiteum.com/iot-applications-education/

Дудко Д.О., Сазонтова М.Д.

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ СУДОВ НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ ТРАФИКА МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Гриняк

Несмотря на то, что в современном морском флоте имеется множество навигационных технологий, аварии, связанные с судовождением, продолжают происходить. Поэтому обеспечение навигационной безопасности движения является актуальной проблемой.

Анализ основных задач и подзадач, направленных на обеспечение безопасного движения судов в акватории, показал, что для их эффективного решения необходима система установления путей движения, представляющая собой набор ограничений, накладываемых определенной схемой движения судов в акватории.

Одним из путей решения этого вопроса является выделение в акваториях устоявшихся на практике паттернов движения на основе анализа ретроспективных данных о трафике морских акваторий.

В основу модельных представлений этой задачи может быть положена идея кластеризации параметров движения. Кластеризация позволяет разбить множество судов в акватории на кластеры, включающие суда, близкие друг к другу по своим характеристикам. Это дает возможность определять характерные значения курсов и скоростей на том или ином участке акватории.

Центральным элементом задачи кластеризации является определение метрики расстояния между объектами.

Пусть каждое судно характеризуется параметрами *LON, LAT, SPEED, COURSE* – соответственно долгота, широта, скорость и курс. Введём метрику расстояния D_{12} между объектами 1 и 2 следующим образом [2]:

$$D_{12}^2 = w_{lon}(LON_1 - LON_2)^2 + w_{lat}(LAT_1 - LAT_2)^2 + w_{speed}(SPEED_1 - SPEED_2)^2 + w_{course}(COURSE_1 - COURSE_2)^2,$$

где w_{lon}, w_{lat}, w_{speed}, w_{course} – весовые коэффициенты соответствующих параметров.

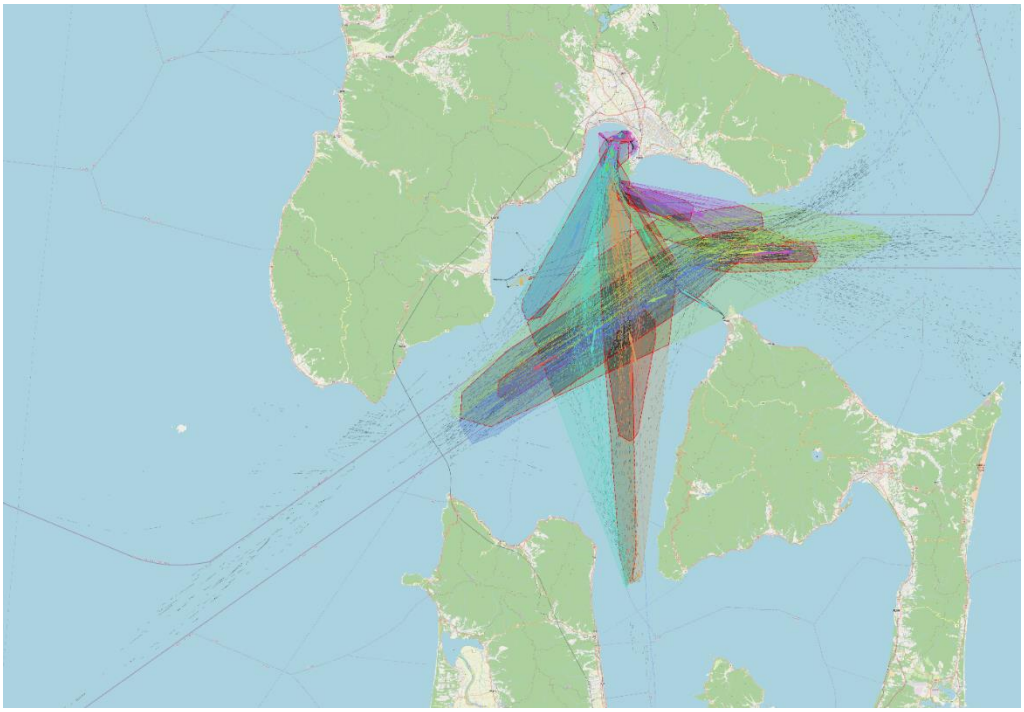


Рисунок 2 - Визуализация построенных полигонов и средних внутрикластерных значений направлений и скоростей

Наиболее перспективным алгоритмом кластеризации для имеющихся данных считается DBSCAN, который и используется в данной работе.

Преимущество DBSCAN заключается в том, что он способен обнаруживать плотные регионы в пространстве без задания числа кластеров наперед. Кроме того, DBSCAN способен идентифицировать выбросы, чтобы они не включались в кластеры.

Однако у алгоритма есть свои недостатки: DBSCAN может не находить кластеры с разной плотностью, и настройка параметров может быть сложной (особенно при работе с многомерными наборами данных).

Далее для полученных кластеров строятся полигоны (минимальные выпуклые оболочки) и вычисляются средние значения направления и скорости. На основе этих полигонов строится граф возможных маршрутов движения судна в акватории, вершинами графа являются области с подобными траекториями, а ребрами – возможные переходы между ними.

Для определения оптимального маршрута можно использовать алгоритм поиска A*, который позволяет получить наилучшее решение при минимальной вычислительной сложности.

A* пошагово просматривает все пути, ведущие от начальной вершины к конечной, пока не найдет минимальный путь. Как и все эвристические алгоритмы поиска, алгоритм сначала просматривает те маршруты и те ребра, которые кажутся ведущими к цели. Каждый раз при посещении узла подсчитывается его стоимость. Таким образом, алгоритм посещает все соседние узлы и высчитывает тот, у которого данный показатель минимален.

Формула стоимости выглядит следующим образом:

$$F(n) = G(n) + H(n),$$

где F(n) – функция, которая оценивает минимальную стоимость перехода от вершины к вершине, G(n) – стоимость пути от первоначальной вершины и до любой другой, H(n) –эвристический показатель стоимости пути от вершины «x» и до конечной вершины, за n принимается соседний узел.

Практическая значимость создания программной системы для планирования маршрутов состоит в том, что построение оптимального маршрута с учетом схемы движения и трафика в акватории позволит судоводителям избежать конфликтов, снизит риск аварий и уменьшит расходы на топливо и эксплуатацию судна.

Актуальность таких программных систем растет в свете перспективного развития беспилотного судоходства и в связи с решением проблемы противоправных действий судна путём выделения маршрутов, отклоняющихся от стандартных линий движения.

Список литературы

1. Лентарёв А.А. Основы теории управления движением судов. – Владивосток: Морской государственный университет, 2018. – 181 с.

2. Гриняк В.М., Девятисильный А.С., Иваненко Ю.С. Поддержка принятия решений при обеспечении безопасности движения судов на основе кластеризации траекторий // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала Макарова С.О. 2020. Т. 12. № 3. С. 436–449. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-436-449

3. Wang H., Li X., Li P., Veremey E., Sotnikova M. Application of real-coded genetic algorithm in ship weather routing // Journal of Navigation. 2018. Vol. 71. Is. 4. P. 989-1010

4. Игнатюк В.А., Ничипоренко С.С. Использование модели сети дорог с параметрами для прокладки кратчайшего пути для алгоритма Дейкстры // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, 2009. №3. С. 154-158.

Жеревчук Д.А., Джаухар М.Ф.К.

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ОСОБЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ MAXIMA

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент О. В. Дудко

Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН занимается исследованиями в различных областях, требующих знаний в математике и навыка решения математических задач. Большое количество задач отнимают много времени на решение, поэтому для упрощения вычислений используются компьютерные вычисления.

Для исследователя, работающего в области математического моделирования физико-технических процессов, возможности системы компьютерной алгебры являются одним из ключевых факторов при решении поставленных задач. В общем случае задачи могут быть решены путем аналитических вычислений, однако использование только такого подхода требует слишком много времени и часто является неприемлемым ввиду ограничений по времени на выполнение работы. Использование математических пакетов и систем компьютерного моделирования упрощает и ускоряет решение поставленных задач. Удачно подобранные и описанные функции и алгоритмы позволяют пользователю наиболее эффективно и быстро выполнять вычисления и решать задачи.

В настоящее время наиболее популярными и универсальными инструментами для работы с символьными математическими выражениями и численными методами являются системы компьютерной алгебры (СКА): Wolfram Mathematica, PTC MathCad, Maple, MAXIMA, Reduce, Octave, Sage и т.д. Несмотря на достаточно мощный инструментарий и универсальность таких систем, ни одна из них не может полностью удовлетворить все нужды исследователей.

Одним из научных направлений с недостаточным количеством программных инструментов для автоматизации вычислений является решение краевых задач механики и математической физики с использованием теории особых движущихся поверхностей [1, С.491-508]. Теория особых движущихся поверхностей является разделом дифференциальной геометрии [2], в котором геометрические образы изучаются методами математического анализа, в том числе методами дифференциального исчисления. Также проект предусматривает работу с такими разделами математики, как тензорная алгебра и тензорный анализ [3].

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1) анализ предметной области; обзор литературы на тему «Теория особых движущихся поверхностей»;

2) построение модели предметной области;

3) разработка проекта программного средства;

4) реализация и тестирование программного средства.

В целях обзора существующих программных средств для работы с особыми поверхностями были найдены и проанализированы программные средства, такие как «MAXIMA» [4], «Wolfram Mathematica» [5], «Octave» [6]. Для сравнения программных средств были сформированы следующие требования:

- бесплатность;
- кроссплатформенность (возможность установки под MS Windows и Linux);
- открытость исходного кода и возможность добавления нового функционала;
- наличие инструментов для работы с задачами тензорной алгебры;
- наличие функций для перехода между системами координат;
- возможность анализа и работы с графиками, имеющими точки разрыва.

В таблице представлен результат сравнительного анализа выбранных программных средств по сформированным требованиям.

Таблица

Сравнение программных средств

	MAXIMA	Wolfram Mathematica	Octave
Бесплатность	+	–	+
Кроссплатформенность	+	–	+
Открытость исходного кода и возможность добавления нового функционала	+	–	+
Наличие инструментов для работы с задачами тензорной алгебры	+	+	–
Наличие функций для перехода между системами координат	+	+	+/–
Возможность анализа и работы с графиками, имеющими точки разрыва	–	+	+

На основе проведенного анализа делаем вывод, что ни одна из рассмотренных систем не способна полностью удовлетворить всем требованиям. Следовательно, создание новой системы или модернизация одной из существующих является актуальной задачей.

Исходя из требований заказчика, для решения поставленных задач выбрана СКА MAXIMA с открытым кодом, в который планируется вносить изменения и добавлять новый функционал. В настоящее время выполнена первая задача, заключающаяся в поиске и обзоре литературы, а также анализе предметной области. В ходе работы была окончательно утверждена программная среда для разработки библиотеки, а также проанализирован необходимый для решения задач предметной области функционал.

Список литературы

1. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория пластичности. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 528 с.
2. Тайманов И.А. Лекции по дифференциальной геометрии. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 176 с.
3. Мак-Коннел А. Дж. Введение в тензорный анализ с приложениями к геометрии, механике и физике / Пер. с англ. Г. В. Коренева. – Москва: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1963. – 412 с.
4. Полосков И.Е. Система аналитических вычислений MAXIMA. Описание и примеры использования: уч. пособие. – Пермь: Пермский гос. нац.-иссл. ун-т, 2020. – 346 с. – URL: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/poloskov-sistema-analiticheskih-vychislenij-maxima.pdf
5. Половко А.М. Mathematica для студента. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.
6. Алексеев А.Р., Чеснокова О.В. Введение в Octave для инженеров и математиков. – Москва: ALT Linux, 2012. – 368 с. – URL: https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwb3Nvdmlhc3R1ZGVudGFtMjAxNTIwMTZ8Z3g6M2I3YzBjZTdmMzFmZDYxOA

Зенков М.А.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ РУССКОМУ ЯЗЫКУ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель –д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Программная система разрабатывается для упрощения обучения иностранных студентов русскому языку как иностранному. С помощью данной системы студенты могут выполнять различные задания с интерактивными элементами, такими как изображения или видео, а также с возможностью сохранять свои ответы для последующей проверки преподавателем, что невозможно реализовать посредством обычных пособий.

Основные цели разработки программной системы:

- интеграция интерактивных элементов в практический и теоретический материал;
- предоставление студентам возможности сохранять свои ответы к заданиям на сервере;
- предоставление преподавателям возможности загружать ответы студентов для проверки;
- предоставление администраторам системы управлять структурой интерактивного пособия и добавлять новые уроки, задания и теоретический материал.

Для программной системы были разработаны функциональные требования, требования к структуре и функционированию системы, а также требования к интерфейсу и к видам обеспечения [1].

На основе вышеперечисленных целей и разработанных требований в рамках описываемой программной системы было выделено три группы пользователей: студенты, преподаватели и администраторы.

Группа пользователей «студент» обладает возможностью просмотра всего теоретического и практического материала, а также возможностью выполнять задания и сохранять ответы на сервере.

Группа пользователей «преподаватель» имеет возможность загружать ответы выбранного студента для дальнейшей проверки.

Группа пользователей «администратор» может добавлять и удалять пользователей, в также добавлять, редактировать и удалять уроки пособия, а также теоретический и практический материал.

В соответствии с группами пользователей и требованиям к структуре и функционированию системы была разработана спецификация вариантов использования программной системы [2], а также выделено три основных модуля: модуль студента, преподавательский модуль и административный модуль.

Модуль студента состоит из двух частей: модуль для загрузки данных пособия и модуль для загрузки пользовательских данных (ранее сохранённых ответов).

Преподавательский модуль также подразделяется на две части: модуль для загрузки данных пособия и модуль для загрузки ответов студента.

Административный модуль подразделяется на три части: модуль для загрузки данных пособия, модуль для редактирования данных пособия и модуль для администрирования пользователей.

После входа в систему пользователю, в зависимости от его роли, предоставляется соответствующий функционал.

Данные пользователей и информация о структуре пособия хранятся в базе данных на сервере, данные пособия (страницы, интерактивные элементы) и ответы студентов хранятся в соответствующих директориях на сервере.

Для программной системы была разработана архитектурно-контекстная диаграмма потоков данных [2], а также структура каждого из отдельных модулей.

Таким образом, в рамках проектирования программной системы для поддержки обучения иностранных студентов русскому языку были поставлены основные цели разработки системы, разработаны требования и спецификация вариантов использования программной системы, а также было выделено три группы пользователей и три основных модуля системы.

Список литературы

1. И. Соммервилл. Инженерия программного обеспечения. 6-е издание. – 2002.

2. К. Вигерс, Дж. Битти. Разработка требований к программному обеспечению. Изд. третье, дополненное. – 2014.

Ким С.Е.

СБОР И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ АВАРИЙНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Г. Фадюшин

Аварийность морских судов – является серьезной проблемой судовождения, следствием которой могут быть не только вред окружающей среде и финансовые потери, но и человеческие жертвы [1]. Одним из аспектов, который исследуется при решении данной проблемы является изучение факторов влияющих на возникновение аварийных ситуаций на море. На данный момент существует общепринятое деление причин возникновения аварий на [2]:

- Навигационные (например, ошибки позиционирования судна, нарушения при обгоне);
- Технические (например, неисправность бортового оборудования, неисправность механизмов);
- Аварии, возникшие по вине экипажа – человеческий фактор (например, непринятие необходимых мер по обеспечению безопасности, отсутствие должного контроля, неопытность).

Несмотря на то, что такое деление является общепринятым, оно не дает в полной мере оценить взаимосвязь всех факторов, которые могут стать первопричинами возникновения аварий, например характеристики конкретных судов, особенности рельефа отдельно взятого участка акватории или же численность и квалификация экипажа. Таким образом, имеет место исследование связности различных критериев, которые могут влиять на вероятность возникновения аварийных происшествий.

Для проведения анализа был выбран иерархический алгоритм кластерного анализа, позволяющий провести кластеризацию факторов аварийности, включающих, например, характеристики судна, на определенные группы.

Данные для последующей кластеризации были получены путем исследования официальных отчетов, опубликованных отделом организации расследования транспортных происшествий Управления государственного морского и речного надзора Ространснадзора [3]. Структура отчетов представляет собой текстовое описание условий, при которых произошло то или иное происшествие, характеристики судна, его наименование, дату происшествия, численность экипажа, погодные условия, особенность местности (конкретного участка акватории), а также статистику человеческих жертв. Исходя из полученных данных был сформирован csv-файл, насчитывающий около 40 записей и представляющий собой нормированные показатели (характеристики судна в момент аварии, скорость ветра, тип судна и т.п.), полученные в ходе сбора информации.

Процесс кластеризации был реализован на языке программирования Python с применением библиотек SciPy, Pandas и NumPy. В результате была получена дендрограмма (дерево, построенное по матрице мер близости), изображенная на рисунке 1 и иллюстрирующая взаимные связи между объектами из заданного множества, исходного набора данных (csv-файла).

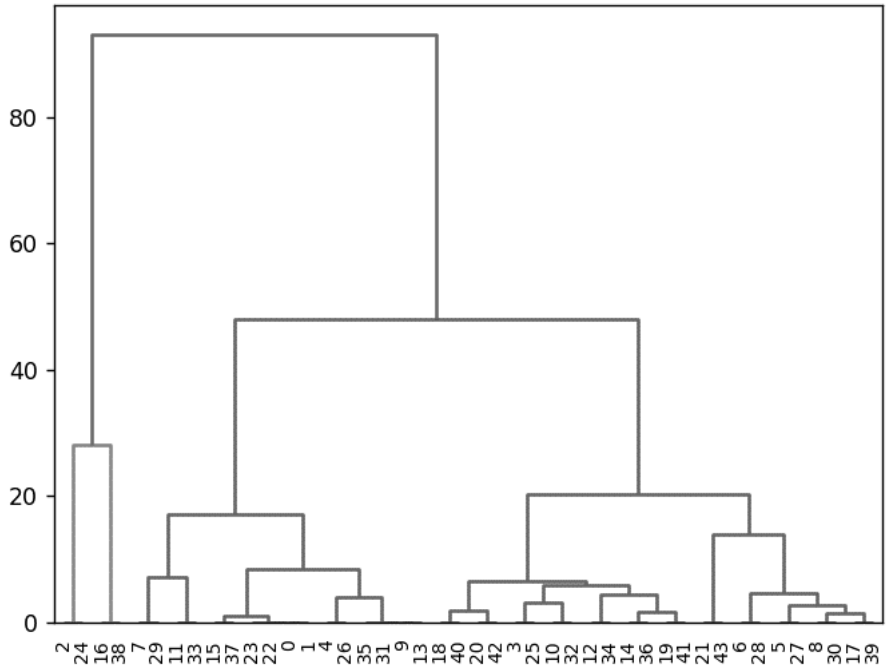


Рисунок 1 – Результат иерархической кластеризации факторов, влияющих на аварийность

В левый кластер, изображенный на рисунке, вошли аварийные ситуации, характеризующиеся слабой степенью тяжести вреда (аварии без человеческих жертв), которые в основном происходили близ портовых структур с сухогрузами, построенными до 1950 годов.

В правые множественные кластеры вошли аварийные ситуации средней и высокой тяжести – аварии с человеческими жертвами или финансовыми убытками в связи с потерей перевозимого груза, необходимостью последующего ремонта судна. Также стоит отметить, что один из кластеров, расположенный на рисунке справа, включает в себя аварии с несколькими человеческими жертвами и при более детальном рассмотрении, было выявлено, что аварийные ситуации высокой степени тяжести происходили в основном с участием рыболовецких судов от 2018 года создания с численностью экипажа менее 14 человек на открытых участках акватории.

Таким образом, исследование и кластеризация статистических данных о факторах возникновения аварий позволило по-новому взглянуть на проблему высокого риска аварийности морских судов и человеческих жертв, что в последствии позволило бы более эффективно осуществлять мероприятия по их нивелированию.

Список литературы

1. Соловьева, Е. Е. Тенденции аварийности морских судов / Е. Е. Соловьева, В. В. Ганнесен // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2022. – Т. 62, № 4. – С. 118-125.

2. Соловьёв С.С. Причины гибели людей на водном транспорте в России и меры безопасной их перевозки: сборник трудов конференции. / С.С. Соловьёв, А.В. Березовский // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике : материалы X Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 18 дек. 2016 г.). В 2 т. Т. 1 / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – С. 199-204. – ISSN 2412-0510.

3. Анализ состояния аварийности [Электронный источник] – URL: https://rostransnadzor.gov.ru/rostransnadzor/podrazdeleniya/sea/deyatelnost-podrazdeleniya/81

Кичигина Т.А., Сидельникова М.П.

МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФОВ ЗНАНИЙ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Н. Остроухова

Графы знаний помогают связать большое количество данных из разных источников в одну общую коллекцию знаний. Они могут быть общими, то есть хранить информацию о разных видах данных, и специализированными – фокусироваться на какой-то одной предметной области. Графы знаний бывают и закрытыми, разработанными для решения задач конкретной сферы или предприятия. На основе этих данных работают поисковики, например, Google, голосовые помощники – Siri от Apple и Alexa от Amazon и чат-боты. Также графы знаний активно используются в различных методах машинного обучения.

Граф знаний — это помеченный и ориентированный граф, который получается путем анализа и фильтрации исходных данных. В общем случае графы знаний представляют собой взаимосвязанные наборы некоторых данных, которые описывают реальные сущности и их отношения друг с другом в простом и понятном виде, в виде графовой модели [1].

Рассмотрим наиболее популярные модели графов знаний:

1. Направленный граф.
2. Гетерогенный граф.
3. Граф свойств.
4. Набор данных графа.

Направленный граф с именованными ребрами (также известный как мультиреляционный граф) определяется как набор узлов и набор направленных именованных ребер между этими узлами. В случае графов знаний узлы используются для представления сущностей, а ребра-для представления (бинарных) отношений между этими сущностями.

Моделирование данных в виде графа обеспечивает большую гибкость для интеграции новых источников данных, по сравнению со стандартной реляционной моделью, где схемы должны быть определены заранее и необходимо следовать им на каждом этапе [2].

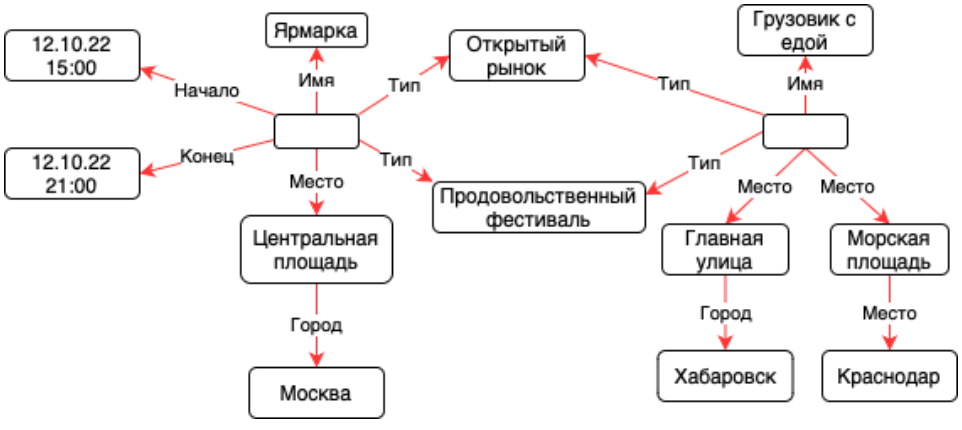


Рисунок 1 – направленный граф с именованными ребрами

Гетерогенный граф (или гетерогенная информационная сеть) - это граф, в котором каждому узлу и ребру присваивается один тип. Таким образом, гетерогенные графы сродни графам с метками ребер, соответствующими типам ребер, – но где тип узла является частью самой Графовой модели, а не выражается в виде специального отношения.

Рисунок 2 – гетерогенный граф

Преимущество гетерогенных графов состоит в том, что они позволяют разбивать узлы в соответствии с их типом, например, для целей задач машинного обучения. И наоборот, они обычно поддерживают только взаимно однозначное отношение между узлами и типами, чего нельзя сказать о графах с именованными ребрами [3].

Графы свойств были введены для обеспечения дополнительной гибкости при моделировании более сложных отношений.

Модель графа свойств была предложена для обеспечения дополнительной гибкости при моделировании данных в виде графа. Граф свойств позволяет связать набор пар свойств–значений и метку как с узлами, так и с ребрами.

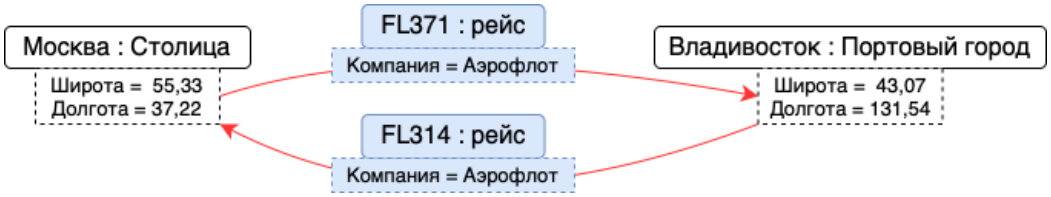


Рисунок 3 – Граф свойств

Набор данных графа. Хотя несколько направленных графов могут быть объединены, часто желательно управлять несколькими графами, а не одним монолитным графом; например, может быть полезно управлять несколькими графами из разных источников, что позволяет обновлять или уточнять данные из одного источника, отличать ненадежные источники от более надежных и т. д. Набор данных графа состоит из набора именованных графов и графа по умолчанию. Каждый именованный граф представляет собой пару идентификатора графа и графа [4].

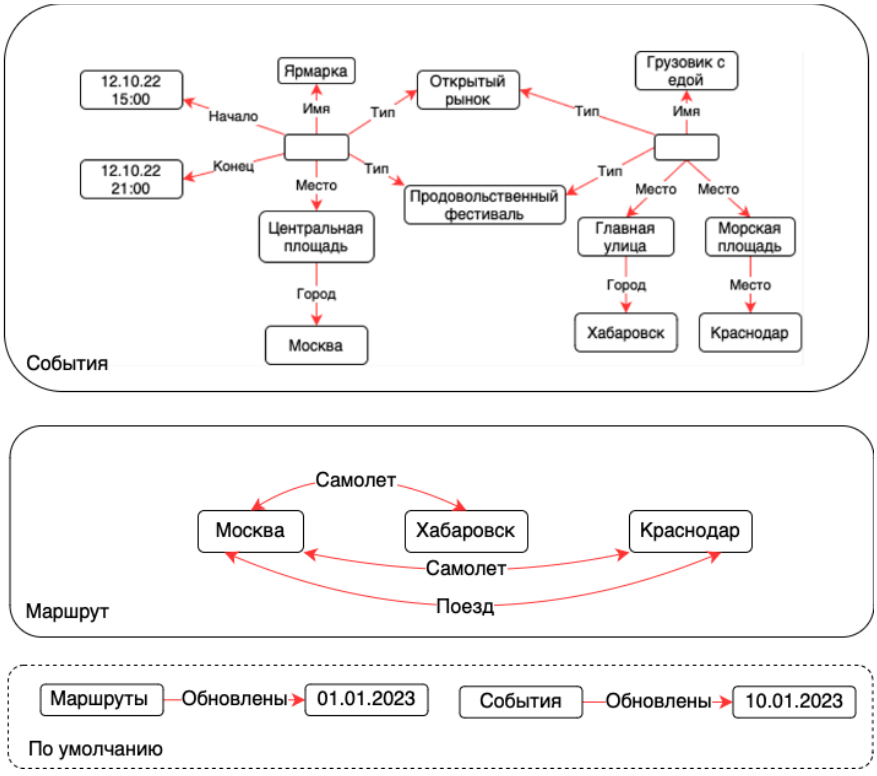


Рисунок 4 – набор данных графа

Список литературы

1. Батура М.П., Волорова Н.А., Зорко П.А., Кулевич А.О.Граф знаний и машинное обучение как ИТ среда интеллектуального анализа данных интернет источников // Восьмая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. 2022. URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/46990/1/Batura_Graf.pdf
2. Gartner [Электронный ресурс] / URL: https://www.gartner.com/en /research/methodologies
3. Gartner [Электронный ресурс] / URL: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-03-16-gartner-identifies-top-10-data-and-analytics-technologies-trends-for-2021
4. Куликов И.А., Ульянова (Ленина) В.И. «Smart data. Графы знаний» // лекции университета Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. URL: http://se.moevm.info/lib/exe/fetch.php/courses:smart_data:tr-лекция-3-knowledge_graphs_rus_-part_1.pdf

---

Крикунов А.А.

РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Наблюдается растущая потребность в обучении русскому языку как иностранному. Но на данный момент используемые методы, такие как тесты и пособия, не обладают достаточной интерактивностью и не могут полностью охватить важные темы. Для подтверждения актуальности исследования были изучены имеющиеся подходы к решению данных проблем.

После изучения существующих решений была сделана оценка, что они решают лишь определенный круг проблем. Хотя пособия имеют удобную структуру для использования в качестве поддержки обучения, они не обладают достаточной взаимодействием. Каждая из интерактивных образовательных площадок имеет свои плюсы и минусы, в некоторых из них используются игровые методы изучения языка, в других нет [1]. Такие решения довольно неудобны, чтобы использоваться в качестве прикладного инструмента обучения в университете, поскольку они либо подразумевают прохождение полноценных курсов, либо позволяют лишь пополнить свой словарный запас [2]. Интерактивные smart-учебники обладают структурой пособий, но в то же время в них имеется высокий уровень интерактивности. В заданиях используются различные комбинации текстовой, звуковой и видео информации. Это позволяет поддерживать у студентов постоянный интерес к обучению. Однако на данный момент такие пособия лишь развиваются и не находятся в свободном доступе, так что могут использоваться лишь в некоторых университетах [3].

Ни одно из рассмотренных решений не способно в полной мере решить все проблемы, описанные во введении, что подчеркивает необходимость разработки интерактивной системы поддержки обучения русскому языку для иностранных студентов. В этой системе будет предусмотрен простой и доступный редактор, который позволит преподавателям создавать свои задания на основе имеющихся шаблонов и заполнять пособия теоретическим материалом. Такая система позволит студентам изучать русский язык в интересной форме и не потерять мотивацию к обучению. А преподаватели смогут создавать удобные пособия, в которых будут рассмотрены необходимые темы

Список литературы

1. Краснова Т.И. Геймификация обучения иностранному языку. // Молодой ученый, 2015.

2. Гальскова Н.Д. Современная методика обучения иностранным языкам. - М., 2003.
3. Теория обучения иностранным языкам: Лингводидактика и методика: учебн. пособие / Наталия Дмитриевна Гальскова, Надежда Ивановна Гез.- 6-е изд., стер.- М.,2009.

Крючкова Н.Ю.

ПОДХОДЫ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор С.В. Смагин

Анализ тональности текста является одной из важных задач в области обработки естественного языка. Он позволяет автоматически определять отношение автора текста к тому или иному объекту, явлению или событию. Эта задача имеет широкое применение в различных областях, таких как маркетинг, социальные исследования, политический анализ и т.д. Анализ тональности текста представляет собой процесс определения его эмоциональной окраски, то есть определение, является ли он позитивным, негативным или нейтральным [1].

Обучение с учителем и без учителя являются двумя широко используемыми методами машинного обучения в задаче анализа тональности текста. Исследования показывают, что обучение с учителем достигает более высоких показателей точности, чем без учителя [2]. Алгоритмы обучения с учителем используют размеченные данные для обучения модели, которые содержат информацию о том, какой тональности соответствует каждый текст [3].

SVM работает путем нахождения гиперплоскости в пространстве признаков, которая разделяет тексты на классы. Для этого SVM использует обучающий набор данных, который состоит из текстов, помеченных как позитивные, негативные или нейтральные. Сначала SVM преобразует каждый текст в вектор признаков, которые могут включать такие характеристики текста, как количество слов, частоту использования определенных слов или фраз, длину предложений и т.д. Затем метод использует обучающий набор данных для нахождения гиперплоскости, которая разделяет тексты на классы. Когда гиперплоскость найдена, SVM используется для классификации новых текстов [4].

Наивный Байесовский классификатор – это простой вероятностный классификатор, который использует теорему Байеса для прогнозирования класса. В качестве признаков могут использоваться слова, биграммы, триграммы и т.д. Для каждого класса вычисляются вероятности появления каждого признака. При классификации нового текста вычисляются вероятности принадлежности текста к каждому классу на основе вероятностей признаков. Текст относится к тому классу, для которого вероятность максимальна.

Алгоритмы обучения без учителя, напротив, используют не размеченные данные для обучения модели, а статистические методы для анализа текстового материала и выявления скрытых закономерностей в данных. Примером является метод k-средних.

Таким образом, машинное обучение является эффективным инструментом для анализа тональности текста. Однако, важно учитывать особенности каждой задачи и выбирать подход, наиболее подходящий для решения конкретной проблемы.

Список литературы

1. Muller, A. and Guido, S. (2016). "Introduction to Machine Learning with Python".

2. A. Alharbi, M. Alsuhaibani, H. Al-Khalifa, A. Almuhareb, A. Alrajebah, (2018). Supervised and Unsupervised Sentiment Analysis: A Comparative Study. In: Proceedings of the 2018 International Conference on Computing and Artificial Intelligence (ICCAI 2018).

3. MonkeyLearn blog. (2021). "An Introduction to Sentiment Analysis." [Электронный ресурс] – URL: https://monkeylearn.com/sentiment-analysis/.

4. Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis. Foundations and Trends in Information Retrieval, 2(1-2), 1-135.

Куликова А.А., Алшауи Р.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТА ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ НА ЛОКАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Кафедра «Математическая кибернетика и информационные технологии» МТУСИ
Научный руководитель - к.т.н., доцент кафедры МК и ИТ Т.Д. Фатхулин

В настоящее время существует множество различных популярных онлайн-сервисов для генерации текста посредством нейросетевых методов, как отечественных, так и зарубежных. Они могут быть использованы для создания аннотаций к текстам, статьям, а также для улучшения рекламных проектов. Наиболее популярными среди подобных сервисов являются следующие [1]:

1. *Балабоба*. Нейросеть, запущенная компанией «Яндекс», является бесплатным сервисом. Ответами на запросы пользователей являются подходящие по контексту предложения из сети Интернет.

2. *ruGPT-3*. «Сбер» выпустил модифицированную версию зарубежного аналога GPT-3. Данная нейросеть может составить осмысленный рассказ на основе нескольких предложений.

3. *CopyMonkey*. Зарубежная нейросеть, которая адаптирована для написания текста на русском языке. Бесплатного тарифа нет. Используется для создания рекламных текстов.

4. *Copy.ai*. Сервис для создания небольших рекламных текстов, есть бесплатный тариф с ограничениями и тариф без ограничения. Недостатком данной нейросети является ее сложное обучение.

Даже при таком большом выборе сервисов для генерации текста, они все имеют один общий недостаток – могут сохранять и хранить конфиденциальные данные из текста, который пользователь использует как «обучающий». Для решения данной проблемы в настоящей работе предлагается следующее: создать приложение для генерации текста на локальном компьютере пользователя. Это позволит минимизировать риск утечки конфиденциальных данных. Приложение разработано на языке программирования Python с использованием рекуррентных нейронных сетей, в частности, будут использоваться сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM), а также библиотеки TensorFlow и Keras [2]. На рисунке 1 представлена архитектура нейронных сетей такого типа.

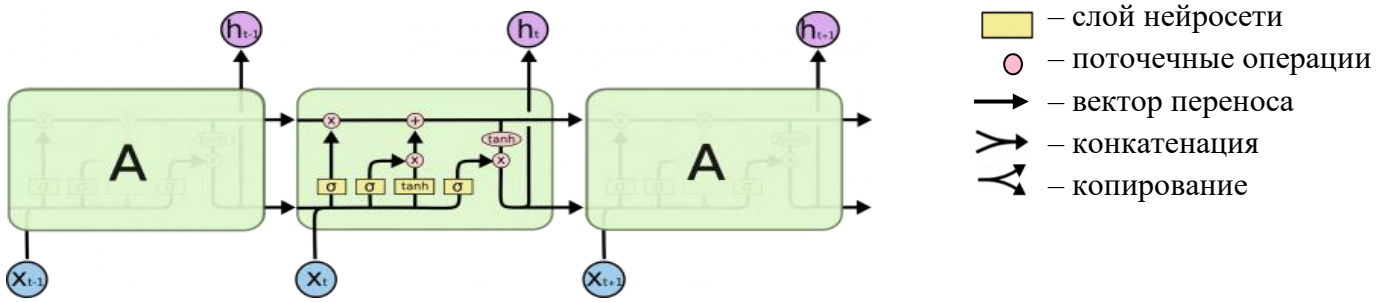


Рисунок 1 – Архитектура LSTM [3]

В разработанном приложении использовались различные параметры модели, влияющие на качество сгенерированного текст [4] (при этом объем текста был фиксирован):

1. количество нейронов, подключенных к слою;
2. количество эпох обучения;
3. функция активации;
4. размер обучающего текста.

В начале эксперимента вышеперечисленные параметры были следующими: 128 нейронов, 75 эпох обучения, функция активации softmax. Был получен результат, представленный на рисунке 2:

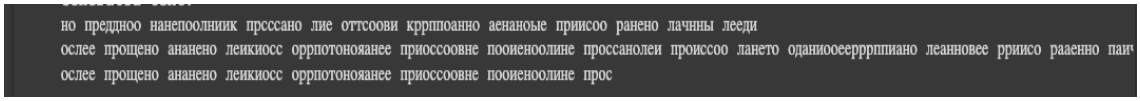


Рисунок 2 – Сгенерированный текст (1)

При дальнейшем проведении экспериментов были выбраны следующие параметры: 256 нейронов, 200 эпох обучения, функция активации softmax. Был получен результат, представленный на рисунке 3:

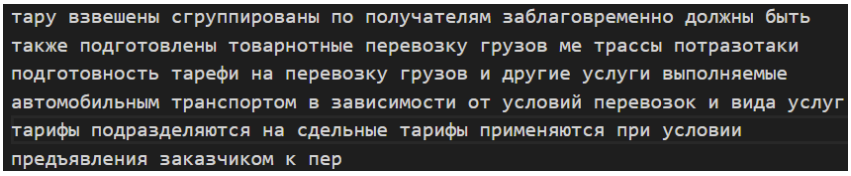


Рисунок 3 – Сгенерированный текст(2)

Во втором эксперименте сгенерированный текст почти не содержит неправильных слов, отдельные части текста даже имеют определенный смысл и могут быть понятны человеку, однако модель повторяет целые фразы из текста для обучения, что говорит о переобучении модели. Выявлено, что к переобучению может привести увеличение количества нейронов до 256 и увеличение количества эпох обучения. В ходе проведенных экспериментов было определено, что для повышения качества модели следует использовать гораздо более длинный обучающий текст для указанных параметров нейронной сети.

Список литературы

1. Топ-10 нейросетей для генерации текста в 2023 году [Электронный ресурс] – URL: https://otzyvmarketing.ru/articles/nejroseti-dlya-generacii-teksta/. (дата обращений 25.03.23)

2. Искусственный интеллект с примерами на Python. : Пер. с англ. - СПб. : ООО "Диалектика", 2019. - 448 с. - Парал. тит. англ.

3. LSTM – нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью [Электронный ресурс] – URL: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/lstm-nejronnaja-set/. (дата обращений 25.03.23)

4. Русскоязычная документация по Keras [Электронный ресурс] – URL: https://ru-keras.com/home/. (дата обращений 25.03.23)

Кускова А.Е.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА И АНАЛИЗА ДАННЫХ НА PYTHON

Кафедра «Математическая кибернетика и информационные технологии» МТУСИ
Научный руководитель – старший преподаватель А.А. Кузин

В условиях жесткой конкуренции за места в престижных вузах РФ ориентироваться на проходные баллы становится все более важным. Однако, для абитуриентов и их родителей может быть

сложно найти и сравнить информацию о проходных баллах на различные специальности в разных университетах. Разработка ПО, способного анализировать сайты университетов и предоставлять абитуриентам удобный и полный доступ к информации, является актуальной задачей.

Главной целью данного проекта является разработка ПО, которое будет анализировать сайты университетов РФ и предоставлять информацию о проходных баллах на заданные пользователем специальности на основе введенных данных, а также прогнозировать вероятность прохождения на бюджет. Был выполнен ряд необходимых задач:

- Анализ и изучение сайтов университетов РФ для определения структуры и доступности информации о проходных баллах на различные специальности;
- Применение алгоритмов для автоматизированного сбора информации о проходных баллах с сайтов университетов;
- Реализация функционала для удобного и быстрого сравнения информации о проходных баллах;
- Изучение методов машинного обучения и статистического анализа данных, необходимых для прогнозирования вероятности прохождения на бюджет;
- Реализация функционала заполнения заявлений и других документов, которые требуют вузы при подаче документов;
- Тестирование и оптимизация алгоритма на основе данных прошлых лет и актуальных результатов приемной кампании;
- Проведение анализа конкурентных программных продуктов и сравнение их с разработанным ПО.

Для достижения поставленных задач в работе были использованы различные инструменты и технологии, включая язык программирования Python, библиотеки для анализа данных и визуализации результатов, а также методы обработки естественного языка.

В работе используются такие инструменты, как Beautiful Soup, Selenium, Requests.

Автоматизация анализа и поиска данных становится все более востребованной в различных сферах деятельности, включая бизнес, науку, медицину и т.д. Разработка программного обеспечения на языке Python для автоматизации анализа и поиска данных об университетах является только одним из примеров применения этой технологии.

Данная работа может быть полезна для широкого круга пользователей, включая абитуриентов, их родителей, студентов, а также людей, которые находятся в поиске университета и хотят упростить этот процесс.

Кучапина С.С. Цветков С.О.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ МЕТЕОДАННЫХ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор департамента С.В. Смагин

Одной из актуальных проблем России являются лесные пожары. Почти две трети территории страны покрывают леса, что является примерно одной пятой от площади всех лесов мира. Ежегодно от возгораний страдают миллионы гектаров леса, что наносит огромный урон экологии, экономике, а также безопасности и здоровью людей.

Пожар – это неуправляемое стихийное бедствие, причиной которого может стать грозовой разряд, возгорание, самовозгорание и засуха. Но также одной из главных причин являются действия людей, что составляет около 70% всех пожаров [1]. Пожары могут привести к «зеленому опустыванию» – когда территории становятся лесонепригодными и впоследствии им понадобятся сотни лет на восстановление. Кроме того, во время горения в атмосферу выделяется огромное количество парниковых газов, что влияет на климат и здоровье человека. Это также ухудшает выработку деревьями кислорода и является одной из причин глобального потепления. И это далеко не все проблемы, возникающие из-за пожаров.

В последнее десятилетие наблюдаются темпы замедления роста количества лесных пожаров. Статистика возникновения лесных пожаров в РФ за последние 5 лет показывает, что их количество находится в пределах исторических минимумов и максимумов наблюдений. Однако площадь, пройденная лесными пожарами, значительно возросла [2]. Из причин роста площади возгорания можно выделить нехарактерный климат для территории. Так существенный вклад в увеличение площади лесных пожаров и продолжительность их распространения в 2021 г. внесли погодные и циркуляционные условия [3].

Хотя основной непосредственной причиной возникновения лесных пожаров являются ненадлежащие действия человека. Гидрометеорологические факторы также способны очень заметно повлиять на рост продолжительности пожароопасного сезона. Пожарная обстановка в лесах возникает при сухой и жаркой погоде. Возникший пожар распространяется тем быстрее, чем меньше относительная влажность воздуха и больше скорость ветра. При этом, соответствующие метеорологические условия являются необходимыми, но не достаточными для возникновения лесного пожара.

Данными для оценки пожарной обстановки являются: геометрическая карта района пожара, вид пожара, скорость ветра, относительная влажность воздуха, запас горючих материалов и т.д. Человеку приходится тратить огромное количество времени для оценки и прогнозирования возникновения пожара, а так как ключевые факторы могут со временем меняться, тем самым результаты становятся неактуальными. Поэтому разрабатываются программные системы, автоматизирующие процесс расчета пожароопасной обстановки.

На сегодняшний день разработан ряд программных средств, позволяющих выявлять лесные пожары на раннем этапе. Такие системы позволяют отслеживать множество областей и выявлять ранний очаг возгорания в реальном времени с помощью чувствительных сенсоров, фото и видеокамер, алгоритмов распознавания огня при помощи обученного алгоритма. Рассмотрим их категории: системы прогнозирования лесных пожаров (например, «CFFDRS»), системы раннего обнаружения на основе ГИС (например, «ИСДМ Россельхоз»), системы раннего обнаружения на основе камер и датчиков (например: «Лесной дозор», «Prometheus», «IQ Firewatch»). Теперь сравним их функционал в таблице.

Таблица

Сравнение категорий программных средств

Функции	CFFDRS	ИСДМ	PROME-THEUS	Лесной дозор	IQ FireWatch
Прогнозирование возникновения пожара	+	–	–	–	–
Моделирование распространения пожара	+	+	–	–	–
Использование камер	–	–	–	+	+

Использование спутниковой информации	+/–	+	+/–	+	–
Использование дронов	–	–	+	–	–
Обнаружение пожаров в реальный момент времени	–	+	+	+	+
Доступность на территории Российской Федерации	–	+	+	+	+/–

Проведенный анализ показал, что ни одно из имеющихся решений не удовлетворяет всем желаемым критериям. Особое внимание стоит уделить функции «Прогнозирование возникновения пожара». Только CFFDRS обладает данным функционалом, что закрывает потребность в программном средстве. Но CFFDRS доступна только на территории Канады. Поэтому для решения задачи по прогнозированию возникновения лесного пожара требуется приложение, которое сможет прогнозировать его появление на основе метеоданных.

В настоящее время командой программистов Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ разрабатывается программное средство на основе клиент-серверной архитектуры, обладающее требуемым функционалом. В процессе подготовки к его реализации будет проведено исследование на выявление закономерности возникновения лесных пожаров, которые произошли на территории Дальнего Востока в период с 2011 по 2021 годы, с климатической обстановкой в области возгорания. В основном исследование затронет территорию Приморского края. Программное средство будет автоматизировано собирать метеоданные (с сервиса rp5.ru или его аналогов), включающие в себя: температуру окружающей среды и почвы, относительную температуру воздуха, скорость и направление ветра, влажность, вероятность осадков и атмосферное давление. Обработка данных признаков позволит выявлять места, которые подвержены наибольшему риску возникновения пожара. Координаты возможного очага возгорания будут сохраняться в базе данных для дальнейшей визуализации при помощи ГИС и дальнейшего анализа.

Список литературы

1. Кожекарь Д.С., Баранецкий В.В. Лесные пожары: причины и последствия их возникновения // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования – 2021. – № 1. – С. 202-205.

2. Симоненко В.В., Коженикова Н.Ю. Лесные пожары, классификация, статистические данные за 2017-2021 год. – 2021. – С. 344-349.

3. Ивлеева М.С. Причины возникновения лесных пожаров в России в 2021 году и оценка их влияния на атмосферу // Известия Тульского Государственного университета. Технические науки – 2022. – № 4. – С. 249-252.

Логачев Е.М.

3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ВИДЕОПОТОКУ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СЦЕНЕ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н, профессор В.М. Гриняк

В настоящее время существует множество задач, которые требуют обработку видеопотока с извлечением какой-либо информации из него. Некоторые задачи требуют проведения расчётов и 3D

реконструкции сцены по видеоинформации. Данный тип операций особенно актуален в компьютерном зрении и робототехнике, которые активно используются в различных отраслях с применением распознавания объектов в естественной среде, где существует ряд ограничений для распознавания объектов.

В данной работе рассматривается задача одновременного восстановления траектории движения автономного робота и построения 3D модели окружающей обстановки по видеоинформации является одной из важных в науке. Существующие на данный момент решения по идентификации объектов позволяют восстанавливать геометрию динамических объектов с накладываемыми ограничениями, которые не позволяют с необходимой точностью реконструировать всю сцену. Большинство существующих работ базируются на контролируемом окружении, где известен фон и используются калиброванные и фиксированные камеры. Также существующие методы не предполагают детальную визуализацию всей 3D сцены по заранее неизвестным точечным данным и не включают в себя восстановление невидимых участков поверхностей объектов. Данный аспект моделирования важен для расчётов размеров объектов и дальнейшего вычисления маршрута робота. Однако существуют и более общие подходы, которые ограничиваются только сложностью сцены и уровнем реконструкции [1-8].

Многоэтапная обработка, включающая выделение групп точек, принадлежащих «статическим» и ДО, расчет траектории движения камеры и траекторий движения ДО, а также 3D реконструкцию объектов с восстановлением невидимых участков поверхностей объектов.

Вычислительные эксперименты показали зависимость точности 3D реконструкции от разрешения исходных изображений, числа идентифицированных точек объектов сцены, формы объектов и их расположения относительно камеры. В экспериментах были задействованы объекты с высокой полигональностью (критические объекты), а также объекты с числом точек, которое приближено к реальным условиям. На рисунке 1 представлена 3D-реконструкция точечных данных модельной сцены, построенная на основе 2 соседних кадров видеопотока.

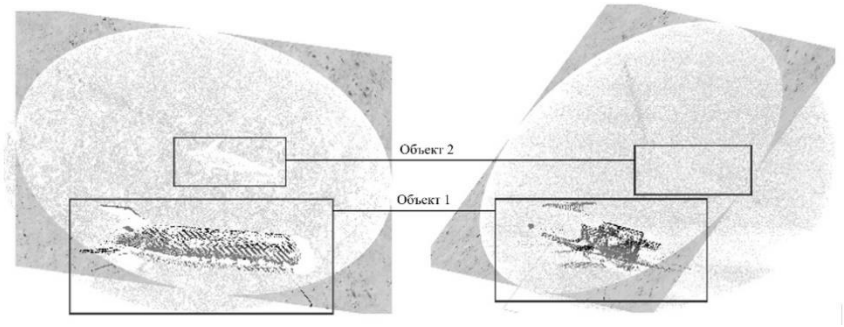


Рисунок 1 – Реконструкция сцены по двум кадрам

Из результатов 3D-реконструкции также видно, что в случае дефекта на каком-либо из кадров происходит фрагментация получаемой 3D модели. Поскольку в данной реализации базиса программной системы анализ точек изображений выполнялся без использования данных с дальномера, возникала ситуация, когда невозможно определить толщину объекта. Именно поэтому на кадрах реконструкции можно увидеть «шлейф» модели.

На данном этапе исследования ведётся детальное изучение влияния различных типов дефектов изображения на качество 3D реконструкции. Предполагается, что добавление базовой фильтрации снимков позволит скорректировать неточности в идентификации ряда точек.

Список литературы

1. Hasler N., Rosenhahn B., Thormahlen T., Wand M., Gall J., Seidel H.P. Markerless motion capture with unsynchronized moving cameras // CVPR. 2009. P. 224–231. doi:10.1109/CVPR.2009.5206859

2. Ballan L., Brostow G.J., Puwein J., Pollefeys M. Unstructured video-based rendering: Interactive exploration of casually captured videos // ACM Transactions on Graphics. Proceedings of SIGGRAPH. 2010. Vol. 29(4). P. 134–146. doi:10.1145/1778765.1778824

3. Taneja A., Ballan L., Pollefeys M. Modeling dynamic scenes recorded with freely moving cameras // Conference on Computer Vision. 2010. P. 613–626. doi:10.1007/978-3-642-19318-7_48

4. Mustafa A., Kim H., Guillemaut J-Y., Hilton A. General Dynamic Scene Reconstruction from Multiple View Video // ICCV. 2015. P. 900–908. doi:10.1109/ICCV.2015.109

5. Keller M., Lefloch D., Lambers M., Izadi S., Weyrich T., and Kolb A. Real-time 3d reconstruction in dynamic scenes using point-based fusion // Proc. of Joint 3DIM/3DPVT Conference (3DV). 2013. P. 1–8. doi:10.1109/3DV.2013.9

6. Mustafa A., Kim H., Guillemaut J-Y., Hilton A. Temporally coherent 4D reconstruction of complex dynamic scenes // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern recognition. 2016. P. 223–245. doi:10.1109/CVPR.2016.504

7. Бобков В.А., Кудряшов А.П. Воксельный метод построения триангуляционной поверхности по множеству видов [Электронный ресурс] // Информатика и системы управления. 2012. N 2. С. 31–38. URL: http:///media/2012/N32_04.pdf (дата обращения: 13.06.2021)

8. Бобков В.А., Кудряшов А.П. Построение трёхмерной модели морского дна воксельным методом [Электронный ресурс] // Подводные исследования и робототехника. 2016. N 2. С. 13–18. URL: http://jmtp.febras.ru/journal/2-22-2016/13-18.pdf (дата обращения: 13.06.2021)

Лысенко Е. Е.

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «САЙТ О ТУРИСТИЧЕСКИХ МЕСТАХ В ПРИМОРЬЕ»

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - старший преподаватель Г. Л. Березкина

В данной работе было разработано Web-приложение, имеющее цель привлечь жителей и туристов Приморского края к туризму по Приморскому краю и активному отдыху.

Цель разработки состоит в предоставлении информации о природных местах, возможных для посещения, привлечение людей разного возраста к туризму, повышении заинтересованности местных, иногородних и иностранных жителей в природе Приморского края и в туризме по Приморскому краю; облегчении поиска желаемых мест для посещения и маршрутов к тем или иным местам, а также возможность подобрать туристическое агентство или попутчика.

Поскольку сейчас информации о природных и индустриальных местах в Приморском крае нет практически нигде, кроме сети Интернет, разработанное Web-приложение кроме удобного функционала должно иметь большую базу информации, например, координаты, краткая информация, высота, длина маршрута, благоприятное время года для посещения, историческую справку.

Был проведен анализ сайтов аналогичной тематики. К достоинствам всех сайтов, включенных в анализ, можно отнести быструю загрузку сайта, при большом количестве картинок, современный, приятный и интуитивно понятный интерфейс, подходящий сайтам данной тематики, легкий и быстрый поиск, дающий искомый результат.

Наилучший вариант – совместить преимущества всех примеров и реализовать их в одном проекте, который будет быстрым, функциональным и аккуратным с точки зрения дизайна для удержания пользователя.

Сайт должен предоставлять общую информацию о приморском крае; информацию о местах, возможных для посещения («Галерея мест»; описание места; фотогалерею; список турагентств, предоставляющих туры на данное место в ближайшее время; трек-маршрут для самостоятельного путешествия); информацию о действующих турагентствах (список туров, отзывы, контакты: ссылки на сайт и/или соцсети, контактные номера, электронную почту); интерактивную карту Приморского края с метками мест (каждая метка ведет на страницу места в «Галерее мест»); форму обратной связи (форму для добавления маршрута/места, куда можно добраться самостоятельно без гида); форму подбора места по различным критериям (тип места; время года путешествия; сложность маршрута; необходимый тип транспорта: пешком, на общественном транспорте, на машине, по воде; район местоположения).

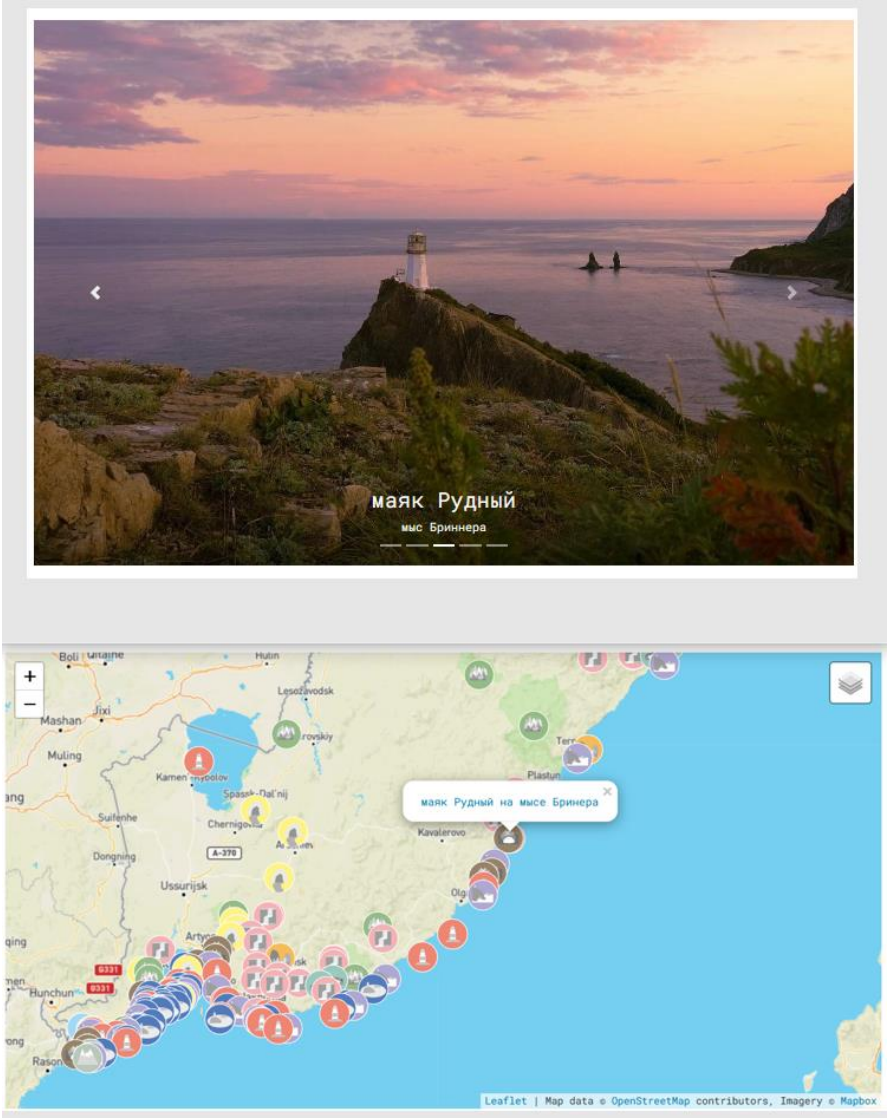


Рисунок 3 – Примеры страниц

При разработке использовались следующие технологии:

– Web-сервер Apache – использовался для установки локального сервера;
– CorelDraw – использовался для создания логотипа и иконок в приложении;
– языки HTML, CSS [2], PHP [7], JavaScript [3] и библиотека Leaflet [5], [1];
– Mapbox – использовался для создания слоев карты;
– фреймворк Bootstrap [4] – использовался для создания форм и карусели фотографий;

– MySQL Workbench [6] – использовался в качестве создания базы данных и управления данными.

Список литературы

1. Гаррет, Д.Д. Веб дизайн. Элементы опыта взаимодействия / Д.Д. Гаррет. – СПБ : Символ Плюс, 2008. – 192 с.

2. Макфарланд, Д. Большая книга CSS3. / Д. Макфарланд. – СПБ : Питер, 2014. – 608 с.

3. Фримен, Э. Изучаем программирование на JavaScript / Э Фримен, Э Робсон. – СПБ : Питер, 2015. – 640 с.

4. Bootstrap Manual [Электронный ресурс] – Режим доступа https://getbootstrap.com/.

5. Leaflet tutorials [Электронный ресурс] – Режим доступа https://leafletjs.com/examples.html.

6. MySQL Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа https://dev.mysql.com/doc/.

7. PHP Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа https://www.php.net/docs.php

---

Майоров С.В.

СОЗДАНИЕ АДАПТИВНОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С ЦИФРОВЫМИ КОПИЯМИ ПОМЕЩЕНИЙ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - ассистент А.Е. Чусова

Проектирование и реализация человеко-машинного интерфейса является одним из важных и наиболее трудоемких этапов написания программных средств, нацеленных на широкую пользовательскую аудиторию. По разным оценкам этот этап может занимать до половины времени, затрачиваемого программистами на работу над программой [1][2].

Поэтому в целях экономии рабочего времени программистов применяются различные способы автоматизации этого процесса. Одним из способов автоматизации является проектирование человеко-машинного интерфейса с помощью базы знаний о предметной области на основе онтологии.

Особенно сильно подобный подход к созданию пользовательского интерфейса будет полезен для программ, в которых взаимодействие с пользователями осуществляются с помощью большого количества интерактивных элементов. К ним можно отнести программы, основной задачей которых является создание цифровых двойников объектов, и их последующей обработке, например EASE или ODEON.

Основной целью этих программ является работа с цифровой моделью помещений и расчет их акустических и других физических свойств [3][4]. Интерфейс подобных программ, как правило, является довольно громоздким (рисунок 1).

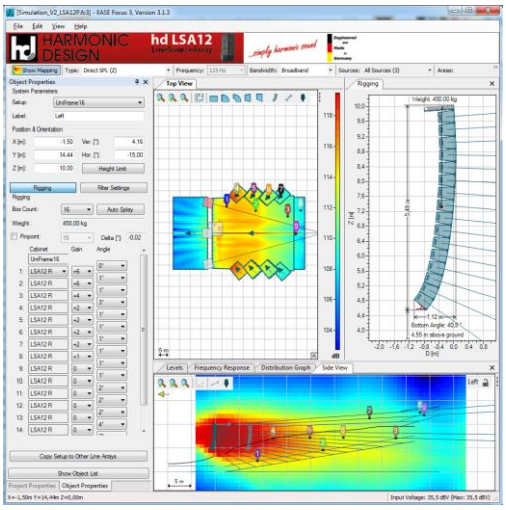


Рисунок 1 – пример пользовательского интерфейса программного комплекса EASE [5]

В качестве примера приведем возможный интерфейс программы для работы с цифровыми двойниками помещений и анализом их акустических характеристик (рисунок 2) (рисунок 3) (рисунок 4). В зависимости от потребностей пользователя, задаваемых в области 1 (рисунок 2), программа выстраивает пользовательский интерфейс.

Так, при смене объекта моделирования с лекционного зала на жилое помещение, из панели инструментов пропадает инструмент, который становится неактуальным для данной задачи. А при смене задачи с создания модели помещения на задание параметров модели графическое окно исчезает и меняется на поля, в которые необходимо вводить соответствующие значения. Эти поля так же могут быть различными в зависимости от задачи, которую пользователь решает в данный момент.

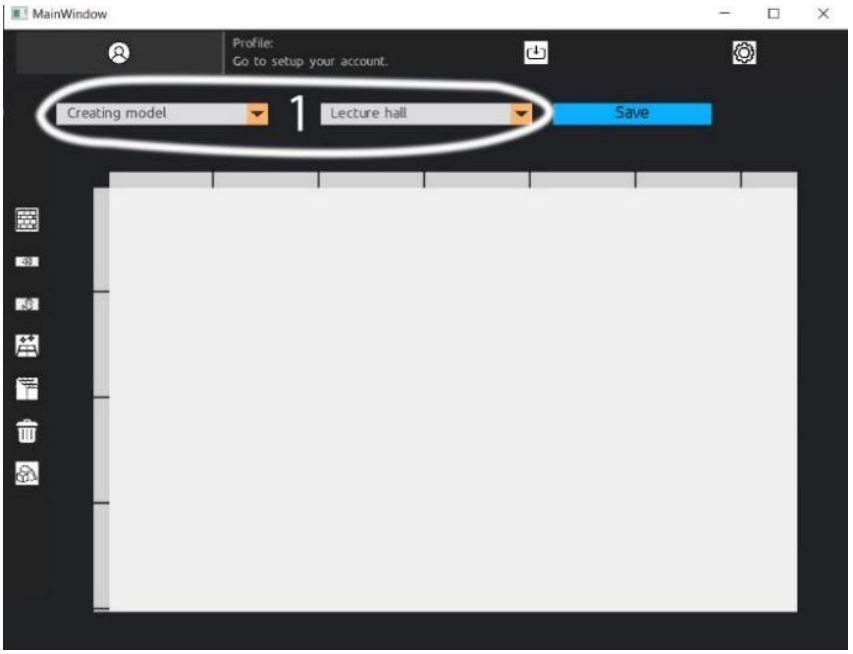


Рисунок 2 – пример пользовательского интерфейса, автоматически построенного в зависимости от потребностей пользователя, 1 – область выбора задачи

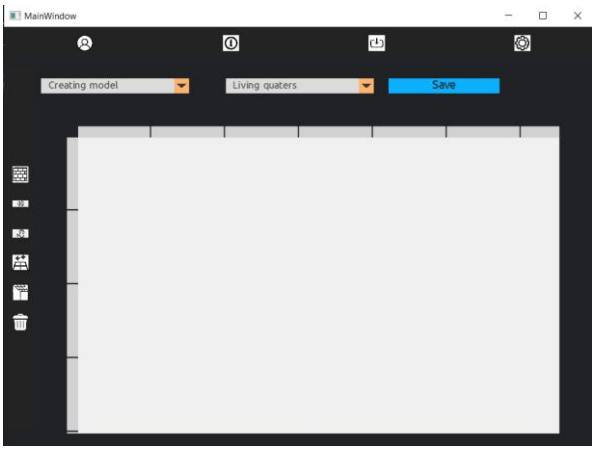


Рисунок 3 – пример пользовательского интерфейса, автоматически построенного в зависимости от потребностей пользователя

Рисунок 4 – пример пользовательского интерфейса, автоматически построенного в зависимости от потребностей пользователя

Список литературы

1. Костылев, В.А. Медицинская физика / В.А. Костылев, Б.Я. Наркевич. – М.: Медицина, 2008. - 464 с.

2. Myers B.A., Rosson M.B. Survey on user interface programming / Proc. SIGCHI'92: Human Factors in Computing Systems. – Monterrey, CA, May 3-7, 1992. - 195-202 с.

3. Официальный сайт разработчика EASE [Электронный источник] – URL: https://www.afmg.eu/en/ease-enhanced-acoustic-simulator-engineers

4. Разработчик программного комплекса ODEON [Электронный источник] – URL: https://odeon.dk

5. Разработчик программного комплекса EASE [Электронный источник] – URL: https://www.harmonic-design.com/products/software/afmg-ease/

Мухарамова А.Р., Крючков П.С.

ЗНАЧИМОСТЬ БЕЗОПАСНОЙ СДЕЛКИ ДЛЯ ПЛОЩАДОК ОНЛАЙН-ПРОДАЖ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель-доцент Л.В. Красюк

Всё больше людей предпочитает делать покупки через интернет, это очень удобно, быстро и просто. По данным маркетинговых исследований команды Data Insight, в 2022 году объем рынка

розничной интернет-торговли в России вырос на 38% и составил 5,7 трлн рублей, а темпы роста количества заказов выросли на 65% и составили 2,8 млрд заказов [1]. Площадки онлайн-продаж предоставляют возможность продавцам быстро и легко достигать миллионов потенциальных покупателей, а покупателям - удобно и безопасно покупать товары и услуги. Но, несмотря на все их плюсы, риски в виде недобросовестных продавцов и покупателей отталкивают пользователей от использования площадок онлайн-продаж. Для покупателей есть риск приобрести поддельные товары или товары низкого качества и столкнуться с проблемами доставки или возврата товара. Для продавцов тоже есть свои риски при организации онлайн-продаж: количество недобросовестных покупателей в федеральной базе неблагонадёжных покупателей интернет-магазинов на 28.03.2023 составляет 45920 человек, а это только те, кого занесли в этот список владельцы интернет-магазинов [2].

Одной из самых популярных площадок для онлайн-продаж на Дальнем Востоке является доска объявлений Farpost.ru. Платформа имеет большое количество плюсов как для продавцов, так и для покупателей: в большинстве категорий публикация объявлений бесплатна, оплата только за приоритет выдачи, быстрая работа поддержки, удобная публикация объявлений, мало рекламы, хорошие товары по низким ценам и многое другое. У жителей западных регионов России популярностью не пользуется из-за невозможности проверить товар и риска потерять средства. В связи с активным распространением мошенничества для пользователей очень важным является фактор защищённости. По данным октября 2022 года аналитического центра НАФИ 82% россиян сталкивались с попытками мошенничества [3]. Поэтому, чтобы занимать более высокую позицию на рынке, площадкам онлайн-продаж необходимо обеспечить пользователям чувство безопасности.

С модулем безопасной сделки в процессе купли-продажи между продавцом и покупателем площадка для продажи будет выступать посредником. Продавец сможет подключить к своим объявлениям функцию безопасной сделки за небольшую комиссию. Покупателю будет видно, для каких объявлений подключена безопасная сделка и добавится фильтр «По безопасной сделке». При покупке товаров с подключенной функцией безопасной сделки, покупатель выбирает компанию-перевозчика и пункт выдачи, вводит контактные данные и оплачивает заказ. Средства со счёта покупателя холдируются. Под холдированием понимается отложенная или двухэтапная оплата. Банк резервирует на счёте покупателя сумму, равную стоимости товара, на определенный срок, в течение которого ожидает подтверждения, если покупатель забирает заказ, или отмены транзакции, если покупатель возвращает заказ.

Холдирование упрощает возврат денег покупателю в случае отказа от заказа, а в случае подтверждения гарантирует перечисление средств продавцам. Кроме того, для реализации модуля нужно заключить договор с компаниями-перевозчиками, такими как Курьерская компания СДЭК и АО «Почта России», интегрировать в платформу их API отправки посылок, которые предоставляются бесплатно [4]. Помимо внедрения самой функции безопасной сделки, необходимо проинформировать пользователей о работе с ней во избежание мошеннических действий и предоставить инструкцию проведения сделки с использованием данной функции. Для этого предусмотрена информационная страница и ссылки на неё по ходу всего пользовательского пути. Для того, чтобы продемонстрировать, какие экранные формы задействованы в модуле безопасной сделки и каким образом пользователь может фактически перемещаться по окнам, была спроектирована система навигации по окнам (рисунок 1).

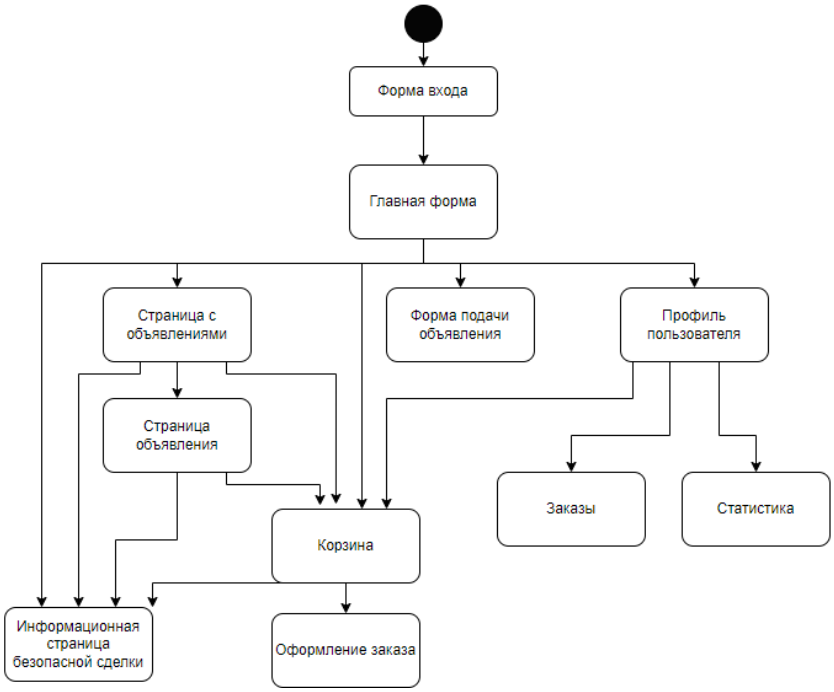


Рисунок 1 – Навигация по окнам

В качестве примера для реализации данного модуля использовалась площадка Farpost.ru. Помимо подключения API, холдирования, нужно внести изменения на платформе: добавить информационную страницу по безопасной, раздел «Купленные» изменить на «Заказы» и разместить ссылку на него в хедере (шапке) сайта, изменить интерфейс страниц объявлений и оформления заказа. Для реализации модуля будут использованы языки программирования HTML для разметки страниц при помощи тегов, JavaScript для доступа к конкретным элементам страницы и для дальнейшей обработки информации в этих элементах, PHP для обработки информации и работы с сервером. В качестве СУБД будет использован MySQL.

Внедрение данного модуля в функционал площадки онлайн-продаж повысит доверие клиентов, увеличит их количество и, соответственно, размера прибыли компании, а пользователям позволит безопасно покупать и продавать товары.

Список литературы

1. Маркетинговое исследование Интернет-торговля в России 2022 [Электронный источник] – URL: https://datainsight.ru/eCommerce_2022

2. Черный список покупателей (Федеральная База РФ) [Электронный источник] – URL: https://fbnp.ru

3. НАФИ — Аналитический центр [Электронный источник] – URL: https://nafi.ru/analytics/82-rossiyan-stalkivalis-s-popytkami-moshennichestva

4. API. Интеграция с вашими приложениями [Электронный источник] – URL: https://www.pochta.ru/support/business/api

5. Д. Кроксен-Джон, Й. Тондер Оптимизация интернет-магазина. Почему 95% посетителей вашего сайта ничего не покупают и как это исправить. Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина Паблишер», 2018. – 320 с.

Овчинников П.А.[1, 2], Лобанова Э.А.[1, 2], Трефилов И.В.[1, 2], Стронгин В.С.[1, 2], Макаров А.Г.[1, 2], Солдатов К.С.[1, 2], Шевченко Ю.А.[1, 2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗ ПЕРКОЛИРУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ АЛГОРИТМАМИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

[1]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
[2] Институт Прикладной Математики, ДВО РАН
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент В.Ю. Капитан

В настоящее время фазовые переходы и критические явления представляют большой интерес для исследования как с теоретической, так и с практической точек зрения. Модели в которых наблюдаются, фазовые переходы могут находить применение как в физике, например, статистической физике, физике конденсированного состояния и т. д., так и в других смежных областях, таких как биомедицина, биология, экология, экономика.

Наибольший интерес представляют критические индексы и критические значения параметров фазовых переходов, при достижении которых система переходит из одной фазы в другую. В последнее время для решения подобных задач начали применяться новые вычислительные подходы, такие как машинное обучение и нейронные сети [1].

Например, в статистической физике можно рассмотреть случай перколяции ферромагнитных и антиферромагнитных кластеров сквозь решётку спинов Изинга (рис. 1).

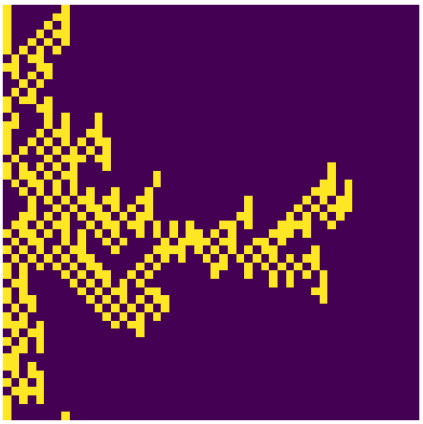


Рисунок 1 – Перколирующий кластер в модели Изинга, желтым цветом обозначены занятые узлы, фиолетовым цветом обозначены свободные узлы.

Подобные модели используют для изучения и других явлений, таких как электропроводимость, полимеризация, протекание пористых материалов, распространение эпидемий, надежность компьютерных систем и другие.

Чаще всего рассматривают перколяцию в двумерных системах, либо в одномерных системах, с развитием во времени. Моделирование перколирующего процесса в одномерной системе с параллельным обновлением представляет стохастический клеточный автомат, где влияние спинов друг на друга задается правилами, определяющими вероятность перехода спина из одного состояния в другое (таблица 1) [2].

Таблица 1

Правила перехода спина из одного состояния в другое

n_{i-1}, n_i, n_{i+1}	111,110,011,010	100,001	101	000
Вероятность (n_i = 1)	p	q	q(2-q)	0

Наличие или отсутствие перколяции при заданных правилах, а также характеристики получаемых перколирующих кластеров, такие как размер, количество и расположение, активно исследуются в подобных классах задач.

Скрытый перколирующий процесс возникает, когда протекание сквозь узлы решетки основывается на взаимодействии нескольких спинов друг с другом. В модели Изинга часто рассматривают пару спинов ферромагнетик-антиферромагнетик. В таком случае система считается перколирующей если можно построить кластер из пар ферромагнетик-антиферромагнетик от одной границы системы к другой [2].

Благодаря возможности с высокой точностью анализировать изображения, современные алгоритмы машинного обучения можно применять для изучения скрытых перколирующих процессов без использования других алгоритмов обработки систем [3]. Поскольку система с перколирующим кластером представляет из себя двумерную матрицу, алгоритмы нейронных сетей позволяют исследовать её с помощью методов, разработанных для эффективного анализа изображений.

Используя алгоритмы свёрточных нейронных сетей, была исследована зависимость фаз системы от вероятностных параметров q и p, используемых при её развитии (рис. 2).

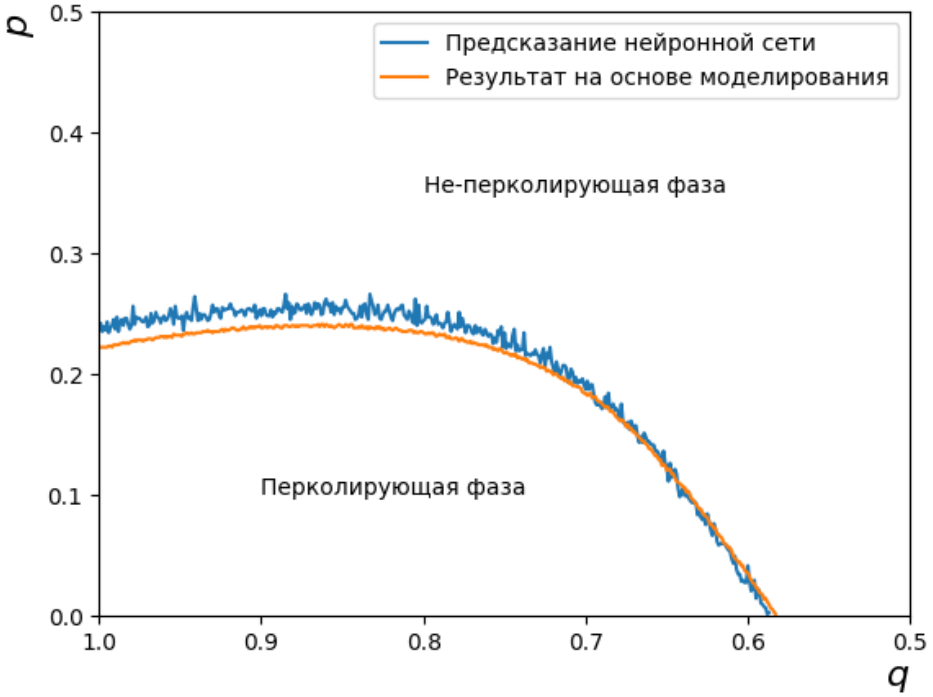


Рисунок 2 – Зависимость фазы систем от вероятностных параметров *q* и *p*.

На фазовой диаграмме представлена граница перехода между не-перколирующим состоянием и перколирующей системой.

Дальнейший исследовательский интерес представляет определение параметра порядка системы, в качестве которого может выступать максимальный размер скрытого перколирующего кластера. Также в дальнейшем планируется более подробное исследование границы перехода.

Исследование выполнено за счет средств Фонда ДВФУ, проект № Д-171-22, рамках Госзадания ИПМ ДВО РАН (№075-01290-23-00).

Список литературы

1. Shiina K., Mori H., Okabe Y., Lee H. K. Machine-learning studies on spin models // Scientific reports. – 2020. – vol. 10. – pp. 1-6.

2. Timonin P., Chitov G. Hidden percolation transition in kinetic replication process // Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical. - 2014

3. Shen J., Liu F., Chen S., Xu D., Chen X. Transfer learning of phase transitions in percolation and directed percolation // arXiv.org, 2022 URL: https://arxiv.org/pdf/2112.15516.pdf (дата обращения: 15.03.2023).

Орлов Г.А.

АЛГОРИТМ ОРИЕНТИРОВАНИЯ И ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕОКАМЕРЫ

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.П. Кудряшов

В данный момент активно развивается создание антропоморфных роботов андроидов. Некоторые крупные корпорации (например, Тесла) заявляют о больших планах на их производство, а некоторые (например Boston Dynamics) - уже выпускают свои продукты. Такие роботы предназначены для тяжёлой, но не слишком сложной работы в местах, где они могут заменить человека.

Для разных моделей роботов необходимо своё программное обеспечение, которое позволяет им ходить, брать различные предметы, и совершать другие полезные действия. Это логично, так как все эти действия привязаны к внутреннему устройству моделей роботов, и настраиваются индивидуально. Однако, некоторые алгоритмы имеют одинаковый функционал для большинства моделей роботов, и разрабатывать их каждый раз заново - неэффективно.

В данный момент, нет единого стандарта программного обеспечения для роботов, поэтому было принято решение разработать алгоритм, который не привязан к конкретному ПО, и может обрабатывать и использовать данные из различных источников, благодаря своей модульности.

Речь идёт о разработке алгоритма ориентирования на местности (в городской черте), для автономного робота андроида. Данный алгоритм позволит владельцу робота указать начальную и конченую точу, и робот самостоятельно пройдёт заданный маршрут, избегая возможных препятствий. Такой робот сможет заменить доставщиков еды, посылок, писем, или любых других предметов.

Разрабатываемый алгоритм будет работать параллельно основному ПО робота, и будет использовать данные со стереокамер и gps, в реальном времени. Он будет возвращать роботу только команды для движения в нужную сторону, с заданной скоростью.

Самостоятельно, алгоритм будет обрабатывать данные со стереокамер, строя карту глубин, которая позволит ему не допускать столкновения с объектами. Также он будет распознавать людей, машины, лестницы, светофоры, и другие важные объекты, встречаемые на пути.

Используя карту глубин, алгоритм будет оценивать расстояние до статичных объектов, и если объект оказывается на пути перед роботом, алгоритм даст команду обойти его.

Используя gps датчики, алгоритм будет отслеживать и корректировать маршрут робота. А для навигации по городским улицам будет задействованы сторонние сервисы, например, Яндекс Карты.

Также, алгоритм будет распознавать движущиеся объекты – такие как люди или машины, и просчитывать их траекторию движения, чтобы не допустить столкновения.

Данный спектр задач будет реализован с помощью открытой библиотеки обработки изображений - OpenCV.

В рамках реализации данного алгоритма была создана виртуальная среда тестирования, на базе игрового движка Unity. В данной среде различные объекты генерируются на пути у робота, который

движется прямо. Задача алгоритма на данном этапе его разработки – обойти препятствие, и не допустить столкновения.

На рисунке 1 представлено три момента работы алгоритма. Из левой и правой камеры строится карта глубины, которая далее отфильтровывается от помех, и вертикально сжимается, по максимальному значению.

Если сжатые значения попадают в красную зону, то они помешают движению робота. В таком случае алгоритм даёт команду на поворот в сторону.

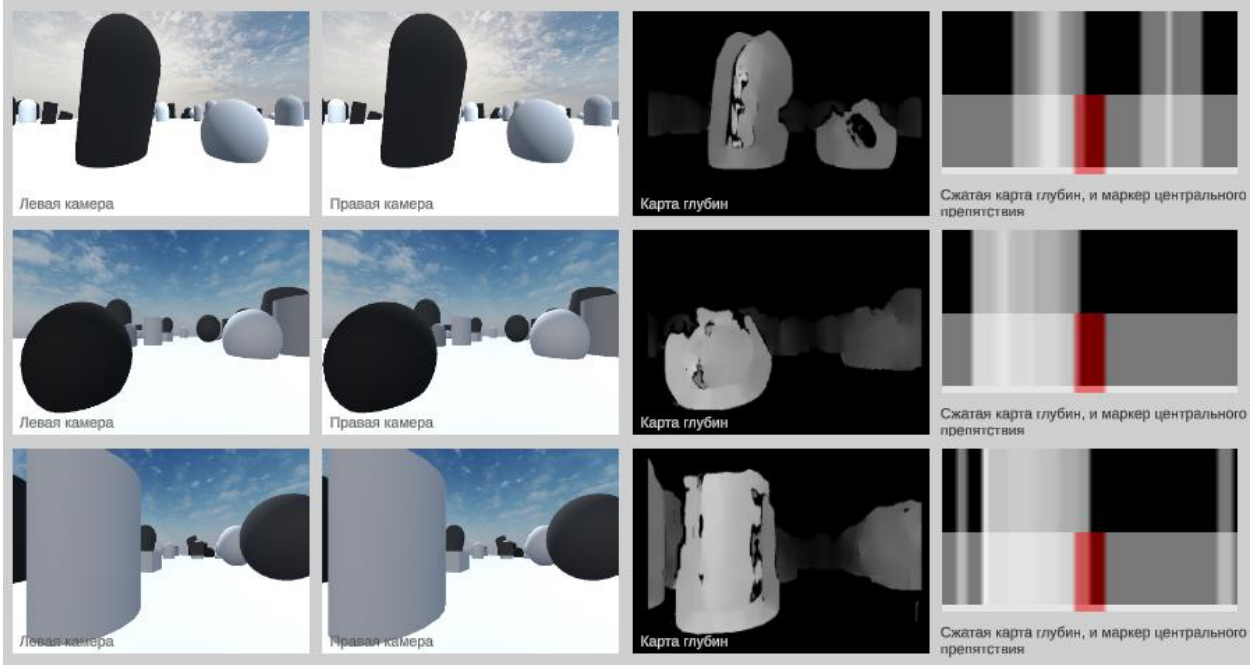


Рисунок 1 –Этапы работы алгоритма

Список литературы:

1. Реализованный на Unity проект и код алгоритмов [Электронный ресурс] — URL: https://github.com/GogikOrtey/Diplom-Progect-v1.4

2. Библиотека OpenCV [Электронный ресурс] — URL: https://opencv.org/

3.Saeed, Ghadirzadeh и Elmenreich. "Навигация для автономных мобильных роботов в городских условиях: обзор." – Робототехника и автономные системы. [Электронный ресурс] — URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/23/7898

4. Radanovic, Milovanovic и Starcevic. "Навигация автономных мобильных роботов в городских условиях с использованием технологии RFID." Транзакции IEEE по системам, человеку и кибернетике. [Электронный ресурс] — URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6047799

5. Alvarado и др. "Отслеживание пешеходов в реальном времени для автономных мобильных роботов в городских условиях." – Робототехника и автономные системы. [Электронный ресурс] — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092188901830684X

6. Triebel, Stachniss и Burgard. "Навигация роботов в городских условиях с использованием визуальной информации." – Робототехника и автономные системы. [Электронный ресурс] — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889010001977

Перфильева Д.В., Полянская Э.О., Сусоева А.Д.

СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ В ТЕКСТЕ СКРЫТОЙ РЕКЛАМЫ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор департамента С.В. Смагин

В последнее время появляется все больше активных пользователей социальных сетей. Согласно последним исследованиям GWI, среднестатистический пользователь ежедневно проводит на онлайн-платформах около 83 мин. своего времени, непроизвольно находясь в зоне информационного влияния. Одним из видов влияния является реклама (размещение сообщений фирмами, организациями, учреждениями и физическими лицами, которые стремятся проинформировать или в чем-то убедить представителей определенной целевой аудитории относительно своего бренда, продуктов, услуг, организаций или идей [1]).

Однако, нередко товарные марки продвигаются на рынке за счет незаконной в РФ скрытой рекламы (большого набора технологий и методов по продвижению бренда, услуги или компании, которые обычно сопровождают прямую рекламу и направлены на достижение оптимальных маркетинговых результатов [2]). При этом используются коммуникации, не входящие в сферу деятельности рекламных агентств, даже в рамках социальных сетей.

В отличие от обычной рекламы, которая содержит прямое описание достоинств товара, говорит о выгодах его приобретения и призывает купить товар прямо сейчас, скрытая реклама продумывается так, чтобы учитывались предпочтения целевой аудитории, формат и особенности площадки, на которой она размещается. Также итоговая публикация должна плавно вписываться в контекст (сюжет, текст, фото и др.), вызвать интерес и подаваться таким образом, чтобы пользователи получили удовольствие от ее прочтения.

Реклама и скрытые сообщения окружают человека повсюду, но часто он слишком занят, чтобы замечать их. Определить, содержит ли текст, внешне напоминающий простой отзыв или рекомендацию, скрытую рекламу, можно на основании следующих признаков:

1. Связь информации, заложенной в тексте, с предпринимательской деятельностью. Такая информация призвана формировать и поддерживать интерес к физическому или юридическому лицу, чтобы способствовать продвижению и реализации товаров, услуг и т.д.
2. Предназначение информации для неопределенного круга лиц.
3. Целенаправленное обращение внимания потребителей на производителя, марку, продавца и т.п. для формирования и поддержания интереса к товару или услуге.
4. «Искусственный» характер новости, когда значимость сообщения для аудитории является преувеличенной или надуманной, не имеющей реальной основы.
5. Эмоционально-экспрессивная, позитивно-оценочная аргументация в пользу предмета рекламы, которая часто выражается в неумеренном, неуместном и неестественном восторге по поводу какого-либо обычного товара или услуги.
6. Императивность (наличие категоричных и безусловных требований к поведению).
7. Позиционирование предмета рекламы, придание ему отличительных свойств.
8. Ориентация на незамедлительную продажу товара, обращение внимания на востребованность товара или на «привязку» к конкретному временному периоду.

Существуют следующие виды скрытой рекламы [3]: 25-ый кадр, который незаметен человеку, но фиксируется на подсознательном уровне; продакт плейсмент, т.е. размещение товара

существующего бренда в фильмах, сериалах, книгах и т.д.; интернет-форумы, где скрытую рекламу размещают в ходе обсуждения; блоги; новостные ресурсы; СМИ.

Самым распространенным видом является скрытая реклама в тексте. Такой вид чаще используют в социальных сетях. Наиболее эффективный способ выявления такой рекламы – это применение специализированных программных средств. Такие средства позволяют пользователю получить вывод по тексту на основе объективного всестороннего анализа. Рассмотрим их категории: средства для выявления скрытой рекламы (например: AdVerif.ai, BrandBastion); средства, которые могут помочь в выявлении скрытой рекламы путем выделения ключевых слов и сравнения текстов (например: BuzzSumo, Semrush).

Таблица

Сравнение категорий программных средств

Функции	AdVerif.ai	BrandBastion	BuzzSumo	Semrush
Выявление ключевых слов	+	+	+/–	+
Выделение сущностей	+	+	–	–
Анализ тональности	+	–	+	–
Анализ контекста	+	+	+	–
Точность выявления	+	+	+/–	+/–
Составление отчета	+	+	+/–	+/–
Доступность	–	+/–	–	–
Процентная вероятность наличия скрытой рекламы	+	+	+	–
Настройка значимости параметров	–	–	–	–

Все рассмотренные программные средства используют метод, которой определяет скрытую рекламу в тексте при помощи выявления ключевых слов. Данный метод, использующий обученные модели, может упустить скрытую рекламу, написанную в стиле автора или обходящую систему за счет использования нестандартной грамматики. Для решения такой проблемы требуется приложение, позволяющее настраивать параметры, которые отображают вероятность наличие скрытой рекламы в тексте. Пользователь самостоятельно задает строгость проверки на наличие скрытой рекламы в тексте. Для достижения большей точности в определении вероятности наличия скрытой рекламы в тексте, эффективно использовать комбинацию различных методов анализа текста, таких как: анализ тональности, анализ стиля, анализ грамматических конструкций, анализ частоты употребления слов и фраз, связанных с рекламой или рекламируемых продуктов.

В настоящее время командой программистов Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ разрабатывается программное средство для выявления скрытой рекламы в текстах, обладающее следующим функционалом: выявление ключевых слов, выделение сущностей, анализ тональности, анализ контекста, процентная вероятность содержания скрытой рекламы в тексте, точность выявления, составление отчета, доступность, настройка значимости параметров.

Список литературы

1. Что такое реклама. [Эл. ресурс]. URL: https://skillbox.ru/media/marketing/chto-takoe-reklama-prostymi-slovami-ob-ogromnoy-industrii/#stk-1 (дата обращения: 04.04.2023).

2. Теоретико-методологические аспекты изучения скрытой рекламы. [Эл. ресурс]. URL: https://studwood.net/1894739/marketing/teoretiko_metodologicheskie_aspekty_izucheniya_skrytoy_reklamy (дата обращения: 04.04.2023).

3. Решения проблемы скрытой рекламы от AdVerif. [Эл. ресурс]. URL: https://adverifai.com/our-solution/ (дата обращения: 05.04.2023).

Проскурин Д.А., Балашенко П.Ю.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СУДЕБНЫХ ИСКОВ НА ИНТЕРНЕТ-ИМИДЖ КОММЕРЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., профессор департамента С.В. Смагин

Большинство компаний применяют практику проверки судебной истории контрагента перед началом сотрудничества. Благодаря информации, получаемой из судебных дел, можно узнать о различных аспектах ведения дел и состоянии компании. Анализ этой информации позволяет составить общее представление о деловой репутации компании, которая формируется из соблюдения или несоблюдения условий договоров, а также понять ценность деловой репутации для самой компании. Например, если в адрес компании регулярно приходят иски о низком качестве товаров или оказываемых услуг, невыполнении обязательств, можно сделать определенные выводы и избежать проблем при сотрудничестве.

В вопросах оценки деловой репутации преимущественно рассматривается арбитражное судопроизводство, к которому относятся споры: экономические, налоговые, финансовые, таможенные и другие, связанные с предпринимательской деятельностью.

История судебных дел хранится как в общедоступных, так и в платных базах данных. Самым часто используемым и надежным источником информации является картотека арбитражных дел [1]. Сайт регулируется государством, что исключает фальсифицирование и недостоверность предоставленной информации. Все дела доступны к скачиванию в формате pdf. Вторым по популярности источником информации о судебных исках является ГАС РФ «Правосудие» [2]. Сервис «Банк данных исполнительных производств Федеральной службы судебных приставов России» [3] предоставляет возможность узнать о наличии гражданских производств, задолженностей по налогам и сборам, порядке взыскания задолженности.

Судебные дела контролируются органом судебной власти и имеют четко определенную процедуру, результатом которой является формальный документ стандартизированной структуры (постановление суда, определение и т.д.) с решением по делу. Наибольший интерес для исследования в контексте оценки интернет-имиджа коммерческой компании представляет следующая информация:

- сумма иска;
- ответчик или истец;
- статус судебного дела (выиграно, проиграно, прекращено, на рассмотрении);
- дата.

На основе данной информации можно составить ряд критериев для формирования оценки «судебного благополучия» исследуемой компании, как части составной многоуровневой оценки интернет-имиджа компании [4]. Такая оценка будет формироваться на основе вышеприведенной информации с использованием следующих шести критериев:

1. Общая сумма исков. Обоснованные иски с большими денежными требованиями к удовлетворению по отношению к финансовым возможностям компании могут инициировать финансовые проблемы в компании вплоть до ее банкротства. При помощи государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности [5] можно по ИНН, ОГРН или названию организации найти информацию об ее уставном капитале и активах с детализацией по бухгалтерскому балансу, финансовым результатам, изменению капитала и другим данным за определенный год [6-10]. Это дополнительная информация поможет количественно оценить тяжесть долгов компании при помощи формулы (1):

$$a_1 = 1/(\sum_1^n Duty_i\ /AuthC + \sum_1^n Duty_i\ /AsC) \quad (1)$$

где AuthC – размер уставного капитала компании; AsC – активы компании. Значение оценки находится в диапазоне $[0, \infty)$. Значение 0 говорит о том, что у компании нет долговых обременений, значение равное и больше 1 – размер активов и уставных капиталов равен или много меньше суммарного долга и компания скорей всего обанкротится. Оптимальным эмпирическим значением для данного критерия является 0,5.

2. Общее количество споров. Количество возможных судебных споров, идущих одновременно, должно быть соизмеримым с масштабом компании. Однако, большое количество исков в сочетании может являться маркером грядущего банкротства.

3. Судебная нагрузка. Если судебная нагрузка компании примерно одинакова на протяжении длительного периода, значит ситуация в ней стабильна. Если заметен рост количества споров, возможно, в ней наметился кризис. Также по данному показателю можно проверить, соответствует ли исковая нагрузка компании средним показателям по отрасли. Высчитывается по формуле (2):

$$a_2 = \bar{x}/\sigma(3) \quad (2)$$

где $\bar{x}$ – среднее; x_i – количество судебных дел в отношении компании i-го месяца за период времени; n – количество месяцев; σ – среднеквадратичное отклонение. Значение критерия находится в диапазоне (0, ∞). Если $a_2 > 3{,}33$, то считается, что в каждом из рассматриваемых месяцев судебная нагрузка распределена равномерно. Низкая волатильность тренда количества судебных дел говорит о стабильности работы компании и ее репутации.

4. Частота представления перед судом (в качестве ответчика) по гражданско-правовым спорам. Высокий показатель критерия говорит о том, что компания имеет практику не соблюдать условия договора. Следовательно, чем меньше таких ситуаций, тем благоприятнее это для формирования хорошей оценки интернет-имиджа компании. Высчитывается по формуле (3):

$$a_3 = def/cla \quad (3)$$

где def – число ситуаций в качестве ответчика; cla – общее число судебных исков. Значение критерия находится в диапазоне [0, 1].

5. Доля выигранных дел. Выигранное дело означает необоснованность судебного иска, что повышает надежность компании, следовательно, положительно влияет на интернет-имидж. Высчитывается по формуле (4):

$$a_4 = win/cla \quad (4)$$

где win – число судебных дел в пользу компании; cla – общее число судебных исков. Значение критерия находится в диапазоне [0, 1].

6. Итоги и текущее состояние в делах (выиграно, проиграно, прекращено, на рассмотрении для ответчика и истца). Для расчетов используется формула (5):

$$a6 = \sum_1^n C\ artV_i/n \quad (5)$$

где $CartV_i$ высчитывается исходя из определенного статуса судебного спора и занимаемой стороны для каждого судебного спора. Изначально итоговое значение CartV принимается 0 или 1 исходя из занимаемой стороны и корректируется статусом судебного дела; n – количество судебных дел (Рисунок 1). Значение критерия находится в диапазоне [0, 1]. Чем выше данный критерий, тем лучше это сказывается на имидже компании.

Рисунок 4 – Шкала измерения критерия CartV(i)

Оценка интернет-имиджа компании на основе разнородных критериев для источника данных касающихся судебных дел может представлять собой модуль N-мерного вектора. Вектор представлен в формуле (6):

$$||CourtCommonValue|| = \sqrt{w_1^2 a_1^2 + \ldots + w_n^2 a_n^2} \quad (6)$$

где w_i – коэффициент важности, a_i – критерий. Значение оценки находится в диапазоне $[0, \infty)$.

Данная модель может быть настроена под нужды конкретной компании благодаря коэффициентам важности. Для оценки адекватности данной модели необходимо разработать программное средство сбора данных, собрать данные и провести на их основе эксперимент.

Список литературы

1. Картотека арбитражных дел [Электронный ресурс] – URL: https://kad.arbitr.ru/
2. ГАС РФ «Правосудие» [Электронный ресурс] – URL: https://sudrf.ru/
3. Банк данных исполнительных производств [Электронный ресурс] – URL: https://fssp.gov.ru/iss/ip
4. Проскурин Д.А., Балашенко П.Ю. Оценка интернет-имиджа коммерческой компании на основе лог-файлов официального сайта // Материалы Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по естественным наукам, Владивосток, 15-30 апреля 2022 г. [Электрон. ресурс] / Отв. ред. В.Ю. Ермаченко. https://www.dvfu.ru/institute_of_high_technologies_and_advanced_materials/Conferences/
5. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности [Электронный ресурс] – URL: https://bo.nalog.ru/
6. I.N. Intelligent Systems and Applications, 2017, 11, 17-25 Published Online November 2017 in MECS (http://www.mecs-press.org/) DOI: 10.5815/ijisa.2017.11.03.
7. БКС Мир инвестиций // Как оценивать долги компании производств [Электронный ресурс] – URL: https://vc.ru/bcs/319982-kak-ocenivat-dolgi-kompanii
8. RusProfile // Проверка судебных дел организации [Электронный ресурс] – URL: https://www.rusprofile.ru/articles/sudebnye-dela

9. Мое дело // Проверка ООО на судебные дела https://www.moedelo.org/club/ proverka-kontragentov/kak-proverit-ooo-na-sudebnye-dela-po-inn

10. Casebook // Как найти судебные дела по ИНН [Электронный ресурс] – URL: https://casebook.ru/demo/articles/sudebnye-dela-po-inn

---

Решетнев Н.Я. Гончарук Д.М. Кадомцев В.А.

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ, ДОКУМЕНТООБОРОТА И ДНЕВНИКА ДЛЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЦЕНТРА МАТЕМАТИКИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – ассистент ДПИиИИ Симаков В.К.

Тенденции развития российского образования стремятся к популяризации дополнительного образования в различных учебных сферах. Одной из приоритетных тенденций является подготовка обучающихся различных учебных заведений к самообразованию и самоорганизации на студентоцентрированной основе [1].

Дальневосточный центр математики предоставляет услуги по подготовке к ОГЭ и ЕГЭ по математике, информатике и физике, поступлению в ВУЗ, осуществляет подготовку к математическим олимпиадам [2].

В центре математики проводятся занятия по математике для школьников, студентов и всех интересующихся, а также курсы по повышению квалификации для учителей. Дальневосточный центр математики проводит летние математические лагеря для детей. В центре математики проводятся семинары [2].

Сейчас в Дальневосточном центре математики обучается около 180 учеников, при этом с каждым годом наблюдается прирост количества обучающихся.

Поскольку преподавателям нужно осуществлять контроль изменения уровня знаний, навыков и умений, то им нужно проводить тесты и контрольные работы. Проверка, выставление оценки, а также пояснение ошибок обучающегося чаще всего занимает учебное время, что негативно сказывается как на преподавателях, так и учениках.

Каждый студент дальневосточного центра математики заключает договор с центром об оказании образовательных услуг. В договоре указывается подробная информация о курсе, времени прохождения, количеству занятий, цене за курс и прочие данные ученика.

Данный договор заполняется администратором вручную, а студенту выдаётся его бумажная копия. Данные о размере выплат, которые заказчик должен ежемесячно вносить в качестве оплаты образовательных услуг, вносятся в приложение «Мой класс» и доступны только администратору. По этой причине администратор вынужден самостоятельно напоминать заказчику об оплате.

Количество учеников растёт, администратору приходится вести взаимодействие со всеми учебными группами одновременно. Как следствие происходят случаи, когда администратор забывает передать какое-либо домашнее задание или информацию об изменении в расписании занятий.

Объектами исследования для каждой из подсистем соответственно являются: создание адаптивных тестов, составление договоров с напоминаниями об оплате, создание электронного дневника.

Предметами исследования для каждой из подсистем соответственно являются: существующие системы для создания тестов и адаптивных тестов, существующие системы для составления договоров с напоминанием об оплате, существующие системы электронных дневников.

Был проведён сравнительный анализ существующих программных средств, соответствующих каждой из описанных подсистем по основным функциям.

Таблица 1

Сравнение образовательных платформ для создания тестов и адаптивных тестов.

Образовательная платформа / Функции	Stepik	Moodle	Core App	Indigo	SunRav Web Class
Мобильность	Мобильное приложение	-	Адаптивный дизайн	-	Адаптивный дизайн
Теория и практика	+	-	+	+	+
Форум	+	-	-	-	-
Бесплатный базовый функционал	+	+	+	+	+
Система адаптивного тестирования	-	-	-	-	+[1]
Кастомизация	+	+	+	+	+

1 - Доступно только в платной версии для тестов на психологическую тематику

Таблица 2

Сравнение платформ для составления договоров

Платформа / Функции	Мой класс	КонсультантПлюс	FreshDoc	DockZilla	1С: Документооборот
Тип программного обеспечения	Условно бесплатный	Коммерческий	Коммерческий	Условно бесплатный	Коммерческий
Создание своих шаблонов договоров	+	-	-	-	+
База шаблонов договоров	-	+	+	+	+
Поддержка отправки уведомлений	+	-	-	-	+
Отслеживание изменений в договоре	-	-	-	+	+

Таблица 3

Сравнение платформ «Дневник»

Образовательная платформа / Функции	Дневник.ру	Moodle	Мой класс	ЯКласс	Microsoft Teams	Google Classroom
Бесплатный базовый функционал	+	+	-	-	+	+
Размещение домашних заданий	+	+	+	+	+	+
Оценивание домашних заданий	+	+	-	+	+	+
Сдача домашних заданий	+	+	-	+	+	+
Создание и просмотр расписания	+	+	+	-	+	+
Домашние задания в виде тестов	-	-	-	+	+	+
Удобное расписание занятий с информацией о домашних заданиях	+	-	-	-	-	-

Список литературы

1. Далингер, В. А. Тенденции развития современного российского образования / В. А. Далингер // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2020. – С. 1-3.

2. Дальневосточный центр математики [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://matdv.ru/

Рольщиков М. Е.

ГЕНЕРАТОРЫ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ: ОБЗОР И НАЗНАЧЕНИЕ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г. П. Озерова

Учебные задания являются важным элементом образовательного процесса, так как они позволяют проверять знания и умения обучающихся, а также стимулировать их интерес к изучаемому предмету. Однако создание учебных заданий вручную является трудоемким и затратным процессом, который требует большого количества времени и ресурсов от преподавателей. Кроме того, учебные задания должны быть разнообразными, актуальными, адаптированными к уровню и потребностям обучающихся, а также соответствовать стандартам и требованиям образовательной системы [1-3].

В связи с этим, появилась необходимость разработки специальных программных средств, которые могут автоматизировать процесс генерации учебных заданий на основе различных источников информации, таких как тексты, изображения, видео, аудио и т.д. Такие средства называются генераторами учебных заданий [1-2].

Целью данной работы является обзор существующих генераторов учебных заданий, а также анализ их преимуществ и недостатков.

Для классификации генераторов учебных заданий можно использовать разные критерии. Один из них — это способ генерации. Например, есть генераторы на основе шаблонов, генераторы на основе правил, генераторы на основе анализа данных. Другой критерий – предметная область. Например, есть генераторы для естественных языков, химии, математики [1-3].

В настоящее время существует ряд решений, упрощающих генерацию определенных классов задач: Mathematica, ЯКласс, Genexis, онлайн-генераторы определенных типов задач. Для каждого решения были выделены область применения, тип генерируемых задач, достоинства и недостатки. Результаты сравнения приведены в таблице.

Таблица

Сравнение программных средств

Функция \ Программное средство	Mathematica	ЯКласс	Genexis	Готовые генераторы
Возможность бесплатного использования	–	+/–	+	+
Возможность использования в браузере	+	+	–	+/–
Ориентация на пользователя не знакомого с программированием	–	+	+	+/–
Возможность добавить свой генератор	+	+/–	+	+/–
Возможность генерации сложных заданий	+	–	–	+/–
Возможность создания рисунков к задаче	+	–	–	+/–
Возможность автоматического формирования ответов	+	+/–	+/–	+/–
Возможность экспорта вариантов в различные форматы	+	–	+/–	+

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что применение генераторов учебных заданий в образовательной практике значительно упрощает создание комплектов многовариантных заданий для преподавателей. Это положительно влияет на процесс обучения, так как каждый студент получает индивидуальный вариант, что исключает возможность простого переписывания решения у других студентов.

Список литературы

1. Посов, И. А. Обзор генераторов и методов генерации учебных заданий / И. А. Посов. — Текст : непосредственный // Образовательные технологии и общество. — 2014. — № 4. — С. 593-609.

2. Степанов, А. В. Система компьютерной генерации заданий по математике / А. В. Степанов. — Текст : непосредственный // Компьютерные инструменты в образовании. — 2000. — № 3-4. — С. 28-31.

3. Разработка приложения по генерации учебных заданий к тексту на естественном языке на основе порождаемых шаблонов / Д. В. Личаргин, А. А. Усова, В. В. Сотникова [и др.]. — Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2–2.

Садыков Р.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И АНАЛИЗ НОВОСТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОРГОВОГО РОБОТА

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.Н. Лиховидов

В последние годы применение искусственного интеллекта в финансовой сфере стало особенно актуальным, это связанно с тем, что существующие торговые роботы не всегда демонстрируют высокую эффективность работы, что затрудняет достижение желаемых результатов на финансовых рынках.

Сегодня на рынке существует множество инновационных технологий, которые позволяют проводить анализ финансовых данных и прогнозировать изменения цен на финансовых рынках. Наиболее перспективным среди них является применение методов глубокого обучения и нейронных сетей опирающиеся на биржевые и новостные данные, поскольку такой подход позволяет получить более точные прогнозы изменений цен на акции, чем при использовании только методов технического анализа [1].

Кроме того, существует ряд исследований, посвященных применению нейронных сетей для прогнозирования временных рядов различной природы, включая цены на финансовых рынках. Такие исследования позволяют точнее прогнозировать изменение цен на рынках и снижать риски инвестирования [2, 3, 4].

Каждая архитектура нейронной сети имеет свои особенности и может быть наиболее подходящей для определенного типа прогнозирования изменений цен на акции. Свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks - CNN) могут быть эффективными при работе с изображениями, что может быть полезным для анализа технических графиков изменений цен на акции [5]. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Networks - RNN) могут быть полезными при работе с последовательными данными, например, при анализе новостных статей [6]. Глубокие нейронные сети (Deep Neural Networks - DNN) могут быть использованы для анализа сложных структур данных, таких как финансовые отчеты компаний [7].

Одна из наиболее распространенных архитектур нейронных сетей для прогнозирования изменений цен на акции — это рекуррентные нейронные сети. Они могут эффективно обрабатывать последовательные данные, что может быть полезным при анализе новостных статей [8]. Данные из новостных статей можно рассматривать как последовательность слов и фраз, которые могут быть использованы для прогнозирования изменений цен на акции.

Однако, применение нейронных сетей для прогнозирования изменений цен на акции имеет свои ограничения. Например, нейронная сеть может не учитывать внешние факторы, которые могут повлиять на изменения цен на акции [9]. Кроме того, в некоторых случаях нейронная сеть может давать неправильные прогнозы, что может привести к большим потерям для инвесторов.

Несмотря на риски использования такого подхода, разработка торгового робота на основе нейронной сети и анализа новостных данных может быть полезной для инвесторов. Нейронные сети могут обрабатывать большие объемы данных и находить скрытые зависимости между ними, что может помочь в прогнозировании изменений цен на акции. Анализ новостных данных также может быть полезен, так как новости могут содержать информацию, которая может повлиять на цены на акции.

В заключение, хотелось бы отметить, что разработка торгового робота на основе нейронной сети и анализа новостных данных является актуальной и перспективной задачей в области финансовых технологий. Данная работа показала, что использование применение методов глубокого обучения и нейронных сетей для торговли на финансовых рынках и прогнозирования изменения цен имеет большой потенциал. Результаты, полученные в рамках этих исследований, могут быть полезны для финансовых аналитиков и трейдеров при принятии решений на рынке. Безусловно, этот вид исследований продолжит развиваться и станет еще более перспективным в будущем.

Список литературы

1. Gidofalvi G., Elkan C. Using news articles to predict stock price movements //Department of computer science and engineering, university of california, san diego. – 2001. – Т. 17.

2. Yap K. L., Lau W. Y., Ismail I. Deep learning neural network for the prediction of Asian Tiger stock markets //International Journal of Financial Engineering. – 2021. – Т. 8. – №. 04. – С. 2150040..

3. Deng Y. et al. Deep direct reinforcement learning for financial signal representation and trading //IEEE transactions on neural networks and learning systems. – 2016. – Т. 28. – №. 3. – С. 653-664.

4. Mohan S. et al. Stock price prediction using news sentiment analysis //2019 IEEE fifth international conference on big data computing service and applications (BigDataService). – IEEE, 2019. – С. 205-208.

5. Chen S., He H. Stock prediction using convolutional neural network //IOP Conference series: materials science and engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 435. – №. 1. – С. 012026.

6. Moghar A., Hamiche M. Stock market prediction using LSTM recurrent neural network //Procedia Computer Science. – 2020. – Т. 170. – С. 1168-1173.

7. Chong E., Han C., Park F. C. Deep learning networks for stock market analysis and prediction: Methodology, data representations, and case studies //Expert Systems with Applications. – 2017. – Т. 83. – С. 187-205.

8. Fabbri M., Moro G. Dow Jones Trading with Deep Learning: The Unreasonable Effectiveness of Recurrent Neural Networks //Data. – 2018. – С. 142-153..

9. Naeini M. P., Taremian H., Hashemi H. B. Stock market value prediction using neural networks //2010 international conference on computer information systems and industrial management applications (CISIM). – IEEE, 2010. – С. 132-136.

Салмина А.Н., Грядунова А.Н.

АНАЛИЗ СРЕДСТВ И ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ WEB-САЙТОВ

Кафедра “Математическая кибернетика и информационные технологии” МТУСИ
Научный руководитель - к.т.н., доцент кафедры МК и ИТ Т.Д. Фатхулин

Сегодня гаджеты используются во всех сферах жизни человека. Цели их использования можно разделить на несколько категорий: развлекательная, познавательная и рабочая. Самым часто используемым средством как на компьютере, так и на телефоне является интернет-браузер. Многие функции современных гаджетов остаются недоступными для пользователей без подключения к сети Интернет.

Согласно статистике [2], которая определяет актуальность настоящей темы, можно выявить следующую информацию:

- На начало 2023 года 5,44 миллиарда человек пользовались мобильными телефонами, что составляет 68% от общей численности населения мира.
- 64,4% мирового населения имеют доступ в Интернет. За год это количество выросло на 1,9%.
- На начало 2023 года соцсети насчитывали 4,76 миллиарда пользователей, это почти 60% от мирового населения.

Одними из самых часто используемых приложений, для которых Интернет необходим, являются браузеры, позволяющие просматривать Web-сайты. Самым популярным браузером в мире на январь 2023 года стал Google Chrome, его доля рынка составляет 65,47% [2]. Второе место занимает Safari [2].

По статистике на январь 2023 года, в Интернете было 1,88 миллиарда сайтов [2]. Также статистика утверждает, что в среднем ежедневно человек проводи не менее 3-х часов в день, посещая различные сайты [1, 3, 4, 5]. Учитывая эту тенденцию, многие компании стали вести бизнес через Интернет.

Самый простой и распространённый способ создания Web-сайтов — использование различных конструкторов сайтов. Сайты также можно создавать с нуля, не используя специализированные средства. Такие сайты в перспективе имеют больший функционал, однако для такой работы требуется обширная база знаний и большие временные затраты. На лидирующих позициях рейтинга конструкторов Web-сайтов находятся «Mottor», «Nethouse», «1C-UMI» и «Tilda» [4].

На рисунке 1 представлены страницы сайта, разработанные при помощи конструктора «Tilda» (A) и без сторонних инструментов (B).

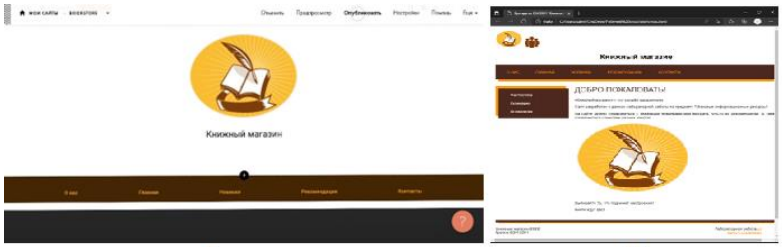


Рисунок 1 – Страница сайта, созданного с помощью «Tilida» (A) и вручную (B)

Для создания сайта без сторонних инструментов были применены следующие средства программирования HTML, CSS, PHP, JavaScript. В таблице ниже представлено сравнение программного метода (без сторонних инструментов) и метода создания сайтов при помощи конструкторов для примера простого сайта.

Таблица

Сравнительный анализ методов создания несложных сайтов

Критерий	Программный метод	Создание при помощи конструктора
Время разработки (при наличии макета и опыта работы)	8 ч.	2 ч. (при условии создания собственного дизайна)
Гибкость разработки	Ограничена возможностями средств программирования HTML, CSS, PHP, JavaScript	Ограничена возможностями конструктора
Надежность	Есть человеческий фактор, однако больше возможностей	Обеспечение надежность осуществляется только при помощи средств, предоставляемых конструктором
Необходимый уровень подготовки	Знание языков программирования, понимание разметки и т.д	Знание основ дизайна
Доступность метода	Требует специальной подготовки/изучения материала	Общедоступный
Доступность интерфейса	Зависит от разработчика	Зависит от платформы
Адаптивность	Используются медиа-запросы (media queries)	Настраиваемая, при покупке подписки

Таким образом, в результате проведенного анализа были определены основные критерии, по которым следует осуществлять сравнение методов создания сайтов. Показано, что использование современных средств и инструментов для создания многофункциональных Web-сайтов позволяет значительно ускорить процесс разработки при наличии определенного опыта у разработчика.

Список литературы

1. Дакетт Д. « HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов ». Издательство: John Wiley and Sons, Ltd. 2022 г. 478 с.
2. Статистика Интернета и соцсетей на 2023 год [Электронный ресурс] – URL: https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2023-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/
3. Мальцев И. «Проектирование сайтов». Издательство: ЛитРес, 2018 г. 170 с.
4. Молочков В. «Создание сайтов на Tilda. Самоучитель». Издательство: BHV, 2021 г. 352 с.
5. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство. Издательство: Символ-Плюс, 2008 г. 992 с.

Середа С.В.

СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАЗМЕТКИ ЛИЦ НА ФОТОГРАФИЯХ ДЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ УСЛУГ БОТА

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Яровенко И.П.

В последние годы развитие систем компьютерного зрения становится все более актуальным. Одной из областей применения систем компьютерного зрения является распознавание лиц на фотографиях, которое находит свое применение как в сфере безопасности, так и в сфере сервиса и маркетинга [1,2]. В данном докладе представлена система детектирования и разметки лиц на фотографиях с мероприятий с предоставлением услуг бота. В современном мире социальные сети и мессенджеры стали неотъемлемой частью нашей жизни, и многие люди используют их для общения и участия в различных мероприятиях. Однако, поиск фотографий, содержащих снимки интересующих лиц, участвовавших в данных мероприятиях может быть сложным и занимать много времени. Разработанная система детектирования и разметки лиц может значительно упростить этот процесс и сделать его более быстрым и удобным.

Предлагаемая система использует методы распознавания лиц с запоминанием дескриптора в базу данных, для дальнейшего сравнения с лицами участников телеграмм бота. При построении системы использовались библиотеки глубокого обучения – MCNN, TensorFlow, Keras, а также Dlib, OpenCV. Применение данного стека технологий позволило создать систему, позволяющую решать поставленную задачу с высокий процентом распознавания.

Особое внимание в докладе уделено разработке пространственно-взвешенной нормализации яркости изображения для улучшения точности получения и сравнения дескрипторов лиц [3]. Данная технология позволяет значительно повысить качество распознавания лиц, а также уменьшить количество ложных срабатываний. Также рассмотрены вопросы оптимизации системы для снижения ресурсоемкости серверного оборудования и обеспечения быстродействия при предоставлении API для интеграции в сервисы и продукты сторонних компаний.

Список литературы

1. Face Recognition [Электронный ресурс]– URL: https://github.com/ageitgey/face_recognition
2. Сравнительный анализ систем распознавания лиц, построенных с использованием блоков стандартных архитектур. [Электронный ресурс] – URL: http://www.sut.ru/doci/nauka/1AEA/ITT/2020_3/94-101.pdf

3. Повышение точности нейросетевых методов верификации лиц за счет пространственно-взвешенной нормализации яркости изображения. [Электронный ресурс] – URL: https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=itvs&paperid=359&option_lang=rus

---

Сидорова С.В.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ КАРТЫ – ИХ РОЛЬ В ПРОДВИЖЕНИИ РАЗНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Человек, живущий в городской среде, имеет возможность взаимодействовать с различными учреждениями, в том числе и с теми, которые могут скрасить его досуг, помочь в самообразовании, повысить его культурный уровень. Однако, человек может иметь определённые трудности в ориентации среди множества подобных учреждений, их выборе в качестве места проведения своего свободного времени. Для этого различные государственные, частные как коммерческие, так и не коммерческие структуры и просто энтузиасты создают интерактивные карты.

Интерактивная карта – это электронная карта, представляющая собой визуальную информационную систему, работающую в режиме двухстороннего диалогового взаимодействия пользователя и компьютера [3].

В настоящий момент существуют разные электронные картографические проекты, которые могут быть использованы при создании интерактивных карт. Рассмотрим некоторые из них.

2 GIS - это картографический сервис, разработанный в Новосибирске с подробным справочником городов России и различным набором инструментов для пользователей. Он нацелен на детализацию городской среды и комфортную навигацию в ней [1].

Яндекс Карты – это российский картографический сервис с различными дополнительными возможностями среди которых информирование об общественном транспорте, справочник мест и организаций, а также база адресов и множество других возможностей [6].

Google Maps – это бесплатный картографический сервис и набор различных технологий от Google. Среди его возможностей глобальная база адресов, реализованные технологии визуализации данных, отслеживание перевозок и доставки, информирование пользователей о местах по близости и другие возможности, которые предоставляются клиентам из различных стран [4].

OpenStreetMap – это некоммерческий картографический сервис созданный в Великобритании и признанный во многих странах Мира. Его особенностью является большое вокруг него сообщество энтузиастов, которое помогает ему развиваться накапливая различные данные о местностях и тем самым создавая большие массивы открытых данных [5].

Wikimapia - это пример успешной интерактивной карты созданной российскими авторами на основе Google Maps. Это многоязычная карта для совместной работы с открытым контентом, она предоставляет свободный доступ к своим данным для общего пользования. Викимапия постоянно меняется, её авторы стараются поддерживать её в актуальном состоянии и собирать всё больше информации из всех доступных источников [2].

В заключение можем сказать, что создание интерактивных карт позволяет их авторам донести различную востребованную информацию для предполагаемого пользователя, тем самым осуществить

продвижение в городской среде различных учреждений и информации об их ресурсах и услугах, что является одним из направлений деятельности этих самых учреждений – их собственная популяризация.

Список литературы

1. 2ГИС: карты, навигатор, места // Play Google: [Электронный источник] – URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.dublgis.dgismobile (дата обращения: 30.03.2023).
2. About Wikimapia // Wikimapia: [Электронный источник] – URL: https://wikimapia.org/about/ (дата обращения: 30.03.2023).
3. Карпушина Д.Д. Интерактивная карта как визуальная информационная система предоставления информации / Д.Д. Карпушина, А. Г. Янишевская // Информационные технологии в науке и производстве. – Омск: Омский государственный технический университет, 2017. – С. 102 – 107.
4. О Google Картах // Google Карты: [Электронный источник] – URL: https://www.google.com/maps/about/#!/ (дата обращения: 30.03.2023).
5. О проекте // OpenStreetMap: [Электронный источник] – URL: https://www.openstreetmap.org/about (дата обращения: 30.03.2023).
6. Яндекс Карты и Навигатор // Play Google: [Электронный источник] – URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.yandex.yandexmaps (дата обращения: 30.03.2023).

Слободчиков В.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ СУДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СХЕМЫ ДВИЖЕНИЯ МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель —д.т.н., профессор В.М. Гриняк

Обеспечение безопасности коллективного движения судов в морских акваториях сложная задача, связанная с множеством факторов. Исторически формирование схемы движения конкретной акватории происходило из возможности её реализации с учетом географии района и судоводительской практики. Но в настоящее время наблюдается рост интенсивности судоходства, а также развитие систем навигации, что приводит к увеличению нагрузки на операторов систем управления движением судов. В связи с данным фактом, управление безопасностью коллективного движения требует создания новых современных систем для решения данной проблемы с возможностью сбора данных о движении судов для дальнейшего анализа полученной информации в целях создания наиболее благоприятных маршрутов движения [1].

Разрабатываемая система будет способна обеспечить имитационное моделирование движения судов на морской акватории с интенсивным трафиком. Такая система позволит заранее проанализировать возможные судопотоки на акватории с учетом различных параметров судов и особенностей географии. Благодаря собранным данным диспетчер сможет оценить безопасность движения по заданным маршрутам.

Система для обеспечения безопасности движения на морской акватории должна обладать рядом качеств:

1. Определение геолокации;
2. Полнота и актуальность информации о судах;
3. Моделирование маршрута;

4. Ввод начальных данных;
5. Снятие метрик;
6. Возможность использования на любой акватории.

В настоящее время существует ряд систем способных собирать данные о движении судов. Примерами таких систем являются сайты: www.vesseltracker.com [3], www.vesselfinder.com [4], shipfinder.co [5], www.marinetraffic.com [5]. Данные сайты собирают информацию с автоматических идентификационных систем(АИС), что является наиболее эффективным и доступным способом сбора данных на сегодняшний день [2].

На основе выше приведенных критериев будет построена сравнительная таблица существующих решений.

Таблица

Сравнительная таблица информационных систем с доступом к АИС

Критерии сравнения	vesseltracker	vesselfinder	shipfinder	marinetraffic
Определение геолокации	+/-	+	+	+
Полнота и актуальность информации	-	-	-	-
Моделирование маршрута	-	-	-	-
Ввод начальных данных	+/-	+/-	+/-	+/-
Снятие метрик	-	+/-	+/-	+/-
Возможность использования на любой акватории	-	+	+	+

По результатам сравнения можно сделать вывод, что ни одно из существующих решений не соответствует всем критериям. Таким образом, актуальной является разработка средства, которое соответствовало бы всем требованиям.

Задача разрабатываемой системы заключается в том, чтобы выполнить имитационное моделирование и произвести подсчет метрик для оценки безопасности судопотоков. На вход системе будут поступать координаты построения судопотока с точками входа и выхода, интенсивность движения, ширина судопотока, средняя скорость судов и их длина. На выходе получаем визуализацию движения судов по судопотокам и количество опасных сближений.

Пользователь сможет настроить расположение судопотоков, а также параметры судов, движущихся по ним. Это позволит наиболее точно определить каким образом стоит выстроить судопотоки и какие суда по ним направить. По результатам моделирования будет получена метрика, характеризующая количество опасных сближений во время движения, что позволит оценить безопасность движения на акватории.

Список литературы

1. Гриняк, В.М. Моделирование схемы безопасности движения морской акватории / В.М. Гриняк, А.С. Девятисильный, А.В. Шуленина, 2021.
2. Головченко, Б.С. Информационная система сбора данных трафика морской акватории. / Б.С. Головченко, В.М. Гриняк, 2014.
3. Terrestrial & Satellite AIS Service in Realtime [Электронный ресурс] – URL: https://www.vesseltracker.com/
4. Free AIS Ship Tracking of Marine Traffic [Электронный ресурс] – URL: https://www.vesselfinder.com/

5. Ship Finder – The Live Marine Trffic Tracking App [Электронный ресурс] – URL: https://shipfinder.co/

6. MarrineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence | AIS Marrine Traffic [Электронный ресурс] – URL: https://www.marinetraffic.com/

Соколов М.В., Бородинов А.С., Данилкин В.Э., Нгуен Х.Т.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ СБОР И ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ СОЗВЕЗДИЙ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю. А. Злобина

В данной работе исследуются неправильные точечные множества на примере созвездий. Конечная цель – определение степени порядка-беспорядка звездных систем в терминах энтропийных функционалах, классификация множеств на основе полученных результатов.

Первая задача, которая была поставлена и успешно решена в пределах данной работы – это автоматизация сбора информации из открытых интернет-ресурсов, а также предварительная обработка полученных данных.

Процесс парсинга – это процесс автоматического извлечения данных из источника и преобразования их в структурированный формат, удобный для анализа и обработки. С этой целью на языке Python была написана соответствующая программа, позволяющая собирать данные из интернет-источников о звездах, входящих в те или иные созвездия. Например, интересуют прямое восхождение, склонение, светимость звезд и др.

Процесс парсинга в данном случае состоит из следующих этапов:

1. Подготовка ссылок на все списки звезд по созвездиям.

2. На основании полученных ссылок извлекаются ссылки на страницы, которые содержат необходимые данные.

3. Собственно извлечение данных, когда на выходе получаем таблицу в виде Pandas dataframe, содержащую все необходимые сведения о звездах, входящих в созвездия.

4. Предварительная обработка данных: очистка (например, удаление некорректных символов), представление в нужном формате (например, перевод часов, минут, секунд в градусы) и др.

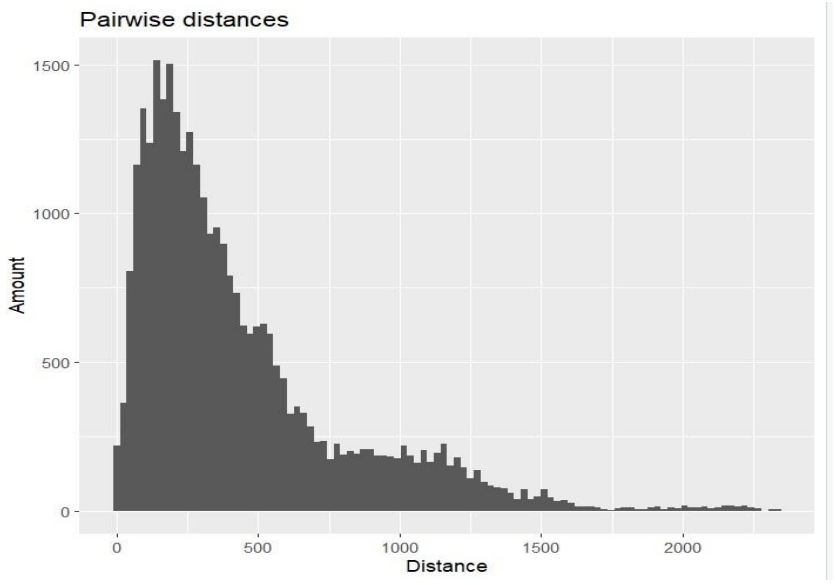


Рисунок 1 – Распределение попарных расстояний в созвездии Андромеда

Таким образом, процесс парсинга данных в нашем случае состоит из нескольких шагов, в результате выполнения которых мы получаем данные в формате, пригодном для дальнейших исследований.

С целью анализа полученных данных была написана программа, позволяющая построить распределение попарных расстояний для всех звезд в созвездиях. На рис.1 представлен результат работы программы – гистограмма попарных расстояний для звезд из созвездия Андромеды. Как можно видеть, полученное распределение является положительно асимметричным, полимодальным. Последнее обстоятельство может указывать на то, что созвездия образованы в результате действия нескольких различных процессов.

Сотник Н.А., Смирнова Д.В.

РАЗРАБОТКА ERP-СИСТЕМЫ «DIGWELL»

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.э.н., профессор С.Л. Бедрина

Каждая компания осуществляет ряд действий, чтобы произвести продукты или услуги для конечного потребителя. В рамках деятельности бизнеса такие процессы определяют как бизнес-процессы, поскольку они направлены на получение прибыли. Бизнес-процесс – это многократно повторяющаяся последовательность действий (операций, процедур), которая направлена на создание продукта, имеющего ценность для заказчика (потребителя, клиента, партнера). Продуктом может быть товар, услуга, документ, информация.

Совокупность описанных бизнес-процессов и их взаимосвязей составляют бизнес-модель компании. Стартапам бизнес-модель помогает оценить нишу, увидеть перспективы и скрытые риски, протестировать идеи. Действующему бизнесу – нащупать слабые места и точки роста, чтобы скорректировать свою работу.

Автоматизация бизнес-процессов нужна, чтобы масштабировать бизнес. Когда компания растет, объемы работ также сильно увеличиваются, из-за этого возникает множество ошибок, связанных с человеческим фактором, или требуется найм большого количества персонала, который требуется обучать. Чтобы не возникло ситуации, в которой компания не справилась с ростом и масштабированием часть рутинных функций или задач передаётся автоматизированной системе.

В ходе анализа существующих на рынке решений были выделены следующие недостатки существующих систем:

1) в системах автоматизации бизнеса зачастую не реализован «внутренний» документооборот, документы обязательно должны уходить к внешним контрагентам, при этом в компании подписывается множество актов, договоров и документов;

2) обучение персонала осуществляется только в соответствии с объединением сотрудников в группы (отделы), но зачастую требуется обучать персонал в рамках отдельных бизнес-процессов или проектных команд, также возникает необходимость обучать сотрудников в рамках определённых навыков (например, актуализировать знание программистов при появлении новых используемых технологий);

3) для работы в системах моделирования бизнес-процессов требуется иметь большой опыт для того, чтобы построить бизнес-модель компании, поэтому требуется дополнительно обучать сотрудника или затрачивать большое количество времени на самостоятельное обучение.

4) практически не автоматизированы процессы найма и онбординга сотрудников, тестирование для кандидатов каждый раз разрабатывается в отдельном инструменте, а база кадрового резерва разрознена и не всегда доступна для обращения;

5) системы ориентированы на автоматизацию одного блока бизнес-процессов, нет единого решения, которое могло бы автоматизировать все обеспечивающие бизнес-процессы компании;

6) должность сотрудника каждый раз создаётся заново, хотя в компании существуют определённые задачи, навыки и функции для определённой должности;

Сейчас на рынке нельзя найти решений, позволяющих комплексно автоматизировать процессы компании. Под комплексной автоматизацией понимается включение подсистем управления документооборотом, моделирования бизнес-процессов, управления персоналом, обучения и развития сотрудников, отслеживания эффективности работы предприятия и сотрудников и смежных подсистем. У предпринимателей есть запрос на использование такого продукта, поэтому было принято решение о разработке системы Digwell.

Цель – повысить уровень управления в компаниях за счет внедрения цифровых инструментов.

Digwell – система комплексной автоматизации бизнеса класса ERP. Она предназначена для того, чтобы сделать процессы в компании более эффективными, обеспечить контроль над процессами и операциями, решить проблемы, выявленные в процессе анализа компаний.

Digwell позволит оптимизировать ежедневную работу сотрудников и отделов, освобождая время для интеллектуального труда, направленного на продвижение компании.

Этапы разработки проекта

Для разработки системы необходимо выполнить следующие этапы:

1 Анализ.

2 Описание процессов.

3 Разработка прототипа системы.

4 Разработка.

5 Тестирование.

6 Маркетинг.

7 Запуск продаж.

В ходе разработки системы:

1 Обеспечена возможность управления ресурсами предприятия за счет цифровизации и частичной автоматизации управления персоналом.

2 Реализован цифровой профиль сотрудников – закрепление за сотрудником должности с завязанными на ней знаниями и навыками, назначение обучающих курсов по должностям и навыкам.

3 Создана подсистема корпоративного университета – обучение/назначение курсов сотрудникам внутри компании, привязанных к их трудовым функциям.

4 Разработана подсистема для работы с бизнес-процессами и их ведения – упрощенная система моделирования бизнес-процессов.

5 Внедрен модуль ЭДО на основании описанных бизнес-процессов – согласование документов основывается на бизнес-процессах, к бизнес-процессу прикрепляется маршрут согласования документа.

6 Обеспечена возможность контроля предприятия через целевые показатели и финансовое моделирование при помощи облачного сервиса – при помощи показателей можно отследить эффективность работы предприятия с помощью количественных характеристик.

Список литературы

1 Digwell. Цифровая трансформация / Digwell [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://digwell.ru/, свободный

2 Программы для онлайн-обучения iSpring автоматизации / Ispring [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ispring.ru/, свободный

Стрелов Г. С.[1], Алексанин А. И.[1,2]

КАЛИБРОВКА ВИДИМЫХ КАНАЛОВ СПУТНИКА «ФЭНЪЮНЬ-3Д»

[1]Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия
[2]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

«Фэнъюнь-3Д» (также FY-3D) – китайский метеорологический спутник, имеющий радиометр MERSI-II. Близкими его аналогами являются радиометры спутников Terra, Aqua, Suomi-NPP, JPSS01, Envisat. Видимые каналы спутника используются для изучения вегетационного индекса, движения льдов, облаков и т. д. Спутник имеет достаточно хорошие показатели электроники, но качество калибровки вызывает сомнение и требует изучения. Радиометр не включен в стандартные пакеты программ построения тематических продуктов.

Конечной целью работы является получение достаточно точных калибровок спутника FY-3D. Для достижения цели предстоит выполнить задачи:

- Проанализировать существующие калибровки и оценить их качество
- Проверить относительные калибровки датчиков видимых каналов
- Провести валидацию полученных калибровок по данным измерений на AERONET станциях

Результаты работы

Основные спектральные каналы формируются спутником с использованием одновременно 10 датчиков. Отдельный датчик отвечает за строку пикселей изображения. Таким образом, 10 датчиков за 1 проход формируют 10 строк изображения. В первую очередь необходимо было проверить состояние этих датчиков.

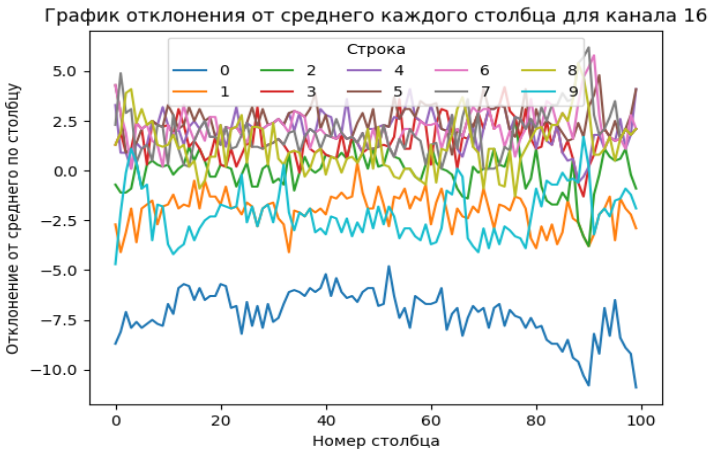


Рисунок 5 - Различие показаний датчиков

Китайское метеорологическое управление калибрует средние показатели для 10 датчиков. На рисунке 1 приведен пример отсчетов датчиков канала 16 на однородной по яркости поверхности. Результаты показали, что для каналов 15–19 датчики имеют систематические отклонения между друг другом. Это говорит о плохой калибровке этих каналов.

При формировании изображений спутник использует двухстороннее зеркало. Т. е. первые 10 строк формируются одной стороной зеркала, вторые 10 строк – другой стороной. Обе стороны зеркала скорее всего содержат погрешности и поэтому дают разные показания. Это нужно также учитывать при калибровке.

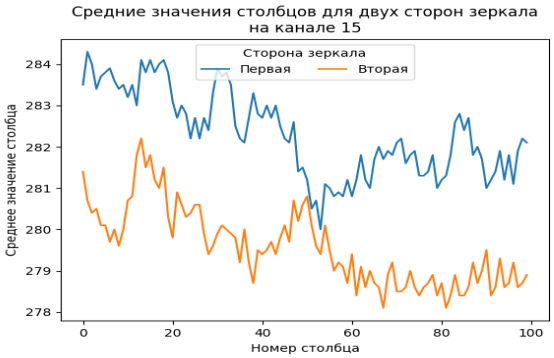


Рисунок 2 - Различия в показаниях разных сторон зеркала

При сравнении показаний с двух сторон зеркал были обнаружены несовпадения у каналов 8–15. Это говорит о том, что данный фактор не учитывается при калибровке.

Канал / Строка	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Std области:	0,9	1,7	1,9	6,9	6,9	6,6	5,2	6,2	6,3	7,4	7,5	1,7	0,8	0,9	1,5
0	1	2	1,8	7,4	7,4	6,7	4,9	6,3	6,2	7	7,1	1,8	0,9	1	1,6
1	0,8	1,7	1,8	7,1	6,6	6	4,7	6	5,8	6,6	6,9	1,5	0,9	0,9	1,2
2	0,8	1,8	2,2	6,7	7	6,6	5,1	6,4	6,4	7,7	7,8	1,8	0,9	0,8	1,6
3	0,9	1,3	2,1	7,5	7,9	8,2	5,6	6,3	6,9	8	8,2	1,8	0,9	1,1	1,7
4	0,9	1,3	1,5	4,8	4,4	4,6	4,1	4,4	4,7	5,6	5,9	1,2	0,8	0,8	1,3
5	1	1,4	1,6	4,3	4,9	5,8	5	5,6	6,1	7,2	7	1,4	0,9	0,8	1,5
6	0,9	1,3	1,6	5,6	6,1	5,5	3,7	4,2	4,4	5,4	5,3	1,3	0,7	0,7	1,1
7	0,9	1,6	2,1	6,9	6,7	6,5	5,7	6,9	6,9	8,2	8,1	1,7	0,8	1	1,5
8	1	1,9	2,2	8,1	8,2	7,9	6,4	7,5	7,6	8,9	9	1,9	0,8	1	1,7
9	0,8	2,1	2	9	8,3	7,8	6,4	7,4	7,6	8,8	8,8	2	0,9	1,1	1,8

Рисунок 3 - Таблица стандартных отклонений случайной ошибки

Выяснилось также, что характеристики шумов каналов также отличаются (Рис.3). Полученные значения случайной ошибки помогут при дальнейшей оценке точности показаний снимков.

Для проведения анализа изображений и их областей было создано и использовано программное обеспечение, доступное по ссылке https://github.com/Limuranius/FY3D-image-analyzer.

Вывод

Полученные результаты подтверждают, что спутник FY-3D имеет недостатки в калибровке. Поэтому необходима дальнейшая работа по относительной и абсолютной калибровке датчиков радиометра.

Тигай К.А.[1], Доценко А.А.[2]

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ

[1]Кафедра кораблестроения и океанотехники ПИ ДВФУ
[2]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[2]Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент А.А. Доценко

Квантово-химические расчеты являются одной из самых сложных задач выполняемых на современных классических компьютерах. В последние годы математики и физики пытались ускорить

вычисления, используя два разных подхода. В первом подходе предполагается, что расчеты должны проводиться с помощью квантовых компьютеров, во втором — с использованием нейронных сетей и системы облачных вычислений (сети распределенных серверов). Каждый из этих подходов в той или иной степени требует создания удобных программ управления вычислительными задачами и визуализации полученных результатов расчета. Целью данной работы является разработка подпрограммы для анализа данных о молекулярных орбиталях полученных методом теории функционала плотности [1], которая является частью набора программ FireFly [2] для квантово-химического моделирования.

Анализ полученных данных молекулярных орбиталей позволяет качественно предсказывать, описывать и понимать природу химических связей в молекулах, комплексах и слабосвязанных кластерах, реакционную способность соединений и катализаторов, а также их структурные особенности [3]. Объединение экспериментальных и расчетных данных, методов анализа с современными методами машинного обучения и удобным графическим интерфейсом значительно упростит и ускорит поиск и описание новых материалов.

Полученные данные анализа могут служить основой для синтеза катализаторов, описания материалов, принадлежащих одному изоструктурному ряду, а установленная корреляция электронного строения и свойств материала позволят внести вклад в развитие теории строения и способствовать развитию наукоемкой отрасли современного материаловедения.

Список литературы

1. Granovsky, A.A. Firefly version 8 [Электронный источник] – URL: http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html.

2. Burke K., Werschnik J., Gross E. K. U. Time-dependent density functional theory: Past, present, and future. // The Journal of Chemical Physics. – 2005. – №123. – P. 062206-1-062206-10

3. Dotsenko A.A., Vovna V.I, Korochentsev V.V., Mirochnik A.G., Shcheka O.L., Sedakova T.V., Sergienko V.I. Halide Perovskite-Derived Compounds Rb_2TeX_6 (X = Cl, Br, and I): Electronic Structure of the Ground and First Excited States // Inorganic Chemistry. – 2019. –№58 – P. 6796–6803

Титовченко Е.Д.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ АКУСТИКИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – ассистент А.Е. Чусова

Истоки архитектурной акустики как прикладной науки восходят к глубокой древности, но задачи, ставившиеся перед специалистами предметной области – например, обеспечение акустического комфорта в помещении – являются значимыми и по сей день.

В настоящее время первоочередными задачами в акустическом проектировании являются исследование акустических характеристик помещений и процессов, происходящих со звуком в них. Но, несмотря на возраст этой предметной области, в ней до сих по нет одного общего взгляда на все процессы, позволившего бы объяснить и решить задачи оптимизации помещений. Безусловно, это связано с определенными факторами, проблемами отсутствия четких указаний при проектировании строений, а также слабой формализацией акустики как предметной области.

В настоящее время акустические процессы могут быть описаны тремя видами моделей: волновой, статистической и геометрической. Все они имеют значительную взаимосвязь, дополняя друг друга, и, как показывает опыт, только одним методом не удаётся решить конкретную задачу [1]. Наиболее часто используется статистическая, основанная на модели идеального помещения, и геометрическая, по аналогии с геометрической оптикой, теории. Это связано с тем, что расчет дифференциальных уравнений в волновой теории является во многом достаточно сложным вычислительным процессом.

Наличие большого количества моделей разных типов обуславливает необходимость в различных классификациях, позволяющие раскрывать новые стороны. Существуют следующие виды классификаций [2] математических моделей в зависимости от:

- сложности объекта моделирования;
- оператора модели;
- входных и выходных параметров;
- цели моделирования;
- способа исследования модели;
- объектов исследования;
- принадлежности модели к иерархическому уровню описания объекта;
- характера отображаемых свойств;
- порядка расчета;
- использования управления процессом.

Таким образом методы и модели архитектурной акустики можно рассматривать не только с точки зрения механизма моделирования, но и в зависимости используемого от того, является ли рассматриваемый объект акустики частицей, пучком или лучом. Из этого следует, что нужен инструмент, позволяющий отражать разные взгляды на методы, а так же способный создавать и модифицировать их.

Соответственно, необходимо классифицировать имеющиеся термины предметной области, условия выбора акустических теорий, а так же их методы и модели, реализовав полученные знания в виде онтологии.

Для упрощения работы с онтологиями целесообразно пользоваться подходящими инструментами – программными средствами, специально созданными для проектирования, редактирования и анализа онтологий, называемыми редакторами онтологий [3]. Основная функция такого редактора – это поддержка процесса формализации знаний, т.е. их создание, редактирование и визуализация.

На данный момент существует множество редакторов онтологий, таких как Protégé[4], Ontolingua[5], OntoEdit[6], применяемых в разных областях. Сделать выбор в сторону того или иного продукта достаточно сложно, поскольку все они обладают разным функционалом, интерфейсом и особенностями, такими как, к примеру, функция совместного создания онтологий. Тем не менее, не существует ни одного узкоспециализированного инструмента, способного помочь специалистам-акустикам.

В случае предметной области архитектурной акустики редактор классификаций моделей как инструмент должен отвечать ряду как функциональных, так и нефункциональных требований:

- Редактор должен обладать возможностью загрузки, сохранения и визуализации классификации методов;

- Редактор должен обладать гибким механизмом поиска и редактирования концептов онтологии;
- Редактор должен обладать способом добавления новых терминов и объектов предметной области;
- Редактор должен содержать уже известные составляющие предметной области и предлагать их пользователю;
- Редактор должен обладать возможностью добавления новых классификаций методов по признакам или ситуациям.

Таким образом, редактор классификаций моделей в области архитектурной акустики будет являться незаменимым инструментом для акустического проектирования таких объектов, как здания, концертные залы, кинотеатры, стадионы и другие. Он поможет экспертам и специалистам предметной области находить наилучшие способы улучшения звукового комфорта в помещениях за счёт разных взглядов на акустические процессы.

Список литературы

1. Три взгляда на акустику помещений [Электронный источник] // ACOUSTIC GROUP. – URL: https://www.acoustic.ru/ref_book/articles/22/
2. Гатауллина Е.В., Беляева М.Б.. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ// Научный журнал № 3(65), 2022. - С. 4
3. Ермалаев К. А. Использование онтологии для управления знаниями предприятия: Исслед. по информ., 2007, выпуск 12. – с. 65.
4. protégé [Электронный источник] // protégé. – URL: https://protege.stanford.edu/
5. Ontolingua Home Page [Электронный источник] // Ontolingua Home Page. – URL: http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/
6. York Sure, Michael Erdmann, Jürgen Angele, Steffen Staab, Rudi Studer, and Dirk Wenke. 2002. OntoEdit: Collaborative Ontology Development for the Semantic Web. In Proceedings of the First International Semantic Web Conference on The Semantic Web (ISWC '02). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 221–235.

Цой Н.М.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ IT-ПРЕДПРИЯТИЕМ

Институт математики и компьютерных технологий (Школа) ДВФУ
Научные руководители - к.т.н., профессор П.Г. Рагулин; к.ф.-м.н, доцент Ю.А. Злобина

В данной работе разрабатывается проект информационной системы для компании, которая предоставляет услуги технической поддержки IT-инфраструктуры по схеме IT-аутсорс и IT-аутстафф, а также осуществляет деятельность по внедрению проектов информационных систем.

В настоящее время назрела необходимость внедрения информационной системы управления данным IT-предприятием с целью повышения эффективности его работы. Был проведен анализ бизнес-процессов на предприятии: изучена деятельность в техническом отделе, отделе управления персоналом, отделе продаж, учебном отделе, рассмотрены общие точки соприкосновения между ними. Отдел продаж формирует запрос от клиента на ресурс в виде сотрудников, отдел управления персоналом подбирает необходимых по квалификации сотрудников и далее передает их данные в технический отдел, учебный

отдел повышает уровень квалификации уже работающих в компании сотрудников, а также берет новых специалистов на стажировку, являясь кадровым резервом для будущих потребностей отдела продаж. В этой общей схеме существуют бизнес-процессы, но они отслеживаются в разных информационных системах, которые не все имеют между собой связности и не всегда эти процессы можно подробно декомпозировать и отследить качество их выполнения. Таким образом, в компании появилась потребность внедрения информационной системы, которая смогла бы объединить данные из других систем, вывести статистику и предоставить инструменты для осуществления единого контроля бизнес-процессов [1-4]. Для автоматизации были выбраны процессы управления персоналом, процессы обучения и поощрения, процесс контроля плановых работ и проведения аудитов. На рисунке 1 отображен процесс онбординга нового сотрудника, данный бизнес-процесс является одним из некоторых процессов в компании.

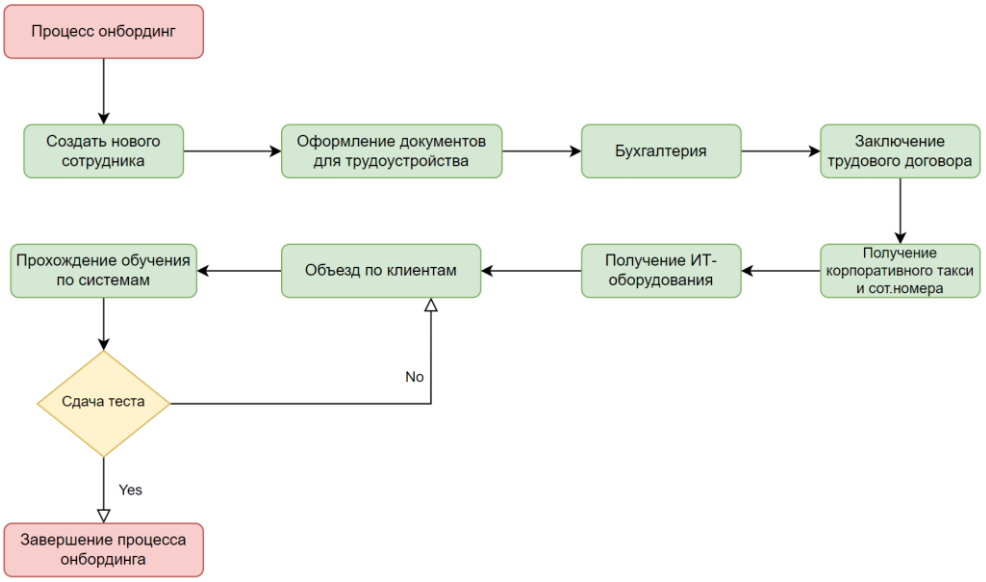


Рисунок 1 - Диаграмма деятельности «Процесс онбординга нового сотрудника»

Для выбора платформы реализации были проанализированы следующие программные продукты: Microsoft PowerApps, Airtable, 1С. Были рассмотрены недостатки и преимущества каждой из них по нескольким критериям и выбор был сделан в пользу самостоятельной разработки, благодаря которой можно максимально тонко настроить систему под процессы компании.

Для реализации подсистемы хранения данных используется промышленная СУБД PostgreSQL. При реализации системы применяются следующие языки и стандарты взаимодействия со смежными системами и пользователями: Java, Java Script, HTML, CSS, Python. Для реализации алгоритмов манипулирования данными в хранилище данных используется стандартный язык запроса SQL и его процедурное расширение для PostgreSQL. Для организации диалога системы с пользователем применяется графический веб-интерфейс.

Список литературы

1. Большаков А.А. Корпоративные информационные системы. Подсистема управления проектами [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Большаков А.А. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2012. – 302 с. – Режим доступа: www.iprbookshop.ru/80108.html

2. Бураков, П.В. Корпоративные информационные системы: учеб.пособие. – СПб. СПб НИУ ИТМО, 2014. – 96 с.

3. Тарханова, О.В. Корпоративные информационные системы: учеб. пособие для студентов специальности 230201 «Информационные системы и технологии» очной формы обучения. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2012. – 49 с.

4. Яковлев, В.П. Основы корпоративных информационных систем: учеб. пособие/ВШТЭ СПб ГУПТД. – СПб., 2016. – 85 с.

Чабанов И.Д.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ПОИСКУ ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н., профессор Артемьева И.Л.

Для несанкционированного добывания информации в настоящее время используется широкий арсенал технических средств, поиск и обнаружение которых является сложной технической задачей. Выполняемые в миниатюрном и камуфлированном исполнении данные устройства негласного съема информации аккумулируют в себе новейшие достижения таких областей науки, как микроэлектроника, оптика, акустика, радиотехника и др. В настоящее время данные средства имеются не только в арсенале специальных разведывательных служб, но и активно применяются в целях осуществления промышленного шпионажа коммерческими структурами. Развитие существующих и создание новых промышленных технологий влечет за собой и повышение требований к показателям и характеристикам технических средств, а также методам и средствам, обеспечивающим защиту информации.

В настоящее время в современном мире существует проблема автоматизации проведения аттестации помещений для работы с конфиденциальной информацией. Для проведения мероприятий по выявлению технических каналов утечки информации (ТКУИ) и аттестации помещений требуются высококвалифицированные специалисты со специализированным оборудованием. Таким образом подобные мероприятия являются дорогостоящими и затратными в рамках человека-часов. Если для малых предприятий аттестация помещения является нерентабельной с точки зрения денежных затрат, то для более крупных компаний подобный процесс нерентабелен с точки зрения временных затрат.

В рамках данной работы был проведен анализ следующих технических решений: анализатор спектра OSCOR Green OGR-24, КАССАНДРА К-6, система ЛГШ-720, ST 154, КРОНА НМ, protect 1207i, «Контур», скорпион XL6, RAKSA 120, protect 1203. Результаты изучения данных устройств представлены в таблице.

Таблица

Сравнение технических характеристик и функционала средств поиска ТКУИ

Название устройства	Диапазон работы	Возможность локализации источника утечки	Интерфейс взаимодействия с пользователем	Возможность работы с носителями информации	Возможность удаленного управления	Возможность подавления вредоносных сигналов
OSCOR GREEN OGR-24	До 24 ГГц	+	Дисплей и кнопки управления	+	-	-
КАССАНЖРА К-6 Расширенный	До 8 ГГц	-	ПО на ПК	+ (взаимодействие через ПК)	+	-

комплект						
Система ЛГШ-720	До 2500 МГц	-		-	-	+
ST 154	До 6000 МГц	-	ПО на ПК	+ (взаимодействие через ПК)	+	-
КРОНА НМ	До 18000 МГц	+	ПО на ПК	+ (взаимодействие через ПК)	-	-
Protect 1207i	До 7000 МГц	+	Дисплей и кнопки управления	-	-	-
«Контур»	До 2500 МГц	+	Дисплей и кнопки управления	-	-	+
Скорпион XL6	До 6000 МГц	+	Дисплей и кнопки управления	-	-	+
RAKSA 120	До 3800 МГц	+	Дисплей и кнопки управления	-	-	-
Protect 1203	До 3600 МГц	+	Кнопки управления	-	-	-

В результате сравнительного анализа можно сделать вывод, что на рынке не существует универсального решения, которое позволяло бы уменьшить затраты на проведения мероприятий по поиску технических каналов утечки информации. Основным критерием оценки существующих решений выступает возможность удаленного управления устройством, для привлечения специалистов без их личного присутствия. Среди анализируемых продуктов только двое обладают подобной возможностью, при этом эти решения обладают рядом недостатков, такими как, отсутствие возможности локализации источника утечки и возможность подавления вредоносного сигнала.

Для решения данной проблемы предлагается создание программно-аппаратного комплекса, который сможет совместить в себе все вышеперечисленные функции. В состав комплекса будут входить следующие компоненты: анализатор спектра, приемная антенна, нелинейный локатор, модуль сетевого взаимодействия, модуль взаимодействия с носителями информации, модуль подавления вредоносных сигналов, мобильное и десктопное ПО.

Объединение данных компонентов в единую систему позволит создать программно-аппаратный комплекс, решающий проблему, освещенную в данной работе.

Список литературы

1. Козлов Ю. Д., Дробот А. Н. О требованиях, предъявляемых к работнику, осуществляющему работы по нормированию научного труда // Актуальные вопросы информатизации Федеральной службы исполнения наказаний: сборник материалов IV круглого стола (Тверь, 21 апреля 2022 года). ФКУ НИИИТ ФСИН России.2022. С. 272-276.

2. Тельный, А. В. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ : Аппаратура поиска каналов и устройств несанкционированного съема информации. Методики и рекомендации по применению технических средств защиты информации : учеб. пособие / А. В. Тельный, Ю. М. Монахов ; под ред. проф. М. Ю. Монахова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 86 с.

Шутов К.С.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫМ СУДНОМ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ДВФУ
Научный руководитель – д.т.н., доцент В.М. Гриняк

В современном мире безэкипажные суда становятся все более популярными и востребованными. Они используются для различных целей, начиная от геологических исследований и заканчивая транспортировкой грузов. Однако, проектирование универсальной архитектуры для автономного и дистанционного управления таких судов является сложной задачей, требующей учета множества факторов, таких как безопасность, эффективность и отказоустойчивость.

Существует много различных подходов для решения данной задачи. Проблема заключается в том, что задача не имеет единственного решения, а значит, что необходимо рассмотреть основные методы и подходы для проектирования архитектуры безэкипажного судна, поставить эксперименты.

С точки зрения реализации процессов управления можно выделить 3 режима работы беспилотных транспортных средств:

1. полностью автономная система – не предусматривает вмешательство пилота;
2. дистанционно управляемая система – беспилотным объектом управляет оператор, не находящийся на борту;
3. комбинированный режим работы – совмещает автономный и дистанционный режимы, позволяет оперативно переключаться между ними [1].

Именно комбинированный режим работы представляет наибольший исследовательский и прикладной интерес. Для такого режима важно обеспечить модульность, слабую зависимость компонент системы, возможность их заменимости в части функционала, связанного с управлением. Это даст возможность эксплуатировать беспилотное устройство, оперативно и гибко заменяя алгоритмы управления в зависимости от выполняемых им конкретных задач. Хотя имеются безусловные успехи развития беспилотников различного типа, на данный момент для комбинированного режима работы не отработана архитектура программных компонент управления, нет стандартных, устоявшихся архитектурных решений [2, 3, 4].

Чтобы создать гибкую и универсальную архитектуру предлагается использовать систему команд исполнителя. Система команд позволит реализовать управление безэкипажным судном таким образом, чтобы судно не зависело от конкретного режима работы. Такая архитектура обеспечивает возможность быстрой модификации программы, а также более эффективную отладку и тестирование. Кроме того, использование системы команд исполнителя позволяет сократить время разработки программного обеспечения, а также повысить надежность и безопасность. Такой подход к архитектуре является более перспективным и позволяет создавать более универсальные и гибкие решения для различных задач.

Для более эффективной работы системы команд исполнителя предлагается использовать асинхронный подход с очередью сообщений. Это позволит ускорить выполнение команд, так как они будут обрабатываться параллельно. Кроме того, использование очереди сообщений позволит сохранять порядок выполнения команд и избежать возможных ошибок при одновременном доступе к ресурсам. Такой подход к обработке команд в системе исполнителя повысит ее производительность и эффективность, что является важным фактором при разработке программного обеспечения.

В целом, проектирование архитектуры безэкипажного судна является важным и перспективным направлением развития судостроительной отрасли. Несмотря на сложность и многогранность процесса, существующие примеры реализации проектов безэкипажных судов показывают, что данное направление имеет большой потенциал для увеличения эффективности и безопасности судоходства в будущем. Развитие технологий и внедрение новых решений в проектировании безэкипажных судов будет способствовать улучшению качества и повышению конкурентоспособности данной отрасли.

Список литературы

1. Юрин, И.В. Перспективы использования безэкипажных транспортных судов в морях Арктического бассейна России / И.В. Юрин, Г.В. Лебедев, И.И. Лившиц // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 73–84.

2. Покусаев, О.Н. Онтологии и безопасность автономных (беспилотных) автомобилей / О.Н. Покусаев, В.П. Куприяновский, Д.В. Катцын, Д.Е. Намиот. // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7.– № 2. – С. 81–93.

3. Шутов, К.С. Создание программно-аппаратного прототипа беспилотного судна / К. С. Шутов. // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. — Владивосток : Научное электронное издание. – 2022. – С. 162–163.

4. Shutov, K.S. Creation of a software and hardware prototype of an unmanned ship with remote control / K. S. Shutov. // The 9th annual student scientific conference in english. — Vladivostok : Scientific electronic publication. – 2022. – С. 114–115.

Юзвук А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА С МАЛОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Уравнение Бюргерса – уравнение конвекции-диффузии, широко использующееся в разных областях прикладной математики, таких как гидродинамика, газовая динамика, нелинейная акустика.

Для заданного поля скоростей *u(x,t)* и малой вязкости *ν* одномерное нестационарное уравнение Бюргерса вместе с граничными условиями имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} = \nu\,\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad (1)$$

$$u|_{t=0} = -\sin(\pi x), \;\; u|_{x=-1} = u|_{x=1} = 0 \quad (2)$$

Решение данного уравнения с малым ненулевым ν сопряжено с трудностями. Точное решение системы (1)-(2), а также ряд приближенных решений для данной системы приведены в работе [1]. В работе также указано, что несмотря на то, что аналитическое решение найдено, его вычисление при малых t и ν затруднительно, так как требует точного вычисления очень маленьких значений. Численные же методы, приведенные в работе [1], плохо справляются с характерным разрывом в решении, как показано на рисунке 1, где пунктирной линией обозначено точное решение.

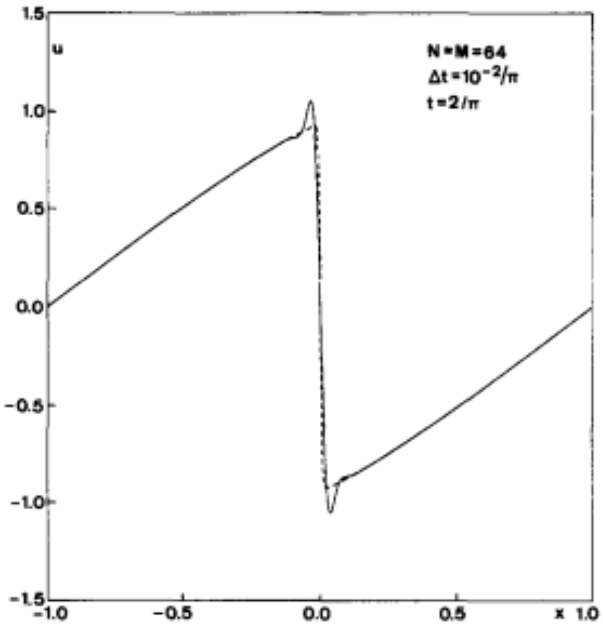


Рисунок 1 - Решение уравнения Бюргерса методом коллокации [2]

В связи с этим для решения уравнения Бюргерса актуален подход, основанный на нейронных сетях, под названием PINN – Physics Informed Neural Network [2]. Этот подход представляет собой универсальный аппроксиматор функций, который позволяет решать различные, в том числе нелинейные, задачи напрямую, без необходимости произведения каких-либо предварительных манипуляций. Эта особенность обеспечивает относительную простоту применения, в сравнении с классическими численными методами, а получаемые на практике хорошие результаты точности при решении уравнений делают применение PINN эффективным решением в рассматриваемой области.

В данной работе было получено приближенное решение задачи (1)-(2) для малых ν (в т.ч. более малых, чем в работах [1], [2]). Вычисления были выполнены при помощи языка программирования Python с использованием библиотеки TensorFlow. На рисунке 2 представлен график полученного в данной работе решения уравнения Бюргерса для $\nu = 10^{-4}$ в момент времени $t = 2/\pi$.

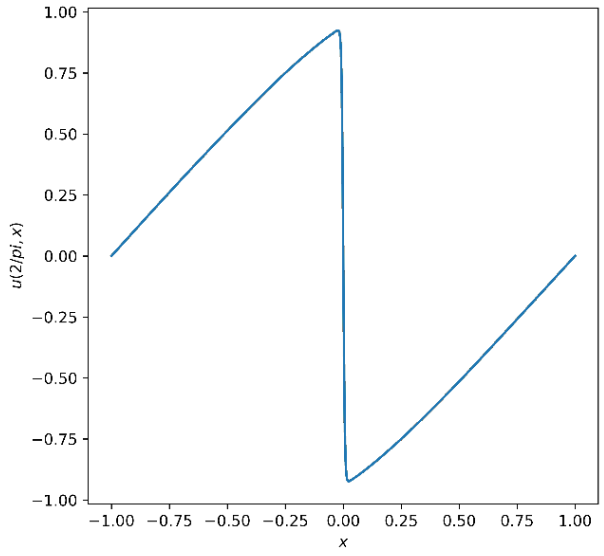


Рисунок 2 – Решение уравнения Бюргерса нейронной сетью

Список литературы

1. Basdevant, C. Spectral and finite difference solutions of The Burgers equation // Great Britain: Computers & Fluid. – 1986. - Vol. 14., no. 1. - P. 23-41.

2. Raissi, M. Physics Informed Deep Learning (Part I): Data-driven Solutions of Nonlinear Partial Differential Equations [Электронный ресурс] // Cornell University. – 2017. - Режим доступа: https://arxiv.org/abs/1711.10561

Раздел VII КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА

Бахрутдинова А.А.[1]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ ТКАНЕЙ СИПУНКУЛИД (КЛАСС SIPUNCULA)

[1]Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – Ph.D по биологии, заведующий ЛЭЭБВО К.А. Винников

Сипункулиды – это морские бентосные организмы из типа кольчатых червей, ранее выделяемые в отдельный тип беспозвоночных, с чрезвычайно плотной кутикулой [1], которая создает определенные сложности при выделении ДНК. Данное обстоятельство ставит актуальный вопрос о выборе наиболее эффективного метода выделения ДНК из различных тканей сипункулид для последующего генетического анализа. Целью настоящей работы является обоснование выбора оптимального метода выделения ДНК из различных тканей сипункулид.

В качестве материала для проведения экспериментов были взяты представители рода *Thysanocarida*, зафиксированные в 70% этиловом спирте. Выделения ДНК проводились по трем методам: Qiagen DNeasy, метод выделения ДНК на базе CTAB буфера для растительных тканей и модифицированный фенол-хлороформный метод выделения ДНК для моллюсков [3]. Для определения эффективности методик проводились измерения концентраций ДНК (таблица) при помощи спектрофотометра NanoDrop (Thermo Fisher Scientific) и флюориметра Qubit (Thermo Fisher Scientific) и постановки электрофореза (рисунок 1).

Таблица

Концентрации ДНК, выделенной из тканей сипункулид

Метод	№	Особь	Тип ткани	Размеры кусков	Время лизиса	C, ng/µl NanoDrop	C, ng/µl Qubit
QiaGen	1	T. n 3	покровы	~4x4 мм	1 час	41,7	изм. не проводились
		T. sp 3	покровы+внутренности			102,7	41,3
	2	T. n 3	покровы	~4x4 мм	5 часов	28,5	14,5
		T. n 3	внутренности			67,1	32,2
		T. sp 3	покровы			85,5	47,2
		T. sp 3	внутренности			131,1	43
CTAB	1	T. n 3	покровы	~4x4 мм	30 мин	слишком низкая	0,102
		T. n 3	внутренности			слишком низкая	слишком низкая
		T. sp 3	покровы			слишком низкая	слишком низкая
		T. sp 3	внутренности			слишком низкая	0,044
	2	T. n 1	покровы	~7x4 мм	1 час 30 мин	слишком низкая	слишком низкая
		T. n 1	внутренности			слишком низкая	0,0624
		T. sp 3	покровы			изм. не проводились	20,4
		T. sp 3	внутренности			изм. не проводились	19,8
	3	T. n 1	покровы	~10x4 мм	22 часа	изм. не проводились	18,2
		T. n 1	внутренности			изм. не проводились	4,2
		T. n 2	покровы	~7x4 мм		слишком низкая	0,0912
		T. n 2	внутренности			слишком низкая	0,332
		T. n 4	покровы	~4x4 мм		слишком низкая	0,344
		T. n 4	внутренности			слишком низкая	0,344
по Соколову	1	T. n 1	покровы	~10x4 мм	1 час 30 мин	1091,1	изм. не проводились
		T. n 1	внутренности			3824,1	изм. не проводились
		T. n 2	покровы	~7x4 мм		166,6	изм. не проводились
		T. n 2	внутренности			314,3	изм. не проводились

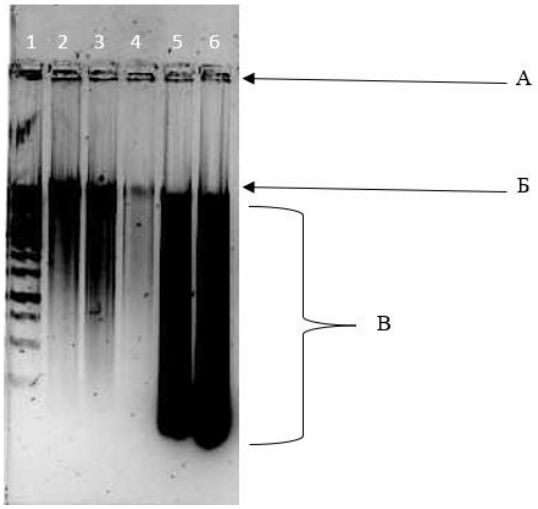


Рисунок 1 – Электрофорез тотальной ДНК
1 – маркер длин; 2, 3 – образцы, выделенные по Qiagen DNeasy® Blood & Tissue protocol; 4 – образец, выделенный фенол-хлороформным методом на базе CTAB буфера; 5, 6 – образцы, выделенные по протоколу Соколова; А – ядерная ДНК, Б – митохондриальная ДНК, В – поломанные участки ДНК.

На электрофорезе чётко видна высокая концентрация ядерной и митохондриальной ДНК во всех образцах, кроме выделения при помощи фенол-хлороформного метода на базе CTAB буфера. Несмотря на присутствующие поломанные участки ДНК, на основании ярко выраженных зон ядерной и митохондриальной ДНК, можно судить о достаточном для дальнейших операций качестве.

В проведённой работе наиболее эффективным показал себя метод Соколова [3]. Как и в работе со сравнительным анализом методик выделения ДНК из моллюсков [2], протокол Соколова показал более высокие концентрации (таблица), чем Qiagen DNeasy® Blood & Tissue protocol. Однако это не сбрасывает со счетов Qiagen DNeasy® Blood & Tissue protocol, так как выделенная им концентрация достаточна для постановки ПЦР и секвенирования. И ПЦР, и секвенирование, проведённые с образцами, выделенными по Qiagen DNeasy® Blood & Tissue protocol, прошли успешно, что говорит о достаточном качестве выделенной ДНК.

Список литературы

1. Вестхайде, В. Зоология беспозвоночных. Том 1: от простейших до моллюсков и артропод / В. Вестхайде, Р. Ригер, – М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. - 512 с.

2. Popa, O.P. Comparison of four DNA extraction methods from invasive freshwater bivalve species (Mollusca, Bivalvia) in Romanian fauna / O.P. Popa, D. Murariu, L.O. Popa // Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa» – 2007. - Vol. L. - P. 527–536.

3. Sokolov, E.P. An improved method for DNA isolation from mucopolysaccharide-rich molluscan tissues / E.P. Sokolov // J. Moll. Stud – 2000. - Vol. 66. - P. 573–575.

Береш А.А.[1,2], Ананьев А.А.[2], Супрун А.Р.[1,2], Киселев К.В.[2]

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ КАЛЬЦИЙНЕЙРИН-В-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ (*CBL*) В ВИНОГРАДЕ *VITIS AMURENSIS* RUPR. ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ, ИНДУЦИРУЮЩИХ БИОСИНТЕЗ СТИЛЬБЕНОВ

[1]Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ
[2]Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
[2]Научный руководитель - к.б.н., в.н.с. К.В. Киселев

В настоящий момент одним из активно развивающихся направлений биотехнологии растений является поиск генов регуляции вторичного метаболизма для более эффективного получения ценных биологически активных веществ. Одними из ценных вторичных метаболитов растений являются стильбены. Известно, что стильбены, включая резвератрол, защищают растения от различных стрессовых факторов, к тому же они обладают высоким потенциалом для создания лекарственных препаратов. Участие кальциевой сигнальной системы в регуляции биосинтеза стильбенов изучено недостаточно для полного понимания её вовлечённости в этот процесс. На данный момент исследовано влияние на биосинтез стильбенов таких белков, как кальций-зависимые протеинкиназы, кальмодулины и кальмодулин-подобные белки. Об участии кальцийнейрин-В-подобных белков (CBL) в регуляции биосинтеза стильбенов ничего неизвестно. Поэтому в представленной работе исследована экспрессия генов *CBL* в культуре клеток и тканях листа винограда *Vitis amurensis* после воздействия факторов, индуцирующих биосинтез стильбенов.

Используя количественную ПЦР с детекцией результатов в реальном времени (ПЦР-РВ), мы проанализировали профиль транскрипционной активности генов *VaCBL* в листьях и клеточных культурах *V. amurensis*, обработанных растительными стрессовыми гормонами (салициловая кислота, метилжасмонат в концентрациях 50 и 200 мкМ), предшественниками растительных фенольных соединений (п-кумаровая кислота в концентрациях 100 и 500 мкМ) и ультрафиолетовым облучением (УФ-С) в течение 20 мин. Известно, что воздействие данными факторами значительно увеличивает содержание стильбенов в растительных клетках [1].

Воздействие метилжасмонатом оказало наибольшее положительное влияние на транскрипционную активность генов *CBL* в культурах клеток *V. amurensis*. Детектировалось достоверное увеличение уровня транскриптов 6 генов *CBL,* из которых 3 демонстрировали увеличение в двух концентрациях. Салициловая кислота увеличила уровень транскриптов 4 генов *CBL*, 1 из которых увеличивался в двух концентрациях. Менее яркий эффект наблюдался при воздействии УФ: наблюдалось увеличение уровня транскриптов 3 генов, 2 из которых увеличивались в двух временных интервалах. Воздействия п-кумаровой кислотой не оказывало существенного положительного влияния на экспрессию генов *CBL*. Исследуемые воздействия не оказали положительного влияния на транскрипционную активность генов *CBL* в тканях листовой пластинки, за исключением 5 генов (*VaCBL4-1; VaCBL4-2; VaCBL10a-1; VaCBL10b; VaCBL13-3*). Также был обнаружен 1 ген *VaCBL4-1*, активация транскрипции которого наблюдалась на 24-й час после воздействия УФ как в культурах клеток, так и в тканях листовой пластинки.

Полученные результаты позволяют предположить, что ген *VaCBL4-1* является наиболее интересным в экспериментах по получению растений и клеточных культур с повышенной продукцией стильбенов.

Список литературы

1. Dubrovina A.S., Kiselev K.V. Regulation of stilbene biosynthesis in plants // Planta. – 2017. – Vol. 246, № 4. – P. 597–623.

Волконская В.В.[1,2], Наконечная О.В.[2]

КЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ РОДА *ARISTOLOCHIA IN VITRO*

[1]Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ
[2]Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
[2]Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. О.В. Наконечная

Род *Aristolochia* L. относится к древнему семейству покрытосеменных растений *Aristolochiacea* Juss. Части растений (листья, корни) разных видов на протяжении столетий использовали для лечения множества заболеваний как противовоспалительные, бактерицидные и ранозаживляющие средства [1]. Медицинское использование в качестве лекарственного сырья как источника вторичных метаболитов, приуроченность видов к определенным биотопам, а также затрудненное вегетативное и семенное размножение растений рода привело к истощению природных популяций. Виды рода часто редкие (например, *A. assamica, A. tagala, A. contorta, A. tongbiguanensis, A. tomentosa* и др.) или исчезающие (*A. manshuriensis, A. delavayi*). В России в естественных условиях произрастают 5 видов, из которых 2 вида встречаются на юге Приморского края [2].

Увеличение численности растений с применением метода микроклонирования может быть надежной альтернативой другим способам размножения. Использование данного подхода позволяет массово дублировать растения с определенным генотипом в течение всего года. Полученные таким способом клоны могут быть использованы для последующей реинтродукции, а также для создания питомников по выращиванию растений для медицинского применения.

Нами обобщены сведения по клональному микроразмножению видов рода *Aristolochia*. К настоящему времени в литературе приведены протоколы размножения *in vitro* только для 12 видов (3%) из 400, относящихся к роду *Aristolochia*. Проведенный анализ необходим для создания технологии размножения каждого из видов рода, что позволит сохранить ценные лекарственные ресурсы.

Полученные данные по динамике развития эксплантов и морфометрии микрорастений нескольких видов (*A. californica, A. macrofilla, A. manshuriensis* и *A. tomentosa* и др.), культивированных на питательной среде с разными концентрациями гормонов, являются первым этапом для создания стратегии размножения ценных лекарственных растений.

Список литературы

1. Zhou J. Encyclopedia of traditional Chinese medicines: molecular structures, pharmacological activities, natural sources and applications / J. Zhou, G. Xie, X. Yan. – Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. – 2011. – Vol. I, II, III, IV, V, VI. – P. 557, 525, 669, 636, 601, 730.

2. Наконечная О.В. Род кирказон на Дальнем Востоке России (*Aristolochia manshuriensis* Kom. и *A. contorta* Bunge) / О.В. Наконечная, Ю.Н. Журавлев, В.П. Булгаков, О.Г. Корень, Е.В. Сундукова. – Владивосток: Дальнаука. – 2014. – С. 26–153.

Грехнёв Д.А.[1], Новикова Ю.В.[1], Крисанова А.В.[1], Ошколова А.[1], Кручинина А.А.[1], Беликова Л.Д.[2,3], Клюшников С.А.[1, 4], Лебедева О.С.[2, 5], Казначеева Е.В.[1], Вигонт В.А.[1]

ТЕХНОЛОГИИ КЛЕТОЧНОГО РЕПРОГРАМИИРОВАНИЯ И НАПРАВЛЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ИНДУЦИРОВАННЫХ ПЛЮРИПОТЕНТНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛЕКТИВНОЙ УЯЗВИМОСТИ НЕЙРОНОВ ПРИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПАТОЛОГИЯХ

[1] Институт Цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия
[2] Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины имени академика Ю.М. Лопухина Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия
[3] Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва, Россия
[4] Научный центр неврологии, Москва, Россия
[5] Центр высокоточного редактирования и генетических технологий для биомедицины, Институт молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта Москва, Россия
Научный руководитель - к.б.н., в.н.с. В.А. Вигонт

Открытие индуцированной плюрипотентности [1] и последующая разработка протоколов направленной дифференцировки индуцированных плюрипотентных стволовых клеток в разнообразные типы нейронов или глии произвели прорыв в моделировании нейродегенеративных расстройств [2]. Во-первых, пациент-специфичные модели отражают особенности протекания заболевания у конкретного больного. Во-вторых, позволяют моделировать патологию на разнообразных по уязвимости типах нейронов и находить специфические для данного типа клеток нарушения. Преимущества пациент-специфичных моделей открыли новые возможности для решения интригующей проблемы нейробиологии – селективной уязвимости нейронов при нейродегенеративных патологиях. В перспективе выявление специфичных молекулярных детерминант, определяющих избирательную гибель нейронов, позволит значительно усовершенствовать терапевтические подходы для лечения нейродегенеративных расстройств. Наши исследования посвящены разработке «Кальциевой гипотезы селективной уязвимости нейронов» [2-5]. Согласно данной гипотезе, мы предполагаем, что специфичные паттерны нарушений кальциевой сигнализации в наиболее уязвимых нейронах могут лежать в основе их избирательной гибели. Основной фокус доклада будет сделан на исследовании полиглутаминовых нейродегенеративных расстройств: болезни Хантингтона (БХ) и спиноцеребеллярной атаксии 17 типа (СЦА17), которую из-за большого фенотипического сходства наблюдаемых нарушений также называют хантингтоноподобной патологией. Данные заболевания являются исключительно наследственными, известны конкретные гены, мутации в которых приводят к развитию патологии. Используя метод локальной фиксации потенциала в конфигурации регистрации интегральных токов со всей плазматической мембраны клетки, а также флуоресцентный кальциевый имиджинг, мы охарактеризовали потенциал- и депо-управляемые кальциевые токи в нейронах с разной степенью уязвимости при данных заболеваниях. Мы выявили выраженное увеличение потенциал- и депо-управляемого входа кальция в ГАМК-ергических нейронах пациентов с БХ и СЦА17 в сравнении с нейронами здоровых доноров. Именно ГАМК-ергические нейроны являются одними из наиболее уязвимых при данных патологиях. Однако моделируя БХ и СЦА17 на дофаминергических нейронах, массовая гибель которых нехарактерна для данных заболеваний, мы наблюдали незначительное увеличение притока кальция в клетку через потенциал-управляемые каналы и отсутствие выраженных нарушений депо-управляемого входа кальция в сравнении с дофаминергическими нейронами здоровых доноров. Таким образом, увеличение депо-управляемого входа кальция в ГАМК-ергических нейронах больных БХ и СЦА17 может быть ключевым звеном, определяющим их избирательную гибель.

Следующая наша задача заключалась в определении молекулярных механизмов, лежащих в основе патологически увеличенного депо-управляемого входа кальция при БХ и СЦА17 и поиске малых молекул для направленного воздействия, способных скорректировать наблюдаемые нарушения и в перспективе способных стать прототипами лекарств от БХ и СЦА17 [5-7]. Мы показали, что увеличение количества STIM2 – белка активатора депо-управляемых каналов лежит в основе патологического увеличения депо-управляемого входа кальция при БХ [5]. Также мы обнаружили, что ранее изученное нами нейропротекторное соединение, производное хиназолина EVP4593, способно уменьшать количество STIM2 и белка хантингтина, мутантная форма которого приводит к развитию БХ [5,7]. Таким образом, мы предлагаем новую молекулярную мишень и малую молекулу EVP4593 в качестве потенциального терапевтического воздействия при БХ. Работа поддержана грантом РНФ № 22-14-00218 и грантом Министерства науки и высшего образования РФ (Соглашение № 075-15-2021-1075 от 28.09.2021).

Список литературы

1. Takahashi, K., Induction of Pluripotent Stem Cells from Mouse Embryonic and Adult Fibroblast Cultures by Defined Factors / K. Takahashi, S. Yamanaka // Cell. – 2006. – Vol. 126. – P. 663–676.

2. Grekhnev, D.A. Patient-Specific iPSCs-Based Models of Neurodegenerative Diseases: Focus on Aberrant Calcium Signaling / D.A. Grekhnev, E.V. Kaznacheyeva, V.A.Vigont // Int. J. Mol. Sci. – 2022. – Vol. 23, № 2. – P. 624.

3. Nekrasov, E.D. Manifestation of Huntington's disease pathology in human induced pluripotent stem cell-derived neurons / E.D. Nekrasov, V.A. Vigont, S.A. Klyushnikov et al. // Mol Neurodegener. – 2016. – Vol. 11. – № 27, - P. 1 -15.

4. Vigont, V, Patient-Specific iPSC-Based Models of Huntington's Disease as a Tool to Study Store-Operated Calcium Entry Drug Targeting / V. Vigont, E. Nekrasov, A. Shalygin et al. // Front. Pharmacol. – 2018. – Vol. 9. – P. 696.

5. Vigont, V.A. STIM2 Mediates Excessive Store-Operated Calcium Entry in Patient-Specific iPSC-Derived Neurons Modeling a Juvenile Form of Huntington's Disease / V.A. Vigont, D.A. Grekhnev, O.S. Lebedeva et al. // Front Cell Dev Biol. – 2021. – Vol. 9. – № 625231.

6. Grekhnev, D.A. Dithiadiazole derivative 3-(4-nitrophenyl)-5-phenyl-3H-1,2,3,4-dithiadiazole-2-oxide - Novel modulator of store-operated calcium entry / D.A. Grekhnev, I.V. Novikova, A.V. Krisanova et al. // Biochem Biophys Res Commun. – 2022. – Vol. 626. – P. 38–43.

7. Grekhnev, D.A. The Mystery of EVP4593: Perspectives of the Quinazoline-Derived Compound in the Treatment of Huntington's Disease and Other Human Pathologies / D.A. Grekhnev, A.A. Kruchinina, V.A. Vigont, E.V. Kaznacheyeva // Int J Mol Sci. – 2022. – Vol. 23, № 24. – P. 15724.

Лукерина А.Д.[1]

АЛКАЛОИДЫ КАК ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ РАСТЕНИЙ

[1]Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель - к.б.н., доцент А.Н. Мазейка

Вторичные метаболиты растений являются источником более трети полезных для человека веществ, прежде всего лекарственных препаратов. Растения синтезируют огромное количество вторичных метаболитов сложного химического состава, к которым относятся алкалоиды, изопреноиды и фенольные соединения. Данная работа будет посвящена именно алкалоидам, так как именно

алкалоиды – одни из первых соединений растительного происхождения, которые стали использоваться для создания лекарственных средств.

В растительном царстве алкалоиды наиболее распространены среди отдела *Magnoliophyta,* реже – среди отдела *Gymnospermae*. Ими богаты семейства *Papaveraceae, Solanaceae, Fabaceae, Campanulaceae, Ranunculaceae, Apocynaceae, Rutaceae, Loganiaceae, Ephedraceae, Malvaceae, Taxaceae* и другие. Алкалоиды способны накапливаться в различных органах растения, локализуясь в клетках в виде солей органических и неорганических кислот, но их содержание, как биологически активных веществ, составляет всего сотые и десятые доли процента.

Препараты алкалоидов применяют в качестве седативных, стимулирующих, отхаркивающих, антиаритмических, спазмолитических и желчегонных средств. Также алкалоиды могут негативно воздействовать на различные формы жизни, на основе этих свойств изготавливают противомикробные, противовирусные и противопаразитарные препараты. Из анализа литературных данных следует, что в арсенале лекарственных средств доминирующее положение занимают индивидуальные фитохимические препараты, среди которых около 30% являются алкалоид-содержащими соединениями и их функциональными производными.

На примере алкалоидов впервые расшифрован биосинтез пиридинового кольца и показано, что его образование у растений происходит иначе, чем у человека, животных и большинства микроорганизмов. Поскольку пиридиновое кольцо в качестве основной структурной единицы, помимо алкалоидов, входит в состав важнейших коферментов, связанных с основными звеньями обмена растительной клетки, решение этого вопроса представляет значительный общебиологический интерес.

Несмотря на исключительное многообразие алкалоидов, образование их происходит за счет одних и тех же первичных предшественников через сходные промежуточные реакции. Основу их строения составляет относительно небольшое число структурных элементов. Исследование путей их образования является основополагающей задачей, решение которой необходимо для глубокого понимания процессов биосинтеза этого класса вторичных метаболитов.

Особую роль в образовании алкалоидов играют реакции метилирования. Оно часто происходит на стадии ациклического соединения и предшествует циклизации, направляя ее. Метильные группы, введенные в молекулу алкалоида, стабилизируют ее. Кроме того, метилированные аналоги менее токсичны, чем алкалоиды, не имеющие метильных групп. Реакции циклизации при образовании алкалоидов могут совершаться через азометин с образованием основания Шиффа, по типу конденсации Манниха, путем альдольной конденсации, через форму лактамной связи (рисунок 1).

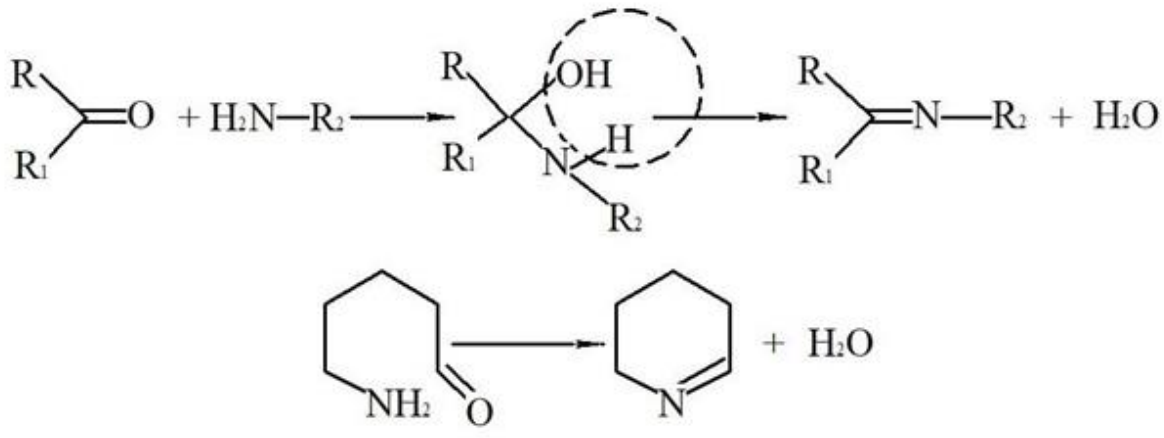


Рисунок 1 - Образование оснований Шиффа

Ограниченное число вариантов циклизации и внутримолекулярных перегруппировок при биосинтезе алкалоидов, как правило, сочетается с различными вариантами локализации

функциональных групп в составе их молекул, что обусловливает многообразие структурных типов этих соединений.

Список литературы

1. Основы биохимии вторичного обмена растений: учеб.-метод. пособие / Под общ. ред. Г.Г. Борисовой. – М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2014. – 128 с.
2. Семёнова, Е.В. Исследования свойств алкалоидов лекарственных растений / Е.В. Семёнова, О.И. Никулина // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2021. – №. 1. – С. 20–24.
3. Хелдт, Г.В. Биохимия растений: пер. с англ. / Г.В. Хелдт. – М.: БИНОМ; Лаборатория знаний. – 2011. – 471 с.
4. Aniszewski T. Alkaloids: chemistry, biology, ecology, and applications / T. Aniszewski – Elsevier. – 2015. – 496 p.

Малыкин Г.В.[1], Магарламов Т.Ю.[1]

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕТРОДОТОКСИН-СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУР У ЛИЧИНОК И ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ НЕМЕРТИН *CEPHALOTHRIX* CF. *SIMULA*

[1]Национальный научный центр морской биологии имени А. В. Жирмунского ДВО РАН
[1]Научный руководитель – к.б.н., ст.н.с. лаборатории фармакологии Т.Ю. Магарламов

Тетродотоксин (ТТХ) является одним из наиболее изучаемых нейротоксинов природного происхождения, заслужившим повышенный интерес научного сообщества благодаря высокой активности и широкому распространению в водных экосистемах [1]. Несмотря на многолетние исследования, многие аспекты, касающиеся особенностей накопления ТТХ в организме животных, его функций и происхождения, известны лишь частично. Пролить свет на вышеупомянутые вопросы, позволяют исследования локализации ТТХ у морских организмов [2,3]. В данной работе нами был проведен анализ изменений в клеточной локализации ТТХ у личинок высокотоксичной немертины *Cephalothrix*. cf. *simula* (тип Nemertea) на различных стадиях развития, а также сравнительный морфологический анализ ТТХ-содержащих клеток у личинок и взрослых особей. Для этого был использован подход, включающий высокоэффективную жидкостную хроматографию с тандемной масс-спектрометрией, конфокальную, световую и электронную микроскопии. Было выявлено, что у взрослых особей и личинок *C.* cf. *simula* наряду со слабой ТТХ-позитивной меткой, равномерно распределенной по всем органам и тканям, имеются клетки, накапливающие ТТХ. В интегументе и буккальной области взрослых немертин и личинок присутствуют ТТХ-содержащие железистые клетки. Некоторые из них являются морфологически идентичными у личинок и у взрослых немертин. Личинки имеют ТТХ-позитивные структуры, которые не встречаются у взрослого животного – желточные гранулы мезодермальных клеток и апикальный цилиндр. В свою очередь, у взрослых животных ТТХ содержится в структурах, еще не сформированных у личинок – фронтальных железах, железистом эпителии хобота, фагосомах энтероцитов, мышечной стенке кровеносных сосудов, нейропиле. Количество секреторных желез, содержащих ТТХ, у личинки увеличивается от ранних к поздним срокам развития. Полученные данные указывают на то, что морфологические структуры, позволяющие немертинам накапливать ТТХ, закладываются на ранних этапах развития.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00464.

Исследования, проведенные с помощью конфокальной лазерной сканирующей микроскопии, проведены на базе ЦКП «Приморский Океанариум».

Список литературы

1. Melnikova, D.I. An overview of the anatomical distribution of tetrodotoxin in animals / D.I. Melnikova, T.Yu. Magarlamov, // Toxins. - 2022. – Vol. 14, № 8. - P. 576 // https://doi.org/10.3390/toxins14080576.

2. Biessy, L. Distribution of tetrodotoxin in the New Zealand clam, *Paphies australis*, established using immunohistochemistry and liquid chromatography-tandem quadrupole mass spectrometry / L. Biessy, K.F. Smith, F.J. Boundy, C.S. Webb, et al // Toxins. - 2018. – Vol. 10, № 7. - P. 282 // https://doi.org/10.3390/toxins10070282.

3. Tanu, M.B. Immunoenzymatic visualization of tetrodotoxin (TTX) in *Cephalothrix* species (Nemertea: Anopla: Palaeonemertea: Cephalotrichidae) and *Planocera reticulata* (Platyhelminthes: Turbellaria: Polycladida: Planoceridae) / M.B. Tanu, Y. Mahmud, O. Arakawa, T. Takatani, et al // Toxicon. - 2004. – Vol *44*. - P. 515–520 // doi:10.1016/j.toxicon.2004.06.014.

Одринская М.С.[1], Манжуло И.В.[2]

МОРФО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕТИКУЛЯРНОЙ ФОРМАЦИИ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА ПРИ РАЗВИТИИ ОСТРОЙ БОЛИ И ТЕРАПИИ ДИКЛОФЕНАКОМ

[1]Департамент медицинской биологии и биотехнологии ИНЖБМ ДВФУ

[2]Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

[2]Научный руководитель – к.б.н., научный руководитель лаборатории фармакологии И.В. Манжуло

Вентральные отделы ретикулярной формации продолговатого мозга считаются одними из ключевых участников двунаправленного проведения болевого сигнала, а механизмы действия систем подавления и модуляции ноцицептивных сигналов в данных структурах активно исследуются. В проведении болевых сигналов участвуют не только морфологически и физиологически разнородные популяции нейрональных клеток, но и глиальные клетки, что усложняет изучение механизмов работы вентральных отделов ретикулярной формации [1]. Исследование строения и функционирования данного отдела позволит внести вклад в изучение ноцицепции в целом, а также разработать новые анальгетические и противовоспалительные препараты, направленные на конкретные пути болевого процесса. Таким образом, целью данной работы является изучение морфо-химической организации вентральных отделов ретикулярной формации продолговатого мозга крысы в норме, при развитии острой болевой реакции и терапии диклофенаком.

Для проведения данного исследования была выбрана формалиновая модель, как наиболее распространенная для изучения острой воспалительной боли [2]. Самцы крыс линии Wistar были разделены на 3 экспериментальные группы. Группа «Veh/Veh» (n=6) – контрольная, без формирования болевой реакции и обезболивания; «Veh/F» - формирование болевой реакции, без обезболивания; «Dic/F» - формирование болевой реакции и обезболивание диклофенаком. Через 24 часа после формирования боли животных анестезировали изофлураном затем проводили транскардиальную перфузию забуференным формалином (10%) с последующим забором материала. После фиксации продолговатого мозга экспериментальных животных были изготовлены криостатные срезы толщиной

50 мкм для иммуногистохимческого исследования. В области вентральных ядер ретикулярной формации выявлялись ТН- и nNOS-позитивные нейроны, микро- и астроглия с использованием кроличьих рекомбинантных антител к тирозингидроксилазе, поликлональных антител к нейрональной форме NO-синтазы, рекомбинантных антител к ионизированной кальций-связывающей адапторной молекуле 1 (iba-1) и моноклональных мышиных антител к глиальному фибриллярному кислому белку (GFAP), соответственно. Количественный и качественный анализы были проведены с использованием световой микроскопии, морфометрических и статистических методов обработки данных.

Количество ТН-позитивных нейронов в вентральном отделе ретикулярной формации продолговатого мозга спустя 24 часа после формирования болевой реакции значительно возросло в группе «Veh/F», по сравнению с другими группами животных ($p<0.01$) (рисунок 1А). Наблюдалось увеличение количества nNOS-позитивных нейронов в группе «Dic/F» и «Veh/F» в сравнении с группой «Veh/Veh», различия между тремя группами статистически значимы ($p<0.001$) (рисунок 1Б). Площадь окрашивания GFAP-позитивной астроглии наибольшая в группе «Veh/F» ($p<0.01$), между группами «Veh/Veh» и «Dic/F» значимых различий не наблюдалось ($p>0.05$) (рисунок 1В). Значимых различий в площади окрашивания iba-1-позитивной микроглии между тремя группами не выявлено ($p>0.05$) (рисунок 1Д), но количество iba-1-позитивной микроглии различается, наблюдается снижение количества микроглии в группах «Dic/F» и «Veh/F» по сравнению с группой «Veh/Veh» ($p<0.001$) (рисунок 1Г).

Установлено, что острая воспалительная боль сопровождается изменением в нейротрансмиттерных и глиальных системах вентральных отделов ретикулярной формации продолговатого мозга. Наиболее выраженными являются изменения активности нейрональной NO-синтазы, тирозингидроксилазы и GFAP-позитивной астроглии, при этом происходит снижение активности iba-1-позитивной микроглии. Анальгетическое и противовоспалительное действие диклофенака реализуется с участием нейрональных и глиальных систем ретикулярной формации продолговатого мозга. Препарат стабилизирует активность моноаминергических нейронов, и уровень астроглиоза при остром болевом воздействии, но не оказывает существенного влияния на активность NO-ергических нервных клеток и распределение микроглии.

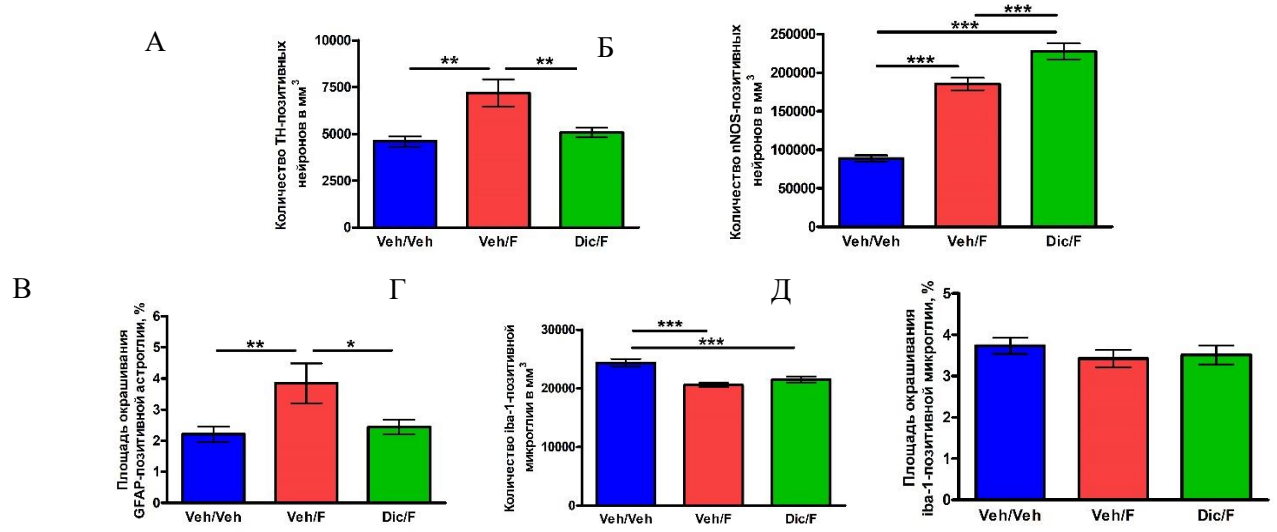


Рисунок 1 – количество (А) ТН-позитивных нейронов и (Б) nNOS-позитивных нейронов, (В) площадь окрашивания GFAP-позитивной микроглии, (Г) количество и (Д) площадь окрашивания iba-позитивной микроглии.
Уровень значимости *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Список литературы

1. Martins, I. Reticular formation and pain: the past and the future / I. Martins, I. Tavares // Frontiers in neuroanatomy. – 2017. – Т. 11. – С. 51.
2. Li, K. Peripheral formalin injury induces 2 stages of microglial activation in the spinal cord / K. Li et al. // The journal of pain. – 2010. – Т. 11, №. 11. – С. 1056-1065.

Чухломина Е.Н.[1,2], Югай Ю.А.[2], Шкрыль Ю.Н.[2]

БИОИНФОРМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ БЕЛКА ROLB/ROLC ИЗ ПРИРОДНО-ТРАНСГЕННОГО РАСТЕНИЯ СЛАДКОГО КАРТОФЕЛЯ *IPOMOEA BATATAS*

[1]Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ
[2]Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
[1]Научный руководитель - к.б.н., доцент А.Н. Мазейка
[2]Научный руководитель - к.б.н., м.н.с. Ю.А. Югай

В настоящее время к природно-трансгенным относят около 7% растений, таких как чай, арахис, грецкий орех, банан, сладкий картофель и другие, традиционно используемые в пище, напитках, медицине [1]. Природно-трансгенные растения в естественных условиях могут образовываться за счет механизма агробактериальной трансформации – переноса фрагмента плазмид (Т-ДНК) фитопатогенных бактерий рода *Rhizobium* в растительный геном при заражении. Из трансформированных клеток за счет регенерации или генеративного воспроизведения могут образоваться полностью трансгенные организмы, наследующие фрагменты клеточной Т-ДНК (клТ-ДНК) [2]. Так, природно-трансгенный сладкий картофель *Ipomoea batatas* содержит два участка клТ-ДНК (*Ib*Т-ДНК1 и *Ib*Т-ДНК2) с генами, гомологичными агробактериальным. Среди чужеродных генов в *Ib*Т-ДНК2 обнаружен ген *rolB/rolC,* имеющий сходство сразу с двумя известными онкогенами – *rolB* и *rolC* (54% и 46% идентичности, соответственно) [3]. Перенесённые гены экспрессируются в растении и вызывают различные эффекты: изменения гормонального статуса, вторичного метаболизма, фенотипа. В частности, гены *rol* (*rolA, rolB, rolC, rolD*) отвечают за развитие «бородатых корней», а гены *plast* (*6b, rolB, rolC, orf13* и др.) вызывают множественные изменения фенотипа [4]. Несмотря на многообразие фенотипических эффектов, функции генов на молекулярном уровне изучены недостаточно. В целях изучения молекулярных аспектов функционирования белка RolB/RolC, нами была построена его пространственная модель, проведено структурное сравнение полученной модели с его ближайшими гомологами – белками RolB, RolC и 6b, и предпринята попытка предсказать функции, связанные со структурой.

На первом этапе работы с помощью ресурса ProtParam были проанализированы некоторые физические и химические свойства белка RolB/RolC. Расчётная молекулярная масса составила около 26,8 кДа, индекс стабильности имел значение 51, что позволяет классифицировать белок как нестабильный, а низкие значения усредненного индекса гидропатии (-0,214) свидетельствуют о высокой степени гидрофильности белка. Кроме того, было обнаружено, что белок RolB/RolC имеет нейтральную природу с небольшим смещением заряда в щелочную область – изоэлектрическая точка достигается при pH=7,65, а количество положительно заряженных и отрицательно заряженных аминокислотных остатков составляет 24 и 23, соответственно.

Предсказание пространственной структуры белка RolB/RolC было выполнено с использованием как методов сравнительного моделирования (C-I-Tasser, Phyre2, Swiss model), так и методов

моделирования de novo (Alphafold2). При моделировании по гомологии, структуры, полученные с помощью разных программ, использовали в качестве шаблона одну и ту же кристаллографическую модель белка 6b из *Agrobacterium tumifaciens* (RCSB PDB ID 3AQ3) и строили выравнивания со схожим процентом идентичности – 19%, 17,65% и 18% для C-I-Tasser, Swiss model и Phyre2, соответственно. В то же время степень покрытия аминокислотных последовательностей целевого белка и шаблона составила 71 и 72% для C-I-Tasser и Swiss model и немного больше для Phyre2 (86%). Несмотря на низкий процент идентичности (менее 30%), сохранялась высокая степень достоверности выравнивания (>98%) и наблюдалось постоянство в выборе шаблона.

Во вторичной укладке преобладали альфа-спирали (34%) и бета-листы (25%), а также обнаруживались неупорядоченные структуры, составившие примерно 23%. Стоит отметить, что во всех полученных моделях наблюдался схожий способ пространственной укладки – 6 структур по типу бета-листов располагались в центральной части и были закручены по спирали, в то время как 3 альфа-спирали занимали периферическое положение. Однако петлевые участки обладали наибольшей вариабельностью пространственной организации.

На следующем этапе, полученные модели были оценены с помощью энергетических функций инструментов SAVES и нормализованной оценки Z-score на ресурсе ProsA, а затем оптимизированы с помощью 3Drefine. Значения Z-score после оптимизации повысились и составили -6.68, -5.02, -5.17, -4.95 для моделей, построенных в Alphafold2, CI-Tasser, Phyre2 и Swiss Model, соответственно. После этого, с помощью программного обеспечения PyMOL была смоделирована суперпозиция моделей белков RolB/RolC, построенных разными методами. Среднеквадратичное отклонение моделей не превышало 0,75 ангстрем при сравнительном моделировании. Суперпозиция de novo-моделей ближайших гомологов гена RolB/RolC, полученных из базы Alphafold2 – RolB, RolC, 6b, наглядно отражает сходство пространственной структуры белков RolB и RolB/C между собой и сходство всех белков со структурой белка 6b. Также, сервис C-I-Tasser предсказал связь белка RolB/RolC с такими функциями, как индукция образования опухоли и участие в развитии патогенеза, со степенью достоверности около 75% на основе классификации Gene Ontology.

Таким образом, в данной работе мы получили модель белка RolB/RolC, сравнили разные методы построения модели, а также сравнили структуру целевого белка с его ближайшими гомологами и показали на основе структуры связь с такими процессами, как индукция опухолевого роста и развитие патогенеза. Были также предсказаны потенциальные сайты связывания и функциональные домены, которые, однако, требуют дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Matveeva T.V., Otten L. Widespread occurrence of natural genetic transformation of plants by Agrobacterium // Plant Mol. Biol. – 2019. – V. 101 (4-5). – P. 415–437.

2. Matveeva T., Sokornova S. Biological traits of naturally transgenic plants and their evolutional roles // Russ. J. Plant Physiol. – 2017. – V. 64. – P. 635–648.

3. Kyndt T., Quispe D., Zhai H., Jarret R., Ghislain M., Liu Q., Gheysen G., Kreuze J.F. The genome of cultivated sweet potato contains Agrobacterium T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop // Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. – 2015. – V. 112 (18). – P. 5844–5849.

4. Otten L. The agrobacterium phenotypic plasticity (plast) genes // Curr. Top. Microbiol. Immunol. – 2018. – V. 418. – P. 375–419.

Штефан М.А.[1], Вятчин И.Г.[2]

НЕОБЫЧНОЕ СВОЙСТВО МИОЗИНА ЗАПИРАТЕЛЬНОЙ МЫШЦЫ МИДИИ *CRENOMYTILUS GRAYANUS*

[1]Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ
[2] Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН
[2]Научный руководитель - к.б.н., н.с. И.Г. Вятчин

Данная работа посвящена, пожалуй, самому важному белку сократительного аппарата любой мышцы – миозину [1]. В нашем исследовании мы занимались изучением свойств миозина запирательной мышцы двустворчатых моллюсков. Запирательная мышца обладает способностью catch – уникальному состоянию, в котором мышца не тратит энергию на поддержание развитого ею напряжения [2]. Ввиду реализуемой этой мышцей уникальной функции, миозин её тоже отличается от миозина других мышц. Так, он обладает способностью связываться непосредственно с кальцием и регулировать своё взаимодействие с актином. Ещё одно необычное свойство, обнаруженное нами у этого миозина, – его высокое сродство к актину, значительно превышающее таковое у миозина, например, скелетных мышц позвоночных. Так оказалось, что диссоциировать этот миозин от актина, добавляя избыток АТФ, оказалось невозможно [3].

При этом сродство АТФ и миозинового полимера настолько велико, что, начиная с определенной концентрации, АТФ уже растворяет миозиновый полимер, вместо того чтобы диссоциировать его от актина. В процессе исследования механизма, лежащего в основе диссоциирующего действия АТФ, мы обнаружили ещё более выдающееся свойство миозина этой мышцы. Как оказалось, воздействие небольших количеств АТФ и АДФ на актомиозиновую модель проявляются по-разному: в суспензионной сократительной модели, где уровень оптической плотности (ОП) соответствует уровню актин-миозинового взаимодействия (насколько актин эффективно взаимодействует с миозином), введение 0.5 мМ АТФ приводит к резкому росту ОП, а введение 0.5 мМ АДФ существенно не сказывается на ОП модели. Однако, дальнейшее увеличение концентрации АДФ в модели (которое по аналогии с АТФ должно вести к растворению миозинового полимера) внезапно приводит к неожиданному росту ОП, что может свидетельствовать о том, что актин-миозиновое взаимодействие активируется. Дальнейший анализ эффекта АДФ на актомиозин показал, что миозин действительно демонстрирует свойство АДФазы, уровень расщепления макроэргических связей которой всего в двое уступает уровню его АТФазной активности.

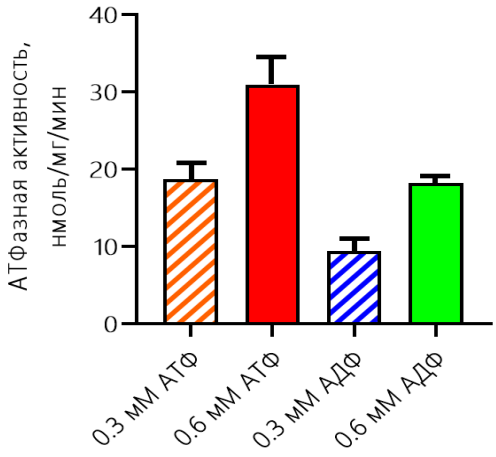


Рисунок 1 – Зависимость показателя АТФазной и АДФазной активности актомиозинового комплекса мидии от количества добавленного АТФ и АДФ.
Условия: миозин — 0,1 мг/мл; актин 0,1 мг/мл; АТФ, АДФ, 0.3–0.6 мМ (мидия)

Следует отметить, что изученные нами литературные данные по поводу взаимодействия миозина и АДФ в основном рассматривают последнюю как результат АТФазирования миозина [4]. Также необходимо подчеркнуть, что собственное влияние АДФ в литературе зачастую не обсуждается в отрыве от влияния АТФ. Большинство описанных в литературе экспериментов интересуются вопросом конкурирования АТФ и АДФ за сайт связывания миозина и, возможно, поэтому описанный нами эффект не был найден раннее [5].

Список литературы

1. Vale, R.D. Movement of scallop myosin on Nitella actin filaments: regulation by calcium / R.D. Vale, G. Szent, M.P. Sheetz, A.G. Szent-Gyorgyi // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.– 1984. – Vol. 81 – С. 6775-6778.

2. Parnas, E. Energetik glatter muskeln / E. Parnas // Pfluegers Arch. Ges. Physiol.– 1910. – Vol. 134. – С. 441-495

3. Vyatchin, I.G. Modeling of the mussel catch muscle contractile apparatus in actomyosin suspension / I.G. Vyatchin, U.V. Shevchenko, N.S. Shelud'ko // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2020. – № 19 – С. 800-805.

4. Kobayashi, M. Interplay of actin, ADP and Mg^{2+} interactions with striated muscle myosin: Implications of their roles in ATPase / M. Kobayashi, B.E. Ramirez, C.M. Warren // Arch. Biochem. Biophys. –2019. – № 662 – С. 101-110.

5. De La Cruz, E.M. ADP inhibition of myosin V ATPase activity / E.M. De La Cruz, H.L. Sweeney, E.M. Ostap // Biophys. J. – 2000. – Vol. 79, № 3. – С. 1524-1529.

Юренок Ю.П.[1]

СВОЙСТВА КАЛЬПОНИНА ЗАПИРАТЕЛЬНОЙ МЫШЦЫ МИДИИ ГРЕЯ

[1]Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

[2] Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН

[2]Научный руководитель - к.б.н., н.с. И.Г. Вятчин

Кальпонин принадлежит к семейству актин-связывающих белков, считается, что он участвует в различных биологических процессах: регуляции сокращения в гладких мышцах [6], организации актинового цитоскелета в гладкомышечных и немышечных клетках [4] и выполняет роль сигнальных молекул [3]. Функция кальпонина запирательной мышцы двустворчатых моллюсков неизвестна. Однако, судя по способности кальпонина двустворчатых моллюсков заметно ингибировать активность миозиновой Mg^{2+}-АТФазы [5], можно предположить, что этот белок может участвовать в функционировании сократительного аппарата запирательной мышцы. Нельзя исключать и его участие в формировании запирательного тонуса – особого состояния мышц-замыкателей двустворчатых моллюсков, пребывая в котором, они не тратят энергии на поддержание развитого мышцей напряжения.

Одной из проблем, с которой мы столкнулись при исследовании кальпонина, являлось отсутствие метода его эффективного получения. Ранее из запирательных мышц моллюсков кальпонин выделяли с помощью термоэкстрации, которая основывается на устойчивости кальпонина к высоким температурам [1]. Выход целевого белка при этом - довольно низкий, более того, исследований, подтверждающих сохранение полной функциональности при таком жестком воздействии, на данный

момент нет. Также неизвестно, можно ли получить таким методом все изоформы кальпонина, или часть их при термоэкстракции будет потеряна.

В данной работе экстракцию кальпонина проводили, используя его свойство, обнаруженное ранее: способность диссоциировать от тонких нитей при понижении температуры до 2^{o}C. При подборе методов дальнейшей очистки нами была выбрана ионообменная хроматография с катионообменной смолой при высокой концентрации мочевины (6М). Такой подход позволил нам исключить воздействие на белок высокими температурами или химическими веществами, способными нарушить конформационную структуру белка. Кроме того, выход белка в предложенной нами методике оказался выше такового при термоэкстракции (примерно в 4 раза). Вероятно, этот результат связан как раз с получением изоформ, теряемых при воздействии высоких температур. Однако, переводя хроматографически чистый кальпонин в стандартный экспериментальный раствор, мы столкнулись с низкой растворимостью белка, что было не характерно для белка, полученного методом термоэкстракции. Данное состояние могло затруднять дальнейшее исследование кальпонина: препятствовать взаимодействию его с другими белками в экспериментальных моделях, приводить к формированию кальпониновых агрегатов. Поэтому мы решили изучить, при каких условиях можно добиться его большей растворимости. Для этого было исследовано влияние ионной силы среды и концентрации белка на его растворимость.

Было выяснено, что кальпонин достигает высокой растворимости при высокой ионной силе расвтора (89% при 500мМ KCl) или при довольно низких концентрация (49% при концентрации менее 0.5 мг/мл). Однако данные параметры мало подходят для изучения взаимодействия кальпонина с другими сократительными белками.

Следующим шагом мы решили уточнить, а действительно ли растворимость кальпонина представляет проблему при изучении его взаимодействия с другими белками. Поэтому нами было изучено ингибирующее действие препарата малорастворимого кальпонина на АТФазную активность сократительных моделей. Для этого было собрано несколько белковых моделей:

1- актомиозиновый контроль, 2- модель с одновременным смешиванием белков при ее реконструкции, 3– модель, при реконструкции которой кальпонин и актин смешивались предварительно. При одновременном смешивании белков они проходили через этап присутствия в растворе высокой ионной силы, когда ионная сила раствора кальпонина с 75 мМ поднималась до 500 мМ KCl, а при предварительном смешивании кальпонина с активном, этого этапа не было (ионная сила раствора = 75 мМ KCl) (рисунок 1).

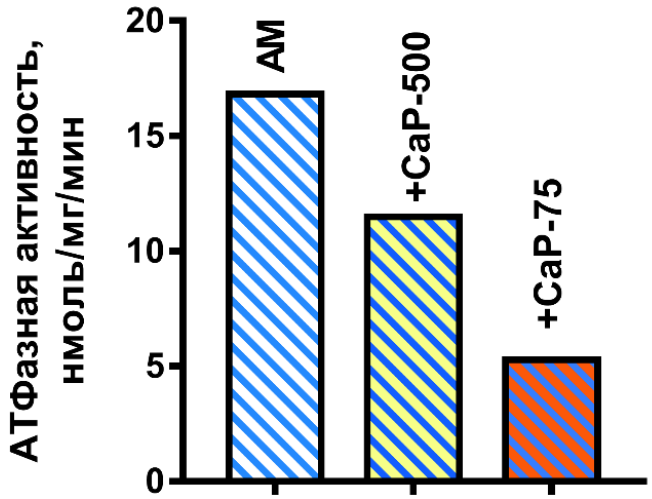


Рисунок 1 – Влияние ионной силы раствора кальпонина на результаты предварительного смешивания кальпонина и актина

«АМ» – актомиозиновый контроль

«+CaP-75» – кальпонин в растворе с ионной силой 75 мМ

«+CaP-500» – кальпонин в растворе с ионной силой 500 мМ

Оказалось, что при одновременном смешивании актина с высоко растворимым кальпонином в растворе высокой ионной силы ингибирующее действие выражено слабее, так как высокая ионная сила препятствует взаимодействию белков. Во втором случае, с более низкой ионной силой раствора, кальпонин, несмотря на более низкую растворимость, проявлял вдвое большее ингибирующее действие на активность миозиновой Mg2+-АТФазы.

Однозначным гарантом корректности функционирования кальпонина служит развиваемая им степень ингибирования актин-миозиновго взаимодействия, так как других функций у этого белка в запирательной мышце моллюсков не обнаружено. При эквимолярном соотношении кальпонина и актина, он ингибирует АТФазную активность на уровне термо-экстрагированного белка [2]. Таким образом, кальпонин, полученный новым методом, соответствует полнофункциональному кальпонину, полученным методом термоэкстракции.

Список литературы

1. Dobrzhanskaya, A.V. Thin filaments of bivalve smooth muscle may contain a calponin-like protein / A.V. Dobrzhanskaya, G.G. Matusovskaya, O.S. Matusovsky, N.S. Shelud’ko // Biophysics. – 2010. – Vol. 55, № 5. – P. 703-706.

2. Funabara, D. Isolation and characterization of a novel 45 kDa calponin-like protein from anterior byssus retractor muscle of the mussel *Mytilus galloprovincialis* / D. Funabara, M. Nakaya, S. Watabe, O. Article // Fisheries Science. – 2001. – Vol. 67, № 3. – P. 511-517.

3. Menice, C.B. Calponin and mitogen-activated protein kinase signaling in differentiated vascular smooth muscle / C. B. Menice, J. Hulvershorn, L. P. Adam. – Text : electronic // J. Biol Chem. – 1997. – Vol. 272, № 40. – P. 25157-25161. – URL: http://www.jbc.org/content/272/40/25157.short (date accessed: 11.08.2014).

4. North, A.J. Calponin is localised in both the contractile apparatus and the cytoskeleton of smooth muscle cells / A.J. North, M. Gimona, R.A. Cross, J.V. Small // J. Cell Sci. – 1994. – Vol. 107, № 3. – P. 437-444.

5. Sirenko, V.V. Modulation of conformations of myosin subfragment-1 (S-1) and inhibition of S-1 ATPase by mussel calponin / V.V. Sirenko, A.O. Simonyan, A.V. Dobrzhanskaya // Cell and Tissue Biology. – 2015. – Vol. 9, № 1. – P. 64-70.

6. Winder S.J. Calponin / S.J. Winder, M.P. Walsh // current topics in cellular regulation. – 1996. – Vol. 34. – P. 33-61.

Раздел VIII МАТЕМАТИКА

Афанасьева-Григорьева А. С.

АСИМПТОТИКА ЕМКОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КОНДЕНСАТОРА С ПЕРЕМЕННЫМИ УРОВНЯМИ ПОТЕНЦИАЛА

Департамент математики ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., старший научный сотрудник НОМЦ ДЦМИ, Е.Г. Прилепкина

Всюду ниже $\mathbb{R}^n$означает $n-$ мерное евклидово пространство точекx вида$(x_1, \dots, x_n), n \geq 3, B \subset \mathbb{R}^n -$ открытое множество. Обобщенный конденсатор в $\bar{B}$ есть $C = (\{F_0, F_1, \dots, F_m\}, \{\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_m\}, B)$, где F_k −замкнутые непустые попарно не пересекающиеся множества $F_k \subset \bar{B}$, $k = 0,1, \dots, m,$ а δ_k −вещественные числа, $k = 0,1, \dots, m, m \geq 1$. Множества F_k называют пластинами конденсатора C, а числа $\delta_k -$ уровнями потенциала или потенциалами пластин F_k, $k = 1, \dots, m.$ Емкость $capC$ конденсатора C определяется как точная нижняя грань интегралов Дирихле

$$I(v, B) \coloneqq \int_B |\nabla v|^2 dX$$

по всем функциям v, непрерывным в $\bar{B}$, удовлетворяющим условию Липшица локально в B и равным δ_k на $F_k, k = 1, \dots, n$, где $dX = dx_1 \dots dx_n$. Предположим, что $F_0 = \Gamma$, где $\Gamma \subset \partial B$. Пусть $\delta_0 = 0$, и определим функцию Робена

$$g_B(x, x_0, \Gamma) = \frac{1}{(n-2)\omega_{n-1}} \left(|x - x_0|^{2-n} - \left(r(B, x_0, \Gamma) \right)^{2-n} \right) + O(|x - x_0|), x \to x_0,$$

которая непрерывнана $\bar{B} \backslash \{x_0\}$, непрерывно дифференцируема на $\bar{B} \backslash (\Gamma \cup \{x_0\})$, гармоническая в $B \backslash \{x_0\}$, и удовлетворяющая следующим условиям:

$$g_B(x, x_0, \Gamma) = 0 \text{ при } z \epsilon \Gamma,$$

$$\frac{\partial g_B(x, x_0, \Gamma)}{\partial n} = 0 \text{ при } z \epsilon \partial B \backslash \Gamma,$$

где ω_{n-1} −площадь единичной гиперсферы, $r(B, x_0, \Gamma) -$ радиус Робена, и дифференцирование берется по отношению к внешней нормали.

В следующей теореме получена асимптотическая формула для емкости конденсатора в случае, когда потенциалы пластин есть переменные величины, стремящиеся к заданным значениям.

Теорема 1. Пусть $B -$ открытое подмножество $\mathbb{R}^n$, каждая связная компонента которого имеет функцию Робена; $\{x_k\}_{k=1}^m, m \geq 1 -$ совокупность различных конечных точек B, и пусть

$$\delta_k(r) = \delta_k + \alpha_k r^{n-2} + o(r^{n-2}), r \to 0,$$

где $\delta_k \neq 0, \alpha_k -$ вещественные числа, $k = 1, \dots, m,$ $m \geq 1$. Предположим, что замкнутые множества $F_k = F_k(r), r > 0$, представляют собой «почти шары» с центрами в точках $x_k \in B$ радиусов $\mu_k r(1 + O(r^{n-1}))$ при $r \to 0$, где $\mu_k -$ произвольные положительные числа, а именно $F_k = F_k(r)$ содержат шары и содержатся в шарах:

$$|x - x_k| \leq \mu_k r(1 + O(r^{n-1})), r \to 0,$$

$k = 1, \dots, m,$ $m \geq 1.$ Тогда при $r \to 0$ для ёмкости конденсатора $C(r) = (\{\Gamma, F_1, \dots, F_m\}, \{0, \delta_1(r), \dots, \delta_m(r)\}, B)$ имеет место асимптотическая формула

$$capC(r) = (n-2)\omega_{n-1}\left(\sum_{k=1}^{m}\delta_k^2\,\mu_k^{n-2}\right)r^{n-2} + M(Z,\Psi,B,\Gamma) + o(r^{2n-4}),$$

где

$$M(X,\Psi,B,\Gamma) = \sum_{k=1}^{m}(n-2)\omega_{n-1}(\delta_k^2\mu_k^{2n-4}R_k^{2-n} + 2\alpha_k\delta_k\mu_k^{n-2}) - \sum_{k=1}^{m}\sum_{\substack{l=1,\\ l\neq 1}}^{m}\delta_k\delta_l\,\mu_k^{n-2}\mu_l^{n-2}(n-2)^2\omega_{n-1}^2 g_B(x_k,x_l,\Gamma),$$

$\Psi = \{\mu_k r\}, X = \{x_k\}, R_k = r(B,x_k,\Gamma)$, $k = 1,\dots,m$, $m \geq 1$.

Если $\Gamma = \partial B$, то функция Робена равна функции Грина, а радиус Робена $r(B,x_k,\Gamma) = r(B,x_k), k = 1,\dots,m$, $m \geq 1$. Случай, $n = 2$, рассмотрен в работе [1].

Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2023-946 от 16 февраля 2023 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.

Список литературы

1. Дубинин, В.Н.Асимптотика емкости конденсатора с переменными уровнями потенциала // Сиб. мат. журн.– 2020. – Том 61. – № 4. – С. 796-802.

Бахитова П. А.

АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ ИММУННОСТЬ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ И ГЕНЕРАТОРЫ КЛЮЧЕВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент департамента математики ИМКТ С.Г. Чеканов

В работе изучаются криптографические свойства генераторов ключевых последовательностей на основе их алгебраических моделей. Необходимость изучения подобных генераторов объясняется их широким использованием в современных поточных шифрах [1, 3].

Ключевая последовательность состоит из элементов фиксированного конечного поля F. Генератор состоит из следующих компонент:

- i регистров LFSR длины $n_1,\dots,n_i$ и матрицы обратной связи $L_1,\dots, L_i$;
- внутреннее состояние $S \in F^m \times F^n$, где $n = n_1 + \dots + n_i$;
- матрица L над полем F размерности $n \times i$ определяемая как

$$L := \begin{pmatrix} L_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & L_i \end{pmatrix}$$

- матрица P над полем F размерности $n \times i$;
- нелинейная функция Ψ следующего состояния памяти $\Psi: F^m \times F^i \to F^m$;
- функция выхода $f: F^m \times F^i \to F$.

Для генерации ключевой последовательности необходимо знать начальные состояния регистров сдвига с обратной связью LFSR, что является секретной информацией и представляет собой цель атаки. На рисунке 1 представлена схема генератора ключевой последовательности

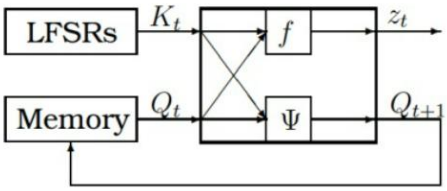


Рис 1. Комбинирующий генератор

Алгоритм атаки на генератор может быть описан следующим образом.

Вход: (i, m)-комбинирующий генератор с секретным значением начального состояния $S_0 = (Q_0, K)$ и фрагмент элементов ключевой последовательности $\{z_t\}$.

Шаг 1: составление системы уравнений относительно неизвестных из *K* и *Q*.

Шаг 2: нахождение *K* путем решения получившейся системы уравнений.

Выход: секретный ключ *K*.

Существуют различные подходы к оценке способности генераторов противостоять алгебраическим атакам [3]. В работе изучается зависимость свойств генератора от алгебраической иммунности функции выхода.

Пусть F_q – конечное поле, над которым строится генератор и $F^n = \{f | f: F_q^n \to F_q\}$.

Определение 1. Пусть $f, g \in F^n$. Функция g называется аннигилятором функции f, если $fg \equiv 0$ или $(f + 1)\, g \equiv 0$.

Определение 2. Алгебраической иммунностью $\mathrm{AI}(f)$ функции $f \in F^n$ называется наименьшая степень ее ненулевого аннигилятора.

Утверждение 1. Пусть $f \in F^n$ и $fg \equiv h$ для некоторых $g, h \in F^n$, $\deg g \leq d$, $\deg h \leq d$, $g \not\equiv 0$. Тогда $\mathrm{AI}(f) \leq d$.

Утверждение 2. Любой ненулевой аннигилятор $g \in F^n$ аффинной функции l, $\deg l = 1$, может быть представлен в виде $g \equiv h(1 \oplus l)$, где h – произвольная функция из F^n, для которой $\deg h = \deg g - 1$.

Утверждение 3. Имеет место равенство $\dim(\mathrm{Ann_k}(f)) = \sum_{i=0}^{k} \binom{n}{i} - r_k(supp(f))$, где f –булева функция от *n* переменных, $\dim(\mathrm{Ann_k}(f))$ – размерность линейного подпространства аннигиляторов.

Известно [2], что для любой булевой функции f справедлива достижимая оценка $\mathrm{AI}(f) \leq \left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil$.

Список литературы

1. Алферов А.П., Зубов А. Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А.В. Основы криптографии. М.: Гелиос АРВ, 2002. 480 с. Алферов А. П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А.В. Основы криптографии. М.: Гелиос АРВ, 2002. 480 с.

2. Логачев О.А., Сальников А.А., Смышляев С.В., Ященко В.В. Булевы функции в теории кодирования и криптологии [Текст] / Логачев О.А., Сальников А.А., Смышляев С.В., Ященко В.В. — 978-5-9710-8561-4. — Москва: Ленанд, 2021–576 с.

3. Armknecht F. Improving Fast Algebraic Attacks // Proceedings of FSE 2004, Lecture Notes in Computer Sciences. 2004 V. 3017. P. 65 – 82.

Бахтин К.Е.

О СВЯЗЯХ ОБОБЩЕННОЙ ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ С ФУНКЦИЕЙ МАЙЕРА

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент департамента математики ИМКТ Е.Г. Прилепкина

Примем обозначения:

$$\begin{aligned} \Gamma(\mathbf{a}) &= \prod_{i=1}^{p} \Gamma(a_i),\ \sin(\mathbf{a}) = \prod_{i=1}^{p} \sin(a_i),\ (\mathbf{a}) = \prod_{i=1}^{p} a_i, \\ \mathbf{a}+\beta &= (a_1+\beta,\dots,a_p+\beta),\ \mathbf{a}_{[k]} = (a_1,\dots,a_{k-1},a_{k+1},\dots,a_p), \end{aligned} \tag{1}$$

для любого вектора $\mathbf{a} = (a_1,\dots,a_p) \in \mathbb{C}^p$, числа β и $\Gamma(\cdot)$ функции Эйлера. Предположим, что $0 \le m \le q, 0 \le n \le p$ — целые числа и вектор $\mathbf{a} = (\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2)$ с $\mathbf{a}_1 \in \mathbb{C}^m, \mathbf{a}_2 \in \mathbb{C}^{q-m}, \mathbf{b} = (\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2), \mathbf{b}_1 \in \mathbb{C}^n$, $\mathbf{b}_2 \in \mathbb{C}^{p-n}$, причем $a_i - b_j \notin \mathbb{N}$ для всех $i = 1,\dots,m$ и $j = 1,\dots,n$. Тогда G-функция Майера определяется интегралом Меллина-Барнса

$$\frac{\Gamma(\mathbf{a})}{\Gamma(\mathbf{b})}\,{}_{p+1}F_p\left(\begin{matrix}\sigma,\mathbf{a}\\ \mathbf{b}\end{matrix}\middle| z\right) = \int_0^1 G_{p,p}^{p,0}\left(t\,\middle|\begin{matrix}\mathbf{b}\\ \mathbf{a}\end{matrix}\right)\frac{dt}{t(1-tz)^{\sigma}}, \tag{2}$$

где контур $\mathcal{L}$ – простая петля с концами в бесконечности и разделяющая левые полюса $s \to \Gamma(\mathbf{a}_1 + s)$ подинтегрального выражения от правых полюсов $s \to \Gamma(1 - \mathbf{b}_1 - s)$.

В докладе обсуждается метод получения преобразований гипергеометрический функций с помощью G - функций Маейра. Например, взяв преобразование G - функций из формулы 4.6 [2], положив в ней $\alpha \in \mathbb{N}_0$, и воспользовавшись интегральным представлением обобщенной гипергеометрической функции в виде преобразования Стилтьеса

$$\frac{\Gamma(\mathbf{a})}{\Gamma(\mathbf{b})}\,{}_{p+1}F_p\left(\begin{matrix}\sigma,\mathbf{a}\\ \mathbf{b}\end{matrix}\middle| z\right) = \int_0^1 G_{p,p}^{p,0}\left(t\,\middle|\begin{matrix}\mathbf{b}\\ \mathbf{a}\end{matrix}\right)\frac{dt}{t(1-tz)^{\sigma}}, \tag{3}$$

получим следующую теорему.

Theorem 1. *Пусть* $a,b,c,d \in \mathbb{C}, \mathrm{f} \in \mathbb{C}^{p-2}, m = (m_1,\dots,m_{p-2}) \in \mathbb{N}^{p-2}, m = m_1 + \dots + m_{p-2}$, $\alpha = c + d - a - b - m - 1, \alpha \in \mathbb{N}_0$. *Тогда*

$$\begin{aligned} {}_{p+1}F_p\left(\begin{matrix}\sigma,a,b,\mathbf{f}+\mathbf{m}\\ c,d,\mathbf{f}\end{matrix}\middle| z\right) &= (-1)^{\alpha}\frac{\alpha!\,\Gamma(c)\Gamma(d)\Gamma(\mathrm{f})\Gamma(\mathbf{y})\Gamma(\mathbf{u}-d+2)}{\Gamma(\mathrm{f}+\mathrm{m})\Gamma(a)\Gamma(b)\Gamma(\mathbf{w})\Gamma(\mathbf{v}-d+2)} \times \\ \sum_{l=0}^{\alpha}\frac{(-1)^l\Gamma(\mathbf{w}+d+l-\alpha-1)}{l!\,(\alpha-l)!\,\Gamma(d+l-\alpha)\Gamma(\mathbf{y}+d+l-\alpha-1)}\,{}_{m+3}F_{m+2}&\left(\begin{matrix}\sigma,\mathbf{w}+d+l-\alpha-1\\ d+l-\alpha,\mathbf{y}+d+l-\alpha-1\end{matrix}\middle| z\right), \end{aligned} \tag{4}$$

где: $\mathbf{u} = (a-1, b-1, \mathrm{f}+\mathrm{m}-1), \mathbf{v} = (c-1, \mathrm{f}-1)$, $\mathbf{w} = (c-a-m, c-b-m, \mathrm{t}+1), \mathbf{y} = (c-d+1, \mathrm{t})$ *и* $\mathrm{t} = (t_1,\dots t_m)$

являются корнями второго характеристического многочлена Миллера-Париса

$\hat{Q}_m(t) = \hat{Q}_m(a-d+1, b-d+1, c-d+1, \mathrm{f}-d+1|t)$.

Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2023-946 от 16 февраля 2023 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.

Список литературы

1. R.A. Askey and A.B. Olde Daalhuis, Generalized Hypergeometric Functions and Meijer G-Function, Chapter 16 in F.W.J. ,Olver, D.W. Lozier, R.F. Boisvert C.W. Clark (Eds.) NIST Handbook of Mathematical Functions, Cambridge University Press, 2010.

2. M.Bertola, M.Gekhtman and J.Szmigielski Cauchy–Laguerre Two-Matrix Model and the Meijer-G Random Point Field, Communications in Mathematical Physics volume 326 (2014), 111–144.

3. D.B.Karp and E.G.Prilepkina, Applications of the Stieltjes and Laplace transform representations of the hypergeometric functions, Integral Transforms and Special Functions, volume 28, no.10 (2017), 710–731.

4. D.B.Karp and E.G.Prilepkina, On Meijer's G function $G_{p,p}^{m,n}$ for $m+n=p$, Integral Transforms and Special Functions, online, 2022. DOI: 10.1080/10652469.2022.2092730

5. A.R.Miller and R.B.Paris, Transformation Formulas For The Generalized Hypergeometric Function with Integral Pa rameter Differences, Rocky Mountain Journal Of Mathematics Volume 43, Number 1 (2013), 291–327.

Сахаров И. А.

ОБ ИНЪЕКТИВНЫХ УНАРАХ

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор департамента математики ИМКТ А. А. Степанова

Алгебра называется *унаром*, если её сигнатура состоит из одного символа унарной операции f. Унар является частным случаем полигона. В работах [1-5] рассматриваются инъективные, слабоинъективные и квазиинъективные полигоны. Однако алгебраическое описание инъективных полигонов в общем случае не получено. В данной работе приводится алгебраическое описание инъективных, слабоинъективных, квазиинъективных и псевдоинъективных унаров.

Для формулировки основных результатов понадобятся некоторые определения, которые можно найти в [6]. Пусть A – унар. Унар A называется *связным*, если для любых $a, b \in A$ существуют $n, m \in \omega$ такие, что $f^n a = f^m b$. Унар A называется *полуцепью*, если $A = \{a_i \mid i \in \omega\}$, $a_i \neq a_j$ при $i \neq j$, и $f a_i = a_{i+1}$ для любых $i, j \in \omega$. Унар A называется *циклом длины* n, если $A = \{a_i \mid 0 \leq i \leq n\}$, $a_i \neq a_j$ при $i \neq j$, $f a_i = a_{i+1}$ при $i < n-1$ и $f a_{n-1} = a_0$. Унар A называется *петлёй*, если A – цикл длины 1. Элемент $a' \in$ A называется *прообразом элемента* $a \in A$, если $f a' = a$. Элемент a называется *периодическим*, если $f^t a = f^{t+n} a$ для некоторых $t \geq 0$ и $n \geq 1$. Если c – периодический элемент, то наименьшее из чисел t, для которых существует $n \geq 1$ такое, что $f^t a = f^{t+n} a$, называется *глубиной элемента* a и обозначается $t(a)$. *Копроизведением унаров* называется их дизъюнктное объединение. Копроизведение унаров $A_i (i \in I)$ обозначается $\coprod_{i \in I} A_i$. Любой унар представим в виде копроизведения связных унаров.

Унар Q называется *инъективным*, если для любого гомоморфизма $\varphi: A \to Q$ и для любого мономорфизма $\alpha: A \to B$ существует гомоморфизм $\bar{\varphi}: B \to Q$ такой, что $\varphi = \bar{\varphi}\alpha$. Унар Q называется *слабоинъективным*, если для любой полуцепи B, любого гомоморфизма $\varphi: A \to Q$ и для любого мономорфизма $\alpha: A \to B$ существует гомоморфизм $\bar{\varphi}: B \to Q$ такой, что $\varphi = \bar{\varphi}\alpha$. Унар Q называется *квазиинъективным*, если для любого гомоморфизма $\varphi: A \to Q$ и для любого мономорфизма $\alpha: A \to Q$ существует эндоморфизм $\bar{\varphi}: Q \to Q$ такой, что $\varphi = \bar{\varphi}\alpha$. Унар Q называется *псевдоинъективным*, если для любых мономорфизмов $\varphi, \alpha: A \to Q$ существует эндоморфизм $\bar{\varphi}: Q \to Q$ такой, что $\varphi = \bar{\varphi}\alpha$.

Очевидно, что класс инъективных унаров содержится в классе слабоинъективных унаров, класс квазиинъективных – в классе псевдоинъективных унаров.

Теорема 1. Унар инъективен тогда и только тогда, когда он содержит петлю и каждый его элемент имеет прообраз.

Теорема 2. Унар слабоинъективен тогда и только тогда, когда каждый его элемент имеет прообраз.

Теорема 3. Унар $Q = \coprod_{i \in I} Q_i$, где все Q_i связны, квазиинъективен тогда и только тогда, когда выполняются следующие условия:

1. если Q содержит полуцепь, то любой элемент Q имеет прообраз;
2. если Q_i, Q_j содержат циклы C_i, C_j соответственно такие, что длина C_j делится на длину C_i, то глубина любого элемента из Q_j не превосходит глубины любого элемента без прообразов из $\mathrm{Q_i}$.

Следствие. Любой слабоинъективный унар является квазиинъективным.

Теорема 4. Унар $Q = \coprod_{i \in I} Q_i$, где все Q_i связны, псевдоинъективен тогда и только тогда, когда выполняются следующие условия:

1. если Q_i содержит полуцепь, то любой элемент Q_i имеет прообраз;
2. если Q_i, Q_j содержат циклы равной длины, то глубина любого элемента из Q_j не превосходит глубины любого элемента без прообразов из Q_i.

Список литературы

1. Kilp M. Monoids, acts and categories: with applications to wreath products and graphs; a handbook for students and researchers / By Kilp M., Knauer U., Mikhalev A. V. // Walter de Gruyter. – 2000.
2. P. Berthaume. The injective envelope of S-sets // Canad. Math. Bull. – 1967. – №10. – С. 261–273.
3. M. Satyanarayana. Quasi- and weakly-injective S-systems // Math. Nachr. – 1976. – №71. – С. 183–190.
4. J. Luedman. Closure operations and semigroups of quotients // Commentat. Math. Univ. Carolinae. – 1979. – №20. – С. 529–537.
5. J. Ahsan. Monoids characterized by their quasi-injective S-systems // Semigrioup Forum. – 1987. – №36. – С. 285–292.
6. Скорняков Л. А. Элементы общей алгебры / Скорняков Л. А. – Москва: Наука, 1983. – 272 с.

Симаков В.К.

О ПОЛНОТЕ КАТЕГОРИИ ОТДЕЛИМЫХ ПРОСТРАНСТВ ЧУ

Департамент математики ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор департамента математики ИМКТ
Е.Е. Скурихин

В работе Po Hsiang Chu [1] была введена конструкция, позволяющая по заданной замкнутой симметричной моноидальной категории V и фиксированному объекту $D \in Ob(V)$ построить категорию, обозначаемую $Chu(V, D)$, которая является *-автономной. Объектами категории $Chu(V, D)$, т.е. пространствами Чу, называются морфизмы $r: A \otimes X \to D$ категории V, где $A, X \in Ob(V)$,$\otimes: V \times V \to V$ — произведение на категории V. Для двух пространств Чу $r_1: A_1 \otimes X_1 \to D$ и $r_2: A_2 \otimes X_2 \to D$ морфизмом $r_1 \to r_2$ называется любая пара (f,g) морфизмов категории V, где $f: A_1 \to A_2$, $g: X_2 \to X_1$, такая, что $r_1 \circ (1_{A_1} \otimes g) = r_2 \circ (f \otimes 1_{X_2})$. В работе [2] рассматривались две категории пространств Чу для случая, когда V — это категория $S - Act$ полигонов над S, где S — это коммутативный моноид. Одна из них — это категория $Chu(S - Act, D)$, другая — категория $Chu(S - Act)$, которая отличается от первой тем, что объект D в определении пространства Чу $r: A \otimes X \to D$ не фиксируется, а

морфизмом пространств Чу $r_1: A_1 \otimes X_1 \to D_1$ и $r_2: A_2 \otimes X_2 \to D_2$ называется любая тройка (f, g, h) морфизмов категории V, где $f: A_1 \to A_2$, $g: X_2 \to X_1$, $h: D_1 \to D_2$, такая, чтое $h \circ r_1 \circ (1_{A_1} \otimes g) = r_2 \circ (f \otimes 1_{X_2})$. В данной работе рассматриваются категория $Chu(Set)$ пространств Чу над категорией множеств и категория $Chu_{Sep}(Set)$ отделимых пространств Чу над категорией множеств. Ясно, что категория $Chu(Set)$ совпадает с категорией $Chu(S-Act)$, если S — это одноэлементный моноид. Поэтому для категории $Chu(Set)$ вопросы существования уравнителей, коуравнителей, копроизведений и расслоенных сумм решены в [2-4]. В этой работе приводится конструкция предела произвольного функтора в категорию пространств Чу над категорией множеств, когда его образы на объектах — это отделимые пространства Чу. Доказывается полнота категории $Chu_{Sep}(Set)$; приводятся конструкции уравнителей, произведений и расслоенных произведений в этой категории. Показывается, что копределы отделимых пространств Чу не всегда являются отделимыми пространствами Чу, но копроизведения отделимых пространств Чу в категории $Chu_{Sep}(Set)$ существуют для любых отделимых пространств Чу.

Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2023-946 от 16 февраля 2023 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.

Список литературы

1. Barr M., “*-Autonomous Categories”, Lecture Notes in Math.; Berlin: Springer-Verlag,752(1979).

2. Степанова А.А., Скурихин Е.Е., Сухонос А.Г., “Категории пространств Чу над категорией полигонов”, Сиб. электрон. матем. Изв.,14(2017), 1220–1237.

3. Степанова А.А., Скурихин Е.Е., Сухонос А.Г., “Уравнители и коуравнители в категории пространств Чу над категорией полигонов”, Сиб. электрон. матем. Изв.,16(2019), 709–717.

4. Степанова А.А., Скурихин Е.Е., Сухонос А.Г., “Произведения пространств Чу в категории Chu(S-Act)”, Сиб. электрон. матем. изв.,17(2020), 1352–1358.

Шамич Н.И.

РЕШЁТКИ КОНГРУЭНЦИЙ КОНГРУЭНЦ-ПЕРЕСТАНОВОЧНЫХ УНАРОВ

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент департамента математики

Е.Л. Ефремов

Конгруэнц-перестановочными называются алгебры, конгруэнции которых перестановочны относительно композиции. В работе рассматриваются свойства решётки конгруэнций конгруэнц-перестановочных *унаров*, т.е. алгебраических систем языка, состоящего из одной одноместной операции. Структура решётки конгруэнций алгебры частично определяет строение самой алгебры.

Напомним некоторые основные определения. Всюду дальше под $\mathcal{A}$ понимается унар $\langle A; f^{(1)} \rangle$. Будем использовать следующие обозначения: $f^0 a = a$, $f^{n+1} a = f f^n a$ для всех $n \in \omega$, $a \in A$.

Конгруэнцией унара $\mathcal{A}$ называется отношение эквивалентности θ на A, удовлетворяющее условию:

$$\langle x, y \rangle \in \theta \Longrightarrow \langle fx, fy \rangle \in \theta.$$

Совокупность всех конгруэнций унара $\mathcal{A}$ образует *решётку* $Con(\mathcal{A})$ относительно следующих операций: для любых $\theta_1, \theta_2 \in Con(\mathcal{A})$

$$\theta_1 \wedge \theta_2 = \theta_1 \cap \theta_2,$$

$\theta_1 \vee \theta_2$ – наименьшая конгруэнция, содержащая $\theta_1 \cup \theta_2$. Решётка $Con(\mathcal{A})$ называется *линейной*, если $Con(\mathcal{A})$ – линейно упорядоченное относительно $\subseteq$ множество. Решётка $Con(\mathcal{A})$ называется *дистрибутивной*, если она удовлетворяет *закону дистрибутивности*:

$$\forall \theta_1, \theta_2, \theta_3 \in Con(\mathcal{A}) \left((\theta_1 \vee \theta_2) \wedge \theta_3 = (\theta_1 \wedge \theta_3) \vee (\theta_2 \wedge \theta_3)\right).$$

Решётка $Con(\mathcal{A})$ называется *модулярной*, если она удовлетворяет *модулярному закону*:

$$\forall \theta_1, \theta_2, \theta_3 \in Con(\mathcal{A}) \left(\theta_1 \subseteq \theta_3 \Longrightarrow (\theta_1 \vee \theta_2) \wedge \theta_3 = \theta_1 \vee (\theta_2 \wedge \theta_3)\right).$$

Унар $\mathcal{A}$ называется *связным*, если для любых $a, b \in A$ существуют $n, m \in \omega$ такие, что $f^n a = f^m b$. Подунар $\mathcal{C} = \langle C; f^{(1)} \rangle$ унара $\mathcal{A}$ называется *циклом длины* n $(n \in N)$, если $C = \{c_i \mid 1 \leq i \leq n\}$, $f c_i = c_{i+1}$ для всех i, $1 \leq i < n$, и $f c_n = c_1$. *Петлёй* называется цикл длины 1.

Утверждение 1. Связный унар $\mathcal{A}$ конгруэнц-перестановочен тогда и только тогда, когда $\mathcal{A}$ – петля с двумя прообразами или цикл.

Утверждение 2. Несвязный унар $\mathcal{A}$ конгруэнц-перестановочен тогда и только тогда, когда $\mathcal{A}$ – копроизведение двух циклов взаимно простых длин.

Теорема 1. Решётка конгруэнций конгруэнц-перестановочного унара модулярна и дистрибутивна.

Теорема 2. Решётка конгруэнций связного конгруэнц-перестановочного унара $\mathcal{A}$ линейна тогда и только тогда, когда $\mathcal{A}$ – петля не более чем с двумя прообразами или цикл простой длины.

Теорема 3. Решётка конгруэнций несвязного конгруэнц-перестановочного унара $\mathcal{A}$ линейна тогда и только тогда, когда $\mathcal{A}$ – копроизведение петли и цикла простой длины.

Список литературы

1. Степанова А.А. Решётки конгруэнций полигонов / А.А. Степанова, Д.О., Птахов // Дальневост. матем. журн. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 107-115.

2. Егорова Д.П. Структура конгруэнций унаров // Упорядоченные множества и решётки. Межвузовский научный сборник. – 1978. – вып. 5. – С. 11-44.

3. Пинус А.Г. Основы универсальной алгебры: Учеб. пособие // Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2005.

Раздел IX МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Арефьев Е. П.

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ
Научный руководитель - д.ф.-м..н., профессор А.Ю. Чеботарев

Данная работа рассматривает следующую математическую модель задачи Коши с параметром:

$$x = x(t), \qquad t \in [0,T]$$
$$\dot{x} = g(x) - uf(t), \qquad t \in (0,T), \tag{1}$$
$$x(0) = x_0, \tag{2}$$
$$g\colon \mathbb{R} \to \mathbb{R}, \quad f\colon [0,T] \to \mathbb{R}, \qquad x_0, T > 0$$

Для которой необходимо найти неизвестный параметр $u \in \mathbb{R}$, и решение задачи Коши (1)-(2) по дополнительному условию:

$$x(T) = x_1, \tag{3}$$

Для решения поставленной задачи сведу ее к эквивалентной задаче Коши, содержащей интегрально-дифференциальное уравнение, путем интегрирования уравнения (1):

$$\dot{x} = g(x) - \frac{1}{q}\left(\int_0^T g(x(s)\ ds + x_0 - x_1\right) \cdot f(t), \qquad q = \int_0^T f(t)dt$$
$$x(0) = x_0$$

Далее в ходе работы доказываются теоремы существования и единственности решения задачи Коши. Тем самым будет показан теоретический анализ, позволяющий разрешить поставленную задачу Коши.

В заключительном этапе работы проделано численное моделирование задачи, на нескольких примерах. Одним из которых является логистическая модель из статьи [1].

Список литературы

1. В. И. Арнольд «Жесткие» и «мягкие» математические модели. | М.: МЦНМО, 2004. | 32 с.: ил.

Завгороднев А. А., Бадерик П. М., Бадерик М. М.

ФОРМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ФОТОКАРТЫ МОРСКОГО ДНА НА БОРТОВОМ НАКОПИТЕЛЕ АНПА В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБЗОРНО-ПОИСКОВОЙ МИССИИ

Кафедра математики и компьютерных наук ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИПМТ ДВО РАН, Мурсалимов Эдуард Шамилевич

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) представляют собой эффективный и перспективный инструмент для исследования морского дна. Их использование позволяет проводить детальные обследования и мониторинг дна в различных точках Мирового океана. Кроме того, АНПА позволяют избежать риски, связанные с выполнением обзорно-поисковых и инспекционных операций

в труднодоступных, опасных и глубоководных районах, а также снижают затраты на выполнение этих операций, поскольку не требуют прямого участия человека в процессе работы. Таким образом, использование АНПА для исследования морского дна имеет высокую актуальность и позволяет расширить наши знания о мире под водой и обеспечить более эффективное и безопасное проведение морских исследований [1].

Для повышения эффективности выполнения обзорно-поисковых и инспекционных операций с использованием АНПА необходимо разработать и реализовать метод формирования фотокарты морского дна на основе поступающих от бортовой фотосистемы АНПА изображений, а также обеспечить ее хранение на бортовом накопителе данных, с обеспечением быстрого веб-доступа к сформированной фотокарте.

В процессе решения указанной задачи были рассмотрены существующие методы формирования и хранения фотокарт морского дна, а также проанализированы требования к созданию и использованию фотокарт в процессе обзорно-поисковых миссий. Были определены основные этапы создания фотокарты, включающие в себя получение данных от бортовой фотосистемы, их обработку и формирование единой карты. А также требования к организации хранения этой карты на бортовом накопителе так, чтобы обеспечить быстрый доступ к различным частям карты. Новый метод создания фотокарты основан на недавно разработанном алгоритме, предназначенном для эффективной работы на маломощных вычислительных устройствах. Отличительной особенностью этого алгоритма является то, что объединение различных снимков происходит на основе навигационных данных аппарата и информации о высоте АНПА над морским дном [2]. Однако ввиду того, что навигационные системы АНПА зачастую имеют невысокую точность, а изображения, получаемые от бортовой фотосистемы, имеют засветку или, наоборот, недостаточный уровень освещения, то формируемая в итоге фотокарта не всегда имеет хорошее качество.

Поэтому для повышения качества формируемой фотокарты в этой работе было решено учитывать различные части фотоизображений с разным приоритетом наложения их друг на друга. Это позволяет избежать ситуации, когда нечеткий край нового снимка перекрывает часть уже записанного фрагмента лишь из-за того, что он обрабатывается позже. Также перед добавлением очередного фотоизображения в единую фотокарту выполняется дополнительная быстрая обработка с использованием открытой библиотеки OpenCV. Это необходимо для корректировки перепадов яркости на нём. После этого следуя исходному алгоритму снимок нормируется и объединяется с другими фрагментами согласно навигационным координатам АНПА.

На текущий момент метод реализуется на языке программирования Python для быстрого создания прототипа программного продукта и проверки его работоспособности и эффективности на реальных фотоснимках, полученных аппаратами производства ИПМТ ДВО РАН при выполнении различных обзорно-поисковых миссиях в море. В дальнейшем планируется перенести разработанный прототип на язык программирования, используемый на бортовом компьютере АНПА, для обеспечения его работы непосредственно в процессе выполнения обзорно-поисковых и инспекционных миссий.

Для обеспечения быстрого веб-доступа к сформированной в результате выполнения миссии фотокарте будет использована библиотека Leaflet. Однако для ее полноценной работы, необходимо сформировать специальную базу данных, в которой будет храниться вся фотокарта в виде тайлов (мозаики), то есть отдельных фрагментов изображений, и нескольких растровых слоев, учитывающих различный масштаб этой фотокарты. Такое мозаичное представление растровой фотокарты используется в современных картографических сервисах, например, Google Maps, а это позволит в процессе просмотра фотокарты подгружать только те области, которые интересны операторам, без

выгрузки всей карты целиком. Кроме того, библиотека Leaflet поддерживает множество плагинов, которые могут быть использованы для улучшения функциональности карты и удобства работы с ней.

Список литературы

1. Бахарев С.А., Карасев В.В., Карасев А.В. Использование автономных необитаемых подводных аппаратов в процессе изучения Мирового океана // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2015. – С. 41-51.

2. Тимошенко А.А., Зуев А.В., Мурсалимов Э.Ш. Алгоритм для динамического формирования единой растровой фотокарты морского дна во время движения автономного подводного аппарата // Экстремальная робототехника. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 296-302.

3. Методичка по работе с библиотекой Leaflet [Электронный ресурс] - URL: https://github.com/Leaflet/Leaflet/blob/main/docs/examples/quick-start/index.md

---

Балун В.И.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДЗЗ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

[2] Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Научный руководитель - к.ф.-м.н. С.М. Краснопеев

Данная работа посвящена разработке и оценке методов мониторинга несанкционированных вырубок леса, посредством применения технологий дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и методов машинного обучения. Прежде всего, проблема настоящего исследования заключается в невозможности продуктивного контроля мест лесных вырубок, посредством методов, которые используются в данный момент. Для более конкретного понимания проблемы, стоит принять во внимание следующие тезисы:

- в России ежегодно незаконно уничтожается от 10 до 30 миллионов кубических метров леса;
- 15-30% от мирового объёма древесной продукции происходит из нелегальных источников;
- процесс обнаружения незаконных вырубок сложен и на данный момент недостаточно эффективен;

Целью работы является внедрение и тестирование методов машинного обучения для решения задачи картирования участков леса, подвергшихся промышленным рубкам. В рамках исследования были разработаны и проанализированы две вычислительные модели из класса искусственных нейронных сетей (ИНС) — однонаправленная свёрточная нейронная сеть для решения задачи классификации, а также модель на основе архитектуры U-net для проведения семантической сегментации снимков.

Архитектура реализованной модели для решения задачи классификации основана на классическом подходе к проектированию свёрточных нейронных сетей и имеет следующий вид:

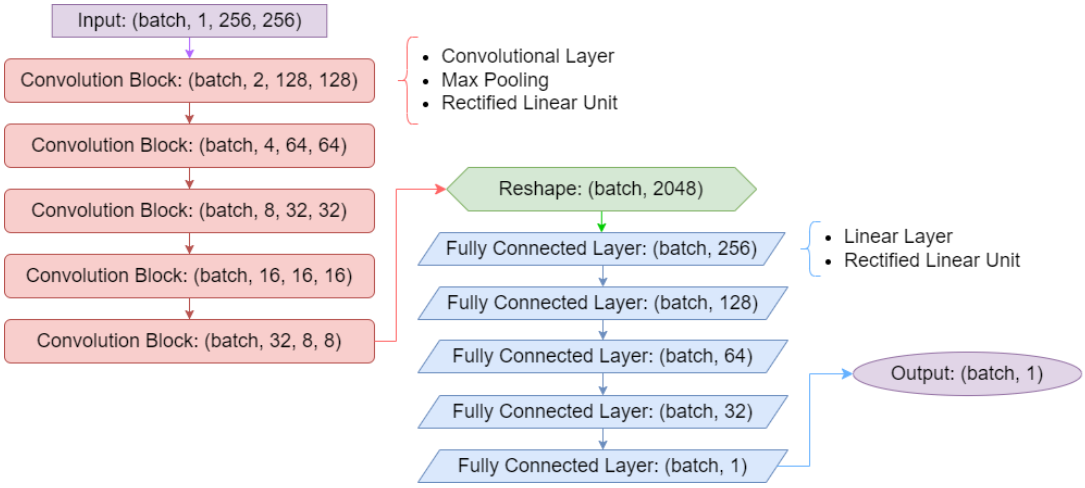


Рисунок 1 – Архитектура модели классификации

Выбор такой структуры обоснован спецификой задачи. В данном случае, каскад блоков свёртки (Convolution Block) позволяет эффективно выделить полезные признаки из исходных снимков, а полносвязная сеть, которая представляет из себя последовательность полносвязных слоёв (Fully Connected Layer), в свою очередь является эффективным решением для классификации полученных векторов. В качестве функции потерь была выбрана бинарная кросс-энтропия, а в качестве алгоритма оптимизации Adaptive Gradient (Adagrad) с коэффициентом скорости обучения (learning rate) — 0.01. Здесь стоит отметить, что используемый метод оптимизации искусственной нейронной сети и его параметры выбираются исключительно эмпирическим путём, на основании обоснованных предположений и соответствующих тестов. В данном случае, используемый метод оказался наиболее эффективным по сравнению с проверенными аналогами среди которых были такие варианты как — Adam, RMSprop и SGD with momentum.

Как уже было отмечено ранее, реализованная в рамках данного исследования модель сегментации основана на архитектуре типа U-net. Таким образом, архитектура полученной нейронной сети имеет следующий вид:

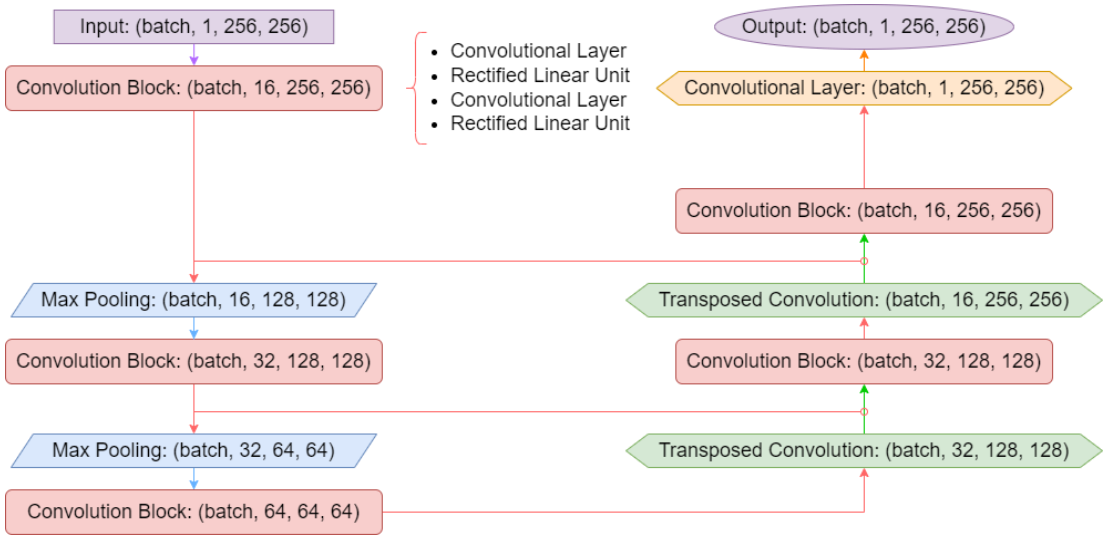


Рисунок 2 – Архитектура модели сегментации

Данная архитектура была выбрана в силу того, что она позволяет получить оптимальный баланс между качеством сегментации и производительностью модели. Использование промежуточных связей (skip connection) между кодировщиком (encoder — левая часть схемы) и декодировщиком (decoder — правая часть схемы) позволяет значительно увеличить качество сегментации и свести количество обучаемых параметров к минимуму. Помимо увеличения производительности, минимизация

количества параметров модели помогает предотвратить её переобучение, что является ключевым фактором в силу относительно небольших размеров имеющихся наборов данных. В качестве функции потерь была выбрана бинарная кросс-энтропия, а в качестве алгоритма оптимизации Adaptive Moment Estimation (Adam) с коэффициентом скорости обучения (learning rate) — 0.001. В качестве альтернативных методов обучения были протестированы такие подходы как — Adagrad, RMSprop и SGD with momentum.

Для модели классификации в качестве контрольной метрики была выбрана точность (accuracy) в силу того, что классы, как в обучающем (train), так и в тестовом (test) наборах данных полностью сбалансированы, что гарантирует абсолютную статистическую значимость данного показателя. Динамика изменения точности в процессе обучения модели имеет следующий вид:

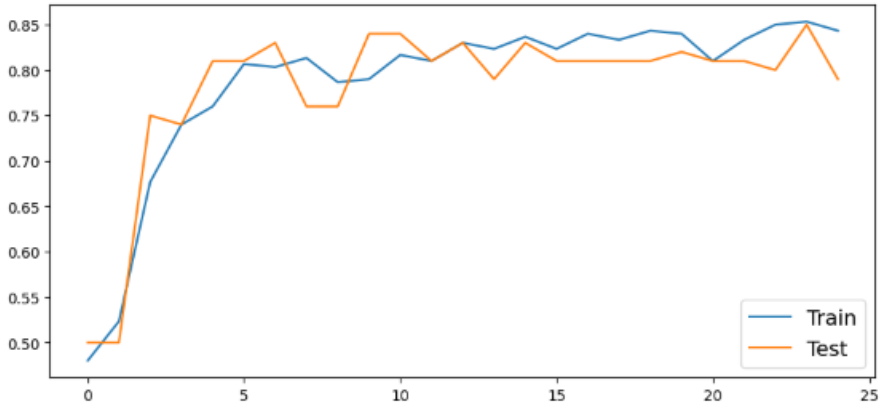


Рисунок 3 – Изменение точности в ходе процесса обучения модели классификации

Таким образом, пиковая точность полученной модели для тестового набора данных составила 85%.

Для модели сегментации в качестве основной метрики качества было использовано взвешенное среднее коэффициентов Жаккара (intersection over union). Такая метрика была выбрана в силу значительного дисбаланса в «классах» пикселей сегментирующих масок (лесосеки в среднем занимают около четверти снимка), вследствие которого показатель точности (accuracy) частично теряет свою статистическую значимость. В данном случае, динамика изменения контрольной метрики в процессе обучения имеет следующий вид:

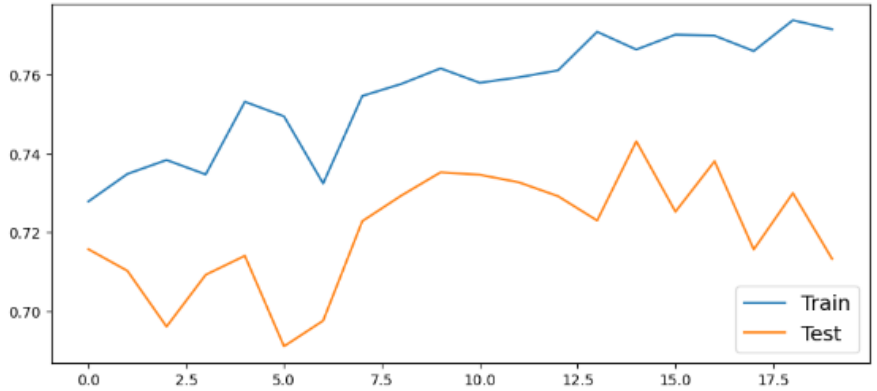


Рисунок 4 – Изменение контрольной метрики в ходе процесса обучения модели сегментации

Здесь пиковое значение для тестового набора данных составило 0,74. Следующий пример сегментации снимка наглядно демонстрирует возможности реализованной модели:

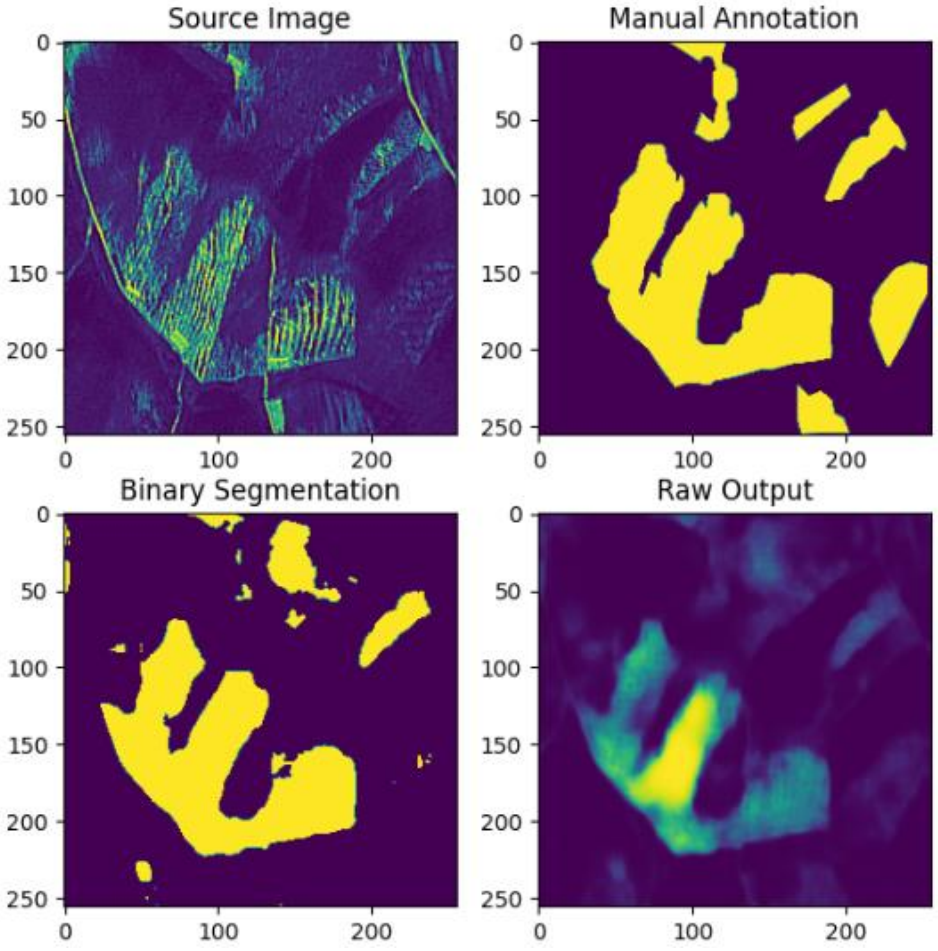


Рисунок 5 – Демонстрация семантической сегментации снимка

На рисунке выше представлены: исходное изображение (Source Image), заданная вручную маска сегментации (Manual Annotation), бинарная маска, полученная вследствие распределения результатов работы сети относительно заданного порогового значения (Binary Segmentation) и наглядное отображение результата обработки исходного снимка с помощью полученной модели (Raw Output), где уровень яркости каждого пикселя соответствует уровню «уверенности» сети в том, что на данном месте находится участок вырубки. В рамках данного примера, бинарная маска была построена на основе порогового значения 0,1. В свою очередь, на основе наглядного отображения необработанных результатов работы модели (Raw Output) мы можем составить представление о том, какие результаты будут получены при других пороговых значениях. Полученное изображение показывает, что нейронная сеть корректно выделила все участки лесосек (в том числе и те, что были пропущены при аннотации снимка вручную), а распределение значений внутри данной маски позволяет безошибочно выделить наиболее заметные (что прежде всего указывает на тот факт, что вырубка была произведена недавно) участки промышленной рубки леса.

Таким образом, данное исследование наглядно демонстрирует потенциал методов машинного обучения (в частности ИНС) в рамках задач из рассмотренного класса. Реализованные модели показывают достаточно высокую эффективность и могут быть использованы в качестве компонентов автоматизированной системы по обнаружению несанкционированных мест вырубок леса. При этом остаётся потенциал для значительного улучшения качества моделей, например, в результате дополнительного обучения на более объёмных наборах данных или посредством использования методов из области Reinforcement Learning.

Список литературы

1. Яровой, А.В. Применение базовых методов обработки данных дистанционного зондирования земли в геоинформационном картографировании / А.В. Яровой // Студенческий. - 2022. - № 14-1 (184). - С. 16-18.

2. Юронен, Ю.П. Методика количественной оценки повреждения лесного фонда по материалам данных дистанционного зондирования земли / Ю.П. Юронен, М.Н. Петров // Вестник КРАСГАУ. - 2007. - № 2. - С. 177-182.

3. Brink, H. Машинное обучение / H. Brink, J.W. Richards, M. Fetherolf. - СПб.: Изд-во «Питер», 2017. - 336с.

4. Вьюгин, В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования / В.В. Вьюгин. - М.: Изд-во МЦНМО, 2013. - 304с.

5. Дычков, И.Н. Свёрточные нейронные сети / И.Н. Дычков // Тенденции развития науки и образования. - 2021. - № 73. - С. 38-41.

Бахтин К.Е., Иванова А.А.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВОЙ МАСКИРОВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА

РНОМЦ "Дальневосточный центр математических исследований",
ДВФУ, б. Аякс, 10, Владивосток, Россия
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор кафедры информатики, математического и компьютерного моделирования Г.В. Алексеев

Исследуется обратная задача для 2D модели теплопереноса, связанная с построением многослойной материальной оболочки, маскирующей присутствие цилиндрического тела во внешне приложенном температурном поле. В качестве исходной математической модели используется стационарное уравнение теплопроводности для неоднородной среды. С помощью оптимизационного метода указанная обратная задача сводится к соответствующей задаче управления. Разрабатывается эффективный численный результат ее решения, основанный на методе роя частиц, либо на методе поиска воробьев (SSA), и обсуждаются результаты выполненных численных экспериментов.

В качестве математической модели процесса распространения тепла в ограниченной области Ω будет выступать стационарное уравнение:

$$div(K\nabla T) = 0 \text{ в } \Omega. \quad (1)$$

Все величины далее считаются безразмерными. Здесь T – температура, K – тензор коэффициентов теплопроводности для неоднородной анизотропной среды, зависящий от координат точки в области Ω. Уравнение (1) рассматривается в прямоугольной области $\Omega = \{(x; y): |x| < x_0, |y| < y_0\}$ с границами $\Gamma_i, i = 1,2,3,4$, которая разбивается на три подобласти

$$\Omega_1 = \{(x, y): x^2 + y^2 < a^2\}$$
$$\Omega_2 = \{(x, y): a^2 < x^2 + y^2 < b^2\},$$

а Ω_3 занимает оставшуюся часть области Ω (см. Рис.1).

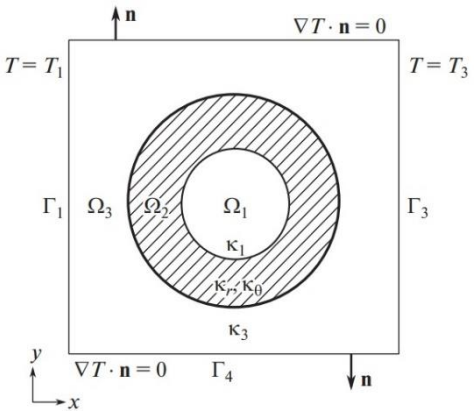


Рисунок 1 – Геометрия задачи.

Предполагается, что $K = k_0$ в Ω_3, где $k_0 = const > 0$ – заданная константа, а в Ω_2 K является кусочно-постоянной функцией, принимающая постоянные значения k_m в кольцевых областях $\Omega_m, m = 1, 2, \ldots, M$. Указанные значения k_m ищутся из выполнения стандартных условий маскировки, приведенных в [2, стр. 10]. Для нахождения неизвестных k_m применяется оптимизационный метод и один из методов глобальной минимизации: метод роя частиц как в [1, 2], либо метод поиска воробьев [3]. Основываясь на этих методах, развивается эффективный численный алгоритм решения задач тепловой маскировки, анализируются его свойства и обсуждаются результаты вычислительных экспериментов.

Список литературы

1. Алексеев Г. В., Левин В. А., Терешко Д. А. Оптимизационный анализ задачи тепловой маскировки цилиндрического тела // Доклады Академии наук. 2017. Т. 472, № 4. С. 398—402.

2. Алексеев Г. В., Левин В. А., Терешко Д. А., Анализ и оптимизация в задачах дизайна устройств невидимости материальных тел. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — 328 с. — ISBN 978-5-9221-1919-1.

3. Full article: A novel swarm intelligence optimization approach: sparrow search algorithm. [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.1080/21642583.2019.1708830.

Гетун А.Д., Луговой А.А.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В МОЗГЕ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.Е. Ковтанюк

Кислород является важным компонентом для нормального функционирования головного мозга. Недостаток кислорода может вызвать необратимое повреждение тканей в течение нескольких минут. Поэтому математическое моделирование переноса кислорода в мозге имеет важное значение для предсказания опасных ситуаций, возникающих при его функционировании.

Рассмотрим нестационарную модель переноса кислорода в головном мозге, состоящую из двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих изменение концентрации кислорода в крови и ткани. Отметим, что область Ω, в которой изучается перенос кислорода, является гомогенизированной, то есть фракции крови и ткани занимают одну и ту же локацию [1, 2]:

$$\partial_t \varphi - \alpha \Delta \varphi + \nu \cdot \nabla \varphi = G, \qquad \partial_t \theta - \beta \Delta \theta = -\gamma G - \mu. \qquad (1)$$

Здесь φ – концентрация кислорода в крови, θ – концентрация кислорода в ткани, слагаемое $G = A(\theta - \psi)$ описывает обмен кислородом между кровью и тканью, ν – заданное поле скоростей, α, β – коэффициенты диффузии для крови и ткани соответственно, коэффициенты, A и γ – являются положительными константами. Символ ∂_t означает частную производную по переменной t. Функция $\mu = \mu(\theta) := \mu_0\theta/(\theta + \theta_{50})$ описывает потребление кислорода в ткани, где μ_0 – максимальная скорость метаболизма, θ_{50} – величина концентрации кислорода в ткани при $\mu = 0.5\mu_0$. Функция $\psi(\varphi)$ описывает концентрацию кислорода в плазме:

$\varphi = f(\psi) = \psi + B\psi^r/(\psi^r + C)$,

где B, C – положительные константы, r – коэффициент Хилла, $r > 1$.

Уравнения (1) дополним следующими условиями на границе Γ области Ω:

$$\alpha\partial_n\varphi + \omega(\varphi - \varphi_b)|_\Gamma = 0, \qquad \beta\partial_n\theta + \delta\big(\theta - g(\varphi_b)\big)\big|_\Gamma = 0, \tag{2}$$

где $\omega, \delta, \varphi_b$ – функции, определенные на границе Γ, функция g является обратной к функции f. Символ ∂_n означает производную по внешней нормали к границе области.

Дополним модель условиями в начальный момент времени:

$$\varphi(x,0) = \varphi_0(x), \quad \theta(x,0) = \theta_0(x). \tag{3}$$

Авторами разработан вычислительный алгоритм нахождения решения задачи (1) – (3), основанный на методе конечных элементов. Алгоритм реализован для случая двумерной области в пакете FreeFem++ (https://freefem.org). Область представляет собой квадрат со стороной 1.2 мм с восемью вырезанными кружками, описывающими концы артериол и венул (источники и стоки). Параметры задачи взяты из работ [1,2]. Вместо функции g используется ее линейная аппроксимация [1]. Поле скоростей находится как решение системы Стокса.

На основе выполненных вычислительных экспериментов проведены оценки скорости насыщения крови и ткани кислородом и стабилизации его уровня после гипоксии, в случае если на концы артериол начинает поступать достаточное количество кислорода. Распределение концентраций кислорода в ткани и крови представлены на рисунках 1, 2. Из анализа результатов вычислительных экспериментов можно сделать вывод о быстром насыщении ткани и крови кислородом после гипоксии в случае поступления достаточного количества кислорода. Причем насыщение крови происходит намного быстрее ввиду наличия в уравнении для концентрации крови конвективного слагаемого.

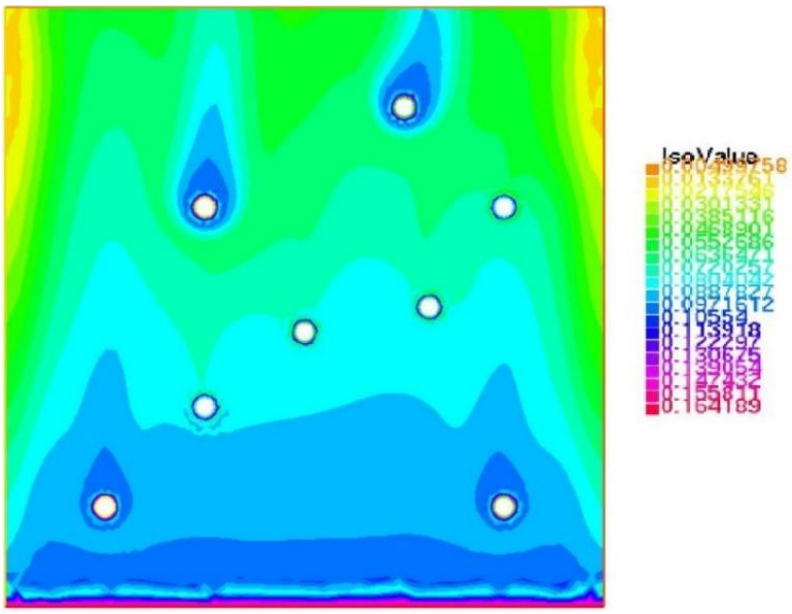


Рисунок 1 – Концентрация кислорода (mM) в ткани через 6 секунд

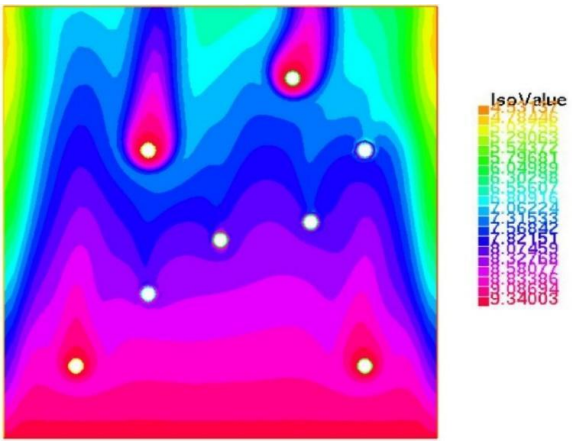


Рисунок 2 – Концентрация кислорода (mM) в крови через 2 секунды

Список литературы

1. Kovtanyuk A.E. Inverse problem for a linearized model of oxygen transport in brain/ A.E. Kovtanyuk, A. Yu. Chebotarev, V.L. Turova, I.N. Sidorenko, R. Lampe // Proceedings of the International Conference DAYS on DIFFRACTION 2020, pp 44-49

2. Kovtanyuk A.E. An iterative algorithm for solving an initial boundary value problem of oxygen transport in brain/ A.E. Kovtanyuk, A. Yu. Chebotarev, A.A. Dekalchuk, N.D. Botkin, R. Lampe // Proceedings of the International Conference DAYS on DIFFRACTION 2019, pp 99-104.

Громыко А. А.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛА КАК ПРОЦЕСС РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ МОРСКОЙ ТУФЕЛЬКИ

Кафедра математики и компьютерных наук ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - д.ф.-м..н., профессор Г.П. Неверова

В данной работе предлагается математическая модель динамики численности популяции регуляция численности которой, а именно воспроизводство, связано с изменением пола самцами. Примером такого вида являются морские туфельки *Crepidula fornicata*, которые были случайно завезены в Европу в конце XIX века из Северной Америки. Не имея на этой территории естественных врагов, моллюски быстро распространились, став вредителем устричных плантаций. Следовательно, моделирование динамики и понимание механизмов изменения численности подобных видов имеет практическую значимость [1].

Отметим ключевые моменты развития и существования этих моллюсков. Морские туфельки образуют колонии-«пирамидки» на камнях и раковинах устриц и ведут неподвижный образ жизни. Морские туфельки рождаются самцами, а затем превращаются в самок. На вершине пирамиды находятся самые молодые особи – самцы, у основания – «возрастные» самки, в средней части располагаются особи на разных стадиях смены пола. Изменение численности определяется рождаемостью и смертностью, при этом на воспроизводство оказывают влияние процессы смены пола, а именно за один шаг во времени часть самцов повзрослев, меняет пол, пополняя группу самок. Таким образом, динамика самцов на начало очередного сезона размножения представлена численностью новорожденных особей и выживших самцов, что еще не поменяли пол. Группа самок включает в себя выживших «старых» самок и тех самцов, что к началу данного сезона размножения поменяли пол. Дополнительно предполагается, что самцов всегда достаточно и численность новорожденных самцов определяется только числом самок, при этом

осуществляется плотностная регуляция рождаемости: с увеличением численности популяции наблюдается снижения рождаемости в силу конкуренции особей за ресурсы. Динамика численности такой популяции может быть описана следующей двухкомпонентной моделью с дискретным временем:

$$\begin{cases} X_{n+1} = a(X_n, Y_n) \cdot Y_n + s \cdot d \cdot X_n \\ Y_{n+1} = s \cdot (1-d) \cdot X_n + vY_n \end{cases} \quad (1)$$

где X – численность самцов, Y – численность самок, n – номер периода размножения, a(X, Y) - функция, характеризующая скорость роста популяции, d $(0 \leq d \leq 1)$ – доля самцов, которые в силу молодости не поменяли пол, s $(0 \leq s < 1)$ – коэффициент выживаемости молодых самцов, v $(0 \leq v < 1)$ – коэффициент выживаемости самок. Функция a(X, Y) выбрана по аналогии с моделью Рикера [2] в виде $a(X,Y) = ae^{-\alpha \cdot X - \beta \cdot Y}$,

$$\begin{cases} x_{n+1} = a \cdot e^{-y_n} \cdot y_n + s \cdot d \cdot x_n \\ y_{n+1} = s \cdot (1-d) \cdot x_n + v \cdot y_n \end{cases} \quad (2)$$

где a – репродуктивный потенциал популяции с учетом выживаемости новорожденных самцов; α и β характеризуют интенсивность снижения рождаемости в результате конкуренции за ресурсы между самцами и самками; функция a(X, Y) монотонно убывает и стремится к нулю при бесконечном возрастании аргументов. Следует отметить, что уравнения (1) являются модификацией моделей динамики численности популяций, представленных двумя возрастными классами [3].

В рамках данной работы рассмотрим частный случай модели (1) при $\alpha = 0$, который соответствует лимитированию рождаемости только самками. Эта ситуация биологически содержательна, поскольку в период откладывания яиц за ресурсы преимущественно конкурируют самки. При исследовании модели (1) удобен переход к безразмерным переменным $\beta \cdot X \to x$ и $\beta \cdot Y \to y$

Соответственно, система (2) принимает вид:

Далее было проведено аналитическое исследование модели (2). Показано, что система (2) имеет две неподвижные точки: тривиальную, соответствующую гибели популяции, и нетривиальную. Найдены условия устойчивости этих решений [4, 5]. Построены параметрические портреты, соответствующие областям устойчивости неподвижных точек при вариации значений параметров, характеризующей выживаемость. В частности, показано, что рост значения параметра v сужает область устойчивости тривиального решения. Чем ниже значения параметра d, тем при более низких значениях скорости роста популяции возникают колебания численности. Потеря устойчивости нетривиальной неподвижной точки системы (2) сопровождается рождением инвариантной кривой, которая с ростом значения параметра a сложно деформируется. Построены модельные траектории при значениях коэффициентов из разных областей параметрических портретов. Показано, что при значениях параметров из области неустойчивости, вблизи границы области устойчивости возможны как нерегулярные колебания, так и циклы конечной длины. В целом же можно заключить, что в модели динамики популяции с изменяющимся половым составом при увеличении потенциальных репродуктивных возможностей особей с учетом регуляции рождаемости возникают колебания численности, имеющие весьма сложную временную организацию.

Список литературы

1. Henry J. Q., Lyons D. C. Molluscan models: Crepidula fornicata /Current Opinion in Genetics & Development. – 2016. – Т. 39. – С. 138-148.

2. Рикер У. Е., Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб, Пищевая промышленность, М., 1979, С. 408.

3. Фрисман Е. Я., Неверова Г. П., Ревуцкая О. Л., Кулаков М. П. (2010). Режимы динамики модели двухвозрастной популяции. Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика, 18(2), С. 113-130.

4. Скалецкая Е. И., Фрисман Е. Я., Шапиро А. П., Дискретные модели динамики численности популяции и оптимизации промысла, Наука, М., 1979, С. 168.

5. Ризниченко, Г. Ю. (2011). Лекции по математическим моделям в биологии. RetC Dynamics. 4, 5.

Донская М.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ

ДВФУ. Институт математики и компьютерных технологий. Департамент математического и компьютерного моделирования

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент И.П. Яровенко

Основной моделью теории переноса излучения является интегро-дифференциальное уравнение переноса излучения, имеющее вид:

$$\left(\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \omega \cdot \nabla_{\mathrm{r}} + \mu(\mathrm{r})\right)\mathrm{I}(r,\omega,t) = \sigma(r)\int_{\Omega} p(r,\omega,\omega')I(r,\omega',t)d\omega'.$$

Функция $I(r,\omega,t)$ интерпретируется как плотность потока частиц в момент времени $t \in [0,T]$ в точке $\mathrm{r} \in \mathbb{R}^3$, движущихся со скоростью c в направлении единичного вектора $\omega \in \Omega = \{\omega \in \mathbb{R}^3 : |\omega| = 1\}$. Функции μ и σ имеют смысл коэффициентов ослабления и рассеяния, а через p обозначена индикатриса рассеяния.

В данной работе проводилось поточно-параллельное физико-математическое моделирование процесса переноса излучения на графическом процессоре (GPU). Была сформулирована начально-краевая задача уравнения переноса излучения и решена методом Монте-Карло [1]. Тестирование программы проводилось на специальном цифровом фантоме, предложенном в работе [2] для тестирования алгоритмов компьютерной томографии. Данный фантом схематично изображен на рисунке 1 и представляет собой цилиндр диаметром 100 мм и высотой 100 мм, включающий в себя пять секций с различными материалами.

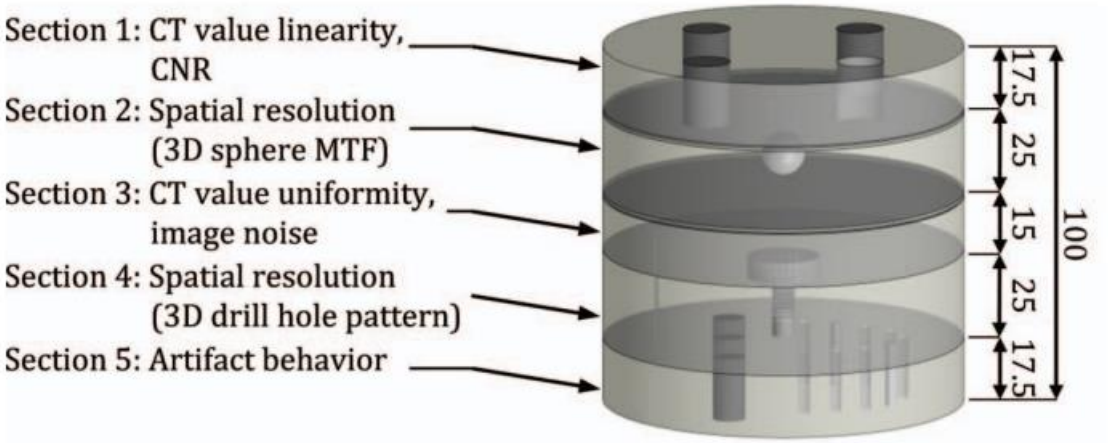


Рисунок 1 – Визуализация цифрового фантома для тестирования программы

Вычислительные эксперименты показали значительное ускорение по сравнению с последовательно выполняемой версией программы.

Список литературы

1. Прохоров И.В., Яровенко И.П. Задача определения коэффициента ослабления для нестационарного уравнения переноса излучения // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021 ; 61(12) : 2095 – 108.

2. Steiding C, Kolditz D, Kalender W.A. A quality assurance framework for the fully automated and objective evaluation of image quality in cone-beam computed tomography // Medical physics. 2014 Mar ; 41(3) : 031901

Дончак А.А.

ЗАДАЧА МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ РЕАКЦИИ-ДИФФУЗИИ

ДВФУ. Институт математики и компьютерных технологий. Департамент математического и компьютерного моделирования

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Бризицкий Р.В.

В ограниченной области $\Omega \subset \mathbb{R}^4$ с границей Γ, состоящей из двух частей Γ_D и Γ_N, рассматривается следующая краевая задача:

$$-div(\lambda(\mathbf{x})\nabla\varphi) + k(\varphi, \mathbf{x})\varphi = f \text{ в } \Omega, \quad (1)$$

$$= \psi \text{ на } \Gamma_D, \quad \lambda(\mathbf{x})(\partial\varphi/\partial n + \alpha(\mathbf{x})\varphi) = \chi \text{ на } \Gamma_N. \quad (2)$$

Здесь φ – концентрация загрязняющего вещества, $\lambda = \lambda(\mathbf{x}) > 0$ – коэффициент диффузии, f – объемная плотность внешних источников, $k = k(\varphi, \mathbf{x})$ – коэффициент реакции, где $\mathbf{x} \in \Omega$, $\alpha = \alpha(\mathbf{x})$ – коэффициент массообмена.

Глобальная разрешимость и единственность решения задачи (1), (2) вытекает из результатов [1] в случае, когда нелинейности $k(\varphi, \mathbf{x})\varphi$ и $\alpha(\mathbf{x})\varphi$ являются монотонными. В [1] также установлены достаточные условия на исходные данные (1), (2), при которых справедлив принцип максимума и минимума для концентрации вещества φ.

В настоящей работе для задачи (1), (2) доказана разрешимость задачи мультипликативного управления, роль управлений в которой играют функции λ и α, при минимальных требованиях на их

гладкость. При $k(\varphi) = \varphi^5$ для задачи управления получены системы оптимальности. На основе анализа данных систем выводятся оценки локальной устойчивости оптимальных решений относительно малых возмущений как функционалов качества, так и заданных функций φ и f.

Список литературы

1. Бризицкий Р.В., Быстрова В.С., Сарицкая Ж.Ю. Теоретический анализ краевых и экстремальных задач для нелинейного уравнения реакции–диффузии–конвекции // Дифференциальные уравнения. 2021. Т. 57, N 5. С. 615-629.

Ермишкина В. В., Щетинин Д. О., Сидоров Е. А., Иванов А. В., Бобров Д. В.

ДРЕВЕСНО-ГРАФОВОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ СОЗВЕЗДИЙ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю.А. Злобина

В рамках выполнения данной работы был сформулирован принцип построения древесных графов (ДГ) на основе неправильных точечных множеств – созвездий. Полученные ДГ сгенерированы с помощью итерационной процедуры, которая отображает иерархию координационных сфер. Так как задача заключается в работе с большим объемом данных, процесс был автоматизирован – написана соответствующая программа на языке Python. Язык выбран как наиболее удобный для работы с различными большими данными.

Приведем процедуру построения ДГ. На первом этапе выбирается точка, которая будет корнем графа. С этой целью находится центр масс звездной системы, а затем определяется ближайшая к нему звезда. Именно она и назначается корнем ДГ.

Координаты центра масс вычислялись по формуле:

$$r_c = \frac{\sum m_i * r_i}{m_i},$$

где r_i – радиус-вектор i-ой точки системы.

Ввиду отсутствия данных о массе некоторых звезд, нами был составлен коэффициент массы m_i на основе данных о светимости (чем ярче звезда, тем больше данный коэффициент).

Для нахождения радиуса-вектора звезды использовались формулы перехода от сферической системы координат к декартовой:

$$x_i = r_i * \sin\theta * \cos\varphi,$$
$$y_i = r_i * \sin\theta * \sin\varphi,$$
$$z_i = r_i * \cos\theta,$$

где r_i – расстояние от Земли до соответствующей звезды в световых годах, θ – склонение звезды в радианах, φ – прямое восхождение звезды в радианах.

Кроме того, был рассчитан центр масс созвездий без учета физических особенностей звезд. Сравнение полученных результатов показало, что видимая звёздная величина оказывает крайне незначительное влияние на координаты центра масс, что позволяет рассматривать созвездия в качестве систем математических точек.

Следующий этап – нахождение точки роста ДГ и построение системы координационных сфер в пространстве. Данные сферы определяют границы уровней ДГ. Ребра графа находятся из условия минимальности расстояния между узлами соседних уровней.

Ко всем полученным ДГ возможно применить методы информодинамики[1]. Например, решить задачу перколяции вероятностных, информодинамических функционалов, что позволяет количественно охарактеризовать степень порядка-беспорядка исследуемых систем.

Список литературы

1. Юдин В.В., Писаренко Т.А., Любченко Е.А. Информодинамика сетевых структур. Вероятность. Древесные графы. Фракталы. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2003. 243 с.

Исаева Е.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВИДОВ, МЕНЯЮЩИХ ПОЛ В ПРОЦЕССЕ ВЗРОСЛЕНИЯ

Кафедра математики и компьютерных наук ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор Г.П. Неверова

В живой природе существуют виды животных и растений, особи которых изменяют пол. Это явление наиболее распространено у рыб, и может быть обусловлено социальными условиями, пространственным распределением, размерами тела, а также соотношением полов. На сегодняшний день известно более 350 видов рыб, особи которых меняют пол – это представители семейств губановых (*Labridae*), рыб-попугаев (*Scaridae),* групперов (*Serranidae*), помацентровых (*Pomacentrida*e) и некоторых других [1]. У многих из них все мальки, вылупляющиеся из икринок, – самки, которые созревая принимают участие в размножении один или несколько раз, а затем превращаются в самцов и вновь принимают участие в размножении. Такая форма последовательного гермафродитизма называется протогинией. Отметим, что изменение пола позволяет популяции более успешно адаптироваться к условиям среды, повышая свои шансы на выживание. Изучению механизма изменения пола посвящено большое количество работ, которые как правило акцентируются на биохимической составляющей процесса, например [2]. При этом особенности популяционной динамики таких видов с помощью методов математического моделирования, как правило, не рассматриваются.

В рамках данной работы моделируется динамика популяции, особи которой начинают свою жизнь как самки, а затем с возрастом изменяют свой пол, превращаясь в самцов. Динамика численности такой популяции определяется процессами рождаемости и смертности и на начало очередного сезона размножения может быть представлена двумя группами: самками и самцами. Группа самок представлена численностью новорождённых особей и выживших самок, которые ещё не поменяли пол. Группа самцов включает в себя выживших самцов и тех самок, что к началу данного сезона размножения поменяли пол. Также предполагается, что самцов достаточно и численность новорождённых зависит только от количества самок. Динамика численности такой популяции может быть описана двухкомпонентной моделью с дискретным временем, которая имеет вид:

$$\{X_{n+1} = aX_n + s \cdot d \cdot X_n \; Y_{n+1} = s(1-d)X_n + vY_n \,, \qquad (1)$$

где X – численность самок, Y – численность самцов, n – номер периода размножения.

Дополнительно предположим, что реализуется плотностно зависимая регуляция рождаемости, когда с увеличением численности популяции скорость роста популяции снижается из-за внутривидовой конкуренции особей за ресурсы, тогда a принимает вид $a(\mathrm{X}, Y)$. Функция $a(\mathrm{X}, Y)$ выбрана по аналогии с моделью Рикера [3] в виде $a(X, Y) = ae^{-\alpha \cdot X - \beta \cdot Y}$, где a – репродуктивный потенциал популяции с учётом выживаемости новорождённых самок; α и β характеризуют интенсивность снижения рождаемости в результате конкуренции за ресурсы между самками и

самцами, соответственно; функция $a(X,Y)$ монотонно убывает и стремится к нулю при бесконечном возрастании аргументов. Отметим, что модель Рикера хорошо подходит для описания процессов лимитирования в популяциях, характеризующихся r-стратегией размножения. Параметр d $(0 \le d \le 1)$ описывает долю самок, которые не поменяли пол, s $(0 \le s < 1)$ коэффициент выживаемости молодых самок, v $(0 \le v < 1)$ – коэффициент выживаемости самцов.

Рассмотрим частный случай модели (1), когда $d = 0$, т.е. самки участвуют в размножении только один раз, после чего происходит смена пола; тогда, используя переход к безразмерным переменным $\alpha \cdot X \to x$ и $\alpha/s \cdot Y \to y$ и замену параметров $\beta \cdot s/\alpha = \rho$, модель (1) можно записать в виде:

$$\{x_{n+1} = a \cdot x_n \cdot exp\ exp\ (-x_n - \rho y_n)\ y_{n+1} = s \cdot x_n + v \cdot y_n\ , \qquad (2)$$

Модель (2) имеет две неподвижные точки: тривиальную и нетривиальную. Найдены условия устойчивости этих решений на основе анализа значений собственных чисел характеристического многочлена системы (2) [4, 5]. Построены области устойчивости обоих решений на плоскости параметров (a, ρ) при вариации значений коэффициента выживаемости v. Показано, что рост значений параметра v расширяет область устойчивости нетривиального решения. Потеря устойчивости нетривиальной неподвижной точки системы (2) происходит по двум сценариям. При этом сценарий потери устойчивости определяется значением параметра ρ. При $\rho < (v^2 + 2v + 1)/(v + 3)$ потеря устойчивости реализуется через каскад бифуркаций удвоения периода. При значениях параметров из области неустойчивости, вблизи границы области устойчивости возникают двухгодичные колебания, которые с ростом значений параметра a эволюционируют следующим образом: 2 → 4 → 8 → 16 → 32 → ... → хаос [5]. При $\rho > (v^2 + 2v + 1)/(v + 3)$ потеря устойчивости происходит по сценарию Неймарка-Сакера, т. е. возникает инвариантная кривая. Построены модельные траектории при значениях коэффициентов из разных областей параметрических портретов. Показано, что существенный вклад в лимитирование рождаемости со стороны самцов приводит к возникновению квазипериодических колебаний.

Список литературы

1. Philip L. Munday Changing sex // Nature Australia. — 2000. — vol. 26. — №11. — P. 50–59
2. Todd E. V. et al. Stress, novel sex genes, and epigenetic reprogramming orchestrate socially controlled sex change // Science Advances. — 2019. — vol. 5. — №. 7. — P. eaaw7006
3. Рикер У. Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб: Пер. с англ. — М.: Пищевая промышленность. — 1979. — 408 с.
4. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. — 2-е изд. испр. и доп. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». — 2010. — 560 с.
5. Скалецкая Е. И., Фрисман Е. Я., Шапиро А. П. Дискретные модели динамики численности популяции и оптимизации промысла. — М.: Наука. — 1979. — 168 с.

Какурин В. С.

ПОДДЕРЖКА СЭМПЛИНГА ЗАПИСЕЙ ИЗ ХРАНИЛИЩА В СУБД MARIADB

Департамент математического и компьютерного моделирования
Научный руководитель – ассистент Д. А. Глущенко

MariaDB — ответвление от системы управления базами данных MySQL, разрабатываемое сообществом под лицензией GNU GPL [1]. Разработку и поддержку MariaDB осуществляет компания

MariaDB Corporation Ab и фонд MariaDB Foundation [1, 2]. В текущей версии open-source СУБД MariaDB отсутствует функционал для выполнения сэмплинга над таблицами данных, а сэмплинг в рамках сбора статистики неэффективен. Целью данной работы является реализация сэмплинга над таблицами эффективным методом, а также внедрение нового метода в сбор статистики.

Были проанализированы существующие подходы и построена таблица с описанием асимптотических оценок по времени [5, 6, 7] (см. Таблицу 1).

Таблица 1

Метод	Оценка времени
Простой случайный сэмплинг без замены	O(*s*)
Простой случайный сэмплинг с заменой	O(*s*)
Случайной сэмплинг с добавлением/отклонением	O(s log *n*)
Дерево частичных сумм	O(s log n)

Здесь: n – общее количество записей; s – размер выборки;

Учитывая рассмотренные выше методы, можно утверждать, что самые эффективные — это простой случайный сэмплинг без замены и простой случайный сэмплинг с заменой. Однако, принимая особенности реализации хранилища данных(InnoDB), а также вопросы обратной совместимости решения, в результате переговоров с командой разработчиков MariaDB Foundation было принято решение реализовать случайной сэмплинг с добавлением/отклонением.

Весь функционал был реализован на языке C++, поскольку на этом языке написаны СУБД MariaDB и хранилище данных(InnoDB) [2] InnoDB хранит данные в виде B-дерева, поэтому для выбора случайной записи из этого дерева в классе ha_innobase был реализован метод sample_next(). Метод принимает на вход указатель на область памяти, в которую помещается выбранная запись. Выборка записи происходит в методе btr_cur_open_at_rnd_pos(), посредством спуска от корня B-дерева к листу, выбирая очередного потомка при помощи равномерно распределенной случайной величины [3, 4]. Также во время выбора записи происходит подсчет весов для принятия решения о включении записи в выборку. В случае отрицательного решения происходит повтор выбора записи, до тех пор, пока принятое решение не окажется положительным. Для использования функционала сэмплинга в интерфейсе handler был расширен набор состояний: добавлено состояние SAMPLING, а также были добавлены следующие методы: 1) ha_sample_init() – меняет состояние экземпляра класса handler на SAMPLING; 2) ha_sample_next() – ответственный за извлечение следующей строки (записи, record), которая попадает в сэмпл; 3) ha_sample_end() – финализирует состояние экземпляра класса handler и осуществляет подготовку для дальнейшего использования [8, 9]. Так же в методе btr_cur_open_at_rnd_pos() была изменена сигнатура. В качестве входного параметра был добавлен флаг, отвечающий за подсчет весов при выборе записи из дерева, а также отвечающий за осуществление принятия решения о добавлении записи в выборку или отклонении и возврате кода ошибки. Внутри самого метода был добавлен код для подсчета весов, участвующих в принятии решения о добавлении или отклонения записи. Тестирование проводилось с использованием датасетов различных объемов, от 150 Мб до 30 Гб. Были рассмотрены три варианта объема выборки - 1%, 5% и 10% от общего количества записей (табл. 2).

Таблица 2

	При выборе существующим методом, секунд	При выборе реализованным методом, секунд
Временные затраты на выборку 10% из 150 МБ	186	335
Временные затраты на выборку 5% из 150 МБ	158	291

Временные затраты на выборку 1% из 150 МБ	157	80
Временные затраты на выборку 10% из 30 ГБ	2844	1905
Временные затраты на выборку 5% из 30 ГБ	1706	854
Временные затраты на выборку 1% из 30 ГБ	357	143

Как можно заметить, реализованный метод начинает превосходить существующий по времени при выборке 1% записей для 150 МБ и превосходит существующий по времени в случаи 30 ГБ. Данные результаты стоит интерпретировать следующим образом: размер, занимаемый на диске датасетом значительно меньше объема RAM, доступного СУБД MariaDB, поэтому хранилище(InnoDB) полностью подгружает базу данных в память, после чего совершается линейный проход по всем страницам с выбором заданного процента записей. В данном случае имеют место оптимизации пред-загрузки данных в память как на уровне операционной системы, так и на уровне хранилища данных(InnoDB). В случае реализованного метода такие оптимизации неприменимы, поскольку на каждой итерации осуществляется доступ в случайное место таблицы, а значит и в случайное место файла на диске. В случае выбора 1% количества записей, необходимых для наполнения сэмпла, время на случайный доступ к диску оказывается меньшим, чем загрузка датасета в память, даже с применением вышеописанных оптимизаций.

На данный момент реализованный функционал прошел ревью, и направлен в отдел QA, после чего планируется к внедрению в ближайшем релизе.

Список литературы

1. «Официальный репозиторий MariaDB,» [В Интернете]. Available: https://github.com/MariaDB/server.
2. «Официальный сайт MariaDB,» [В Интернете]. Available: https://mariadb.org/.
3. О. Вячеслав, «Методы и алгоритмы сэмплинга в анализе данных,» 9 август 2021. [В Интернете]. Available: https://loginom.ru/blog/sampling.
4. С. Царьков, «Сэмплинг в условиях несбалансированности классов,» 20 сентябрь 2021. [В Интернете]. Available: https://loginom.ru/blog/imbalance-class. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571066116300949.
5. F. O. &. D. Rotem, «Random sampling from databases: a survey» [В Интернете]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/BF00140664.
6. F. Olken, «Random Sampling from Databases,» The Regents of the University of California, Copyright, 1993.
7. T. Sato, «Approximate Relational Hoare Logic for Continuous Random Samplings» [В Интернете]. Available:
8. V. G. G. G. S. B. Siddhant Arora, «BERT Meets Relational DB: Contextual Representations of Relational Databases» [В Интернете]. Available: https://arxiv.org/abs/2104.14914.
9. Y.-S. Show-JaneYen, «Cluster-based under-sampling approaches for imbalanced data distributions» [В Интернете]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417408003527?casa_token=pyygd2CXFd8AAAAA:KjI41HHGyylZMZ8rN64_wHHDm-Pa2y1wB8FSZIRtNOA61AfpDZVeaAqZRAwvZP1RdMRYcbYJ.

Кириенко Д.О, Пискунов А.К., Пантелеев В., Кустов Ю.

РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ ФИТНЕС-ЦЕНТРА ДВФУ

Департамент математики и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.т.н, А.С. Еременко ИАПУ ДВО РАН

Цифровизация сервисов играет важную роль в современном мире. Благодаря ей потребитель получает более качественные услуги, а предприниматель – большую выгоду в силу большего комфорта для клиентов.

В настоящий момент в бизнесе заказчика данного проекта существует ряд проблем: усложнен сбор статистики относительно заинтересованности потребителя в предоставляемых фитнес-центром услуг в силу того, что запись на занятие происходит на бумажном носителе, а оплата осуществляется не централизованным образом. Это приводит к большому количеству ручного труда при обработке информации на бумажных носителях.

Для пользователей фитнес-центра ДВФУ запись на занятия осуществляется с помощью бумажного журнала. При этом приходится распечатывать чеки об оплате и предъявлять их на входе. Подобный подход может «отталкивать» потенциальных клиентов из-за неудобства в использовании данной системы. Поэтому заказчиком была поставлена задача по созданию цифровой платформы, позволяющей упростить взаимодействие с клиентами, проводить анализ рентабельности бизнеса, а также сделать взаимодействие клиента с сервисом более комфортным.

Таким образом, цель данного проекта - разработать CRM-систему для сети фитнес-центров и других спортивных объектов кампуса ДВФУ, тем самым облегчив жизнь её пользователей, а также, вероятно, увеличив доход бизнеса.

Ключевые слова: *сервис, фитнес-центр, разработка приложения, CRM-система.*

Основной функционал сервиса:

Учёт и продление абонементов разных видов и типов, ведение клубных карт с индивидуальными возможностями;

Составление расписания, как для тренеров, так и для клиентов, учет проведения мероприятий, учёт занятости помещений и тренеров, учёт предварительной записи к тренеру и ведение индивидуальных тренировок. Возможность для клиента выбрать нужную ему тренировку онлайн;

Составление персональных рекомендаций для посетителей спортивного клуба, управление лояльностью посетителей, обработка жалоб и претензий клиента;

Управление своевременной отправкой уведомлений и напоминаний для клиента и сотрудников;

Контроль и анализ всей деятельности клуба и его сотрудников для руководителя.

В процессе постановки задач встал вопрос о возможности применения уже готовых решений, например, 1С. Однако данный сервис имеет высокую сложность интеграции, а также не удовлетворяет всем потребностям заказчика.

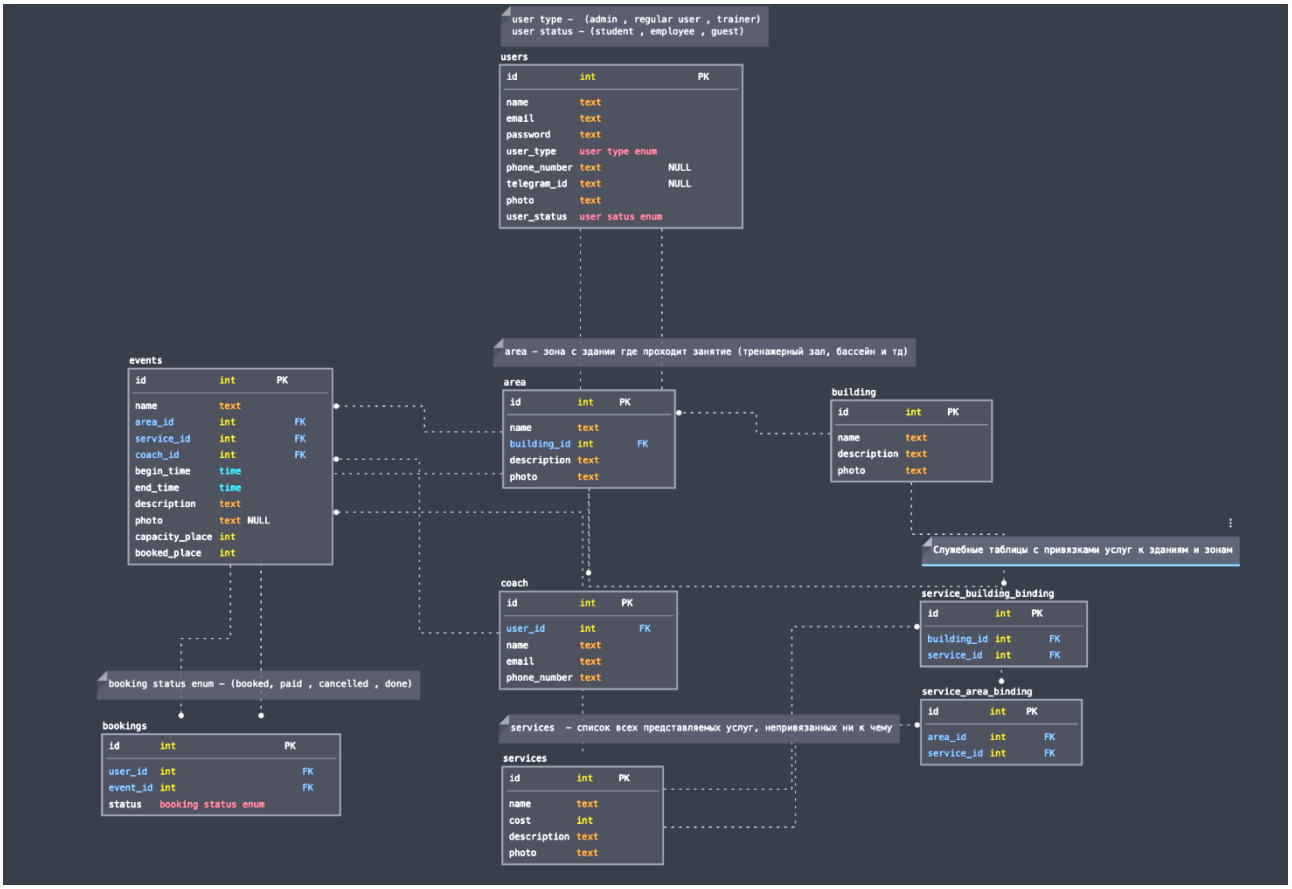


Рисунок 1 – схема базы данных сервиса [7]

Задачи:

Изучить рынок подобных сервисов;

Определить минимально жизнеспособный продукт (MVP);

Найти и выбрать необходимый стек технологий для реализации MVP;

Распределить обязанности в команде;

Разработать MVP;

Отдать сервис в тестирование в фитнес-центр.

Список литературы

1. Welcome to Flask – Flask documentation (2.2.x). [Электронный ресурс]. URL: https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/

2. The Python Tutorial — Python 3.11.4 documentation. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.python.org/3/tutorial/index.html

3. Using JWT for user authentication in Flask – GeeksforGeeks. [Электронный ресурс]. URL: https://www.geeksforgeeks.org/using-jwt-for-user-authentication-in-flask/

4. SQLAlchemy Documentation — SQLAlchemy 2.0 Documentation. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.sqlalchemy.org/en/20/

5. Flutter documentation | Flutter. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.flutter.dev/

6. Flutter и Dart документация. [Электронный ресурс]. URL: https://flutter.su/docs

7. SQL Database Modeler - SQL Database Modeler, Entity Relationship Diagram. [Электронный ресурс]. URL: https://app.sqldbm.com/PostgreSQL/Edit/p249765#

Ковалев М. Д., Петров С. Д.

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕЙ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ МОБИЛЬНОЙ ИГРЫ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Кафедра математики и компьютерных наук ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – ассистент А. С. Акулов

На сегодняшний день нейронные сети пользуются большой популярностью. Каждый год появляются все более интересные и сложные модели. К примеру, хорошо обученные диффузионные модели и т. п. Но большая часть пользователей даже не представляет каким образом они устроены. Хоть нейронные сети относительно новая отрасль, но кажется, что в современном мире каждому человеку не будет лишним знать их базовое устройство.

Таким образом целью нашей работы стало создание игры, которая в развлекательной манере познакомит пользователей любых возрастов с устройством, влиянием различных топологий, сутью обучения и многогранными возможностями нейронных сетей.

Было решено начать с достаточно простой архитектуры, а именно Многослойного перцептрона. Таким образом можно получить нелинейность на выходе.

В качестве алгоритма для обучения было решено выбрать генетический алгоритм. Такой выбор обусловлен следующими факторами:

Наблюдение за обучением при помощи генетического алгоритма вызывает интерес к изучению устройства нейронных сетей.

Генетический алгоритм достаточно прост в реализации и объяснении его сути неподготовленному пользователю в связи с близостью к принципу естественного отбора.

Очень высокая скорость обучения генетическим алгоритмом, хоть и меньшая точность по сравнению с другими методами обучения. Это поможет удержать игроков, не готовых тратить большое количество времени на наблюдение за обучением.

Геймплей проекта заключается в изменении различных параметров обучения нейронной сети (таких как длительность сеанса проверки приспособленности, шанс и величина мутации, количество потомков от двух “родителей” и т. д.), цель которой максимально быстро проезжать модульные генерируемые трассы. В генетическом алгоритме приспособленность проверяется для как минимум нескольких схожих нейронных сетей. В нашем случае каждую такую нейронную сеть можно назвать агентом. Агент – это программа, самостоятельно выполняющая задание, указанное пользователем компьютера, в течение длительных промежутков времени. Для того что бы агент "видел" окружение, каждый кадр он выпускает 6 ограниченных в максимальной длине лучей перед собой. Каждый луч подает значение от 0 до 1 (нормализованное расстояние до препятствия) в его нейронную сеть, на выходе которой мы получаем два значения от 0 до 1 - ускорение и поворот колес болида агента.

Обучение генетическим алгоритмом подразумевает наличие генома и фазу отбора. В качестве генома было решено использовать веса модели, представленные вектором.

Для подсчета приспособленности агента вдоль трассы находятся зоны, при попадании в которые агенту единожды начисляются очки. При касании стен или повторному проезду через зону очки вычитаются. В конце ограниченной по времени проверки приспособленности начинается фаза отбора. Фаза отбора делится на несколько этапов:

Селекция - отбор k лучших моделей с предыдущей генерации

Объединение и мутация - n раз выбирается пара "родителей". Выбор напрямую зависит от количества набранных очков

Смешение генома

Генерация новых генов - Создается r новых агентов, со случайным геномом, это необходимо для того, чтобы в геноме было разнообразие

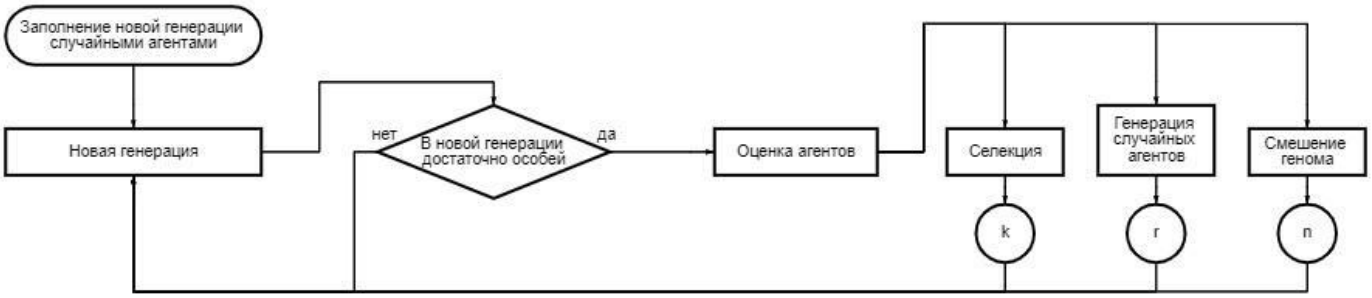


Рисунок 1 – Блок-схема генетического алгоритма

На данный момент реализован полный цикл обучения нейронной сети, возможность изменять параметры обучения, редактор модульной трассы, возможность сохранять нейронную сеть и трассу, вывод на графике зависимости приспособленности нейронной сети от количества генераций обучения, возможность начать заезд против заранее обученной нейронной сети или против нейронной сети другого пользователя в многопользовательском режиме и возможность изменить внешний вид гоночного болида и приобрести его улучшения за зарабатываемую в заездах валюту.

В планах реализация ознакомления для новых игроков о возможностях и целях проекта, полное описание работы нейронной сети и алгоритма ее обучения и возможность изменять структуру нейронной сети.

Список литературы

1. Николенко С.И., Кадурин А.А., Архангельская Е.О., Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей – М. : Питер, 2018. – 479 с.
2. Николенко С.И., Тулупьев А.Л., Самообучающиеся системы. – М. : МЦНМО, 2009. – 289 с.
3. Хокинг Д., Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C# – М.: Питер 2019 – 352 с

Кошель К. О., Смольников Д. В.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ (МОДЕЛИ SIR, SEIR, SEIHR).

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор кафедры информатики, Алексеев Г. В.

Данная работа посвящена описанию и исследованию математических моделей распространения инфекционных заболеваний в популяции особей. Помимо этого, работа включает в себя вычислительный алгоритм и анализ вычислительных экспериментов, полученных на входных данных по модели SEIHR.

Модель SIR описывает количество восприимчивых S, инфицированных I и выздоровевших R особей в момент времени t. Восприимчивые (S) люди заболевают при встрече с инфицированными (I) людьми со скоростью c. Инфицированные (I) излечиваются от болезни со скоростью w. Выздоровевшие (R) люди невосприимчивы к болезни. Модель описывает пространственно однородную динамику, то есть здоровые и инфицированные люди распространены однородно в

пространстве. Модель SIR предполагает, что общая численность населения остается постоянной на протяжении всей эпидемии и что нет ни рождений, ни смертей.

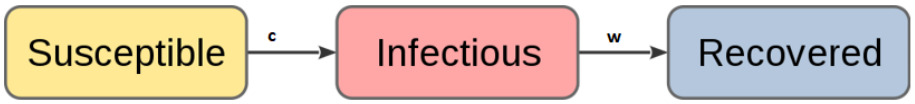


Рисунок 6 – Переходные состояния в модели SIR и скорость перехода людей между ними

Модель SIR представляет собой набор из трех связанных обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\dot{S} = -cSI \qquad (1)$$
$$\dot{I} = -cSI - wI \qquad (2)$$
$$\dot{R} = wI \qquad (3)$$

Рисунок 7 – Система, задающая модель SIR

$$\frac{d}{dt}(S + I + R) = 0 \qquad (4)$$

$$S(t) + I(t) + R(t) = C \qquad (5)$$

Рисунок 8 – Численность особей постоянна

Единственность решения системы (1) – (5) при начальных условиях

$(S, I, R)(0) = (S_0,\ I_0, R_0)$ (6)

для любого интервала времени [0, T] и описание смыслов коэффициентов (c, w) приводится в источнике [1].

Модель SEIR является расширенной и более точной версией SIR за счет введения группы риска (E), состоящей из особей, которые контактировали с инфицированными, но еще не проявили симптомы, что позволяет учитывать инкубационный период инфекции.

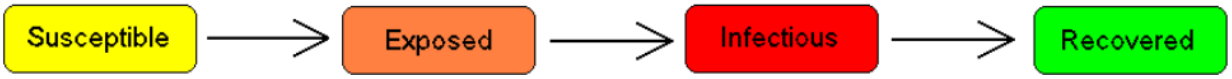


Рисунок 9 – Переходные состояния в модели SEIR

Популяция в SEIR делится на четыре группы: восприимчивые, инфицированные, уязвимые (подверженные воздействию) и выздоровевшие. Восприимчивые особи (S) становятся уязвимыми (E) в результате контакта с инфицированными (I), уязвимые (E) становятся инфицированными (I) после латентного периода, а инфицированные особи в итоге выздоравливают (R) или иным образом исключаются из системы (карантин, смерть и т. д.).

$$\frac{dS}{dt} = -\beta\frac{IS}{N} - \beta_1\frac{ES}{N}, \qquad (1)$$
$$\frac{dE}{dt} = \beta\frac{IS}{N} - \alpha E + \beta_1\frac{ES}{N}, \qquad (2)$$
$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - \gamma I, \qquad (3)$$
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I. \qquad (4)$$

Рисунок 10 – Система, задающая модель SEIR

Начальные условия: $(S, E, I, R)(0) \in \{(S, E, I, R) \in [0, N]^4 : S, E, I, R \geq 0, (S + E + I + R) = N\}$

Добавлены слагаемые , $\alpha, \beta, \beta_1, \gamma, R_0$ описывающие процесс распространения вирусной инфекции через вероятностные и количественные переменные. Однозначная глобальная разрешимость доказана в источнике [2].

Модель SEIHR – видоизмененная модель SIR, включает дополнительные группы особей для учета подвергшихся воздействию (E) и госпитализированных лиц (H) в дополнение к восприимчивым (S), инфицированным (I) и выздоровевшим лицам (R).

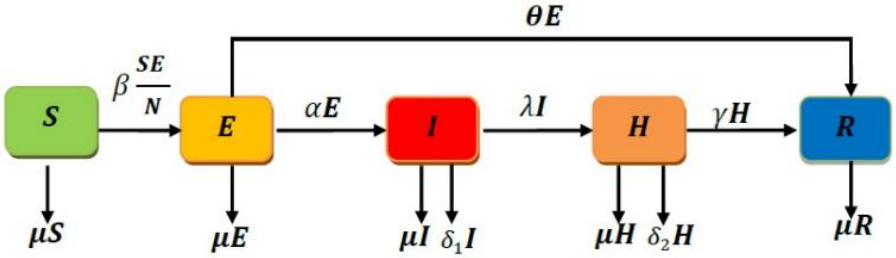


Рисунок 11 – Переходные состояния в модели SEIHR и скорость перехода людей между ними

Модель SEIHR описывается системой пяти связанных обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = \Lambda - \beta\frac{SE}{N} - \mu S \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta\frac{SE}{N} - (\mu + \alpha + \theta)E \\ \frac{dI(t)}{dt} = \alpha E - (\mu + \alpha + \delta_1)I \\ \frac{dH(t)}{dt} = \lambda I - (\mu + \gamma + \delta_2)H \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma H + \theta E - \mu R \end{cases} \quad (1)$$

Рисунок 12 – Система, задающая модель SEIHR

Начальные условия имеют вид:

$(S, E, I, H, R)(0) \in \{(S, E, I, H, R) \in [0, N]^4 : S, E, I, H, R \geq 0, (S + E + I + H + R) = N\}$.

В систему уравнений (1) были введены вычислительные параметры: $\Lambda, \alpha, \beta, \gamma, \mu, \lambda, \delta_1, \delta_2, \theta$.

Положительность и единственность решения представлены в источнике [3].

Для вычислительных экспериментов нами был разработан алгоритм на языке программирования matlab, основанный на методе Эйлера для решения задачи Коши с уровнем погрешности 1-го порядка.

Реализация модели SEIHR распространения эпидемии в 160-часовой период:

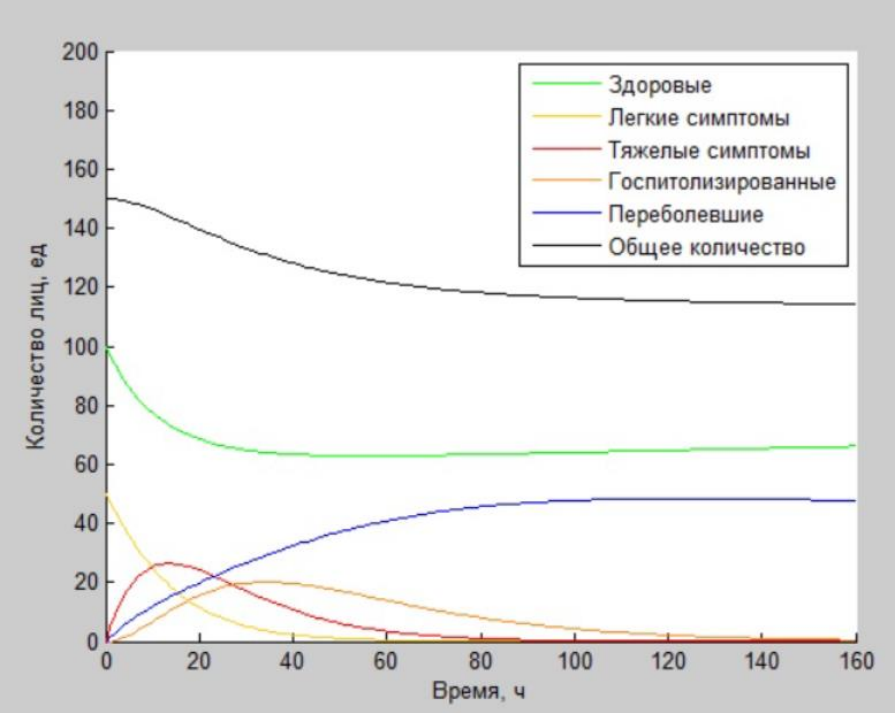


Рисунок 13 – Динамика протекания вирусной инфекции

$$\alpha = 0{,}1$$
$$\beta = 0{,}1$$
$$\mu = 0{,}001$$
$$\lambda = 0{,}05$$
$$\gamma = 0{,}025$$
$$\theta = 0{,}03$$
$$\delta_1 = 0{,}02$$
$$\delta_2 = 0{,}01$$
$$\Lambda = 0.1$$

$S = 100$
$E = 50$
$I = 0$
$H = 0$
$R = 0$

Рисунок 14 – Входные значения для SEIHR

Список литературы

1. Lorenzo Sadun. Effects of Latency on Estimates of the COVID-19 Replication Number. Bulletin of Mathematical Biology (2020) 82:114

2. Abderrahim Labzai, Abdelfatah Kouidere, Omar Balatif, Mostafa Rachik. Stability analysis of mathematical model new corona virus (covid-19) disease spread in population. Commun. Math. Biol. Neurosci (2020) 2020:41

3. Mustapha Serhani, Hanane Labbardi. Mathematical modeling of COVID-19 spreading with asymptomatic infected and interacting peoples. Journal of Applied Mathematics and Computing (2021) 66 : 1-20

4. Harouna Ouedraogo, Dramane Ouedraogo, Idrissa Ibrango, Aboudramane Guiro. A study of stability of SEIHR model of infectious disease transmission. Nonauton. Dyn. Syst (2021) 8:307–327

5. Геннадий Валентинович Алексеев. Математические модели распространения вирусов. Лекция для студентов ДВФУ (2020) Владивосток

Краснов Л. А.

СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА CAN ШИНЫ.

Департамент математики и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Боровик А.И.

На данный момент самый эффективный способ исследования глубин океана – использование автономных систем, не требующих нахождения в них человека. Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) – специальные роботы, с помощью которых выполняются различные виды подводных работ.

Важнейший компонент робота – система управления. Система управления – комплекс программных средств, осуществляющих автономное выполнение поставленной перед роботом задачи. Современные системы управления состоят из большого количества разнообразных программ, управляющих различным оборудованием робота и размещенных в вычислительной сети робота, включающей несколько десятков компьютеров и микроконтроллеров. Для разработки и тестирования данных программ, а также осуществления их эффективного взаимодействия при выполнении роботом своей миссии используются специальные среды разработки – робототехнические программные платформы.

Институт проблем морских технологий ДВО РАН (ИПМТ ДВО РАН) занимается разработкой и обслуживанием подводной робототехники уже более 35 лет, являясь старейшей организацией этого профиля в России. В настоящий момент системы управления АНПА ИПМТ ДВО РАН используют программную платформу IPC, являющуюся внутренней разработкой института. Платформа IPC позволяет разрабатывать компоненты системы управления (драйверы оборудования и алгоритмы поведения робота) на языке программирования C++.

В представленной работе решается задача создания на программной платформе IPC драйвера CAN шины. Драйвер CAN шины используется для получения и передачи сообщений и управляющих команд между устройствами, входящими в состав системы управления АНПА.

При разработке драйвера используется программная платформа IPC, язык программирования C++. Драйвер разрабатывается для работы на одноплатном компьютере OrangePi под управлением операционной системы Ubuntu.

Кулигин К.Н.

СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ АНПА НА ИНТЕРФЕЙСЕ CAN

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.т.н., доцент Боровик А.И.

В настоящий момент наиболее безопасным и эффективным способом исследования глубин Океана является использование технических средств, обеспечивающих косвенное присутствие человека под водой. Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) – это специальные роботы, с помощью которых выполняются обзорно-поисковые и обследовательские работы на больших глубинах, работы подо льдом, в условиях сложного рельефа дна и т.д.

Одним из важнейших компонентов любого робота является система управления – комплекс программных средств, осуществляющих автономное выполнение поставленной перед роботом задачи. Современные системы управления состоят из большого количества разнообразных программ,

управляющих различным оборудованием робота и размещённых в вычислительной сети робота, включающей несколько десятков компьютеров и микроконтроллеров.

Институт проблем морских технологий ДВО РАН (ИПМТ ДВО РАН) занимается разработкой и обслуживанием подводной робототехники уже более 35 лет, являясь старейшей организацией этого профиля в России. Совместно с ДВФУ, в институте присутствует команда по робототехнике, которая выступает на национальных и международных соревнованиях с роботом, разработанный студентами.

В представленной работе решается задача создания драйвера для блоков управления двигателями АНПА. Двигатели находятся непосредственно на роботе, разработанного командой ДВФУ, и управляются с помощью этих блоков – микроконтроллеров. Основная задача драйвера блока управления – преобразовывать команды, поступающие от программ, управляющих движением робота, в команды, непосредственно передаваемые по CAN-шине на этот микроконтроллер.

При разработке драйвера используется протокол Cyphal, язык программирования Python, API POSIX для работы с CAN-шиной. Драйвер разрабатывается для работы на одноплатном компьютере Jetson под управлением операционной системы Ubuntu.

Курлов Е. Г.

АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ ЭКСТРАПОЛИРОВАННОГО МЕТОДА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ПОИСКА ДОСТИЖИМОЙ ТОЧКИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ВЫПУКЛЫХ ЛИНЕЙНЫХ МНОЖЕСТВ

Дальневосточный федеральный университет
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор Е. А. Нурминский

Анализ сходимости экстраполированного метода параллельных проекций в задаче поиска достижимой точки пересечения двух выпуклых линейных множеств.

В [4] были рассмотрены простые проекционные методы последовательных и параллельных проекций для решения задачи выпуклой достижимости (convex feasibility problem) и отмечена их медленная сходимость в сравнении с методом внутренних точек (the interior point method). Эти результаты подвергают критике в [3], в которой утверждалось, что в [4] рассматривались субоптимальные версии проекционных методов, что еще больше ставит под сомнение обоснованность вывода об их эффективности. Один из оптимальных, по утверждению авторов, методов решения — экстраполированный метод параллельных проекций (Extrapolated Parallel Projection Method, далее — EPPM). Данный метод был впервые рассмотрен в [5], затем анализировался, в [1], [2] и др. В этих работах показана асимптотическая сходимость этого алгоритма в общем случае. Цель данной работы заключается в том, чтобы показать, что при определенных условиях алгоритм имеет конечную сходимость, т.е. получает точное решение задачи допустимости за конечное число операций.

В данной работе будет рассматриваться Евклидово пространство *E* со скалярным произведением $\langle \cdot, \cdot \rangle$ и нормой $\| \cdot \|$. подпространство $S_1 = \{x \in \mathbb{R}^N \mid Ax = b\}$, $A \in \mathbb{R}^{M \times N}, (M \leq N)$, ранг матрицы *rank(A) = M,* $b \in \mathbb{R}^M$, и множество $S_2 = \{x \mid x \in [x^l, x^u]\}$, где $(x_i)^l \leq (x)_i \leq (x_i)^u, i \in I, I = \{1, 2, \ldots, N\}$.

Определим P_1 и P_2 — проекционные операторы на множества S_1 и S_2 соответственно, P_1: $x \mapsto x - A^\top (AA^\top)^{-1}(Ax - b)$, P_2: $x = (x_i)_{i \in I} \mapsto \min\limits_{i \in I}\{\max\limits_{i \in I}\{x_i, c_i\}, d_i\}$. Ортогональность подпространств обозначим символом $\perp$.

Пусть $z_n^1 = P_1(x_n) - x_n$ и $z_n^2 = P_2(x_n) - x_n$. Алгоритм ЕРРМ в случае двух множеств имеет следующий вид [2], [5]:

$$(\forall n \in \mathbb{N}) \quad x_{n+1} = x_n + \chi_n \frac{||z_n^1||^2 + ||z_n^2||^2}{||z_n^1 + z_n^2||^2}(z_n^1 + z_n^2) \quad (1)$$

В формуле 1 показана работа алгоритма в пространстве $\mathbb{R}^2$. В качестве примера зададим матрицу $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 \end{bmatrix}$, вектор $b = [0]$, $x^l = \begin{bmatrix} -6 \\ 0 \end{bmatrix}$, $x^u = \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \end{bmatrix}$, начальное положение алгоритма $x_0 = \begin{bmatrix} -6 \\ -1 \end{bmatrix}$, значение $\chi_n = 1.9$. Видно, что после определенного шага *k* алгоритма векторы $x_k, x_{k+1}, \ldots, k \in \mathbb{N}$ принадлежат множеству S_2 и постепенно приближаются к множеству S_1.

Утверждение: если $x_k \in S_2$ и $x_{k+1} \in S_2$, то при $\chi_n > 1$ достижимый вектор $x^* = P_1(x_k)$.

Доказательство утверждения. Пусть $x_k \in S_2$. Тогда $P_2(x_k) = x_k \Rightarrow z_n^2 = x_n - x_n = 0$. Подставляя в (1), получаем

$$x_{k+1} = x_k + \chi \frac{||z_k^1||^2 + ||z_k^2||^2}{||z_k^1 + z_k^2||^2}(z_k^1 + z_k^2) = x_k + \chi z_k^1 = x_k + \chi(P_1(x_k) - x_k)$$

.

Поскольку $P_1(x_k)$ — проекция вектора x_k на S_1, то $(P_1(x_k) - x_k) \perp S_1 \Rightarrow \chi(P_1(x_k) - x_k) \perp S_1$. С другой стороны, $x_{k+1} = x_k + \chi(P_1(x_k) - x_k) \Rightarrow x_{k+1} - x_k = \chi(P_1(x_k) - x_k)$. Следовательно, $(x_{k+1} - x_k) \perp S_1$. Также видно, что при $\chi_n > 1 ||\chi(P_1(x_k) - x_k)|| > ||P_1(x_k) - x_k||$, следовательно $P_1(x_k) \in x_{k+1} - x_k$. Если $x_k \in S_2$ и $x_{k+1} \in S_2$, то $x_{k+1} - x_k \in S_2$. Отсюда получаем, что достижимый вектор $x^* = P_1(x_k)$.

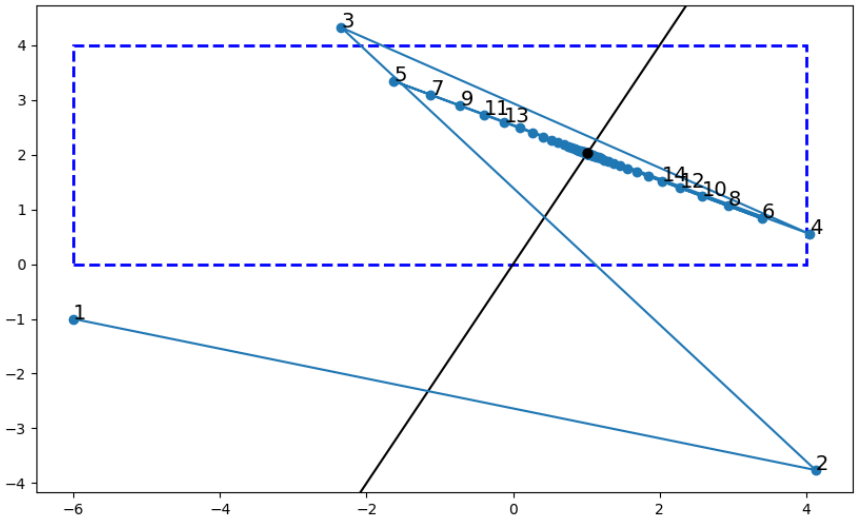


Рисунок 1 – Иллюстрация работы алгоритма ЕРРМ в пространстве $\mathbb{R}^2$.

В Таблице 1 показано сравнение скорости конечной и асимптотической сходимости при ε=0,000001.

Таблица 1

Количество итераций алгоритма ЕРРМ при различных параметрах

Значение χ	Асимптотическая сходимость	Конечная сходимость
0,5	22	–
0,7	19	–
1,2	11	6
1,5	23	4
1,9	146	6

При $\chi < 1$ конечной сходимости нет. При $\chi > 1$ применение конечной сходимости позволяет снизить количество итераций. Снижение может зависеть от значения множителя χ, значения начальной точки, параметров множеств S_1 и S_2.

Список литературы

1. Bauschke, H. H. Extrapolation algorithm for affine-convex feasibility problems / H. H. Bauschke, P. L. Combettes, S. G. Kruk // Numerical Algorithms. — 2006. — Vol. 41, nr 3. — PP. 239—274.

2. Bauschke H. H. Numerical Explorations of Feasibility Algorithms for Finding Points in the Intersection of Finite Sets / H. H. Bauschke, S. Gretchko, W. M. Moursi // Splitting Algorithms, Modern Operator Theory, and Applications ; edit. by Heinz H. Bauschke, Regina S. Burachik и D. Russell Luke. Cham: Springer International Publishing. — 2019. — PP. 69—90.

3. Censor Y. и др. On the effectiveness of projection methods for convex feasibility problems with linear inequality constraints / Y. Censor, [et al] // Computational Optimization and Applications. — 2012. — Vol. 51, nr 3. — PP. 1065—1088.

4. Gould, N. I. M. How good are projection methods for convex feasibility problems? / N. I. M. Gould // Computational Optimization and Applications. — 2008. — Vol. 40, nr 1. — PP. 1—12.

5. Pierra, G. Decomposition through formalization in a product space / G. Pierra // Mathematical Programming. — 1984. — Vol. 28, nr 1. — PP. 96—115.

Кучеров В.А., Потега К.И., Нехорошев В. Н., Домашев С.А.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ СЕРИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Кафедра математики и компьютерных наук ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор С.М. Краснопеев

Разработка Веб-сервиса динамической визуализации временных серий изображений

Научный руководитель- К.ф.-м.н. Краснопеев Сергей Михайлович, ведущий научный сотрудник

В настоящее время произошло осознание роли пространственных данных (ПД) как одного из ключевых факторов экономического развития общества.

Под пространственными данными понимаются данные о географических объектах, которые являются формализованными цифровыми моделями материальных или идеальных (абстрактных) объектов реального или виртуального мира.

Увеличение спроса на ПД и рост их объема делают актуальной разработку следующих технологий для решения задач из этой сферы:

Big Data – хранения больших данных, быстро генерируемые наборы данных, поступающих из разных источников

Fast data - это совокупность технологий, обеспечивающих скоростную обработку потоков данных, генерируемых различными системами и активностями, их анализ и принятие решений с учетом исторически накопленных данных, а также автоматическое выполнение различных действий в ответ на произошедшие события.

Data Mining - это процесс выделения из данных неявной и неструктурированной информации и представления ее в виде, пригодном для реализации.

Можно заметить, что в настоящий момент всё в большей степени заказчикам нужны не данные, а возможность работать с ними в своих ГИС и приложениях.

Список литературы

1. Геоинформационный портал Gisa.ru - Пространственные данные и источники их получения. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gisa.ru/21947.html.
2. Как мы визуализировали большие данные на картах: трудности и особенности / Хабр. [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/companies/lineate/articles/592741/.

Лебедев М. П., Дереза Д. Г., Ким СунгЖу, Карпов Г. А.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСОВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ (МОДЕЛЬ WIRIV)

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор кафедры информатики, консультант математического и компьютерного моделирования Алексеев Г.В.

Модель RD WIRiv описывает динамику вирусной инфекции. Она включает в себя дикие, инфицированные и устойчивые клетки, вирусные частицы и молекулы интерферона – вещества, выделяемого инфицированными клетками. Последнее повышает устойчивость клеток дикого типа. Общая схема переходов между различными состояниями клетки представлена на рис. 1.

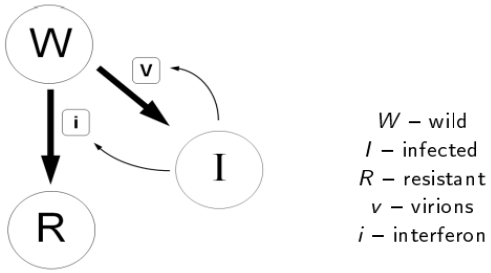


Рисунок 1 – Блок-схема базовой модели: клетки дикого типа (*W*) могут стать инфицированными клетками (*I*), если подвергаются действию вирионов (*v*), или они могут стать резистентными клетками (*R*) под действием влияния интерферона (*i*). Вирионы и интерфероны продуцируются инфицированными клетками. Инфекция и переход к резистентности представлены толстыми стрелками, а мультипликативные взаимодействия представлены тонкими стрелками

Данная модель описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений (рис.2):

$$W' = -\alpha_1 v W - \alpha_2 i W, \quad (1)$$
$$I' = -\mu_I I + \alpha_1 v W, \quad (2)$$
$$R' = \alpha_2 i W, \quad (3)$$
$$i' = -\mu_i i + \alpha_i I - \alpha_3 i W, \quad (4)$$
$$v' = -\mu_v v + \alpha_v I - \alpha_4 v W, \quad (5)$$
$$(W, I, R, i, v)(0) = (W_0, I_0, R_0, i_0, v_0) \quad (6)$$

Рисунок 2 – Система, задающая модель ODE WIRiv

Однозначная глобальная разрешимость системы (1) - (6), рассматриваемой при стандартных начальных условиях (6)

$\alpha_1,\ \alpha_2,\ \alpha_3,\ \alpha_4,\ \mu_I,\ \mu_v,\ \mu_i$ доказана в статье [1] на любом интервале времени [0. T]. Там же установлены ряд важнейших свойств решения и, в частности, положительность (неотрицательность). Описание всех коэффициентов, входящих в (1) – (5), можно прочитать в [2].

Модель учитывает продукцию интерферона инфицированными клетками. Но при этом она не учитывает неоднородность распространения инфекции по пространству. Соответствующая модель была предложена и исследована в M. Labadie et al. [2010]. Далее будет представлено описание, непосредственно, самой модели.

$\Omega \subset \mathbb{R}^N \ (N = 2, 3)$ Пусть – ограниченная область с липшицевой границей Г, и пусть T>0.

Указанная реакционно-диффузионная (RD) модель, рассматриваемая в области $\Omega \times [0, T]$, описывается уравнениями (см. Рис. 3):

$$\begin{cases} \partial_t W = d\Delta W - iW - vW, & (7) \\ \partial_t I = d\Delta I - \mu_I I + vW, & (8) \\ \partial_t R = d\Delta R + iW, & (9) \\ \partial_t v = d_v \Delta v - \mu_v v + \alpha_v I - \alpha_4 vW, & (10) \\ \partial_t i = d_i \Delta i - \mu_i i + \alpha_i I - \alpha_3 iW, & (11) \end{cases}$$

Рисунок 3 – Система, задающая модель RD WIRiv с граничными условиями и начальными условиями:

$$\nabla W \cdot \boldsymbol{n} = \nabla I \cdot \boldsymbol{n} = \nabla R \cdot \boldsymbol{n} = \nabla v \cdot \boldsymbol{n} = \nabla i \cdot \boldsymbol{n} = 0 \quad \text{на } \Gamma \times [0, T] \quad (12)$$

$$(W, I, R, v, i)\big|_{t=0} = (W_0(\boldsymbol{x}), I_0(\boldsymbol{x}), R_0(\boldsymbol{x}), v_0(\boldsymbol{x}), i_0(\boldsymbol{x})). \quad (13)$$

Здесь во все уравнения (1) - (5) были добавлены диффузионные слагаемые, имеющие вид: где Δ - оператор Лапласа. $d\Delta W,\ d\Delta I,\ d\Delta R,\ d_v\Delta v,\ d_i\Delta i$

Однозначная глобальная разрешимость начально-краевой задачи (7) - (13) на любом интервале времени [0, T] доказана в статье [2]. Там же установлены некоторые важные свойства решений и, в частности, свойство положительности (неотрицательности) всех функций, входящих в (7) - (11).

Ниже мы приведем некоторые результаты численных экспериментов по нахождению решения начальной задачи (1) - (6) с помощью численного метода Эйлера. Соответствующий код, основанный на методе Эйлера, был разработан Петровом Сергеем Дмитриевичем, студентом 4-го курса ДВФУ.

Расчеты проводились при следующих значениях основных параметров (рис. 4):

$$a_i = 0.02, \quad a_v = 0.005$$

$$\beta_i = 0.05, \quad \beta_v = 0.05$$

$$g_i = 0.1, \quad g_v = 0.05$$

$$\mu_i = 0.05, \quad \mu_v = 0.05, \quad \mu_I = 0.01$$

$$W = 200, \quad I = 100, \quad R = 0, \quad i = 50, \quad v = 100$$

Рисунок 4 – Входные параметры для модели WIRiv при t = 0

Полученные результаты представлены ниже на Рис. 5., 6.

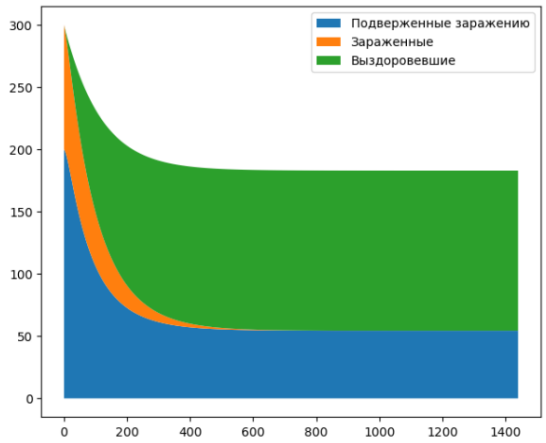


Рисунок 5 – Динамика течения болезни за период [0, 1400]. Время измеряется в часах.

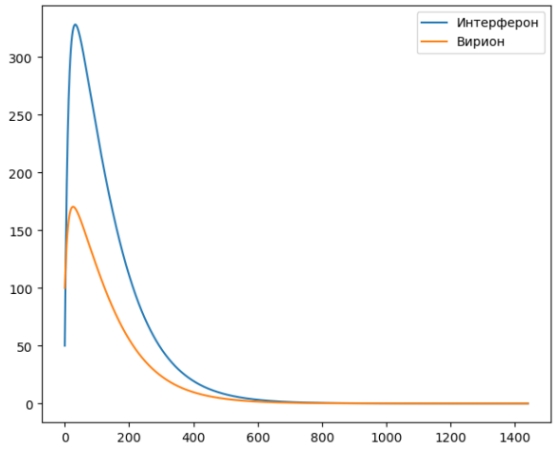


Рисунок 6 – Динамика поведения интерферонов/вирионов за период [0, 1400]

Помимо всего вышесказанного, работа включает в себя вычислительный алгоритм, а также анализ вычислительных экспериментов, полученных на входных данных по модели ODE WIRiv.

Гибридная модель WIRiv

Гибридная модель WIRiv учитывает продукцию интерферона инфицированными клетками, а также неоднородность пространства. Она представляет собой гибридную модель, состоящую из уравнений реакции-диффузии для интерферонов *i* и вирионов *v* и уравнений в виде ОДУ для трех типов клеток: W, I, R. Система принимает вид.

$$\begin{cases} \partial_t W = -iW - vW, \\ \partial_t I = -\mu_I I + vW, \\ \partial_t R = iW, \\ \partial_t v = d_v \Delta v - \mu_v v + \alpha_v I - \alpha_4 vW, \\ \partial_t i = d_i \Delta i - \mu_i i + \alpha_i I - \alpha_3 iW, \end{cases}$$

с начальными и граничными условиями:

$$\nabla v \cdot \boldsymbol{n}(\sigma, t) = 0, \quad \nabla i \cdot \boldsymbol{n}(\sigma, t) = 0 \quad \text{на } \Gamma \times [0, T].$$

$$(W, I, R, v, i)\Big|_{t=0} = (W_0(\boldsymbol{x}), I_0(\boldsymbol{x}), R_0(\boldsymbol{x}), v_0(\boldsymbol{x}), i_0(\boldsymbol{x})).$$

Модель SIRD

Модель SIRD расшифровывается как "Восприимчивый-инфекционный-выздоровевший-умерший" и представляет собой расширенную модель SIR, которая разделяет выздоровевших людей и умерших. В этой модели используется следующая система дифференциальных уравнений:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N},$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I - \mu I,$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I,$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu I.$$

Здесь β, γ, μ коэффициенты инфицирования, выздоровления и смертности

Список литературы

1. P. Getto, M. Kimmel, A. Marciniak-Czochra. Modelling and analysis of dynamics of viral infection of cells and of interferon resistance. J. Math. Anal. Appl. No. 344, pp. 821-850 (2008).

2. Mauricio Labadie, Anna Marciniak-Czochra. A reaction-diffusion model for viral infection and immune response. J. Math. Anal. Appl. No. 356 (2010).

3. Геннадий Валентинович Алексеев. Математические модели распространения вирусов. Лекция для студентов.

4. Abderrahim Labzai, Abdelfatah Kouidere, Omer Balatif, Mostafa Rachik. Stability analysis of mathematical model new corona virus (COVID-19) disease spread in population.

5. Jesus Fern ´ andez-Villaverde, Charles I. Jone. Estimating and Simulating a SIRD Model of COVID-19 for Many Countries, States, and Cities

6. Brantly Callaway, Tong Li. Policy Evaluation during a Pandemic.

Леонтьев И. С., Шлык Д. Е., Коваль А. Е.

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОЙ ИГРЫ С МАСКОТАМИ КОМПАНИИ ФАРПОСТ

Департамент математики и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

В связи с повальным распространением медийных средств, многие современные компании, заинтересованные в распространении своего бренда, продвигают свою атрибутику, такую как лого и маскоты, в информационно-развлекательную сферу. Так как в современном мире рынок мобильных игр охватывает огромную аудиторию за счёт доступности смартфонов и интернета, многие компании занимаются разработкой собственных игр, в которых присутствует их атрибутика. В том числе и компания Farpost, которая заинтересовалась в создании собственной мобильной игры.

Исходя из технического задания, данного компанией Farpost, необходимо было разработать мобильную игру на 4 игроков в жанре runner с динамичным и весёлым геймплеем, действующими героями которой являлись бы маскоты компании Farpost.

В итоге, была разработана MVP-версия игры для Android. В игре доступны четыре персонажа с уникальными способностями. Цель игры - прыгать по платформам, избегая ловушек и поднимаясь как можно выше. Концовка игры демонстрирует таблицу лидеров, на которой игроки могут узнать, кто забрался выше всех.

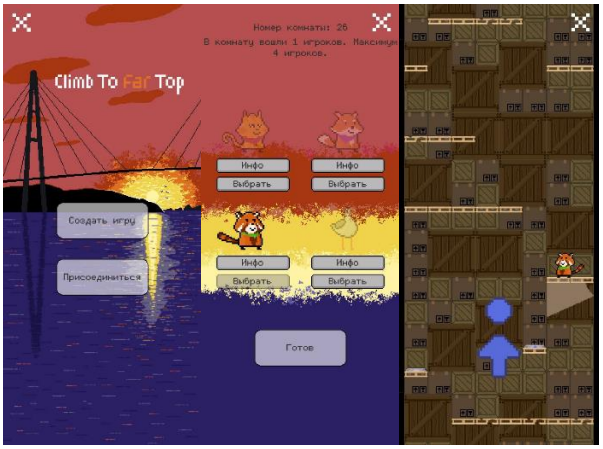


Рисунок 1 – Скриншоты главного меню, экрана выбора персонажа, основного геймплея.

Проект стал победителем номинации "Лучшая Игра для Фарпоста" на Зимней Проектной Школе. В дополнение к этому, игра была протестирована сотрудниками компании Фарпост и одобрена. В

будущем, этот проект может быть размещен на серверах Фарпост и использован на их корпоративной странице.

Задачи:

1. Изучить техническое задание заказчика.
2. Определить минимально жизнеспособный продукт (MVP).
3. Найти и выбрать необходимый стек технологий для реализации MVP.
4. Распределить обязанности в команде.
5. Разработать MVP.
6. Продемонстрировать MVP заказчику, получить отзывы.

Наше техническое задание было разбито на следующие подпункты:

1. Написать логику игры
   a) Написать скрипты персонажей (движение персонажей, взаимодействие их между собой, взаимодействие с уровнем и предметами и т.д.)
   b) Написать скрипты, отвечающие за функционирование уровня (подгрузка новых чанков, генерация бонусов, создание ловушек, движение платформ и т.д.)
   c) Вспомогательные скрипты (сохранение игровой статистики, наблюдение за оставшимися, скрипты отладки)
   d) Скрипты графического интерфейса (обработка нажатий игроком тех или иных кнопок)
2. Соединить скрипты логики игры с нетфреймворком Photon Fusion для реализации мультиплеера
   a) Скрипты начала игровой сессии (подключение к комнате, выбор персонажей, старт игры)
   b) Обмен данными во время игровой сессии (синхронизация состояния уровня и положения персонажей между всеми игроками)
   c) Завершение игровой сессии (отключение от комнаты, выход из игры)
3. Нарисовать спрайты персонажей, предметов и уровня
   a) Создание спрайтов кнопок, иконок и прочих элементов графического интерфейса
   b) Создание спрайтов персонажей и их анимирование
   c) Создание спрайтов уровня и предметов
4. Тестирование и отладка
   a) Отлаживание скриптов и нахождение багов
   b) Тестирование игры на стабильное функционирование
   c) Тестирование игры на игровой баланс (не является ли один персонаж сильнее другого, все ли игроки имеют равные шансы на победу, не существует ли предметов, дающих сильное преимущество, насколько сильно зависит победа игрока от случайных событий и т.д.)
   d) Настройка интерфейса игры под разные разрешения экранов

Литовец М. В.

СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА ДЛЯ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Департамент математики и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Боровик А. И.

В настоящий момент наиболее безопасным и эффективным способом исследования глубин океана является использование технических средств, обеспечивающих косвенное присутствие

человека под водой. Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) – это специальные роботы, с помощью которых выполняются обзорно-поисковые и обследовательские работы на больших глубинах, работы подо льдом, в условиях сложного рельефа дна и так далее.

Одним из важнейших компонентов любого робота является система управления – комплекс программных средств, осуществляющих автономное выполнение поставленной перед роботом задачи. Современные системы управления состоят из большого количества разнообразных программ, управляющих различным оборудованием робота и размещенных в вычислительной сети робота, включающей несколько десятков компьютеров и микроконтроллеров. Для разработки и тестирования данных программ, а также осуществления их эффективного взаимодействия при выполнении роботом своей миссии используются специальные среды разработки – робототехнические программные платформы.

Институт проблем морских технологий ДВО РАН (ИПМТ ДВО РАН) занимается разработкой и обслуживанием подводной робототехники уже более 35 лет, являясь старейшей организацией этого профиля в России. В настоящий момент системы управления АНПА ИПМТ ДВО РАН используют программную платформу IPC, являющуюся внутренней разработкой института. Платформа IPC позволяет разрабатывать компоненты системы управления (драйверы оборудования и алгоритмы поведения робота) на языке программирования C++.

В представленной работе решается задача создания на программной платформе IPC драйвера поворотной платформы движителя АНПА. Поворотная платформа с закрепленным на ней движителем АНПА используется в качестве руля для изменения направления движения аппарата. Поворотная платформа движителя для аппаратов ИПМТ ДВО РАН разрабатывается в институте и содержит микроконтроллер, выполняющий команды управления, получаемые по CAN-шине. Основная задача драйвера поворотной платформы – преобразовывать команды, поступающие посредством сетевой подсистемы платформы IPC от программ, управляющих движением робота, в команды, непосредственно передаваемые по CAN-шине на микроконтроллер платформы. Драйвер передает текущее положение платформы, получаемое по CAN от управляющего микроконтроллера, в сеть IPC для последующего анализа навигационными программами системы управления.

При разработке драйвера используется программная платформа IPC, язык программирования C++, API POSIX для работы с CAN-шиной. Драйвер разрабатывается для работы на одноплатном компьютере OrangePi под управлением операционной системы Ubuntu.

Макаркин Н. С., Байбурин Н. А., Елистратов В. Е.

СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ ПАРАМЕТРОВ ШЛЕЙФОВ МУТНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ.

Институт математики и компьютерных технологий Дальневосточный федеральный университет
Научный руководитель - к.ф.-м.н., Е. В. Амосова.

Ключевые слова: математическое моделирование, шлейфы мутности.

В условиях бурного развития добывающей и перерабатывающей промышленности, а также энергетики, возрастает потенциальный, а иногда и реальный риск негативного антропогенного влияния на водную среду и её биологические ресурсы. Ни для кого не секрет, что при архитектурно-строительных, восстановительных и любых других работах должны применяться меры предотвращения вредного влияния на флору и фауну водного мира [1-2].

В Российской Федерации существует нормативно-правовая база, направленная на сохранение водных биоресурсов, которая подразумевает разработку восстановительных мероприятий и снижение негативного воздействия планируемых работ при помощи моделирования возможного антропогенного влияния на водоём [3-5].

Определение параметров и последствий негативного воздействия шлейфа мутности на водные биологические ресурсы позволит выработать проект будущих восстановительных работ уменьшения этого воздействия. Отсутствие этих работ, ошибка в расчете или неправильная интерпретация могут привести к снижению продуктивности водоёма или к полной его потере. Правильное моделирование этого процесса позволит предотвратить негативные последствия. Однако большинство программ, предназначенных для создания этих моделей, либо работают только с большой площадью вод и не подразумевает наличие островов или линии берега, что делает невозможным их использование в небольших по размеру и ограниченных береговой линией акваториях, либо представляемые ими данные тяжелы для восприятия, что делает невозможным использование программы для пользователей без специальной подготовки.

Так, понятные и однозначные данные очень важны, а представление в цифровом виде ускорит их обработку.

В представленной работе решается задача создания приложения для представления в цифровом виде параметров шлейфов мутности при производстве работ в морских акваториях. Для решения этой задачи используется язык программирования FreeFem++. В качестве языка программирования для разработки программного обеспечения выбран Python, используется его библиотека PyQt, предназначенная для создания приложений с графическим интерфейсом.

Список литературы

1. Горбачев С. А. Вопросы оценки ущерба водным биоресурсам / С. А. Горбачев // Труды Кольского научного центра РАН. 2012. № 4. 46-62 с.
2. Патин С. С. Антропогенные воздействия на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы / С. С. Патин // Труды ВНИРО. 2015. Т.154. 85-103 с.
3. Кудрявцева О. В. Методика и практика оценки воздействия на окружающую среду. Проектная документация: Учеб. пособие/ О. В. Кудрявцева, Т.Н. Ледащева, В.Е. Пинаев. – М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2016. – 170 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 24.04.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.06.2020) // Собр. законодательства РФ. 2006. – Ст. 56. 5. Сорокина Ю. В., К вопросу об эколого-правовой эффективности охраны водных биологических ресурсов / Ю. В. Сорокина // Право. Законодательство. Личность. 2016. № 1. 195-200 с.

Макаркин Н. С., Байбурин Н. А., Елистратов В. Е.

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ СГЛАЖИВАЮЩИМИ ЛИНЕЙНО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н. Амосова Е. В.

Очень часто поведение интерполирующих сплайнов не согласуется с качественным поведением исходных данных. Это проявляется в присутствии различных отклонений интерполирующей функции не характерных для исходного набора точек. Математически такие выбросы могут быть следствием не

монотонности и наличием точек перегиба на участках монотонности у исходных данных. В классических подходах [1], [2] построения интерполирующей функции для улучшения свойств сплайна применяется увеличение числа точек интерполяции, если этого сделать нельзя, то используют выпуклые сплайны. В книге [3] описан метод изогеометрической интерполяции с автоматическим выбором параметров контроля формы. Получаемые кривые сохраняют геометрические свойства исходных данных.

В работе рассмотрен алгоритм построения сглаживающего сплайна, хорошо адаптирующегося под поведение исходных данных и представляющего линейную комбинацию линейных и гиперболических функций с параметрами натяжения. Предложенный алгоритм не требует введения дополнительных точек в исходные данные, а для определения параметров сплайна требуется решить систему линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Данный алгоритм апробирован на ряде тестовых примеров, которые используются для тестирования алгоритмов по изогеометрической интерполяции другими авторами.

Список литературы

1. Алберг Дж. Теория сплайнов и ее приложения / Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж.. – М.:Мир, 1972.
2. Василенко В.В. Экстремальные свойства сплайнов и задача сглаживания / В.В. Вершинин, Ю.С. Завьялов, Н.Н. Павлов – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988.
3. Квасов Б.И. Методы изогеометрической аппроксимации сплайнами / Б.И. Квасов – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. С 416.

Маметьев А. С.

СОЗДАНИЕ ДРАЙВЕРА ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА (IMU) АНПА НА ИНТЕРФЕЙСЕ RS-232/USB НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.т.н., доцент Боровик А.И.

Существуют множество подводных задач, выполнение которых человеком является небезопасным и очень затруднительным процессом. В связи с этим большую актуальность имеет разработка АНПА - автономных необитаемых подводных аппаратов - роботов, выполняющих различные виды работ без присутствия человека.

Институт проблем морских технологий ДВО РАН (ИПМТ ДВО РАН) занимается разработкой робототехники для решения подобного рода проблем.

Важным компонентом любого автономного робота является инерциальный измерительный блок, отвечающий за ориентацию в пространстве. В роботах ИПМТ, в том числе, используются приборы, подключаемые по интерфейсу RS-232/USB. Для корректного использования прибора необходимо создать программный интерфейс (драйвер), реализующий взаимодействие центрального модуля робота с прибором.

В представленной работе решается задача создания драйвера инерциального измерительного блока (IMU) АНПА на интерфейсе RS-232/USB. Инерциальный блок измеряет угловую скорость робота. Основная задача драйвера - считывать информацию с прибора и передавать их с помощью UDP протокола на другие программы управления роботом.

При разработке драйвера используется программная платформа RS-232/USB, язык программирования Python. Драйвер разрабатывается для работы на модуле Jetson TX2 под управлением операционной системы Ubuntu.

Матиенко Д. П., Денисюк Н. И., Божедомов Д. М.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НА БОРТУ АНПА АНОМАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ МОРСКОГО ДНА

Научный руководитель - кандидат технических наук, зам. директора по научной работе ИПМТ ДВО РАН Зуев Александр Валерьевич

Мировой океан, на дне которого сокрыты различные тайны и богатства, всегда представлял интерес для человечества. Его освоение - задача актуальная и по сложности сопоставимая с освоением космического пространства. Исследование морского дна проводится различными техническими средствами, которые в настоящее время активно развиваются. Особую ценность представляют автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), которые используются для проведения исследовательских миссий по изучению морского дна. Важной задачей является повышение эффективности работы АНПА при проведении исследовательских работ.

Технология применения АНПА для мониторинга предполагает циклическое повторение запусков, включающих этапы съемки информации (акустической, фото, и др.) различными техническими средствами, находящимися на борту АНПА, постобработки полученных данных с целью выявления участков морского дна для дополнительного обследования и планирования последующих обзорных запусков в районах с уточненными координатами. Очевидно, что такой цикл занимает большое количество времени и ресурсов, как человеческих, так и материальных. Перенос обработки информации обзорно-поисковых систем на борт АНПА и организация реагирования на обнаруженные аномалии в реальном времени позволяет существенно сократить постобработку полученных данных, корректировать исследовательскую миссию при обнаружении искомых объектов как автоматически, так и с дистанционным привлечением оператора.

Настоящее исследование направлено на разработку алгоритма нахождения в автоматическом режиме мест, отличающихся от обычного дна и возможных искажений на гидроакустических изображениях. Алгоритм должен обнаруживать неполадки в работе гидролокатора бокового обзора (ГБО), которые выявляются анализом полученных изображений.

Алгоритм:

Входные данные: гидроакустические изображения.

Этапы:

Предобработка:

Компонента предобработки разбивает гидроакустическое изображение с ГБО на более мелкие сегменты, подходящие на вход сверточной нейронной сети (СНС).

Классификация:

Полученные сегменты подаются на вход СНС для анализа и последующей классификации.

На выходе СНС должны быть три класса:

Вероятность того, что на изображении нет никаких аномалий.

Вероятность того, что на изображении присутствуют фрагменты морского дна, которые отличаются от реального дна, то есть имеется аномалия.

Вероятность неполадок в работе ГБО.

Постобработка:

Используя результаты работы СНС, программа должна выдать географические координаты участка (прямоугольная область), имеющего аномалию.

Выходные данные: географические координаты участка с аномалией (в случае, если она обнаружена), либо есть ли неполадки ГБО на гидроакустическом изображении.

Список литературы:

1. “Мониторинг морского дна с применением технологий интеллектуальной обработки данных поисковых устройств на борту автономного необитаемого подводного аппарата” - А.В. Инзарцев, Ю.В. Матвиенко, А.М. Павин, Н.И. Рылов

Михеев Р. Ю., Синягина А. Д.

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9-11 КЛАССОВ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет
Научный руководитель - к.т.н., доцент И.П. Яровенко

Создание генератора индивидуальных задач по физике имеет научную значимость, так как позволяет улучшить качество обучения физике. Генератор может помочь преподавателям создавать большое количество задач с разными параметрами и условиями, что позволит студентам более эффективно учиться физике и лучше понимать ее законы и формулы. Также генератор может быть использован для проведения научных исследований в области обучения физике, например, для изучения эффективности различных методов обучения и тренировки решения задач.

Ключевые слова: *генератор, автоматизация, конструктор заданий, онлайн-обучение*.

Одной из актуальных, решаемых компьютерным обучением, задач является задача автоматизации рутинных операций преподавателя, что позволяет снизить трудоёмкость преподавательского труда. Время, которое может пойти на повышение уровня знаний, не уйдет на проверку, оценку, учет знаний. С этим легко справится разработанная специальная программная система. [1]

Система включает базы заданий (вопросов), которые легко дополнять, корректировать. Генератор тестовых заданий легко сформирует тесты и билеты заданной преподавателем сложности, зафиксирует время, проверит результат, выставит соответствующую оценку. Учтена генерация заданий, реализуемых на компьютерах, для каждого обучаемого выдается задание, условие, по которому необходимо реализовать программу. Ведется учет результатов тестирования по группам.

Невозможно повысить культуру тестирования обучающихся без комплексной оценки материалов. Эта процедура реализуется следующими этапами:

1) экспертное оценивание спецификаций (выявление несоответствий, некорректностей);

2) оценивание теста, предтестирование функциональности, вербальности оценка нормативов по времени, длине, сложности тестирования;

3) тестологическая полноценная экспертиза результатов и качества тестов (выполнены ли цели, гипотезы, валидность, детерминация, взаимосогласованность заданий, эффективность формы тестирования и др.).

В обучении необходима релевантная оценка качества знаний, использующая:

• стимулирование самообучения;
• обратную связь;
• мотивацию на успех;
• обучение адаптивное, индивидуальное, в собственном темпе;
• самооценку обучаемого. [2].

Одной из актуальных, решаемых компьютерным обучением, задач является задача автоматизации рутинных операций преподавателя, что позволяет снизить трудоёмкость преподавательского труда. Время, которое может пойти на повышение уровня знаний, не уйдет на проверку, оценку, учет знаний. С этим легко справится разработанная специальная программная система. Система включает базы заданий (вопросов), которые легко дополнять, корректировать. Генератор тестовых заданий легко сформирует тесты и билеты заданной преподавателем сложности, зафиксирует время, проверит результат, выставит соответствующую оценку. Учтена генерация заданий, реализуемых на компьютерах, для каждого обучаемого выдается задание, условие, по которому необходимо реализовать программу на языке программирования. Ведется учет результатов тестирования по группам.

Вопрос об уникальности выполненных работ учащихся отличается своей актуальностью в течение последнего десятилетия. Ежедневно форумов и иных платформ, заполненных вопросами и некорректными ответами, становится все больше.

Подход к обучению в общеобразовательных учреждениях также стал прогрессивно меняться, что объясняется выявлением оптимальных путей организации образовательного процесса с целью повышения его эффективности [3].

Понятия «индивидуализация образовательного процесса» подразумевает способ организации обучения учащихся с учетом их индивидуальных особенностей, степени развития их способностей к овладению знаниями, слабых сторон личности, в совокупности с созданием условий для развития каждого обучающегося.

С помощью индивидуального подхода предполагается построение занятий на основе индивидуальных программ, которые способствуют повышению мотивации обучающегося.

Основными критериями индивидуализации образовательного процесса являются:

1. Свобода выбора элементов образовательного процесса;

2. Создание условий для обучения, соответствующих индивидуальным особенностям обучающихся;

3. Развитие индивидуальности, самостоятельности и творческого потенциала личности.

Следовательно, необходимо не только создавать условия для развития обучающихся, но и внедрять современные педагогические, психологические и информационно-компьютерные технологии, обеспечивать мониторинг развития обучающихся, развивать вариативное мышление, направленное на расширение самоопределения и на саморазвитие личности ученика.

Особое внимание стоит уделить последнему пункту: как один из вариантов, который можно было бы использовать – это создание индивидуального образовательного маршрута обучающегося с учетом индивидуальных особенностей ученика.

За этим следует возможность улучшения образовательных услуг, направленных на формирование общекультурных и профессиональных компетенций.

Список литературы

1. Малахов, А. А. Автоматизированный генератор учебных заданий для адаптивного обучения / А. А. Малахов // . – 2018. – № 15-2(51). – С. 27-30. – EDN YNPXUD.

2. Зорин, Ю. А. Система разработки генераторов тестовых заданий / Ю. А. Зорин // Научная сессия ТУСУР-2013 : Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15–17 мая 2013 года. Том Часть 2. – Томск: В-Спектр, 2013. – С. 327-329. – EDN MYSABZ.

3. Сафронова И. В. Индивидуализация образовательного процесса как условие повышения качества образовательных услуг // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2012. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/individualizatsiya-obrazovatelnogo-protsessa-kak-uslovie-povysheniya-kachestva-obrazovatelnyh-uslug (дата обращения: 13.01.2023).

Мелихова В. А., Кузьменко А. В., Музыченко А. И., Титов А. А.

СОЗДАНИЕ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСА ПО СОЗДАНИЮ КАРТОЧЕК ОБСЛЕДОВАНИЯ ПУНКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ РФ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ
Научный руководитель - Шестаков Николай Владимирович, к.т.н., доцент

Геодезические сети играют важную роль при строительстве зданий и сооружений. Благодаря им можно провести топосъемку разного масштаба, вынести оси здания на натуру, осуществить контроль проводимых работ и мониторить наличие деформаций. Сеть представляет собой систему точек с указанием их координат. Эти точки закреплены на территории специальными знаками.

Росреестром РФ ведутся работы по созданию базы данных о состоянии пунктов государственной геодезической сети РФ. Многие пункты расположены в труднодоступных местах, главным образом, на вершинах гор. В то же время, эти места являются популярными туристическими маршрутами (например, г. "Пидан", г. "Фалаза" и пр.) и посещаются многими людьми, которые вполне могли бы внести свою лепту в решение важнейшей задачи государственного масштаба и безвозмездно выполнить работу по обследованию пунктов, а затем загрузить необходимые данные для формирования специальной карточки обследования пункта через созданный сайт.

Цель - разработать сайт, на который пользователь мог бы загрузить фотографии, заполнить в определенных полях информацию о пункте и результатах его обследования, а по введенным данным автоматически бы сформировалась карточка обследования пункта установленной формы.

Задачи

Разработать структуру сайта

Изучить необходимый стек-технологий

Разработать сайт

Список литературы

1. Introduction / Welcome to Svelte • Svelte Tutorial. [Электронный ресурс]. URL: https://learn.svelte.dev/tutorial/welcome-to-svelte

2. Главная страница. Росреестр. [Электронный ресурс]. URL: https://rosreestr.gov.ru/

Скоробогатов Д. Е.

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ОТКРЫТОГО ДОСТУПА К ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ С/Х НАЗНАЧЕНИЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Департамент математики и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – к.ф.-м.н., С.М. Краснопеев, ТИГ ДВО РАН

Материалы ДЗЗ являются важнейшим источником актуальной пространственной информации, позволяющей решать широкий спектр задач, а также средством обеспечения режима ситуационной осведомленности. Одной из таких задач является государственный мониторинг земель, который, в свою очередь, является частью государственного экологического мониторинга. В 2018 г. ООО Инженерно-технологическим центром «СКАНЭКС» в рамках программы Государственного мониторинга земель были выполнены работы по мониторингу состояния и использования земель на территории ряда муниципалитетов Приморского края.

Результаты переданы в филиал публично-правовой компании (ППК) "Роскадастр" по Приморскому и остаются практически невостребованными ввиду отсутствия удобных и общедоступных инструментов доступа к этим материалам и инструментов анализа динамики состояния земель.

Целью проекта является организация открытого доступа к результатам мониторинга земель с/х назначения 2018 года на платформе, обеспечивавшей бы в дальнейшем возможность анализировать динамику состояния земель с/х назначения, динамику развития негативных процессов, фиксировать признаки нарушения земельного законодательства. Под открытым доступом подразумевается одновременный доступ большого числа пользователей и приложений к одной и той же БД; интегрирование разнородных данных на рабочем столе пользователя.

Результаты мониторинга земель с/х назначения 2018 года включают бесшовную мозаику космических изображений сверхвысокого пространственного разрешения (0,5 м) в естественных (голубой, зеленый, красный спектры) и ложных (зеленый, красный, ближний инфракрасный спектры) цветах; цифровые картографические материалы (в векторном формате) состояния земель с/х назначения; динамики развития негативных процессов; признаков нарушения земельного законодательства на территорию Кировского, Михайловского, Хасанского, Шкотовского муниципальных районов, Октябрьского и Пограничного муниципальных округов.

В настоящее время происходит кардинальный пересмотр принципов работы с географической информацией. А именно, происходит движение от парадигмы «островной автоматизации» к парадигме «общей информационной среды». Технологической основой открытых информационных систем являются геопространственные Веб-службы – самостоятельные модульные приложения, доступные через их интерфейсы, к которым пользователи могут обращаться по сети, используя стандартизированные протоколы, независимые от платформы, языка или объектной модели. Доступ к Веб-службам может быть обеспечен посредством геопорталов или специализированных настольных клиентов.

В рамках данного проекта в качестве платформы для публикации материалов будет использована Веб-служба, поддерживаемая Тихоокеанским институтом географии ДВО РАН и ООО «Центр геопространственной аналитики». В качестве серверного компонента данной платформы используется Geoserver – ПО с открытым программным кодом.

Планируемые этапы практической части работы:

изучение поддерживаемых ПО ***Geoserver*** структур хранения пространственных данных и требований, предъявляемых к их подготовке;

- обоснование структур и форматов хранения публикуемы типов пространственных данных;
- подготовка этих данных в соответствующих форматах;
- публикация материалов на геопортале «Сихотэ-Алинь» (http://188.170.233.213);

Список литературы

1. Пиньде Фу, Цзюлинь Сунь. Веб-ГИС: принципы и применение. – М.: Издательство Дата+, 2013.
2. Home - Open Geospatial Consortium. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ogc.org/
3. GeoServer. [Электронный ресурс]. URL: https://geoserver.org/
4. GIS-Lab: Веб-ГИС. [Электронный ресурс]. URL: https://gis-lab.info/qa/webgis.html
5. Веб-ГИС – Принципы и практика применения – ArcReview. [Электронный ресурс]. URL: https://arcreview.esri-cis.ru/2018/08/13/web-gis-book/
6. Книги – GISGeo. [Электронный ресурс]. URL: https://gisgeo.org/znaniya/knigi/
7. Геопорталы – GISGeo. [Электронный ресурс]. URL: https://gisgeo.org/geoportaly/
8. Django documentation | Django documentation | Django. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.djangoproject.com/en/4.2/

Распутная А. Д., Пак Т. В.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ 2-ГО ПОРЯДКА С ОСОБЫМИ ТОЧКАМИ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ
Научный руководитель - к.ф.- м.н., доцент Т. В. Пак

В данной работе описан процесс разработки программы, которая предназначена для решения задачи Штурма-Лиувилля для угловых кулоновских сфероидальных функций *c* и *p* - типа.

Проблема вычисления кулоновских сфероидальных функций актуальна в течение многих лет. Подтверждение этому легко найти в работах многих математиков и физиков.

Исходная задача выглядит следующим образом.

Дано обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка:

$$\frac{d}{d\eta}(1-\eta^2)\frac{d}{d\eta}S + \left[\lambda + \chi(1-\eta^2) + b\eta - \frac{m^2}{1-\eta^2}\right]S = 0, -1 < \eta < 1, \quad (1.1)$$

$$|S(\chi, b, \pm 1)| < \infty, \quad (1.2)$$

где S – угловые кулоновские сфероидальные функции решения задачи Штурма-Лиувилля на отыскание собственных значений и собственных функций.

Требуется найти собственные значения λ_{ml} задачи Штурма-Лиувилля (1.1) и соответствующие им собственные функции $S_{ml}(\chi, b, \eta)$, удовлетворяющие условию нормировки

$$\int_{-1}^{1} S_{ml}^2(\chi, b, \eta)d\eta = 1, \quad (1.3), \text{ где } l = m, m+1, \ldots;$$

Задача (1.1), (1.2) будет решаться по следующему алгоритму:

Перенос из особой точки условия ограниченности решения.

Отыскание собственных значений фазовым методом.

Отыскание нормированных собственных функций.

Для решения задачи была написана программа на языке программирования Matlab. Программа имеет пользовательский интерфейс. Она принимаем на вход значения параметров уравнения l, m, p/c, b и ε – погрешность вычисления собственных значений и собственных функций. Все параметры проверяются на соответствие условиям исходной задачи. Кроме того, пользователь может выбрать задачу какого типа необходимо решить для заданных значений.

Разработанная программа считает значение собственного значения и строит график найденной собственной функции.

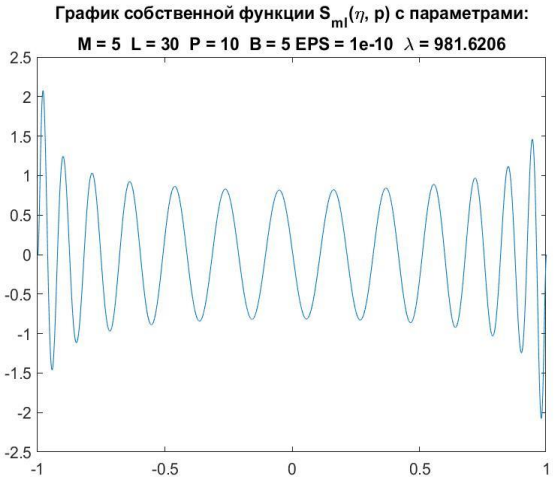


Рисунок 1 – График собственной функции при $m = 5, l = 30, p = 10, b = 5, \varepsilon = 10^{-10}$

Список литературы

1. Абрамов А.А., Дышко А.Л., Конюхова Н.Б., Пак Т.В., Парийский Б.С. Вычисление вытянутых сфероидальных функций решением соответствующих дифференциальных уравнений // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1984. – т. 24, № 1.

2. Комаров И.В., Пономарев Л.И., Славянов С.Ю. Сфероидальные и кулоновские сфероидальные функции. М.: Наука, 1976 г., 320 стр. с илл.,

3. Конюхова Н.Б., Пак Т.В. К переносу допустимых граничных условий из бесконечности для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с большим параметром // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1987. Т. 27. № 6. С. 847-866.

4. Н. Б. Конюхова, И. Б. Староверова Модификация фазового метода решения сингулярных самосопряженных задач Штурма–Лиувилля // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1997, том 37, номер 10, страницы 1183–1200.

Рыжая А. Д., Ефимова Д. А., Дмитриева А. Д., Кикоть М. Е.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ В МИКРОСОСУДАХ

Департамент информатики, математического и компьютерного моделирования
ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А. Е. Ковтанюк

Моделирование движения крови в микрососудах является важным для моделирования и предсказания ситуаций, связанных с гипоксией, следствием которой может являться гибель клеток мозга, снижение когнитивных функций и физиологической активности.

Работа направлена на изучение движения крови в микрососудах. Будем описывать кровь как двухфазную жидкость, состоящую из плазмы и эритроцитов, при этом эритроциты моделируются как жидкость с высокой вязкостью (в 100 раз превышающую вязкость плазмы). При диаметре микрососуда меньше 8 мкм поток крови можно представить как последовательность эритроцитов, движущихся друг за другом с потоком плазмы (см. рисунок 1).

С учетом осевой симметрии движение крови изучается в области Ω, в плоскости двух цилиндрических координат: радиальной x_1 и продольной x_2 (см. рисунок 2). Здесь r_c – радиус сосуда, r_e – радиус эритроцита, L – длина сосуда.

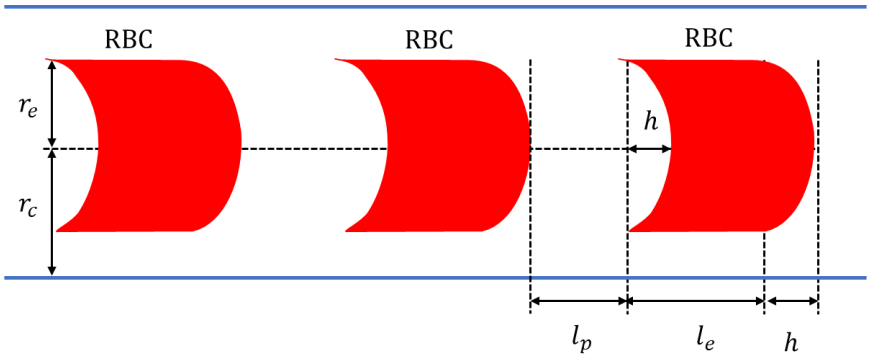


Рисунок 1 – Схематический рисунок эритроцитов, движущихся в капилляре

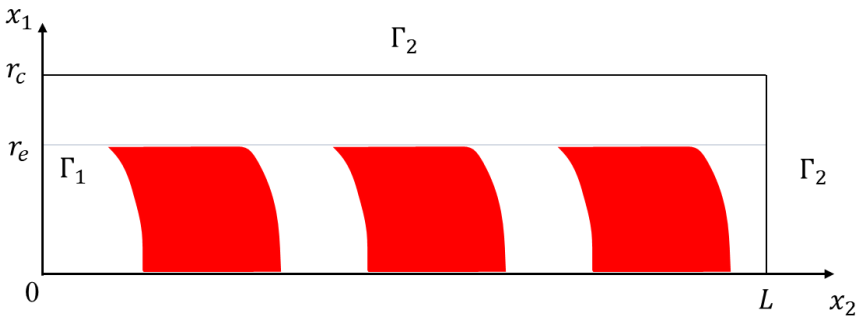


Рисунок 2 – Расчетная область Ω в цилиндрической системе координат при осевой симметрии

Движение крови в области Ω будем описывать системой уравнений Стокса. Для случая переменной вязкости она имеет вид:

$$-2\nabla \cdot \big(\mu D(u)\big) + \nabla p = 0, \qquad \nabla \cdot u = 0, \tag{1}$$

Здесь, D – тензор скоростей деформаций, μ – переменная вязкость, $u = (u_1, u_2)$ – вектор скоростей, p – давление.

Систему уравнений (1) дополним следующими граничными условиями:

$$u_1|_{\Gamma_0} = 0, \quad u_1|_{\Gamma_1} = u_1|_{\Gamma_2} = 0, \qquad p|_{\Gamma_1} = p_0, \quad p|_{\Gamma_2} = 0. \tag{2}$$

С учетом осевой симметрии тензор скоростей деформации и оператор дивергенции в цилиндрических координатах имеют вид:

$$D(u) = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} \dfrac{2\partial u_1}{\partial x_1} & 0 & \dfrac{\partial u_1}{\partial x_2} + \dfrac{\partial u_2}{\partial x_1} \\ 0 & \dfrac{2u_1}{x_1} & 0 \\ \dfrac{\partial u_1}{\partial x_2} + \dfrac{\partial u_2}{\partial x_1} & 0 & \dfrac{2\partial u_2}{\partial x_2} \end{pmatrix}, \qquad \nabla \cdot u = \frac{u_1}{x_1} + \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2}.$$

Решение задачи (1), (2) находилось методом конечных элементов. Для его программной реализации использовался пакет FreeFEM++ (https://freefem.org/). В серии вычислительных экспериментов изучалось влияние коэффициента деформации эритроцитов (параметр h, см. рисунок 1) на скорость потока Q. Зависимость скорости потока от коэффициента деформации при различных значениях линейной плотности эритроцитов представлена на рисунке 3. Из результатов вычислительных экспериментов видно, что деформация эритроцитов незначительно влияет на скорость потока. Это дает основание использовать цилиндрическую форму эритроцитов при описании модельной области.

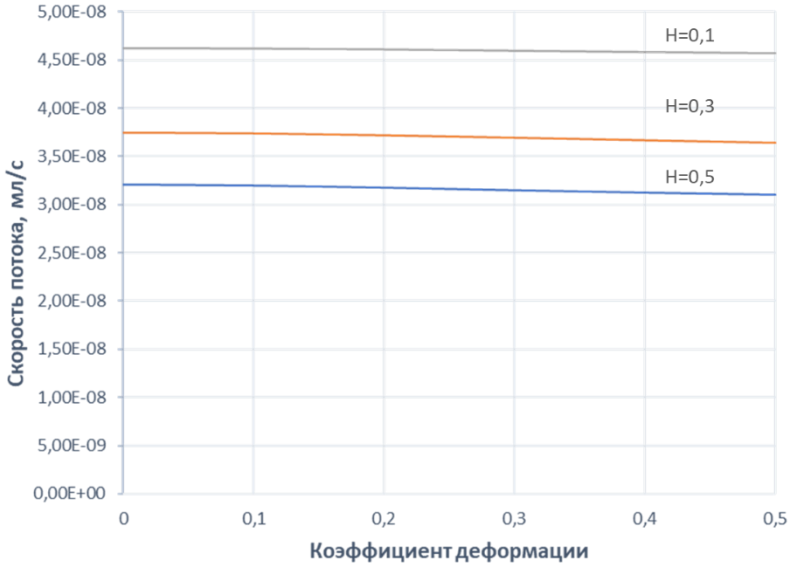


Рисунок 3 – Скорость потока.

Список литературы

1. Kovtanyuk A. Modeling of the cerebral blood circulation in a capillary network accounting for the influence of the endothelial surface layer / A. Kovtanyuk, V. Turova, I. Sidorenko, A. Chebotarev, R. Lampea // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 2022. – V. 224. – 107008.

Сказкин М. А.

ЗАДАЧА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ В НЕРАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор И.В. Прохоров

Стационарный процесс распространения рентгеновского излучения в нерассеивающей среде G, представляющей собой круг радиуса a, описывается уравнением переноса излучения [1,2]

$$\omega \cdot \nabla_r I(r,\omega) + \mu(r) I(r,\omega) = 0 \quad (1)$$

и краевым условием на границе области G

$$I(r - d(r,-\omega)\omega, \omega) = h(r - d(r,-\omega)\omega, \omega) \quad (2)$$

Функция $I(r,\omega)$ в уравнении (1) интерпретируется как плотность потока излучения в точке $r \in G = \{r \in R^2, |r| < a\}$ в направлении $\omega \in \Omega = \{\omega \in R^2, |\omega| = 1\}$, функция μ называется коэффициентом ослабления излучения, $d(r,\omega)$ – расстояние от точки r до границы области G в направлении вектора ω. Функция h описывает плотность потока излучения входящего в область G.

Прямая задача для уравнения (1) заключается в определении функции I в области G из уравнения (1) и граничного условия (2) при заданных функциях μ и h [1].

Обратная задача для уравнения (1), которая интерпретируется нами как задача компьютерной томографии, заключается в нахождении функции μ из (1), (2) и дополнительного условия [1]

$$I(r + d(r,\omega)\omega, \omega) = H(r + d(r,\omega)\omega, \omega) \quad (3)$$

при заданных функциях H и h. С физической точки зрения задача состоит в определении коэффициента ослабления по входящему в среду G и выходящему из среды потоку излучения [2]. Так как решение прямой задачи (1), (2) может быть выписано в явном виде, то из (1), (2), (3) вытекает следующее соотношение, связывающее функции μ, h, H [1]:

$$H(r + d(r,\omega)\omega, \omega) = h(r - d(r,-\omega)\omega, \omega) \exp\left(-\int_{-d(r,\omega)}^{d(r,\omega)} \mu(r + t\omega)dt\right) \quad (4)$$

Из выражения (4) получаем

$$\int_{-d(r,\omega)}^{d(r,\omega)} \mu(r + t\omega)dt = \ln\frac{h(r - d(r,-\omega)\omega, \omega)}{H(r + d(r,\omega)\omega, \omega)} \quad (5)$$

Левая часть равенства (5) представляет собой семейство всевозможных линейных интегралов вдоль прямых проходящих через область G и называется преобразованием Радона функции μ. В настоящее время разработано достаточно большое множество алгоритмов обращения преобразования Радона [2,3]. Одним из наиболее популярных является алгоритм свертки и обратной проекции. Данный алгоритм был программно реализован в виде консольного приложения на языке C++. При тестировании алгоритма созданы программа расчета преобразования Радона для широкого набора функций $\mu(r)$ и программа визуализации выходных данных, произведен ряд численных экспериментов при различных параметрах задачи. Численный анализ подтвердил высокую эффективность алгоритма свертки и обратной проекции для решения задачи томографии в нерассеивающей среде.

Список литературы

1. Аниконов, Д.С. Использование уравнения переноса в томографии / Д.С. Аниконов, Д.С., Ковтанюк, А.Е., Прохоров, И.В. – М.: Логос, 2000.

2. Терещенко, С.А. Методы вычислительной томографии / С.А. Наттерер. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.

3. Наттерер, Ф. Математические аспекты компьютерной томографии /Ф. Наттерер. – М.: Мир, 1990.

Сметанина Е. А.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПРИЛОЖЕНИЕМ К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Департамент информатики, математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

В работе представлена численная модель распространения оптического излучения для решения задачи рендеринга трехмерного пространства в реальном времени.

В компьютерной графике уравнение рендеринга — интегральное уравнение, которое определяет количество светового излучения в определённом направлении как сумму собственного и отражённого излучения[1]

Физической основой уравнения является закон сохранения энергии. Пусть L — это количество излучения по заданному направлению в заданной точке пространства. Тогда количество исходящего излучения — это сумма излучённого света и отражённого света. Отражённый свет может быть представлен как сумма приходящего излучения по всем направлениям умноженного на коэффициент отражения из данного угла [2].

Трассировка лучей – первый метод расчета глобального освещения, рассматривающий освещение, затенение (расчет тени), многократные отражения и преломления. Различают два подхода к трассировке лучей: метод прямой трассировки – обратная трассировка лучей и метод обратной трассировки – обратная трассировка лучей. Трассировка лучей не использует модели шейдинга. Расчет освещенности выполняется во всех точках пересечения лучей и объектов.

Суть метода: отслеживание траекторий лучей и расчета взаимодействий с лежащими на траекториях объектами, от момента испускания лучей источником света до момента попадания в камеру. Под взаимодействием луча с объектами понимаются процессы диффузного (в смысле модели локальной освещенности), многократного зеркального отражения от их поверхности и прохождение лучей сквозь прозрачные объекты.

В работе построен метод решения уравнения рендеринга для трехмерных геометрических фигур, таких как шар, куб, плоскость и сложные фигуры, Программа реализована на языке программирования C++ и библиотеки SFML.

Список литературы

1. Kajiya, James T. (1986), "«The rendering equation»", Siggraph 1986: 143, doi:10.1145/15922.15902,
2. Thomas Funkhouser, Path tracing и Ray tracing (Princeton University, C0S 526, Fall 2002).
3. Turner Whitted, An Improved Illumination Model for Shaded Display. Communication of ACM, Vol. 23, № 6, June 1980, pp. 343-349

Суходолов В. О.

СОЗДАНИЕ СИМУЛЯТОРА ДЛЯ РОБОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ IMTP IPC, ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕГО РАБОТУ АНПА, НА 3D-ДВИЖКЕ UNITY

Департамент математики и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Боровик А.И.

В настоящее время наиболее безопасным и эффективным способом исследования глубин Океана является использование технических средств, которые обеспечивают косвенное присутствие человека под водой. Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) – это специальные роботы, с помощью которых выполняются обзорно-поисковые и обследовательские работы на больших глубинах, работы подо льдом, в условиях сложного рельефа дна и т. д. Автономные подводные роботы используются при прокладке и обследовании подводных оптических линий связи, нефте- и газопроводов, составлении батиметрических и профилографических карт дна, в поисковых и охранных задачах.

Одним из важнейших факторов успешного подводного исследования является правильная симуляция движения нашего подводного аппарата. Сейчас любое подводное исследование не обойдётся без какой-либо работы, правильно визуализирующей поведение нашего робота в подводной среде.

Институт проблем морских технологий ДВО РАН (ИПМТ ДВО РАН) занимается разработкой и обслуживанием подводной робототехники уже более 35 лет, являясь старейшей организацией этого профиля в России. В настоящий момент системы управления АНПА ИПМТ ДВО РАН используют программную платформу IPC, являющуюся внутренней разработкой института. Платформа IPC позволяет разрабатывать компоненты системы управления (драйверы оборудования и алгоритмы поведения робота) на языке программирования C++.

В представленной работе решается вопрос визуализации движения нашего робота при работе под водой на программной платформе IMTP IPC, используя 3D-движок Unity. При её разработке, помимо 3D-движка Unity, мы будем использовать уравнение динамики движения нашего подводного робота, на основе которого и будет правильно визуализироваться наша работа.

Стеблына С. С.

СОЗДАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ANYLOGIC

Департамент информационных и компьютерных систем, ИМиКН, ДВФУ
Научный руководитель - старший преподаватель Г. Л. Березкина

Целью работы является построение симуляционной модели регулировочного цеха, повышение его производительности. В данной работе с помощью ПО были подобраны наилучшие параметры системы для того, чтобы увеличить кол-во обрабатываемых деталей за определенный промежуток времени.

Сейчас ANYLOGIC является актуальным ПО, которое позволяет виртуально просчитать работу некоторой модели. Моделью может быть описан любой процесс, если о нем известны исходные данные. Затем, выделяются регулируемые параметры модели, которыми можно манипулировать в ходе оптимизации модели и с помощью анализа чувствительности выявляется насколько сильно эти параметры влияют на работу. Заключительный этап – подбор значений этих параметров для наилучшей работы модели. Преимущество ANYLOGIC – графический интерфейс, а также графическое представление оптимизируемой модели.

В результате работы была оптимизирована работа регулировочного цеха (см. рисунок 1). За регулируемые параметры были взяты длины очередей перед регулировками. Исходные данные были представлены в виде гамма-распределений, т.к. гамма-распределение больше всего схоже с диапазоном значений начальных данных. На рисунках 2 и 3 показано отличие исходной модели и ее оптимизированного варианта.

При разработке использовалось ПО ANYLOGIC, некоторые его элементы программировались на языке Java.

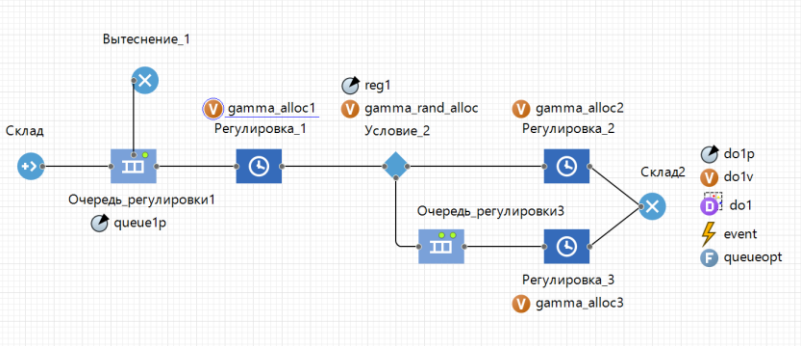


Рисунок 1 – Графическое изображение модели цеха.

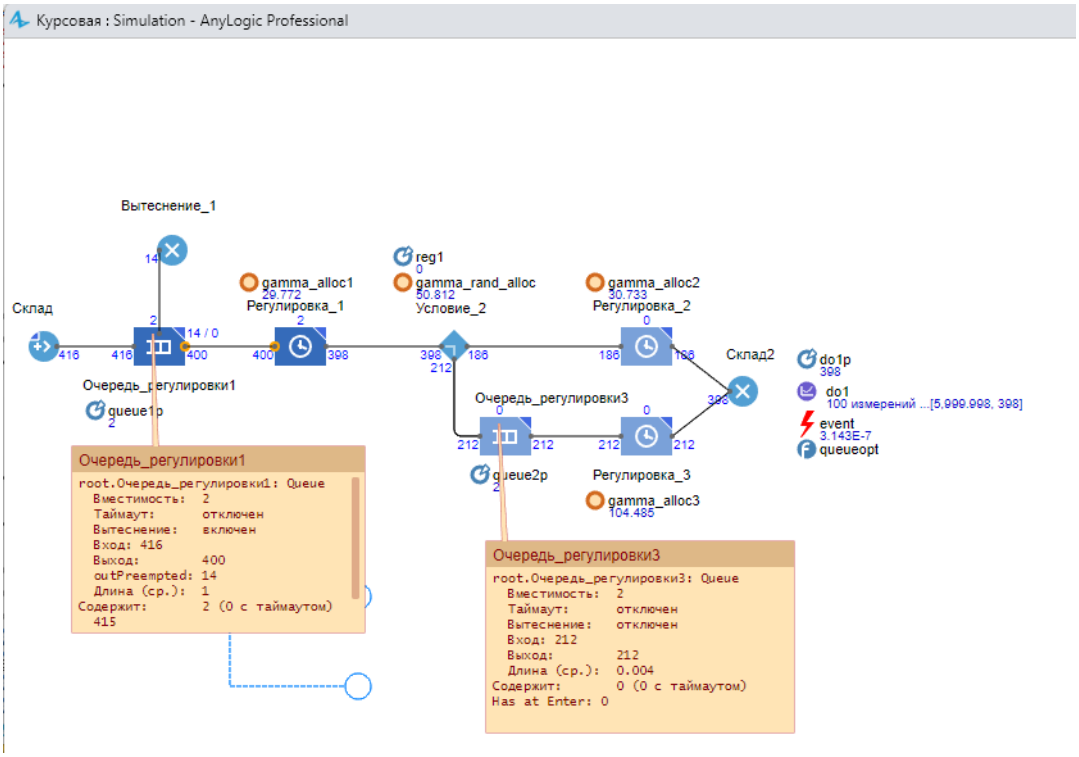


Рисунок 2 – Первичный запуск симуляции

Вошло в систему 416 деталей, а обработано – 212.

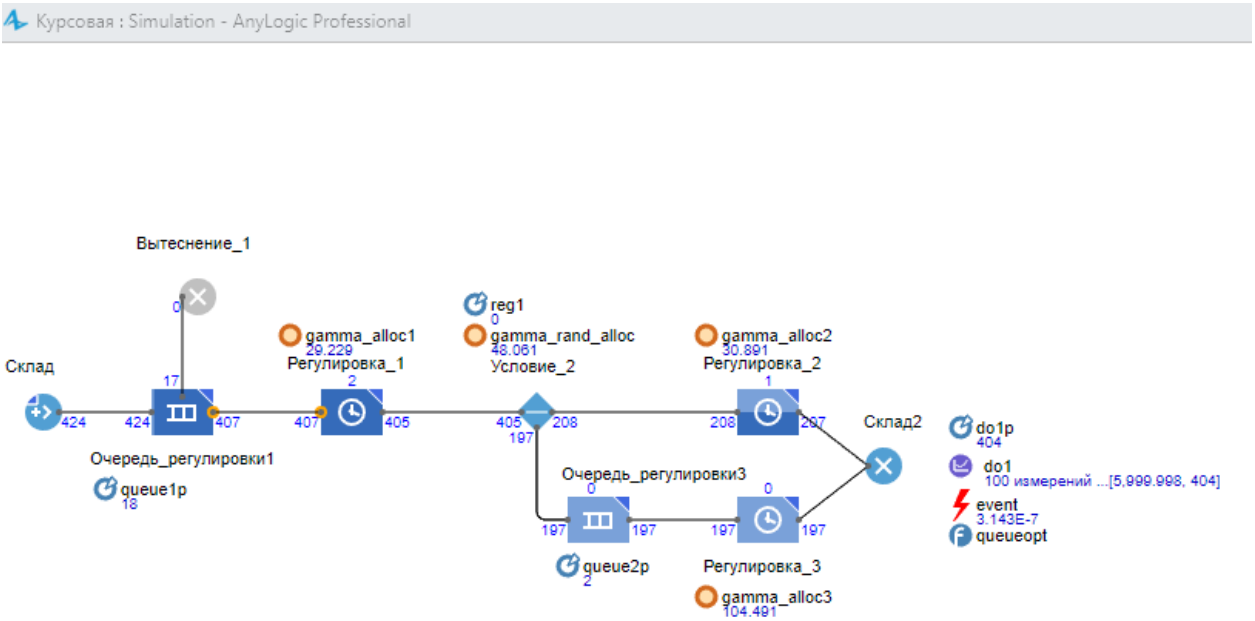


Рисунок 3 – Вторичный запуск симуляции.

Вошло в систему 424 детали, а обработано – 404.

Список литературы

1. © The AnyLogic Company. «Справка AnyLogic» / © The AnyLogic Company – » [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://anylogic.help/ru/anylogic

2. © The AnyLogic Company. Комплекс обучающих видео AnyLogic/ © The AnyLogic Company – » [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://www.youtube.com/@anylogic-simulation

Фам Тхань Хай.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИИ РАЗНОСТНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

РНОМЦ "Дальневосточный центр математических исследований", ДВФУ
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор Чеботарев А. Ю.

Для исследования модели эпидемии рассмотрим три группы людей. Первая группа (группа S) группа людей, на данный момент восприимчивых к болезни. Вторая группа (группа Н) состоит из уже больных людей, которые могут передать болезнь. Третью группу (группу I) составляют переболевшие люди, которые обладают иммунитетом. Введем некоторые обозначения:

k – текущий день;

S_k – число восприимчивых к болезни на k-ый день эпидемии;

H_k – число больных на k-ый день;

I_k – число людей, обладающих иммунитетом на k-ый день.

Для построения модели требуется вывести закономерность, на основе которой из данных текущего дня можно было бы вычислить данные следующего для. Рассуждения проведем так:

Между k–ым и $(k+1)$–ым днем определенный процент людей, задаваемый коэффициентом α, заразится и перейдет из группы S в группу Н.

На $(k+1)$ день в группе Н будет столько, сколько было день назад плюс заразившиеся сегодня и за вычетом выздоровевших. Мы предполагаем, что определенный процент людей с коэффициентом α выздоровеет от болезни и перейдет из группы Н в группу I.

На $(k+1)$ день группе I будет столько же людей плюс выздоровевшие, покинувшие группу Н.

В общем виде все вышеизложенное можно записать так:

$$\begin{cases} S_{k+1} = (1-\alpha)S_k, 0 < \alpha < 1, \\ H_{k+1} = (1-\beta)H_k + \alpha S_k, 0 < \beta < 1, \\ I_{k+1} = I_k + \beta H_k. \end{cases} \quad (1)$$

где S_0, H_0, I_0 даны первыми.

Применяя закон сохранения, имеем:

$$S_k + H_k + I_k = S_{k-1} + H_{k-1} + I_{k-1} = \cdots = S_0 + H_0 + I_0.$$

С помощью системы (1) можно вычислить данные для k–го дня сразу, исходя из исходных данных. Решаем уравнение системы (1):

1) Первое уравнение системы (1)

$S_{k+1} = (1-\alpha)S_k$ представляет собой геометрическую прогрессию. Следовательно, решением является последовательность:

$$S_k = S_0(1-\alpha)^k. \quad (*)$$

2) Второе уравнение системы (1)

Подставляя формулу $(*)$ в уравнение, имеем:

$$H_{k+1} = (1-\beta)H_k + \alpha S_k = (1-\beta)H_k + \alpha S_0(1-\alpha)^k. \quad (2)$$

Для нахождения общего решения уравнения (2) воспользуемся результатом о том, что оно является суммой частного решения и общего решения соответствующего однородного уравнения.

Характеристическое уравнение (2) имеет $\lambda = 1-\beta \Longrightarrow \widetilde{H_k} = C(1-\beta)^k$

Выбираем $H_k^* = d \cdot (1-\alpha)^k$, заменяем H_k^* в (2) получаем

$$d = \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}$$

$$\Longrightarrow H_k = C(1-\beta)^k + \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}(1-\alpha)^k$$

Для определения велечины C испльзуем начальное условие

$$H_0 = C + \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}$$

$$\Longrightarrow H_k = \left(H_0 - \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}\right)(1-\beta)^k + \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}(1-\alpha)^k. \quad (**)$$

3) Третье уравнение системы (1)

Подставляя формулу $(**)$ в уравнение, имеем:

$$I_{k+1} = I_k + \beta\left(\left(H_0 - \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}\right)(1-\beta)^k + \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}(1-\alpha)^k\right);$$

Для получения ответа решим 2 уравнения:

$$\begin{cases} I_{k+1}^{(1)} = I_k^{(1)} + \beta\left(H_0 - \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}\right)(1-\beta)^k \quad (3.1) \\ I_{k+1}^{(2)} = I_k^{(2)} + \beta\frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}(1-\alpha)^k \quad (3.2) \end{cases}$$

где $I_0^{(1)} = I_0$, а $I_0^{(2)} = 0$.

Уравнение (3.1) имеет общее решение: $I_k^{(1)} = C_1 + A_1(1-\beta)^k$

Подставляя $I_k^{(1)^*} = A_1(1-\beta)^k$ в (3.1), получаем $A_1 = \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha} - H_0$

С другой стороны $I_0^{(1)} = I_0 \Longrightarrow I_0 = C_1 + A_1 \Longrightarrow C_1 = I_0 + H_0 - \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}$

$$\Longrightarrow I_k^{(1)} = I_0 + \left(\frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha} - H_0\right)((1-\beta)^k - 1).$$

Уравнение (3.2) имеет общее решение: $I_k^{(1)} = C_2 + A_2(1-\alpha)^k$

Подставляя $I_k^{(1)^*} = A_2(1-\alpha)^k$ в (3.2), получаем $A_2 = \frac{\beta S_0}{\alpha - \beta}$

С другой стороны $I_0^{(2)} = 0 \Longrightarrow C_2 + A_2 = 0 \Longrightarrow C_2 = \frac{\beta S_0}{\beta - \alpha}$

$$\Longrightarrow I_k^{(2)} = \left(\frac{\beta S_0}{\alpha - \beta}\right)((1-\alpha)^k - 1).$$

Для решения третьего уравнения системы (1) сложим эти решения:

$$I_k = I_k^{(1)} + I_k^{(2)} = I_0 + \left(\frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha} - H_0\right)((1-\beta)^k - 1) + \left(\frac{\beta S_0}{\alpha - \beta}\right)((1-\alpha)^k - 1)$$

Таким образом, мы получили систему уравнений, с помощью которой можно найти значения I_k, H_k, S_k не через $I_{k-1}, \mathrm{H}_{k-1}, S_{k-1}$, а сразу исходя из I_0, H_0, S_0:

$$\begin{cases} S_k = S_0(1-\alpha)^k; \\ H_k = \left(H_0 - \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}\right)(1-\beta)^k + \frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha}(1-\alpha)^k; \\ I_k = I_0 + \left(\frac{\alpha S_0}{\beta - \alpha} - H_0\right)((1-\beta)^k - 1) + \left(\frac{\beta S_0}{\alpha - \beta}\right)((1-\alpha)^k - 1). \end{cases} \quad (4)$$

Пример: В Ханое эпидемия. По статистике на 1 января 2022 года количество инфицированных составляет 11087 человек, количество выздоровевших - 8869 человек. Прогнозируем эпидемическую ситуацию через 30 дней, зная, что население Ханоя составляет 8000000 человек, уровень заражения составляет 0,135, а коэффициент извлечения 0,0909.

Решение. У нас есть:

Количество людей, которые могут быть заражены $S_0 = 7980044$

Количество инфицированных $H_0 = 11087$

Количество выздоровевших от болезни $I_0 = 8869$

Уровень заражения $\alpha = 0{,}135$

Скорость восстановления $\beta = 0{,}0909$.

Согласно системе уравнений (4) имеем:

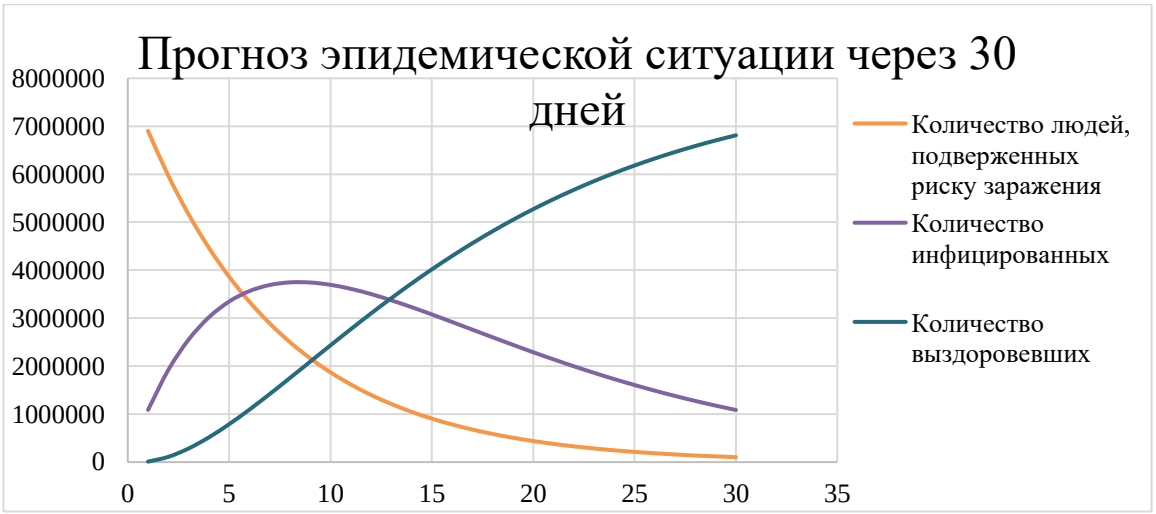
$$\begin{cases} S_k = 7980044 \cdot 0{,}865^k \\ H_k = \dfrac{1197549863}{49} 0{,}9091^k - \dfrac{1197006600}{49} 0{,}865^k \\ I_k = 8000000 - \dfrac{1197549863}{49} 0{,}9091^k + \dfrac{805984444}{49} 0{,}865^k \end{cases}$$

Подставляя $k = 30$, получаем:

$$\begin{cases} S_{30} \approx 102917 \\ H_{30} \approx 1085977 \\ I_{30} \approx 6811106 \end{cases}$$

Итак, через 30 дней в группе риска заражения будет 102917 человек, инфицировано 1085977 человек, выздоровело 6811106 человек.

Давайте посмотрим на график, чтобы увидеть эпидемическую ситуацию в следующие 30 дней:



Список литературы

1. А.Ю.Коврижных, О.О.Коврижных (2014). Дифференциальные и разностные уравнения, Издательство Уральского Университета.

2. В.А.Соболев, Е.А.Щепакина (2021). Дифференциальные и разностные уравнения, Издательство Самарского Университета.

Амосова Е. В., Сапожников А. Д.

ИЗОГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ДВУМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ
Политехнический институт (Школа) ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н. Амосова Е.В.

Во многих практических задачах требуется интерполировать дискретные данные с сохранением таких геометрических характеристик как положительность, монотонность, выпуклость. Классические

подходы интерполирования [1-3] или основанные на применении вариационных методов [4] не дают желаемых результатов. В книге [5] описан метод интерполирования гиперболическими сплайнами с параметрами натяжения. Задача нахождения сплайна, обладающего достаточной гладкостью и хорошо адаптирующегося под поведение исходных данных, называется задачей изогеометрической интерполяции. В [5] представлен большой обзор по проблеме интерполирования сплайнами. При решении задачи изогеометрической интерполяции конечно-разностным методом [5] приходится вычислять большое число одномерных интерполяционных гиперболических сплайнов с натяжением. Кроме того, исходные данные должны задаваться в узлах конечно-разностной сетки. Предлагаемый алгоритм определения двумерного интерполяционного сплайна с сохранением формы данных лишен этих двух существенных недостатков.

В данной работе предложен метод интерполирования поверхности, предполагая, что исходные данные определены в виде набора точечно заданных непересекающихся криволинейных сечений поверхности. Используя одномерную интерполяцию, основанную на решении дифференциальных многоточечных задач с параметрами натяжения, по заданным данным строятся гладкие кривые. Двумерный сплайн строится как решение дифференциальных краевых задач четвертого порядка, в областях с криволинейными границами, так что, полученный интерполяционный сплайн образует дважды непрерывно дифференцируемую функцию. Алгоритм нахождения решения дифференциальных краевых задач проводится методом конечных элементов с применением элементов Морли на области, поделенной на регионы с криволинейными границами. На границах регионов выполняются условия равенства производных искомых функций до второго порядка и выполняются условия интерполяции сплайна. Численно-аналитическое решение строится в программном комплексе FreeFem++[6].

На начальном этапе требуется найти интерполяционную функцию по двум заданным изолиниям на простой геометрии квадратной формы (рисунок 1).

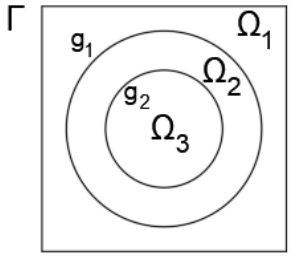


Рисунок 15 – Расчетная область задачи

Γ – внешние границы плоскости, g_1, g_2 – линии уровня поверхности (внутренние границы)

Ω_1 – Ω_3 – регионы области, разделенные границами g_1, g_2

Нахождение интерполяционной функции сводится к решению следующей дифференциальной задачи четвертого порядка:

$$\Delta^2\varphi_j - \frac{D^2}{S^2}\Delta\varphi_j = 0, \qquad (x,y) \in \Omega, \qquad \Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3\},$$
$$\Delta\varphi_j^+|_{g_i} = \Delta\varphi_j^-|_{g_i}, \qquad \Delta\varphi|_\Gamma = 0, \qquad \varphi_j|_{g_i} = C_i, \qquad \varphi_j|_\Gamma = f(x,y). \tag{1}$$

В задаче (1) D – коэффициенты натяжения, S – кусочно-постоянная функция, удовлетворяющая условиям:

$$S(x,y) = \begin{cases} C_0, & (x,y) \in \Omega_1 \\ C_1, & (x,y) \in \Omega_2 \\ C_2, & (x,y) \in \Omega_3 \end{cases}. \tag{2}$$

В качестве примера интерполировалась двумерная функция по двум заданным изолиниям. На рисунке 2 представлен результат численного решения задачи (1), (2) (левый график) и график интерполируемой функции (справа).

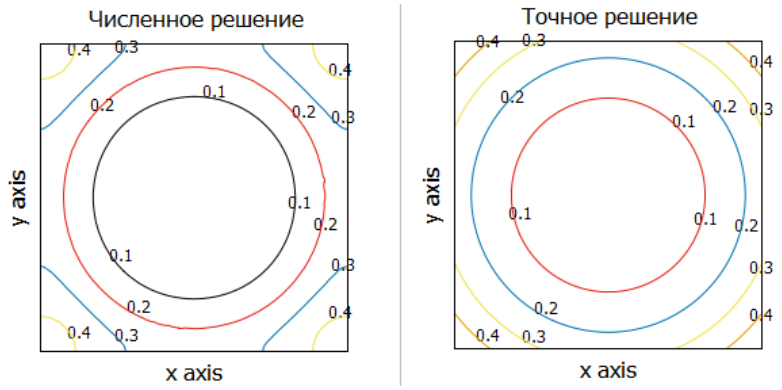


Рисунок 2 – Интерполяция функции $f = (x - 0.5)^2 + (y - 0.5)^2$ по заданным изолиниям

Рисунок 2, говорит о том, что предложенное решение достоверно для данного примера. В дальнейшем планируется опробовать полученную программу на более сложных примерах.

Список литературы

Алберг Дж. Теория сплайнов и ее приложения / Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж.. – М.:Мир, 1972.

Завьялов Ю.С. Сплайны в инженерной геометрии / Ю.С. Завьялов, В.А. Леус, В.А. Скороспелов – М.: Машиностроение, 1980 – 224 с.

Стечкин С. Б. Сплайны в вычислительной математике / С.Б. Стечкин, Ю.Н. Субботин. – М.: Наука, 1976 – 247с.

Василенко В.В. Экстремальные свойства сплайнов и задача сглаживания / В.В. Вершинин, Ю.С. Завьялов, Н.Н. Павлов – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988.

Квасов Б.И. Методы изогеометрической аппроксимации сплайнами / Б.И. Квасов – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. С 416.

Frederic Hecht FreeFEM Documentation, Release 4.8, 2022.

Раздел X МИКРОБИОЛОГИЯ

Огнистая А.В.[1], Дункай Т.И.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МИКРОВОДОРОСЛИ *ALEXANDRIUM AFFINE*, ИЗОЛИРОВАННЫЕ ИЗ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

[1]Департамент ядерных технологий Института наукоёмких технологий и передовых материалов ДВФУ
[2] Кафедра биоразнообразия морских биоресурсов
Института Мирового океана ДВФУ
Научный руководитель - д.х.н., профессор И.Г. Тананаев

Микроорганизмы являются неотъемлемыми компонентами морских экосистем, которые могут давать разный ответ на загрязнение тяжелыми металлами (ТМ). Некоторые представители способны проявлять высокую устойчивость к металлам, снижая их концентрацию путем внеклеточного взаимодействия с помощью полимерных веществ, а также аккумуляцией в ряде клеточных органелл [1].

Поскольку антропогенное влияние на морскую среду продолжает расти, необходимо понимать, как микробиота реагирует на факторы стресса – тяжелые металлы.

Прибрежные воды Японского моря подвергаются постоянному антропогенному стрессу, который вызывает деятельность, связанную с судоходством и эксплуатацией водного транспорта [2]. На протяжении многих лет проводят мониторинговые работы по изучению химического состава загрязняющих веществах в акваториях Японского моря. Одной из важных задач является выявление механизмов реакций консорциумов микроорганизмов на токсиканты. Важно исследовать тенденции изменений микробиоценозов для выявления адаптивных реакций организмов. На сегодняшний день сведений о реакции микробиоты на ТМ в прибрежных районах Японского моря по-прежнему недостаточно [3, 4].

Цель работы – оценить влияние ТМ (свинца, кадмия, никеля, цинка и железа) в лабораторных условиях на свойства экзометаболитов микроводоросли *Alexandrium affine* в отношении бактерий, выделенных из разных акваторий Японского моря.

Для изучения метал-аккумулирующих способностей морских бактерий применяли метод Бузолевой (2011) с небольшими модификациями. Посев чистых культур бактерий × 10^9кл/мл проводили на среду СММ секторным методом с добавлением, в качестве селективных добавок, солей металлов. Учет вели по выявлению роста в секторной зоне. Если наблюдался рост, то культура устойчива к металлу, если рост не обнаружен, то культура чувствительна к токсиканту. Чем грязнее район, тем более резистентны штаммы бактерий к ТМ [5].

Динамику роста бактерий с экзометаболитами и без них исследовали с 1 по 5 сутки при температуре 37ºС. Оценку роста проводили измерением оптической плотности с помощью микропланшетного ридера SPARK 10M (TECAN) при длине волны 540 нм. Определение жизнеспособности бактерий осуществляли посредством высева бактерий на чашки Петри со средой СММ [5, 6]. За контроль принимали бактерии, выросшие без добавления метаболитов.

Оценено влияние свинца, кадмия, никеля, цинка и железа в концентрациях, соотвествующих ПДК и 2ПДК на свойства экзометаболитов микроводоросли *A. affine* в отношении бактерий,

выделенных из разных районов зал. Петра Великого Японского моря. Полученные результаты показали метал-устойчивость 8 бактерий из 18 тестируемых. Обнаружено разное действие экзометаболитов *Alexandrium affine,* культивируемой на тяжелых металлах (ТМ), в отношении бактерий резистентным к данным веществам. Выявлена стимуляция роста условно-патогенных бактерий *Vibrio* sp., *Escherichia* sp., *Escherichia coli, Staphylococcus lentus* экзометаболитами. В нескольких случаях зафиксировано снижение численности бактерий *Pseudomonas* sp., при добавлении метаболитов микроводоросли, выращенных с кадмием, свинцом и никелем при 10 и 20 мкг/л, для *Bacillus* sp*, Enterococcus* sp., *Staphylococcus pasteuri* при 20 мкг/л свинца, 10 мкг/л и 20 мкг/л кадмия, а также при 50 и 100 мкг/л железа. В итоге наибольшее действие на влияние экзометаболитов в отношении бактерий оказали кадмий, свинец и железо.

Список литературы

1. Фокина, А.И. Ащихмина, Т.Я. Домрачева, Л.И. Горностаева Е.А. Тяжёлые металлы как фактор изменения метаболизма у микроорганизмов (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2015. №2. С. 5-18.

2. Христофорова Н.К. Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография / ответственный редактор: Н. К. Христофорова. Дальневосточный федеральный университет. Владивосток. 2012. 440 с.

3. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2021. Москва, «Наука». 2022. 230 с.

4. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2019. — Под ред. Коршенко А.Н., Москва. «Наука». 2020. 232 с.

5. Бузолева, Л.С. Микробиологическая оценка качества природных вод, летняя учебно-полевая практика: учеб. пособ. Владивосток: изд-во, 2011. 88 с.

6. O'Toole, G.A., Kolter, R. Initiation of biofilm formation in *Pseudomonas fluorescens* WCS365 proceeds via multiple, convergent signalling pathways: a genetic analysis // Molecular Microbiology. 1998. Vol.28. №3. P. 449-461.

Аммосова Д.А.[1], Богатыренко Е.А. [1], Ким А.В.[1]

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

Нефть является самым распространенным источником топлива в мире и потому относится к наиболее опасным загрязнителям биосферы, в связи с чем возникает необходимость в поиске эффективных способов очистки воды от нефти. Одним из наиболее перспективных способов ликвидации загрязнения морей является биоремедиация, представляющая собой совокупность методов очистки окружающей среды за счет биохимической активности микроорганизмов [1, 6].

Нефть является сложной смесью парафиновых, циклопарафиновых, ароматических углеводородов с простыми и разветвленными цепями [3]. Первыми стабильными продуктами окисления углеводородов являются первичные спирты, которые в дальнейшем превращаются в альдегиды, а затем в жирные кислоты [7]. В трансформации жирных кислот, продуктов распада нефти,

играют липазы. Липазы – ферменты, присутствующие во всех типах живых организмах, в водной среде катализируют гидролиз триацилглицеридов до диглицеридов, моноглицеридов, свободных жирных кислот и глицерина [8].

Для биоремедиации целесообразно использовать выделенные из естественных экосистем штаммы бактерий, потенциально способные полностью разлагать углеводороды нефти до углекислого газа и воды без необходимости внесения в место загрязнения сразу нескольких микроорганизмов [2].

Целью данной работы стало исследование липолитической активности 57 штаммов углеводородокисляющих бактерий из коллекции Лаборатории морской микробиологии Института мирового океана ДВФУ. Микроорганизмы были выделены из поверхностных вод и донных отложений прибрежных акваторий города Владивосток, залива Петра Великого, северной и западной частей Японского моря.

Для качественной оценки липолитической активности культуры выращивали на агаризованой минеральной среде Ворошиловой-Дианової [4] с добавлением в качестве единственного источника углерода 1% оливкового масла. Липолитическую активность учитывали по наличию роста на чашках со средой.

Для количественной оценки липолитической активности культуры бактерий в концентрации 10^5 КОЕ/мл добавляли в пенициллиновые флаконы с 10 мл жидкой среды Ворошиловой-Дианової и 1% оливкового масла и инкубировали при комнатной температуре в течение 10 суток. Активность липаз определяли по модифицированному методу Ота-Ямада [5]. Метод основан на определении путем титрования щелочью жирных кислот, образовавшихся из оливкового масла под действием липаз.

По результатам качественной оценки липолитической активности установлено, что все 57 штаммов способны расти на среде с добавлением оливкового масла в качестве единственного источника углерода, при этом 25 (44%) из них показали наиболее активный рост. Количественный анализ позволил определить, что ферментативная активность исследуемых микроорганизмов варьирует в пределах 62 – 170 ед.

Список литературы:

1. Аникина С.А. Биоремедиация сточных вод нефтехимической промышленности / С.А. Аникина, М.Г. Чеснокова, Ю.А. Краус // Наука и молодежь в XXI веке. – 2015. – С. 85-87.

2. Богатыренко Е.А. Таксономическое разнообразие культивируемых углеводородокисляющих бактерий в японском море / Е.А. Богатыренко, А.В. Ким, Т.И. Дункай, А.Л. Пономарева, А.И. Еськова, М.Л. Сидоренко, А.К. Окулов // Биология моря. – 2021. – Т. 47. – № 3. – С. 209-216.

3. Воробьев Д. С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос / Д. С. Воробьев // Известия Томского политехнического университета. – 2006. –Т. 309. – № 3. – С. 42-45.

4. Ворошилова А.А., Дианова Е.В. Окисляющие нефть бактерии- показатели интенсивности биологического окисления нефти в природных условиях / А.А. Ворошилова, Е.В. Дианова // Микробиология. – 1952. – Т. XXI. – № 4. – С. 408-4.

5. Гаскарова Е.Ф. УФ-индуцированный дрожжевой продуцент липазы с широкой субстратной специфичностью - селекция, свойства и получение ферментного препарата / Е.Ф. Гаскарова, Л.А. Иванова, Л.А. Чурмасова, Н.Г. Машенцева, Д.Л. Клабукова // Сельскохозяйственная биология. – 2019. Т. – 54. – № 6. – С.1290-1305.

6. Садчиков А.В., Черных М.С. Нефтедеструкция и биоремедиация / А.В. Садчиков, М.С. Черных // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – №5. – 309-315.

7. Тимергазина И.Ф., Переходова Л.С. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами / И. Ф. Тимергазина, Л. С. Переходова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. –Т. 7. – № 1. – С. 1-28.

8. Marchut-Mikolajczyk O. et al. Biodegradation of slop oil by endophytic *Bacillus cereus* EN18 coupled with lipase from Rhizomucor miehei / O. Marchut-Mikolajczyk, P. Drozdzynski, K. Struszczyk-Swita // Chemosphere. – 2020. – Vol. 250. – p. 1-7.

Бережная С.Р.[1], Сидоренко М.Л. [1]

МЕХАНИЗМЫ СОЛЮБИЛИЗАЦИИ ФОСФОРА

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор М.Л. Сидоренко

Фосфор является одним из основных макроэлементов, он входит в состав многих важных соединений, таких как ДНК, РНК, АТФ, фосфолипиды и некоторые коферменты. Недостаточное содержание в почве легко усвояемых фосфатов относится к ограничивающим факторам роста и развития растений, так как при его недостатке тормозятся многие биохимические процессы [1]. В разных почвах валовое содержание фосфора колеблется в пределах 0,05—0,25%, или 1—5 т/га. Однако только 1/10 этого фосфора доступна для растений. Известно большое количество почвенных микроорганизмов, обладающих способностью солюбилизировать нерастворимый почвенный фосфат с выделением растворимого фосфора, делая его доступным для растений [2]. Современное земледелие активно применяет фосфатсолюбилизирующие микроорганизмы для обогащения почв доступными для растений формами фосфора. При этом механизмы солюбилизации фосфора микроорганизмами изучены недостаточно.

Цель данной работы - на основе литературных данных изучить механизмы, используемые микроорганизмами для солюбилизации не растворимых форм фосфора в почве. На данный момент механизм солюбилизации неорганического фосфата объясняется рядом теорий.

Некоторые микроорганизмы осуществляют солюбизацию фосфатов за счёт секреции различных ферментов, таких как фосфатазы, фитазы С–Р–лиазы, которые способны расщеплять соединения фосфора [4]. Высвобождение фосфора фосфотазами происходит благодаря их способности дефосфорилировать фосфоэфирные или фосфоангидридные связи органических веществ. Так кислых почвах преобладают кислотные фосфатазы, в щелочных и нейтральных почвах, как правило, распространены щелочные фосфатазы [6]. Фитазы в свою очередь собилизируют фосфор в результате разложения фитатов [7]. С – Р – лиазы расщепляют С – Р – связь комплексов органофосфоновых кислот [8]. В настоящее время данные механизмы остаются малоизученными.

Также микроорганизмы могут мобилизировать нерастворимые соединения фосфора за счёт синтеза органических и кетокислот при неполном окислении углеводов или их брожения. Солюбилизация с помощью органических кислот происходит либо из-за снижения pH среды либо из-за усиления хелатирования катионов, связанных с фосфором [5]. Хелатирование происходит за счёт конкуренции катионов с фосфором за адсорбцию в почве, из-за чего образуются растворимые комплексы с ионами металлов (Ca, Al, Fe), которые связаны с нерастворимым фосфором, в результате чего происходит его высвобождение [9]. Солюбилизация фосфатов снижением pH среды осуществляется путем прямого окисления, которое происходит на внешней поверхности

цитоплазматической мембраны [5]. Также органические кислоты могут напрямую высвобождать фосфор в результате анионного обмена фосфата на анион кислоты [9].

Альтернативным механизму синтеза органических кислот для дестабилизации минеральных фосфатов является потребление NH4+ микроорганизмами, которое сопровождается высвобождением протонов H+, что приводит к солюбилизации фосфора без образования органических кислот. Для некоторых микроорганизмов высвобождение протонов H+ из NH4+, вероятно, является единственным механизмов солюбилизации фосфора [3].

На активность солюбилизации фосфатов оказывает сильное влияние источник углерода, так как он необходим для роста и размножения микроорганизмов, а также участвует в синтезе органических кислот. По результатам исследований глюкоза лучше всего снижала pH среды в краткосрочных экспериментах, в более длительных экспериментах – сахароза, другие же источники углерода способствовали росту микроорганизмов, но не оказывали достаточного влияния на мобилизацию фосфора [10].

Таким образом, установлено, что почвенные микроорганизмы имеют различные механизмы солюбилизации фосфора. Некоторые микроорганизмы осуществляют мобилизацию фосфатов за счёт секреции эктрацеллюлярных ферментов, другие за счёт образования органических кислот и высвобождения протонов H+.

Список литературы

1. Громов, Б.В. Строение бактерий : учеб. пособие / Б.В. Громов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 288 с.

2. Самовалова, И. А. Химический состав почв и почвообразующих пород: учебное пособие / И. А. Самофалова. – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – с. 58 – 63.

3. Krishnaraj P. U. Mineral phosphate solubilization: Concepts and prospects in sustainable agriculture / P. U. Krishnaraj, S. Dahale // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 80 (2). – PP. 389-405.

4. Lugtenberg, B. Plant-growth-promoting Rhizobacteria / B. Lugtenberg, F. Kamilova // Annual Review of Microbiology. – 2009. – Vol. 63 (1). – PP. 541 – 546.

5. Maliha, R. Organic acids productionand phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms under in vitro conditions / R. Maliha, K. Samina, A. Najma, A. Sadia, L. Farooq // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2004. – Vol. 7. – PP. 187–196.

6. Nannipieri, P. Role of phosphatase enzymes in soil / P. Nannipieri, L. Giagnoni, L. Landi, G. Renella // Phosphorus in action: Biological processes in soil phosphorus cycling. – 2011. – Vol.26. – PP. 251–244.

7. Richardson, A. E. Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus / A. Richardson // Plant Physiology. – 2011. – Vol. 156 (3). – PP. 989 – 996.

8. Rodriguez, H. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria / H. Rodriguez, R. Fraga, T. Gonzalez // Plant soil. – 2006. – Vol. – 287. – PP. 15 – 21.

9. Omar, S. A . The role of rock phosphate solubilizing fungi and vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate / S. A. Omar // World J Microbiol Biotechnol. – 1987. – Vol. 14. – PP. 211–219.

10. Park, K. H. Mechanism of insoluble phosphate solubilization by Pseudomonas fluorescens RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities / K. Park, C. Y. Lee // Letters in Applied Microbiology. – 2009. – Vol. 49 (2). – PP. 222 – 228.

Дункай Т.И.[1,2]

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАБАРКОДИНГА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МИДИИ ГРЕЯ (CRENOMYTILUS GRAYANUS)

[1] Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[2] Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН
[1] Научный руководитель - к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

На сегодняшний день аквакультура занимает лидирующие экономические позиции и становится приоритетным способом обеспечения людей. Основную долю продукции аквакультуры составляют моллюски, прежде всего двустворчатые (17,7 млн т в год) [1].

Микрофлора хорошо изучена у видов мидий, традиционных объектов аквакультуры – *Mytilus galloprovincialis, Mytilus coruscus, Mytilus trossulus* и *Mytilus edulis* как культуральными методами, так и с применением высокопроизводительного секвенирования [2,3,4,5]. Микробиота пищеварительной системы мидии Грея *Crenomytilus grayanus* изучена слабо [6], несмотря на то, что это один из наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков в прибрежной зоне северной части Японского моря и традиционный объект промысла [7].

Целью работы стало изучение бактериального разнообразия пищеварительной системы мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*) из прибрежных акваторий Японского моря с помощью метабаркодинга.

В качестве районов исследований были выбраны 4 прибрежные акватории северной части Японского моря: бухта Аякс, пролив Старка, залив Восток и бухта Матросская. С глубины 6 – 10 м было отобрано по 10 образцов взрослых особей мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*) из каждой исследуемой акватории. В стерильных лабораторных условиях животные были очищены от внешних загрязнений, вскрыты, образцы желудочно-кишечного тракта были извлечены, гомогенизированы и заморожены для дальнейших исследований. Из гомогената тканей выделяли суммарную ДНК для дальнейшего секвенирования региона V3-V4 гена 16S рРНК на платформе Illumina.

В результате проведенного метагеномного анализа образцов из пищеварительной системы мидии Грея было получено 271453 нуклеотидных последовательностей и 58 OTE. В желудочно-кишечном тракте исследуемых животных было обнаружено 7 филумов. Только представители филума Proteobacteria встретились в моллюсках из всех районов, на их долю пришлось 5,9% в проливе Старка, 64,5% – заливе Восток, 75,9% – бухте Матросская и 67,9% – бухте Аякс. Уникальным для микробиома мидий из бухты Аякс стал филум Verrucomicrobiota и составил 5,8%.

Настоящее исследование показало, что кишечный микробиом мидий Грея характеризуется уникальным таксономическим составом в зависимости от района обитания животных. Индивидуальные особенности состава бактериальных сообществ были выявлены уже на уровне филумов. Полученные результаты, вероятно, указывают на существенное влияние окружающей среды на формирование симбионтной микрофлоры двустворчатого моллюска.

Пул бактерий, характерный для кишечной микробиоты мидии Грея из всех исследуемых районов, был выявлен на уровне семейств и состоял из представителей Comamonadaceae и Sphingomonadaceae.

Список литературы

1. Положихина М. А. Перспективы морского рыболовства и аквакультуры в контексте синей экономики // Экономические и социальные проблемы России. – 2022. – №. 2 (50). – С. 33-56.

2. Cavallo R.A., Acquaviva M. I., Stabili L. Culturable heterotrophic bacteria in seawater and *Mytilus galloprovincialis* from a Mediterranean area (Northern Ionian Sea–Italy) / R.A. Cavallo, M. I. Acquaviva, L. Stabili // Environmental monitoring and assessment. – 2009. – V. 149. – №. 1-4. – P. 465-475.

3. Motiei A. *Mytilus edulis* associated bacteria. Diversity and interactions based on bioactive molecules: Diss. Christian-Albrechts-Universität Kiel. 2014.

4. Zhang X. Microalgal feeding preference of Mytilus coruscus and its effects on fatty acid composition and microbes of the digestive gland / X. L. Zhang, S. Y. Li, J. Y. He, Y. H. Wu, Z. Q. Gu, M. H.Fan, X. J. Yan // Aquaculture Reports. – 2022. – Т. 23. – С. 101024.

5. Beleneva I. A. Comparative study of microbial communities from cultured and natural populations of the mussel *Mytilus trossulus* in Peter the Great Bay / I. A. Beleneva, N. V. Zhukova, E. F. Maslennikova // Microbiology. – 2003. – V. 72. – P. 472-477.

6. Bogatyrenko E. A. Influence of Vladivostok coastal waters pollution on a microflora of mussel *Crenomytilus grayanus* / E.A. Bogatyrenko, T.I. Dunkai, L.S. Buzoleva, A.V. Kim // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – V. 107. – P. e012052.

7. Седова Л. Г., Соколенко Д. А. Состояние поселений, ресурсы и промысел мидии Грея *Crenomytilus grayanus* в прибрежье Приморского края (Японское море) // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2019. – Т. 198. – С. 33-45.

Клементьева И.А.[1], Сидоренко М.Л.[1]

ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ БАКТЕРИЙ НА МИКРОФЛОРУ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор М.Л.Сидоренко

В настоящее время для обеспечения населения продуктами питания и развития экономики стран интенсивно возделываются зерновые культуры, показатель урожайности которых во многом зависит от состояния фитосанитарной обстановки агроценозов [1]. Вследствие этого важно сохранение урожая, в чем ведущая роль принадлежит системе мероприятий по борьбе с вредоносными организмами с помощью применения бактерицидов на основе живых микроорганизмов или продуктов их жизнедеятельности [2]. Наибольший интерес представляют бактерии, обладающие не только ростостимулирующими свойствами, но и способные подавить фитопатогенную микрофлору растений [3].

Целью работы являлась оценка ингибирующего потенциала агрономически значимых бактерий на микрофлору семян зерновых культур, что было изучено на примере штаммов *Acinetobacter johnsonii* А1, *Pantoea agglomerans* Ф19, *Pseudoarthrobacter equi* S2, используемых в препаратах для повышения урожайности злаковых культур.

Стандартными микробиологическими методами с использованием сред накопления создана коллекция изолятов микрофлоры семян зерновых культур (ИМЗК) таких, как овес, пшеница и ячмень, состоящая из 54 бактерий. Исследование ингибирующего потенциала проведено диско-диффузным

методом, позволившим обнаружить зону подавления роста микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры семян.

В результате исследований установлено ингибирующее влияние агрономически значимых бактерий в отношении ИМЗК в зависимости от вида злаковой культуры. Так, наименьшим ингибирующим потенциалом обладает *A. johnsonii* шт. А1 в отношении ИМЗК пшеницы. ИМЗК овса наиболее активно подавлялись *P. equi* шт. S2. По степени активности действия тест-штаммов на микрофлору зерновых культур наиболее сильное действие оказывают *P. equi* шт. S2 (90%) и *P. agglomerans* шт. Ф19 (80–90%), меньшую активность имеет *A. johnsonii* шт. А1 (70–90%).

Большинство ИМЗК (67%) являются слабочувствительными по отношению к действию бактерий *A. johnsonii* шт. А1 и *P. agglomerans* шт. Ф19. Среди изолятов коллекции нет бактерий устойчивых к действию *P. equi* шт. S2, его ингибирующая активность в отношении ИМЗК составляет 100%, в то время как *A. johnsonii* шт. А1 и *P. agglomerans* шт. Ф19 не подавляют рост 17% микрофлоры.

Таким образом, рассмотренные штаммы проявляют ингибирующий потенциал в отношении микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры семян зерновых культур, при этом *P. equi* шт. S2 обладает наибольшим угнетающим эффектом в отношении всех взятых изолятов. Результаты проведенных исследований позволяют с уверенностью говорить о перспективной возможности создания биопрепаратов, содержащих бактерии *P. equi* шт. S2, *P. agglomerans* шт. Ф19 и *A. johnsonii* шт. А1 для предпосевной обработки семян зерновых культур.

Список литературы

1. Желдакова, Р.А. Фитопатогенные микроорганизмы: учебно-методический комплекс для студентов биологического факультета специализации «Биология» / Р.А. Желдакова, В.Е. Мямин // Мн.: БГУ. – 2005. – С. 96-116.

2. Ганиев, М.М. Химические средства защиты растений / М.М. Ганиев, В.Д. Недорезков // М.: Колос. – 2006. – С. 240-248.

3. Девликамов, М.Р. Влияние бактериальных препаратов и микроэлементов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Пенза. – 2007. – С. 101-122.

Лысенко М. Е.[1]

ФЕРМЕНТЫ БАКТЕРИЙ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ДЕГРАДАЦИИ ПЛАСТИКА

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор Е. А. Богатыренко

В настоящее время продолжается изучение микроорганизмов, способных разлагать пластиковые материалы и способы деградации полимеров. Было обнаружено, что непосредственно в разрушении связей пластиковых субстратов участвуют ферменты бактерий. Важным этапом в изучении способов разложения пластика является обнаружение гомологичных участков фермент, что в дальнейшем помогает в поиске бактерий, участвующих в деградации пластика.

Цель работы – на основе литературных данных изучить известные ферменты бактерий, способных к деградации пластика.

При анализе литературы было выявлено, что большинство ферментов, выделенных из бактерий, относятся к классу гидролаз: кутиназы и эстеразы, а также встречается танназа. Данные ферменты обнаружены у представителей следующих видов бактерий: P. oleovorans (эстераза Ppest), Ideonella

sakaiensis (кутиназа ПЭТаза, танназа МГЭТаза), Thermobifida fusca (кутиназы TfCut1, TfCut2, Tfu_0882, Tfu_0883), T. cellulosilytica (кутиназы Thc_Cut1, Thc_Cut2) и T. alba (кутиназы Est119, Est1) [5].

Действие кутиназ проверялось на ПБАТ (полибутиленадипаттерефталат) ферментом TfCut2. Механизм разложения заключается в разрушении сложноэфирной связи, прилегающей к остатку фенила, что приводит к выделению терефталевой кислоты и 1,4-бутандиола [6]. Разложение ПЭТ (поли(этилентерефталат)) с помощью ПЭТазы похож на деградацию ПБАТа ферментом TfCut2 [4]. Все ферменты Thermobifida способны разрушать внутренние связи 3ПЭТ (бис(бензоилоксиэтил)терефталат – модельный субстрат ПЭТ) [1]. Так, например, кутиназа Est1 гидролизует сложноэфирную связь между этиленгликолем и терефталевой кислотой в 3ПЭТ [3]. Из вышеупомянутого можно сделать вывод об общих принципах разложения пластика у разных типов кутиназ.

МГЭТ (моно(2-гидроксиэтил)терефталат), являющийся продуктом работы ПЭТазы, в дальнейшем разлагается под действием МГЭТазы I. sakaiensis, которая является танназой. Разрушение также происходит в две стадии, в результате которых образуются этиленгликоль и терефталевая кислота [4].

Фермент Thc_Cut1 проверялся на способность деградировать ПБФ (поли(1,4-бутилен-2,5-фурандикарбоксилат)) и ПБТФ (поли(1,4-бутилен-2,5-тиофендикарбоксилат)). Было выяснено, что для каждого из полимеров был характерен свой способ разложения: ПБТФ в основном гидролизуется по эндо-механизму, а ПБФ, преимущественно расщепляется по экзо-механизму[2].

Интересной особенностью кутиназ (TfCut2 [6], PETase [4], MHETase [4], Est1 [3]) является то, сто они имеют каталическую триаду Ser-His-Asp, которая помогает в связывании фермента с субстратом.

Эстераза Ppest у P. oleovorans проявила гидролитическую активность к ПЭТ-ПЭО (поли(оксиэтилентерефталату)) с выделением продуктов МГЭТ и небольшое количество мономера, терефталевую кислоту (ТК), исходя из исходного субстрата и полученных продуктов, можно предположить, что способ деградации схож с кутиназами (разрушение сложноэфирной связи) [6]. Эстераза была способна гидролизовать полимерные цепи ПБАТ, адсорбируясь на материале [6].

Механизм разложения пластика липазами PueA, PueB пока не изучен.

Ферменты играют большую роль в разложении пластика. Подробное изучение их структуры и кодирующей последовательности помогает в поиске новых ферментов в уже изученных или новых бактериях.

Список литературы

1. Acero, E. H. Enzymatic Surface Hydrolysis of PET: Effect of Structural Diversity on Kinetic Properties of Cutinases from Thermobifida / E. H. Acero, D. Ribitsch, G. Steinkellner, K. Gruber, K. Greimel, I. Eiteljoerg, E. Trotscha, R. Wei, W. Zimmermann, M. Zinn, A. Cavaco-Paulo, G. Freddi, H. Schwab, G. Guebit // Macromolecules. - 2011. – V. 44. – P. 4632–4640.

2. Gigli. M, Enzymatic hydrolysis of poly(1,4-butylene 2,5-thiophenedicarboxylate) (PBTF) and poly(1,4-butylene 2,5-furandicarboxylate) (PBF) films: A comparison of mechanisms / M. Gigli, F. Quartinello, M. Soccio, A. Pellis, N. Lotti, G. M. Guebitz, S. Licoccia, A. Munari // Environment International. – Vol. 130. – P. 104852.

3. Hu. X, Comparison of genetic structures and biochemical properties of tandem cutinase-type polyesterases from Thermobifida alba AHK119 / X. Hu, U. Thumarat, T. Kawabata, M.Nakajima, H. Nakajima, A. Sugiyama, K. Yazaki, T. Tada, T. Waku, N. Tanaka, F. Kawai // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2015. - Vol. 120. – P. 491-497.

4. Magalhães. R. P, Perspectives on the Role of Enzymatic Biocatalysis for the Degradation of Plastic PET / R. P. Magalhães, J. M. Cunha, S. F. Sousa // Int J Mol Sci. – 2021. – Vol. 22. - P. 11257.

5. Schoch CL, et al. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov (дата обращения: 28.03.2023)

6. Wallace. P. W, PpEst is a novel PBAT degrading polyesterase identified by proteomic screening of Pseudomonas pseudoalcaligenes / P. W. Wallace, K. Haernvall, D. Ribitsch, S. Zitzenbacher, M. Schittmayer, G. Steinkellner, K. Gruber, G. M. Guebitz, R. Birner-Gruenberger // Appl Microbiol Biotechnol. – 2017. Vol. – P. 2291–2303

Мартыненко Е. С.[1], Сидоренко М. Л.[1], Взорова Д. О.[2,3]

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗО- И МАРГАНЕЦОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ И ОРТШТЕЙНАХ УСЛОВНО НЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

[1] Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[2] Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

[3] Лаборатория почвоведения и экологии почв ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор Сидоренко М. Л.

Одним из механизмов самоочищения почв является формирование почвенных новообразований – Fe–Mn ортштейнов, обладающих высокой сорбционной способностью, позволяющей контролировать накопление, подвижность и биодоступность различных металлов – загрязнителей почв [3, 5]. Такие металлы широко распространены и имеют тенденцию к накоплению в почвенном покрове, поэтому изучение резервов почвенного самоочищения является одной из актуальных проблем сохранения экологически приемлемой среды. В литературе имеются сведения, подтверждающие присутствие в Fe – Mn ортштейнах, микроорганизмов [1, 4, 6]. Конкретная роль таких микроорганизмов в формировании ортштейнов только сейчас становится объектом исследований мирового научного сообщества.

Цель данной работы: учет численности и динамика распределения культивируемых железо- и марганецокисляющих микроорганизмов почв и ортштейнов условно не загрязненных территорий.

В работе использовали образцы ортштейнов из каждого горизонта почвенного разреза и образцы почвенного мелкозема. Микроорганизмы выделяли методом Коха из каждого почвенного горизонта и ортштейнов с использованием специальных питательных сред.

В почвенном мелкоземе преобладают марганецокисляющие микроорганизмы (MnOM) над железоокисляющими (FeOM) не зависимо от горизонта. MnOM культивированы из почвенных образцов верхних горизонтов: PU (4–11 см) и PU-ELnn (11–35 см) (1700×10^3 и 400×10^3 КОЕ/г почвы, соответственно). С продвижением вглубь почвенного профиля, с глубины 35 см, MnOM не обнаружены. Наибольшее количество FeOM (4×10^3 КОЕ/г почвы) выделено из горизонта ELnn (35-55 см). FeOM так же выделены в образцах горизонтов PU (4–11 см), PU-ELnn (11–35 см) и (2×10^3 КОЕ/г почвы,1×10^3 КОЕ/г почв, соответственно).

В ортштейнах всех размерностей FeOM не обнаружено.

Из ортштейнов 1–2 мм, сформированных в верхней и средней части профиля культивированы только MnOM, при этом их количество с глубиной снижалось. Наибольшая численность MnOM

($38{,}4\times10^3$ КОЕ/г ортштейнов) отмечена в ортштейнах верхнего горизонта PU (4–11 см), наименьшая ($11{,}3\times10^3$ КОЕ/г ортштейнов) в горизонте BTnn (55–111 см).

В ортштейнах более крупного размера (2–3мм) MnOM выделены из ортштейнов всех горизонтов, за исключением BTnn (55-111 см), наибольшее их количество ($11{,}20\times10^3$ КОЕ/г ортштейнов) культивировано из верхнего горизонта (4–11 см), наименьшее в горизонте BT (111-153 см) ($1{,}3\times10^3$ КОЕ/г ортштейнов).

Из ортштейнов 3–5мм всех вмещающих горизонтов выделены MnOM, кроме BTnn (55–111 см). Наибольшее количество ($26{,}4\times10^3$ КОЕ/г ортштейнов) MnOM удалось культивировать из ортштейнов, находящихся в горизонте BT (111–153 см), наименьшее - в горизонте PU–ELnn (11–35 см).

Полученная в ходе исследований коллекция чистых культур железо- и марганецокисляющих бактерий представлена преимущественно грамположительной микробиотой семейства Bacillaceae, а именно родами*: Bacillus, Lysinibacillus, Priestia*. Согласно литературным источникам, данные представители являются типичными для почв и ортштейнов [2, 7]

Таким образом, установлено, что MnOM и FeOM в большем количестве обнаруживаются в почвах не загрязненных территорий. MnOM количественно преобладают над FeOM. В почвенном мелкоземе количество MnOM и FeOM снижается с глубиной залегания горизонтов. В ортштейнах FeOM отсутствуют. Закономерности распределения MnOM в ортштейнах по горизонтам не установлено.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 23-24-00255, https://rscf.ru/project/23-24-00255/).

Список литературы

1. Кадулин, М. С. Наноформы бактерий в некоторых почвенных конкрециях / М. С. Кадулин, И. А. Конова, Л. В. Лысак, В. С. Соина, Е. В. Лапыгина, Д. Г. Звягинцев // Вестн. Моск. ун-та. Сер.17. Почвоведение. – 2012. – № 1. – С. 43–49.

2. Buscot, F. Microorganisms in soils: roles in genesis and functions / F. Buscot, A. Varma // Soil Biology. – 2005. – Vol. 3. – P. 3–16.

3. Contin, M. Enhanced soil toxic metal fixation in iron (hydro)oxides by redox cycles. / M. Contin, C. Mondini, L. Leita, M. De Nobili // Geoderma. 2007. Vol.140. P. 164–175

4. Hu, M. Pyrosequencing revealed highly microbial phylogenetic diversity in ferromanganese nodules from farmland / M. Hu, F. Li, J. Lei // Environ. Sci.: Processes Impacts. – 2015. – Vol. 17. – P. 213-224.

5. McKenzie, R. M. The adsorption of lead and other heavy metals on oxides of manganese and iron / R. M. McKenzie // Environ Sci Technol. 1980. Vol.18. P. 61–73.

6. Pirjo, Yli-Hemminki Iron–Manganese Concretions Sustaining Microbial Life in the Baltic Sea: The Structure of the Bacterial Community and Enrichments in Metal-Oxidizing Conditions / Yli-Hemminki Pirjo, S. K., Jorgensen, J. Lehtoranta // Geomicrobiology Journal. – 2014.– Vol. 31. – P. 263-275.

7. Priest, F. G. Population structure and evolution of the Bacillus cereus group / F. G. Priest, M. Barker, L. W. Baillie, E. C. Holmes, M. C. Maiden // Bacteriol. – 2004. – Vol. 186. – P. 7959–7970.

Медведева А.Д.[1]

СИНТЕЗ ЛИПАЗ И МОЛЕКУЛ БИОСУРФАКТАНТОВ КАК ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БИОДЕГРАДАЦИЮ НЕФТИ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к. б. н., старший преподаватель А.В. Ким

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными и опасными загрязнителями морских поверхностных вод. Разливы нефти вызывают гибель организмов, снижение видового разнообразия и изменение свойств экосистем [1]. Среди различных подходов, позволяющих уменьшить концентрацию нефти, микробная биоремедиация является наиболее устойчивым и экономически эффективным методом экологического восстановления. В основе метода используется биологическое разложение различных органических соединений, опосредованное углеводородокисляющими микроорганизмами: бактериями, микроскопическими грибами и дрожжами [2].

Биологическая деградация углеводородов происходит с помощью адаптивных и конститутивных ферментов. К первым относятся такие ферменты, как монооксигеназы деструкции алканов или диоксигеназы деструкции ароматичских соединений. К конститутивным ферментам микроорганизмов, влияющих на разложение углеводородов нефти, относятся внутриклеточные липазы. Липолитические ферментные системы схожи с системой ферментов деструкции углеводородов и их активность используют в качестве индикатора процессов биодеградации нефти [3]. Бактериальные липазы катализируют гидролиз эфиров, триглицеридов и других липидных соединений на моно- или диглицериды, жирные кислоты и другие продукты. Благодаря деятельности этих ферментов, происходит увеличение доступности углеводородов для их окисления микроорганизмами, а также расщепляются промежуточные продукты деструкции таких углеводородов нефти, как неразветвленные алканы [4].

Для биодеструкции существует ряд лимитирующих факторов, ограничивающих скорость трансформации углеводородов нефти: температурных режим, pH среды, доступность молекулярного азота и фосфора [5]. Основной причиной, которая затрудняет микробиологическое разложение нефтепродуктов, является гидрофобность молекул углеводородов, приводящая как к их сорбции на различных поверхностях и переходу в биологически труднодоступную форму, так и к невозможности эффективного контакта с микробными клетками, имеющими, как правило, гидрофильную внешнюю оболочку [6]. Устранить это препятствие способны биосурфактанты − разнообразные поверхностно-активные вещества, синтезируемые микроорганизмами [7]. Многие авторы отмечают, что биосурфактанты участвуют в процессах солюбилизации, диспергации и десорбции нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и тяжелых металлов [8]. Приблизительно 60–90% нефтяных соединений биоразлагаемы, но процесс биоразложения может быть очень медленным. По этой причине биосурфактанты используются для повышения биодоступности загрязняющих веществ, что является важным фактором для очистки от нефти [9].

Синтез липолитических ферментов и молекул биосурфактанта сопряжен с процессами биодеградации углеводородов и играет в них не менее важную роль. В связи с этим данные вопросы требуют совместного изучения и анализа.

Список литературы

1. Осипова, В.П. Пути попадания нефти в акватории каспийского моря. Токсичность и механизмы самоочищения / В.П. Осипова, Н.Т. Берберова, Ю.Т. Пименов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 2. – С. 15–21.

2. Díaz, E. Aerobic degradation of aromatic compounds / E. Díaz, J.I. Jiménez, J. Nogales // Curr. Opin. Biotechnol. – 2013. – Vol. 24. – P.431-442.

3. Рябцева, Н.Д. Изучение каталитических процессов микробного окисления нефтяных углеводородов / Н.Д. Рябцева, В.С. Никитина, М.И. Абдуллин, Р.Ф. Багаутдинов, А.А. Кадиров // Вестник Башкирского университета. – 2016. – Т.21, С. 308-313.

4. Javed, S. Bacterial lipases: A review on purification and characterization / S. Javed, F. Azeem, S. Hussain, I. Rasul, M.H. Siddique, M. Riaz, M. Afzak, A. Kouser, H. Nadeem // Progress in Biophysics and Molecular Biology. – 2018. – Vol. 132. – P. 23-34.

5. Тимергазина, И.Ф. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородоокисляющими микроорганизмами. / И.Ф. Тимергазина, Л.С. Переходова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т. 7, №1. – С.7.

6. Ibrar, M. Biosurfactants and chemotaxis interplay in microbial consortium-based hydrocarbons degradation / M. Ibrar, S. Khan, F. Hasan, X. Yang // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – Vol.21. – P.1-20.

7. Banat, I. M. Microbial biosurfactants production, applications and future potential / I.M. Banat, A. Franzetti, I. Gandolfi, G. Bestetti, M.G. Martinotti, L. Fracchia, T.J. Smyth, R. Marchant // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol.87. – P.427-444.

8. Li, X. Surfactants selectively reallocated the bacterial distribution in soil bioelectrochemical remediation of petroleum hydrocarbons / X. Li., Q. Zhao, X. Wang, Y. Li, Q. Zhou // Journal of hazardous materials. – 2018. – Vol.344. – P. 23-32.

9. Eras-Muñoz, E. Microbial biosurfactants: a review of recent environmental applications / E. Eras-Muñoz, A. Farré, A. Sánchez, X. Font, T. Gea // Bioengineered. – 2022. – Vol.13, №5. – P.12365-91.

Мозес А.И.[1], Захарков С.П. [2]

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРИЙ И ФИТОПЛАНКТОНА АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[2]Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН
[2]Научный руководитель – к.б.н., в.н.с. С.П. Захарков
[1]Научный руководитель – к.б.н. А.В. Ким

Авачинская губа (Авачинская бухта) – является одной из самых больших практически незамерзающих гаваней мира. Она расположена на восточном побережье полуострова Камчатка и представляет собой полузамкнутый залив со впадающей в него одной из самых больших рек полуострова – Авача [3]. Данный водоем имеет большое рыбохозяйственное значение, так как через бухту проходят анадромные и покатные миграции тихоокеанских лососей. Также в Авачинской бухте располагается большое количество участков, где ведется промысел лососей и других видов рыб (корюшка, камбала, палтус) и беспозвоночных (моллюски, крабы, морские ежи) [4]. Помимо этого, данный водоем сильно подвержен антропогенному загрязнению, так как в него поступает большое

количество бытовых и промышленных стоков, что может повлиять на глобальное снижение первичной продукции в регионе и снизить скорость продуцирования на других трофических уровнях, включая нектон, где разница с незагрязненным океаном может доходить до 20 миллионов тонн сырья в год, включая массу вышеуказанных промысловых рыб [2]. В связи с этим очень важно следить за степенью загрязнения Авачинской губы и планктонными организмами, которые могут вызывать «красный прилив». Подобное экологическое ЧП произошло в 2020 году в Авачинском заливе в районе Халактырского пляжа, находящегося очень близко к Авачинской губе, где вероятной причиной массовой гибели донных морских гидробионтов являются заморные явления, которые вызваны снижением концентрации кислорода, растворенного в воде, после массового размножения и дальнейшего отмирания микроводорослей [1].

Несмотря на важное значение исследований в Авачинской губе, все они проводились эпизодически до 2013 года, когда специалисты КамчатНИРО провели комплексный мониторинг данного региона для оценки состояния губы, после которого требуется продолжать ежегодный мониторинг для определения общей экологической ситуации в акватории [3]. В связи с этим исследования первичной и бактериальной продукции бактериопланктона были взяты за основу данной работы.

Целью работы являлось произвести мониторинг бактериальной и первичной продукции, в водах Авачинского залива. Образцы для работы получены с 92 рейса НИС «Академик Лаврентьев» в заливе Тихого океана у юго-восточного берега полуострова Камчатка, в дополуденный период.

Полученные данные позволили установить неравномерность распределения бактериальной и первичной продукции в водах Авачинского залива, за счет влияния абиотических факторов.

Список литературы

1. Захарков, С.П. Первичная продукция Авачинской бухты летом 2017 года / С.П. Захарков, Е.В. Лепская, О.Б. Тепин, Е.А. Штрайхерт, Т.Н. Гордейчук // Вестник ДВО. – 2020. – №1. – С.83-89.

2. Захарков, С.П. Продукционные характеристики бактерий и фитопланктона в весенне-летний период в Охотском и Беринговом морях / С.П. Захарков, А.С. Владимиров, Е.А. Штрайхерт // Микробиология. – 2017. – № 3. – С. 364-372.

3. Лепская, Е.В. Исторический обзор исследований и основные результатов комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в 2013 г. / Е.В. Лепская, О.Б. Тепнин, В. В. Коломейцев, Е.А. Устименко // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – Т.34. – С. 5– 21.

4. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана / С.А. Патин // Москва: Пищевая промышленность. – 1979. – С. 304.

Некешева Э.Б.[1], Мартынова А. В. [1]

ИЗУЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БАКТЕРИЙ РОДА *ENTEROCOCCUS* К РАЗНЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[1]Научный руководтель – д.м.н., профессор А.В. Мартынова

Представители рода *Enterococcus* – это условно-патогенные микроорганизмы, распространенные повсеместно и входящие в состав большинства биоценозов. Энтерококки являются представителями нормальной микрофлоры многих видов животных и человека, а также встречаются

на растениях, в пищевых продуктах, почве и воде, что позволяет их рассматривать в качестве потенциальных санитарно-показательных микроорганизмов [3]. Они обладают природной устойчивостью ко многим антибиотиками и тяжелым металлам [5, 6].

Тяжёлые металлы естественным образом присутствуют в окружающей среде или попадают в результате антропогенного загрязнения, их распределение в окружающей среде неоднородно, обычно увеличивается в определенных районах. На сегодняшний день самой актуальной проблемой загрязнения окружающей среды стало накопление тяжелых металлов (ТМ). Тяжелые металлы – загрязнители окружающей среды. Причиной тому служит биологическая активность многих из них. В зависимости от концентрации ТМ действуют на живой организм по-разному.

Они делятся на 2 группы:

- биогенные – необходимые для жизнеобеспечения живого организма;
- ксенобиотики – приводящие к отравлению или гибели организма.

Тяжелые металлы по токсичности занимают второе место после пестицидов и составляют большую долю загрязнителей окружающей среды. Даже в самых малых концентрациях они ядовиты. Детерминанты устойчивости к токсичным металлам широко распространены у грамположительных бактерий, и содержатся в хромосомах или на мобильных генетических элементах, таких как транспозоны и плазмиды, или интегративные и конъюгативные элементы. Эти детерминанты могут распространяться посредством горизонтального переноса генов и, таким образом, могут быть широко распространены и высококонсервативны [4]. Поэтому необходимо изучать чувствительность бактерий рода Enterococcus к тяжелым металлам и их влияния на рост и морфологию.

Цель работы – изучение особенностей распространения и видового состава штаммов рода *Enterococcus* в водных объектах различных районов г. Владивостока с антропогенной и низкой антропогенной нагрузкой и определение минимальной ингибирующей концентрации бактерий рода *Enterococcus* к солям тяжелых металлов. Для исследования влияния тяжелых металлов на рост и морфологию бактерий было исследовано 70 штаммов рода *Enterococcus* выделенных из бухты Золотой Рог и реки Вторая Речка, так как они находятся в черте города и подвержены сильному антропогенному воздействию. Изучение устойчивости к металлам проводилось на среде АГВ с добавлением в качестве селективной добавки соли металлов ($CuSO_4$, $MgSO_4$, $CdCl_2$, $BaCl_2$, $ZnSO_4$). Учет результатов проводили по наличию или отсутствию роста на чашках с металлами [1]. Исследование чувствительности бактерий рода *Enterococcus*, выделенных в б. Золотой Рог и р. Вторая Речка показало, что все выделенные штаммы были резистентными к тяжелым металлам ($CuSO_4$, $ZnSO_4$). Они росли при концентрациях, которые превышали предельно допустимые нормы (ПДК).

1. При определении минимальной ингибирующей концентрации $CuSO_4$ было выявлено, что при 1200 мг/л погибает 76% испытуемых штаммов, следовательно, при последующем увеличении концентрации до 3000 мг/л наблюдается 100% гибель.
2. При определении МИК $MgSO_4$ было выявлено, что при 1800 мг/л погибает 40% испытуемых культур.
3. При определении МИК $CdCl_2$ было выявлено, что при 800 мг/л погибает 100% испытуемых культур.
4. При определении МИК было выявлено, что устойчивость штаммов рода Enterococcus к солям $BaCl_2$ развивается при концентрациях 800,900,1000,1500мг/л рост штаммов составляет 100%, при увеличении концентрации до 1800 мг/л наблюдается гибель 13% испытуемых культур.
5. При определении МИК $ZnSo_4$ было выявлено, что при 2000 мг/л погибает 69% испытуемых штаммов.

Список литературы

1. Бузолева, Л. С. Микробиологическая оценка качества природных вод / Л. С. Бузолева. – Владивосток, 2011. – 85 с.

2. Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2019 / Под ред. А. Н. Коршенко. – Москва, «Наука», 2020. – 281 с.

3. Красная, Ю. В. Значение бактерий рода Enterococcus в жизнедеятельности человека / Ю.В. Красная, А. С. Нестеров, Н. И. Потатуркина-Нестерова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №3. – С. 1169-1178.

4. Parsons, C. Dissemination and conservation of cadmium and arsenic resistance determinants in Listeria and other Gram-positive bacteria / C. Parsons, S. Lee, S. Kathariou // Molecular Microbiology. – 2020. – Vol. 113. P. 560–569.

5. Pasquaroli, S. Erythromycin- and copper-resistant Enterococcus hirae from marine sediment and co-transfer of erm(B) and tcrB to human Enterococcus faecalis / S. Pasquaroli, A. Di Cesare, C. Vignaroli, G. Conti, B. Citterio, F. Biavasco // Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. – 2014. – Vol. 80, № 1. – P. 26-28.

6. Ramamurthy, T. Current Perspectives on Viable but Non-Culturable (VBNC) Pathogenic Bacteria / T. Ramamurthy, A. Ghosh, G. P. Pazhani, S. Shinoda // Frontiers in Public Health. – 2014. – Vol. 2. – P. 1-9.

Писарева Е.О.[1], Дункай Т.И. [1], Богатыренко Е.А.[1]

МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ БУХТЫ АЯКС (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

Бухта Аякс расположена в северо-восточной части острова Русский, в южной части пролива Босфор Восточный, между мысами Новосильского и Балка [4]. Бухта является одним из самых привлекательных мест для отдыха, а также на ее берегу построен кампус Дальневосточного Федерального Университета [1].

В бухте Аякс наблюдается значительное антропогенное и техногенное загрязнение (углеводородами, ДДТ и металлами, концентрации фенолов очень велики, а также пластиком), в результате рекреационной деятельности, активного судоходства, а также распространяющиеся от города Владивостока [2,3,5].

В настоящее время в литературе имеются ограниченные сведения о видовом разнообразии микроорганизмов Японского моря, в частности бухты Аякс, комплексных исследований микробных сообществ ранее не проводилось. Справиться с данной задачей может метагеномный анализ, позволяющий выявить видовое разнообразие исследуемых образцов без необходимости культивирования микроорганизмов.

Отбор проб осуществлялся с глубины 3 и 0,5 м в стерильные тары. ДНК из образцов выделяли с помощью набора «НК-сорбент» комплектации «Base» (ЛИТЕХ, Россия). Таксономический анализ осуществляли на основе гипервариабельного региона V3-V4 гена 16S рРНК с помощью праймеров 343F (5’-CTCCTACGGRRSGCAGCAG-3’) и 806R (5’-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3’).

Полученные образцы отправляли в ЦКП “Геномика” СО РАН (ИХБФМ СО РАН), г. Новосибирск для секвенирования на платформе MiSeq (Illumina).

В поверхностных водах доминировал являющийся крупнейшим и наиболее разнообразным филум Proteobacteria, составляя около 55%. Бактерии филума Bacteroidetes так же составили значительную часть бактериального сообщества – 23,8%. В достаточно большом процентном соотношении представлены филумы Actinobacteria (8,9%), Firmicutes (4,26%) и Verrucomicrobia (3,8%). Доля Cyanobacteria составила 1,27%. Остальные же филумы были представлены в минорных количествах.

В донных отложениях доминировал филум Proteobacteria, составляя 76,4%. Гораздо менее представленными были филумы Bacteroidetes (4,5%), Actinobacteria (6,25%) и Firmicutes (6,6%). Доли Acidobacteria и Cyanobacteria составили по 1,39%. Остальные филумы были представлены в минорных количествах.

Полученные данные позволили установить ранее не изученное филогенетическое разнообразие микробных сообществ бухты Аякс, позволят выявить уникальные и возможно, новые таксоны, характерные для данной акватории, оценить вклад микробного разнообразия Японского моря в общее разнообразие микроорганизмов Мирового океана. Данные о разнообразии микробных сообществ могут быть использованы для оценки влияния абиотических и антропогенных факторов на структуру сообществ микроорганизмов и состояние акватории в целом.

Список литературы

1. PrimaMedia - Медиахолдинг [Электронный ресурс] / PrimaMedia. – Режим доступа: https://primamedia.ru/

2. Блиновская, Я. Ю. Анализ загрязнения акваторий залива Петра Великого (Японского моря) микропластиком / Я. Ю. Блиновская, Якименко А. Л. // Успехи современного естествознания. – 2018. - №1. – С. 68-73.

3. Иванова, М. Б. Биота литоральной зоны острова Русского (Японское море) / М. Б. Иванова, А. П. Цурпало // Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С. М. Коновалова. — Владивосток: ТИНРО-центр. — 2008. — С. 106–111.

4. Лоция №1401 СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО БЕРЕГА Японского моря от реки Туманная до мыса Белкина. – Санкт-Петербург. – 1996.

5. Мощенко, А. В. Экологическое состояние восточной части пролива Босфор Восточный (залив Петра Великого Японского моря) / А. В. Мощенко, Л. Е. Шайхлисламова // Известия ТИНРО. — 2010. — Т. 161. — С. 199–211.

Русакова Д.А. [1,2], Сидоренко М.Л. [1,2]

ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕЩЕРЫ «МРАМОРНАЯ» (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[2]ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН

[1, 2] Научный руководитель – к.б.н. профессор М.Л. Сидоренко

Фосфор является вторым после азота ключевым минеральным элементом питания с точки зрения количественной потребности растений. Несмотря на то, что он широко распространен в почвах,

как в органических, так и в неорганических формах, его доступность ограничена, поскольку он встречается в основном в нерастворимых формах [1]. Способность отдельных групп ассоциативных бактерий переводить малодоступные для растений формы фосфатов из органических и неорганических источников в подвижные и легкоусвояемые определяет условия минерального питания растений [2, 3]. Определенную роль в этом процессе играет доступность источников азота. Он необходим для увеличения солюбилизации фосфора [4, 5]. Целью работы явилось изучение фосфатмобилизирующей активности психротрофных бактерий в зависимости от доступности азотного питания.

В работе использовали 13 штаммов психротрофных бактерий из коллекции ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Бактерии были выделены из образцов глинистых органогенных отложений карстовой пещеры «Мраморная» (Приморский край, Хасанский район). Для изучаемых микроорганизмов было проведено секвенирование гена, кодирующего 16S рРНК. В результате их сравнительного анализа установлено максимальное сходство всех исследуемых штаммов с бактериями рода *Pseudomonas* (степень гомологии между нуклеотидными последовательностями гена 16S рРНК равна 98,52-99,88%). Способность к мобилизации неорганических фосфатов изучали на плотных средах Пиковской [6] и Муромцева [7] при температуре 4°С и 25°С. В качестве нерастворимого фосфата использовали трикальций фосфат ($Ca_3(PO_4)_2$). Фосфатмобилизирующую активность оценивали по диаметру зоны просветления (гало), в мм.

В результате исследований установлено, что исследуемые бактерии, проявили наибольшую фосфатмобилизирующую активность при 4°С на среде Муромцева, аминокислотами и витаминами группы В. При 25°С большая активность проявилась на среде Пиковской, где в роли единственного источника углерода выступает глюкоза.

Так, фосфатмобилизирующую активность на среде Муромцева проявили 10 штаммов одновременно при двух температурных режимах инкубирования. Однако при 4°С диаметр зоны гало для штаммов МР 11 и МР 17 (25 мм и 24 мм, соответственно) превышал результаты, полученные при 25°С (20 мм и 16 мм, соответственно). Два штамма (МР 4, МР 24.2) проявили активность только при 4°С, и один (МР 5) при 25°С.

На среде Пиковской фосфатмобилизирующая активность обнаружена у 12 штаммов одновременно при 4 и 25°С, однако зона просветления для штамма МР 24.2 при 4°С превышала результаты полученные при 25°С (25 мм и 15 мм соответственно). Два штамма (МР 5, МР 24.1) проявили активность только при 4°С.

Таким образом, исследуемые штаммы психротрофных бактерий, относящие к бактериям рода *Pseudomonas* проявили фосфатмобилизирующую активность, в зависимости от температуры, состава питательной среды и штаммовых свойств самих бактерий.

Список литературы

1. Рафикова Г. Ф., Кузина Е. В., Коршунова Т. Ю., Логинов О. Н.// Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 16. Биология. – 2020. – Т. 75, № 4. – С. 244–250.

2. Sharma S. B., Sayyed R. Z., Trivedi M. H., Gobi T. A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils // Springerplus. – 2013. – V. 2. – P. 587.

3. Быковская А. Н., Сидоренко М. Л., Слепцова Н. А., Клыков А. Г., Бережная В. В., Колесникова Д. А. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2020. – Т. 209, № 1. – 209. – С. 75-82.

4. Asea PEA, Kucey RMN, Stewart JWB: Inorganic phosphate solubilization by two *Penicillium* species in solution culture and soil // Soil Biol Biochem. – 1988. – № 20. – PP. 459-464.

5. Чайковская Л. А., Овсиенко О. Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1. Биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – Т. 28, № 4. – С. 159–182.

6. Pikovskaja R. I. Mobilizacija fosfatov v pochve v svjazi s zhiznedejatel'nost'ju nekotoryh vidov mikrobov // Mikrobiologija. – 1948. – T. 17. – P. 362–370.

7. Егоршинаа А. А., Хайруллина Р. М., Лукьянцевб М. А., Курамшинав З. М., Смирнова Ю. В. Фосфат-мобилизующая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* и их влияние на степень микоризации корней пшеницы // Журнал Сибирского федерального университета.Биология. – 2011. – Т. 2, № 4. – С. 172-182.

Рысева Ю. Ю.[1], Лебедева Е. Г.[2], Паничев А. М.[3]

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРОЖЖЕЙ РОДА RHODOTORULA В ГРУНТАХ И СОДЕРЖИМОМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНГО ТРАКТА КАБАРГИ И ИЗЮБРЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ
[2]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
[3]Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
[2]Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. Е. Г. Лебедева
[1]Научный руководитель - к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

Дрожжи рода *Rhodotorula* широко распространены в окружающей среде и, благодаря устойчивости к условиям высокой солености и пониженной влажности, часто встречаются в почвах северных и умеренных широт [1]. Кроме того, различные виды *Rhodotorula* выделяются из пищеварительного тракта млекопитающих, в том числе человека. Эти дрожжи обладают свойствами, которые могут оказывать благоприятный эффект на организм хозяина. Они синтезируют каротиноиды, жирные кислоты (составляющие до 50% сухой массы клеток), а также способны играть регулирующую функцию в сообществах кишечной биоты, в частности за счет маннановых структур клеточной поверхности, которые способны связывать токсины и некоторых патогенных бактерий [2]. Известно, что дикие животные склонны потреблять грунты в пищу для восполнения нужд организма [3]. В связи с этим, возник интерес изучения распространения, численности и возможности колонизации пищеварительного тракта животных дрожжами рода *Rhodotorula*.

Образцы отбирались на территории национальных парков «Бикин» и «Зов Тигра» в Приморском крае. Пробы грунта были взяты в июле и сентябре 2020 года с мест активного выедания животными. Образцы содержимого рубца и толстого кишечника кабарги и изюбря отбирались в сентябре 2020 года. Численность дрожжей рода *Rhodotorula* выявляли методом Коха на питательной среде Сабуро. Идентификация осуществлялась методами молекулярно-генетического анализа последовательности ITS1. Ферментативная активность дрожжей изучалась с помощью дифференциально-диагностических сред и наборов мультимикротестов «API Candida» («bioMerieux SA», Франция). Для изучения способности дрожжей утилизировать моно-, дисахариды и спирты использовали готовые среды Гисса «Биокомпас-С» (Углич, Россия).

Численность дрожжей рода *Rhodotorula* в грунтах нац. парка Зов Тигра варьировала от $1{,}4\times10^3$ до $5{,}8\times10^4$ КОЕ/г, В образцах грунта из Бикина концентрация клеток была значительно выше и лежала в пределах $4{,}0\times10^8$-$1{,}2\times10^9$ КОЕ/г. В пищеварительном тракте животных дрожжи выявлялись исключительно из содержимого рубца, тогда как в кишечнике их не было обнаружено. Вероятно, это

связано с их слабой устойчивостью к экстремально кислой для микроорганизмов среде нижнего отдела желудка жвачных – сычуга. Таким образом, дрожжи в результате лизиса могут снабжать организм животных ценными питательными веществами. Численность клеток *R. mucilaginosa* в содержимом рубца животных составляла $7{,}0\times10^4$-$4{,}6\times10^5$ КОЕ/г, при этом, судя по литературным данным обычная концентрация дрожжей рубцовой микробиоты составляет примерно 10^2-10^3 КОЕ/г [4]. Все выделенные культуры *Rhodotorula* идентифицировались как один вид – *Rhodotorula mucilaginosa.*

Изучение ферментативной активности дрожжей показало некоторые особенности штаммов. Так, дрожжи, выделенные из пищеварительного тракта животных характеризовались значительно более высокой активностью ферментации простых углеводов. Штамм РК21-46 (рубец кабарги) показал способность утилизировать глюкозу, фруктозу, сахарозу, лактозу, ксилозу, мальтозу и маннит, тогда как штамм М33-83.1 (грунт) проявлял активность только в отношении глюкозы, фруктозы и сахарозы. Кроме того, у штамма РК21-46 была также обнаружена пектинолитическая активность. Предположительно, это может указывать на лучшую приспособленность дрожжей, выделенных из рубца, к существованию в богатой питательными веществами среде пищеварительного тракта животных. Результаты, полученные с помощью API-тестов, показали наличие у *R.mucilaginosa* уреазной активности, а также способности ферментировать некоторые простые сахара (глюкоза, галактоза, сахароза и раффиноза). Кроме того, у двух штаммов значительно различался уровень активности фермента N-ацетил-β-глюкозаминидазы (βNAG). У М33-83.1, изолированного из горных пород, она отсутствовала или была близка к нулю, в то время как штамм РК-42 стабильно проявлял выраженную βNAG-активность. Субстрат данного фермента, N-ацетилглюкозамин (GlcNAc), является широко распространенным в природе компонентом гликопротеинов, в том числе он водит в состав муцинов, секретируемых эпителиальными клетками слизистых оболочек. Известно, что наличие βNAG повышает способность микроорганизмов колонизировать поверхность внутренних органов животных [5].

Также исследовалась способность дрожжей к росту при различных условиях среды. *R. mucilaginosa* была способна расти при температуре от 5 до 35 ºС, наиболее обильный рост наблюдался при 25-35 ºС. По литературным данным, температура является основным фактором, ограничивающим рост дрожжей рода *Rhodotorula* в кишечном тракте млекопитающих [2]. Кислотность среды в диапазоне 5-12 pH была благоприятной для роста *R. mucilaginosa*, а оптимум наблюдался в среде с pH в нейтральной области. У штаммов, выделенных из горных пород и пищеварительного тракта, отличалось отношение к солености среды. Так, штамм М33-81.1 был способен расти при 1-15% NaCl, сохраняя обильный рост даже при высоком содержании соли. Напротив, предельной концентрацией NaCl для штамма РК21-46 оказалось 10%, а рост начинал подавляться уже при повышении солености выше 6%.

Таким образом, исследование показало высокую численность дрожжей *R. mucilaginosa* в грунтах и содержимом пищеварительного тракта животных. Кроме того, были выявлены некоторые фенотипические различия изолятов. В частности, повышенная активность ферментации сахаров, гидролиза пектина, а также N-ацетил-β-глюкозаминидазы у штамма, выделенного из содержимого рубца, и повышенная устойчивость к солености среды у изолята из грунта.

Список литературы:

1. Чернов И. Ю. Дрожжи в природе / И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 336 с.

2. Herbert, H. Rhodotorula spp. in the gut – foe or friend? / H. Herbert // GMS Infectious Diseases. – 2019. – Vol. 7. – P. 1-6.

3. Паничев, А. М. Литофагия: причины феномена / А. М. Паничев // Природа. – 2016. – № 4. – С. 25-34.

4. Nagaraja T. G. Microbiology of the rumen / T. G. Nagaraja // Springer, Rumenology. – 2016. – P. 39-61.

5. Afzal M. N-acetylglucosamine-mediated expression of nagA and nagB in Streptococcus pneumoniae / Afzal [et al.] // Frontiers in cellular and infection microbiology. – 2016. – Vol. 6. – P. 1-12.

Сироян А.Н.[1], Сидоренко М.Л.[1]

СТРУКТУРА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор М.Л. Сидоренко

На территории Дальнего Востока сокращение пахотных земель составляет 2,1 млн га. Из-за чего большие площади земли занимают многолетние залежные земли, которые выпали из сельскохозяйственного оборота и не имеют хозяйственной ценности. Изучение залежных почв является перспективным направлением в сельском хозяйстве с целью использования этих почв под посевы [1]. Поэтому необходимо уделить особое внимание изучению структуры микробных сообществ, так как микроорганизмы являются надежными индикаторами качественных изменений в почвах. Цель работы – изучить структуру культивируемых микробных сообществ разновозрастных залежных почв.

Образцы почв отбирали на бывших пахотных землях Уссурийского городского округа Приморского края. Изучаемые участки представляли собой залежи 2, 5, 10, 20, 80-летнего возраста. Микроорганизмы были выделены на специальных дифференцированных средах методом Коха с использованием разведений в различных степенях.

В результате исследований установлено, что максимальное количество аммонификаторов (МОА) среди всех образцов почв содержится в 80-летней залежи, на порядок меньше в 10-летней. Минимальное количество отмечается в 20-летней залежи. Содержание микроорганизмов, использующих неорганические формы азота (МНА) максимально в 20-летней залежи; несколько меньше в 80-летней залежи. Наименьшее количество обнаружено в 5-летней залежи. Содержание азотфиксаторов (АФ) максимально в 10-летней залежи; на порядок меньше в 5-летней залежи. В 2-летней залежи отмечено минимальное содержание азотфиксаторов. Максимальная численность нитрификаторов первой группы (Н1) отмечено в 10-летней и 2-летней залежи; в 80-летней залежи роста не обнаружено. Количество нитрификаторов второй группы (Н2) преобладало в 80-летней залежи; минимально в 2-летней залежи. Содержание денитрификаторов (ДФ) максимально 10-летней залежи; в 20-летней залежи роста не обнаружено. Количество целлюлозоразлагающих (ЦР) микроорганизмов преобладало 80-летней залежи; минимально в 2-летней залежи. Содержание грибов (ГР) максимально в залежи 10-летнего возраста, минимально в 2-летней залежи.

В ходе анализа данных выявлена зависимость численности микроорганизмов по группам от возраста залежи. Так, численность МОА сильно колеблется, и после 20 лет залежи происходит их увеличение. Количество МНА на протяжении 10 лет находится приблизительно на одном уровне, далее отмечается резкий рост, однако после 20 лет численность МНА падает. Численность групп АФ, ГР, ДФ

имеет сходную тенденцию: после 5 лет залежи наблюдается резкий рост количества микроорганизмов, однако после 10 лет отмечается спад, и в возрасте залежи 20, 80 лет их количество находится на одном уровне, однако у ДФ после 20 лет залежи отмечается рост численности. Количество ЦР микроорганизмов прямо пропорционально возрасту залежи: с увеличением возраста происходит увеличение численности. Количество Н1 группы с возрастом залежи падает, отмечаются резкие скачки: с 2 до 5 лет и с 10 до 20 их численности падает, а с 5 до 10 лет численность растет. С 20 до 80 лет резких изменений не наблюдается. Количество Н2 группы с возрастом залежи растет, однако с 10 до 20 лет наблюдается спад численности, но далее происходит резких рост.

Таким образом, в разновозрастных залежных почвах физиологические группы микроорганизмов распределены неравномерно. В зависимости от возраста залежи численность разных групп исследуемых микроорганизмов колеблется: с возрастом залежи количество аммонификаторов, микроорганизмов, использующих неорганические формы азота, грибов, нитрификаторов второй группы, денитрификаторов, целлюлозоразлагающих микроорганизмов увеличивается, численность нитрификаторов первой группы уменьшается, а численность азотфиксаторов остается примерно на одном уровне.

Список литературы

1. Бурдуковский М. Л., Перепелкина П. А., Голов В. И. Изменение агрофизических свойств залежных буропозолистых почв Приморского края / М.Л. Бурдуковский, П.А. Перепелкина, В.И. Голов // Вестник ДВО РАН. – 2020. – №1. – С. 60-65.

Сорокина М. Р.[1,2], Шкрыль Ю. Н.[2], Югай Ю. А.[2] Миронова А. А.[2]

ВЛИЯНИЕ ВЕЗИКУЛ НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ ФИТОПАТОГЕННОЙ БАКТЕРИИ *RHIZOBIUM RHIZOGENES* НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[2]Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
[2]Научный руководитель в.н.с., к.б.н., доцент, Ю. Н. Шкрыль
[1]Научный руководитель к.б.н., профессор Е. А. Богатыренко

Грамотрицательные бактерии выделяют во внешнюю среду везикулы наружной мембраны (ВНМ). ВНМ выполняют различные функции, такие как сигналинг, средообразвание, транспортировка различных соединений в клетки бактерий и эукариот, а также защитные функции. Среди компонентов ВНМ наиболее часто встречаются компоненты наружной мембраны и клеточной стенки, а также белки, нуклеиновые кислоты, антибиотики и различные факторы вирулентности [1].

Наиболее изучены ВНМ бактерий, патогенных для животных и человека, при этом сравнительно мало исследований посвящено ВНМ фитопатогенов. Известно, что почвенная грамотрицательная патогенная бактерия *Xanthomonas campestris* усиливает экспрессию генов, ответственных за иммунитет у растения *Arabidopsis thaliana* [2], а ВНМ *Pseudomonas syringae* приводят к уменьшению размеров растений и усиливают их устойчивость к другим фитопатогенам. При этом свойства и функции ВНМ патогенной бактерии *Rhizobium rhizogenes*, которая вызывает неопластический рост ”бородатых корней”, остаются не изученными. Данная работа посвящена изучению некоторых свойств ВНМ *R. rhizogenes,* а также изучению их влияния на модельное растение *A. thaliana.*

Для выделения ВНМ *R. rhizogenes* использовали штамм дикого типа A4, как в обычных условиях культивирования, так и в условиях индукции его вирулентности посредством ацетосирингона (АС) – активатора *vir*-оперона *R. rhizogenes*. Выделение производили из суспензионной культуры при помощи фильтрации и дифференциального центрифугирования.

С помощью анализа траектории движения наночастиц (NTA) было установлено, что агробактерии, обработанные АС, выделяют в среду в 1,7 раз меньше везикул по сравнению с контролем. Размеры ВНМ агробактерий с активированным *vir*-опероном и не активированным по данным NTA составили 231,51 ± 2,94 нм и 244,05 ± 5,46 нм соответственно.

Анализ белкового состава ВНМ производили при помощи электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ электрофорез) в денатурирующих условиях (Рис. 1А). В составе везикул были обнаружены рибосомальные белки RplC и RplS, фактор элонгации Tu, жгутиковые белки FlaA, FlaB, FlaC, FlgG, FlgE, FlaD, FlhB, белки наружной мембраны семейств OmpV и OmpW, белок, ассоциированный с пептидогликаном. Молекулярная масса белков составляла от 10 до 90 кДа. При сравнении протеиновых композиций везикул агробактерий обработанных АС и контрольных была обнаружена разница в белках с молекулярной массой 70 кДа и 65 кДа, однако данные белки не удалось определить.

На следующем этапе нами было исследовано влияние ВНМ на индукцию защитных реакций модельного растения *A. thaliana*. Для этого проводили вакуумную инфильтрацию везикул в проростки в течение 3 минут, а в качестве контроля использовали образцы, обработанные фосфатно-солевым буфером. Было обнаружено, что везикулы *R. rhizogenes* приводят к уменьшению размеров листьев и черешков, что может быть связано с перенаправлением части ресурсов биосинтеза со структурных генов на защитные гены. Снижение стабильности клеточных мембран растений после воздействия на них ВНМ на 17% можно связать либо с изменением композиции липидов при слиянии мембраны ВНМ с мембранами растительных клеток, либо с привнесением поринов семейств OmpW и OmpV.

С помощью ПЦР в реальном времени было установлено, что ВНМ вызывают незначительное повышение экспрессии генов *PAL1*, *PR1*, *WRKY40* до 1,7-2,3 раз (Рис. 1Б). Экспрессия стресс индуцируемой формы НАДФН-оксидазы (*RbohF*) активизировалась в 4,3 раза, а конститутивной формы (*RbohD*), участвующей в поддержании гомеостаза АФК, осталась неизменной.

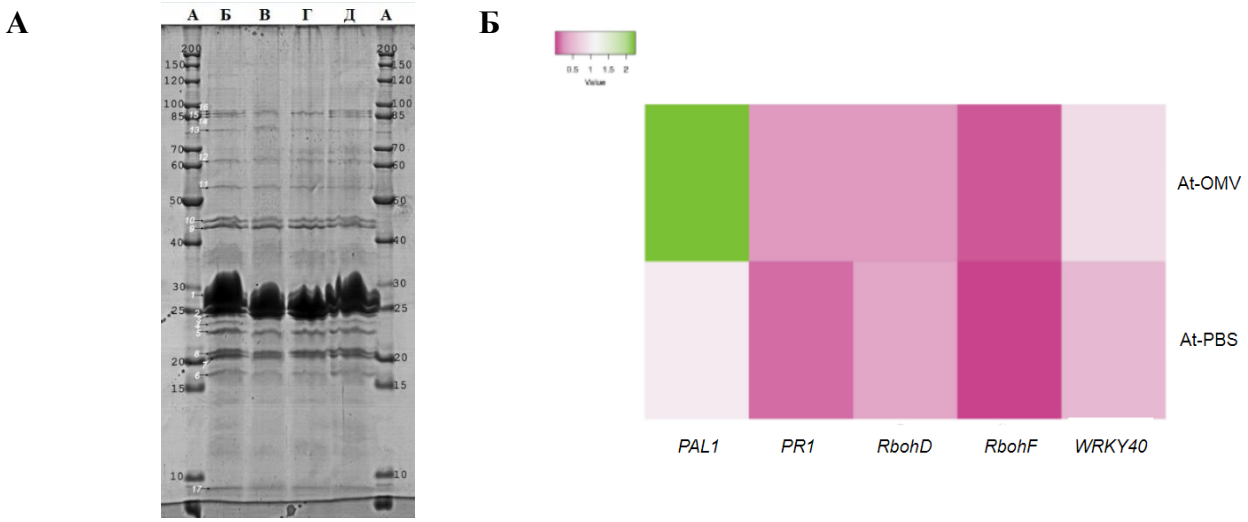


Рисунок 1. А – ПААГ электрофорез белков ВНМ *R. rhizogenes*.
Б – Анализ экспрессии защитных генов *A. thaliana* под воздействием ВНМ *R. rhizogenes*

Таким образом, в данной работе мы изучили состав и свойства ВНМ бактерии *R. rhizogenes*. Установлено, что белковый состав ВНМ имеет некоторую зависимость от экспрессии *vir*-оперона. Обнаружено, что ВНМ влияют на морфологические свойства растений *A. thaliana*, активируют в них

экспрессию защитных генов, участвующих в биосинтезе фитоалексинов, генерации активных форм кислорода и развитии системной приобретённой устойчивости. Вероятно, эти процессы приводят к повышению устойчивости растений-хозяев к другим патогенам, что обеспечивает агробактериям более оптимальные условия процесса генетической колонизации. Кроме того, везикулы агробактерий могут служить перспективным способом доставки в клетки растений биологически активных молекул для задач биотехнологии, однако данный аспект требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. Schwechheimer C., Kuehn M. J. Outer-membrane vesicles from Gram-negative bacteria: biogenesis and functions // Nature reviews microbiology. – 2015. – V. 13. – P. 605-619.

2. Bahar O., Mordukhovich G., Luu D. D., Schwessinger B., Daudi A., Jehle A. K., Felix G., Ronald P. C. Bacterial Outer Membrane Vesicles Induce Plant Immune Responses // Molecular plant-microbe interactions. - 2016. - V. 29. - No. 5. P. 374-384.

Ускова С. С.[1], Мартынова А. В.[1]

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ БИОПЛЕНОК У БАКТЕРИЙ РОДА *ENTEROCOCCUS*

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – д.м.н., профессор А.В. Мартынова

Введение: Бактерии рода *Enterococcus* – это условно-патогенные представители нормальной микрофлоры человека и животных [2]. Энтерококки обладают природной устойчивостью ко многим факторам окружающей среды, таким как: антибиотики, тяжелые металлы, pH, температура, и др. [8]. Данная особенность позволяет им выживать в желудочно-кишечном тракте и колонизировать толстый кишечник, так же их выделяют с кожи, ротовой полости и женского мочеполового тракта [2]. Попадая в окружающую среду, они могут некоторое время сохраняться в жизнеспособном, но некультивируемом состоянии [8], а в некоторых местах, например таких как морская вода, они могут обмениваться генами устойчивости к антибиотикам с другими бактериями [4]. Несмотря на это образование биопленок позволяет энтерококкам колонизировать различные субстраты и имеет ряд преимуществ по сравнению с планктонным существованием клеток.

Цель: изучить литературные данные об особенностях образования биоплёнок у рода *Enterococcus.*

Результаты: развитие биопленки включает четыре стадии: начальное прикрепление, образование микроколоний, созревание биопленки (которое частично определяется ощущением кворума) и рассеивание. Образование биопленки бактерий рода *Enterococcus* начинается с планктонных клеток, которые прикрепляются к поверхности благодаря различным молекулам [5]. Эндокардит и ассоциированные с биопленкой пили (Ebp) состоят из субъединиц A, B и C, запускают поверхностную адгезию in vitro и in vivo [7]. Агрегатирующее вещество (Agg) представляет собой поверхностный адгезин, который опосредует контакт клетки с клеткой при феромонно-чувствительном спаривании донора и реципиента клетки микроорганизма *E. faecalis*, что имеет решающее значение для переноса плазмид [6]. Энтерококковый поверхностный белок (Esp) способствует образованию биопленки *E. faecalis*. Минимальная область, способствующая Esp-опосредованному усилению биопленки, ограничена N-концевым доменом. Однако молекулярные механизмы, с помощью которых N-концевая область Esp выполняет эту функцию, неизвестны [9].

Зрелые энтерококковые биопленки характеризуются накоплением внеклеточной ДНК (вДНК), полисахаридов, внеклеточных протеаз, включая аутолизин (AtlA), желатиназу (GelE) и сериновую протеазу (SprE), а также липотейхоевую кислоту (LTA) в матриксе [5]. Внеклеточная ДНК (вДНК) обнаруживается в бактериальной перегородке, как часть межклеточных нитевидных структур, а также как часть более широкого биопленочного матрикса. Клетки, ассоциированные с вДНК, не показывают существенного лизиса стенки, а также- обладают мембранным потенциалом [3]. Далее вДНК высвобождается из метаболически активных клеток. Соответственно, обработка ДНКазой снижает стабильность биопленки и увеличивает ее отслоение [10]. Аутолизин (AtlA), участвует в гидролизе пептидогликанов, играет важную роль в разделении дочерних клеток после репликации. AtlA состоит из трех доменов. AtlA опосредует лизис бактериальных клеток, которые, в свою очередь, высвобождают внеклеточную ДНК (вDNA), стабилизируя таким образом биопленку [5].

Чувство кворума регулирует формирование биопленки у представителей рода *Enterococcus*. FsrC – это мембранная сенсорная киназа, которая распознает зависящее от плотности накопление пептида FsrB и преобразует сигнал в регулятор отклика FsrA [6]. Эта система регулирует несколько биопленко-ассоциированных генов и оперонов (включая *bopABCD, ebpABC, ge*lE и *sprE*), и следовательно, удаление *fsrABC* полностью отменяет образование биопленки. Сериновую протеазу кодирует ген *sprE*, является фактором вирулентности *E. faecalis*. Эта протеаза вносит свой вклад в патогенез в различных моделях, включая животных, растения и насекомых. Однако точный механизм вирулентности у этих хозяев изучен слабо [1]. Образование биопленок у бактерий рода *Enterococcus* изучено в недостаточной мере и имеет ряд перспективных направлений, например исследование влияния факторов окружающей среды на образования энтерококков биопленки.

Список литературы

1. Ali, L. Molecular mechanism of quorum-sensing in *Enterococcus faecalis*: its role in virulence and therapeutic approaches / L. Ali, M. U. Goraya, Y. Arafat, M. Ajmal, J. L. Chen, D. Yu, // Int. J. Mol. Sci. – 2017. – Vol. 18, 960. – P. 1-19.

2. Barbosa, J. Selection of potential probiotic *Enterococcus faecium* isolated from Portuguese fermented food / J. Barbosa, S. Borges, P. Teixeira // International Journal of Food Microbiology. – 2014. – Vol. 191. – P. 144-148.

3. Barnes, A. M. *Enterococcus faecalis* produces abundant extracellular structures containing DNA in the absence of cell lysis during early biofilm formation / A. M. Barnes, K. S. Ballering, R. S. Leibman, C. L. Wells, G. M. Dunny // MBio. – 2012. – Vol. 3. – P. e00193–12.

4. Cesare D. A., Pasquaroli S., Vignaroli C., et. al. The marine environment as a reservoir of enterococci carrying resistance and virulence genes strongly associated with clinical strains // Environmental Microbiology Reports. – 2014. – Vol. 6, № 2. – P. 184-190.

5. Ch'ng, J. H. Biofilm-associated infection by enterococci / J. H. Ch'ng, K. K. L. Chong, L. N. Lam, J. J. Wong, K. A. // Nature Reviews Microbiology. – 2019. – Vol. 17. – P. 82–94.

6. Dunny, G. M. In Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection / G. M. Dunny, L. E. Hancock, N. Shankar. – Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Boston, 2014. – 508 p.

7. Nallapareddy, S. R. Relative contributions of Ebp Pili and the collagen adhesin ace to host extracellular matrix protein adherence and experimental urinary tract infection by *Murray* // Infect. Immun. – 2011. – Vol. 79. – P. 2901–2910.

8. Ramamurthy, T. Current Perspectives on Viable but Non-Culturable (VBNC) Pathogenic Bacteria / T. Ramamurthy, A. Ghosh, G. P. Pazhani, S. Shinoda // Frontiers in Public Health. – 2014. – Vol. 2. – P. 1–9.

9. Taglialegna, A. The biofilm-associated surface protein Esp of *Enterococcus faecalis* forms amyloid-like fibers / A. Taglialegna, L. Matilla-Cuenca, P. Dorado-Morales, S. Navarro, S. Ventura, J. A. Garnett // NPJ Biofilms. – 2020. – P. 1-12.

10. Vorkapic, D. Multifaceted roles of extracellular DNA in bacterial physiology / D. Vorkapic, K. Pressler, S. Schild // Curr. Genet. – 2016. – Vol. 62. – P. 71-79.

Хисматулина Р.И.[1], Лебедева Е.Г.[2], Брагин И.В.[2]

СОСТАВ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ТИПАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОСИИ

[1] Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

[2]ДВГИ ДВО РАН

[2]Научный руководитель - к.б.н. Е. Г. Лебедева

Подземные минеральные воды являются сложными многофазными системами, содержащими в растворенном виде различное количество химических, органических веществ и газов. Они обладают уникальным составом и целебными свойствами, что находит применение в лечении различных заболеваний. Минеральные воды - это уникальные и ценные гидроминеральные ресурсы, оказывающие лечебное воздействие на организм человека. По разнообразию типов и свойств минеральных вод Дальний Восток не уступает многим известным гидроминеральным районам Центральной Европы, Кавказа, Прибайкалья. Известно, что важной составляющей минеральных вод являются микроорганизмы. Работы последних лет показывают, что микробиологические процессы активно изменяют гидрогеохимическую систему и частично преобразовывают физико- химические свойства подземных вод и пористое пространство водовмещающих пород. Наиболее важными биохимическими процессами, протекающими в подземных водах с участием микроорганизмов, являются биогенная генерация CO_2, сульфатредукция, нитрификация и денитрификация. Поскольку минеральные воды активно используются в бальнеологических целях, необходимо не только исследовать химический состав минеральных вод, но также проводить микробиологический мониторинг вод с целью выявления естественной и болезнетворной микрофлоры.

Цель работы – изучить распространение и состав эколого-трофических групп бактерий в различных геохимических типах подземных вод.

Объектами исследования являлись микроорганизмы, выделенные из подземных вод Приморского края и Амурской области. Быссинское месторождение термоминеральных вод находится в Селемджинском районе Амурской области. Выход вод на левом берегу р. Бысса, в 160 км от ее устья. Тырменский источник находится в Хабаровском крае. Месторождение углекислых вод Глуховка расположена к востоку от Уссурийска в Приморском крае. Раковское проявление минеральных углекислых вод локализовано на юге Приморья в Уссурийском районе. Пробы вод отбирали в условиях стерильности в стерильные одноразовые контейнеры. До обработки в лаборатории образцы хранили в холодильнике при 4 °С не более 12 часов. Для выявления и культивирования различных групп бактерий использовали традиционные методы практической микробиологии. Численность различных эколого-трофических групп бактерий определяли методом предельных разведений и методом Коха на

специально подобранных селективных средах. Для определения наиболее вероятного числа клеток бактерий использовали таблицу Мак-Креди. Для подземных вод с целью концентрирования бактерий производили фильтрацию 30-50 мл подземных вод на мембранные фильтры (0,2 мкм, 47 мм диаметр) с последующим их наложением на различные селективные среды. Бактерии выращивали в термостате при различных температурах.

Результаты исследования показали, что выявлены существенные различия в распределении, численности и составе доминирующих физиологических групп бактерий, формирующихся в различных термальных, соленых и углекислых водах. Доминирующими физиологическими группами были сапрофитные бактерии, которые являются первичными деструкторами органического вещества и принимают активное участие в разложении белков, жиров, сахаров, целлюлозы и крахмала. В обследованных термальных подземных водах отмечена довольно высокая численность функциональных групп бактерий, которая варьировала от 0 до $9{,}5\times10^3$кл/мл. В подземных водах, формирующихся при температуре 25 °С, отмечалось обильное развитие многих физиологических групп бактерий, при этом в составе микробного сообщества значительно преобладали гетеротрофные нитрификаторы, денитрификаторы, что свидетельствует о протекающих в подземных водах процессах восстановления нитратов и окисления аммиака до азотистой кислоты. Также в больших количествах присутствовали силикатные бактерии (от $5{,}2\times10^2$ до $8{,}4\times10^3$ КОЕ/мл). В подземных водах отмечены бактерии геохимического цикла марганца (до $2{,}4\times10^3$ кл/мл), что указывает на происходящие в водах процессы окисления восстановленных соединений марганца с участием микроорганизмов. Железоокисляющих бактерий представлено не было.

В подземных соленых водах отмечено наименьшее количество функциональных групп бактерий и их низкая средняя численность, что, вероятно, определялось высокой концентрацией солей, которая могла ингибировать рост бактерий. Преобладающей группой были сапрофитные и тионовые бактерии (до $9{,}1\times10^3$кл/мл), что свидетельствует о протекающих в подземных водах процессах окисления восстановленных соединений серы. Присутствие сапрофитов и олиготрофов в воде скважин свидетельствует об идущих процессах деструкции органического вещества с участием бактерий. При этом большая часть аэробы, растущие при 1% NaCl 25^0 С ($1{,}9\times10^5$ КОЕ/30 мл).

В составе микробных сообществ углекислых подземных вод преобладали гетеротрофные нитрифицирующие, микроорганизмы цикла железа и марганца, сапрофитные, что свидетельствует о протекающих в подземных водах процессах окисления органического вещества, восстановления нитратов до нитритов, а также окисления и восстановления соединений железа и марганца. Бактерии группы кишечной палочки в углекислых водах отмечены не были. Силикатные бактерии в довольно больших количествах присутствовали только в Раковском месторождении ($9{,}4\times10^2$ КОЕ/мл).

Таким образом, проведенные исследования показали, что экологические условия среды обитания микробных сообществ являются благоприятными для развития и функционирования бактерий различных физиологических групп. В термальных водах преобладали микроорганизмы, осуществляющие гетеротрофную нитрификацию, денитрификацию, разложение белоксодержащих веществ (протеолитики) и преобразование силикатных минералов (силикатные). В соленых водах в довольно больших количествах отмечены тионовые и сапрофитные бактерии. В углекислых водах преобладали гетеротрофные нитрификаторы, сапрофитные, железо и марганец окисляющие, силикатные бактерии.

Штраух В.А.[1], Богатыренко Е.А. [1]

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОБИОТИКОВ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ *PARALITHODES CAMTSCHATICUS*

[1]Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

Ракообразные – одни из самых ценных промысловых объектов мирового значения. К одним из наиболее важных относится камчатский краб *Paralithodes camtschaticus,* запасы которого постоянно сокращаются в связи с интенсификацией промысла [3]. Надежным источником увеличения объемов продукции водных объектов является аквакультура. При искусственном культивировании гидробионтов нередко приходится сталкиваться с проблемой снижения у них иммунитета и их подверженности различным заболеваниям из-за качественных и количественных изменений в бактериальных популяциях пищеварительного тракта животных [2].

В настоящее время наиболее перспективным способом решения этой проблем является применение препаратов на основе пробиотиков, оказывающих благоприятные эффекты на физиологические функции, биохимические и поведенческие реакции организма хозяина через оптимизацию его микробиологического статуса [4]. Пробиотики, применяемые при искусственном разведении гидробионтов, оказывают довольно разнообразное положительное воздействие на организм гидробионтов. Чаще всего это влияние проявляется в снижении смертности и повышении выживаемости животных за счет усиления резистентности по отношению к действию патогенных микроорганизмов, высокой ферментативной активности в пищеварительном тракте, а также за счет развития неспецифической иммунной системы посредством усиления фагоцитозной активности [1].

В связи с этим, цель работы – оценить действие коллекции бактерий-потенциальных пробиотиков на выживаемость молоди камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*. Для работы были использованы штаммы *Bacillus* sp. 17СтГ6 и *Arthrobacter agilis* АГ25, выделенные из донных отложений прибрежных акваторий Приморского края, и штамм *Bacillus* sp. СтТр11, полученный из пищеварительной системы дальневосточного трепанга. Инкубация культур для экспериментов проводилась на средах СММ и ГРМ.

В ходе модельных опытов оценивалось влияние различных концентраций бактериальных культур, а также продолжительность их применения на выживаемость и рост личинок и мальков камчатского краба. Установлено, что наибольший пробиотический эффект оказывал штамм *Bacillus* sp. СтТр11, который увеличивал выживаемость мальков краба на 40% и личинок краба – на 150% по сравнению с контролем. Кроме того, выбранный пробиотический штамм бактерий способствовал набору массы мальков краба, которая по окончанию эксперимента оказалась выше контрольных значений на 18%. Показано, что в условиях искусственного воспроизводства камчатского краба оптимальным является двухнедельный курс использования биодобавки на основе пробиотического штамма *Bacillus* sp. СтТр11 в концентрации 10^9 кл/мл.

Список литературы

1. Богатыренко Е.А. Пробиотики и их применение в марикультуре // Известия ТИНРО - 2009. - Т. 157. - С. 189-196.

2. Бурлаченко И.В., Судакова Н.В., Балакирев Е.И. и др. Перспективные пробиотики для осетровых рыб // Рыб. хоз-во. - 2006. - № 3. - С. 12-16.

3. Куприна Е. Э. Перспективы развития сырьевой базы и переработки промысловых ракообразных в России / Е. Э. Куприна [и др.] // Пищевая промышленность. – 2014. – № 6. – С. 30–33.

4. Урсова Н.И. Перспективы применения пробиотиков метаболитного типа в педиатрии // Журн. Consilium-medicum. - 2003. - Т. 5, № 6. - С. 3-6.

Раздел XI
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Зелепукина Е.М.[1], Орлова Л.Б.[1]

КРЕМНИЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РИСА

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
[1]Научный руководитель – д.х.н. Арефьева О.Д., к.х.н. Ковехова А.В.

Исследования по изучению роли кремния в жизни растений и эффективности кремниевых удобрений продолжаются в Китае, Германии, США, Италии и, особенно, Японии, где рис считается основной продовольственной культурой, потому что рис отличается высокой потребностью в этом элементе и, соответственно, выносит его из почвы в большом количестве (зола шелухи риса содержит около 93 % кремния). При производстве риса образуется большое количество рисовой лузги, которая используется мало, преобладающим элементом в таких отходах является кремний. Поэтому вопрос переработки данного растительного сырья стоит весьма актуально. В последние годы повысился интерес к многотоннажным возобновляемым отходам сельского хозяйства, как к перспективному сырью для получения материалов, полезных человеку. Материалы растительного происхождения, накапливающиеся в значительном количестве в виде отходов различных производств (леса, продуктов сельского хозяйства) представляют практический интерес в качестве сырья для получения продуктов разного назначения.

Цель работы: исследовать содержание кремния в кремний- и углеродсодержащих продуктах отходов производства риса.

Объектом исследования служили образцы кремнезёма, полученные из шелухи риса на предприятии НПО «Кремний», входящий в агрохолдинг ООО «АФГ Националь» (Краснодарский край, ст. Старонижестеблиевская) (КД) и ООО «СтавропольАгроХим» (Ставропольский край, г. Ставрополь) (АГ). В продуктах была определена потенциальная эффективность кремнийсодержащих материалов в качестве удобрений [1].

Образцы КД-02, КД-06-2, КД-07 и АГ-1 содержат большое количество углерода и окрашены в черный цвет, КД-02 и КД-06-2 были подвергнуты дополнительному окислению и имеют серый цвет. Образец АГ-1 представляет собой золу уноса, КД-06-3 образовался в процессе самовозгорания шелухи на открытом воздухе.

Было показано, что наибольшим содержанием активного кремния характеризуются образцы КД-02 и КД 06-1 (4,7 г/кг).

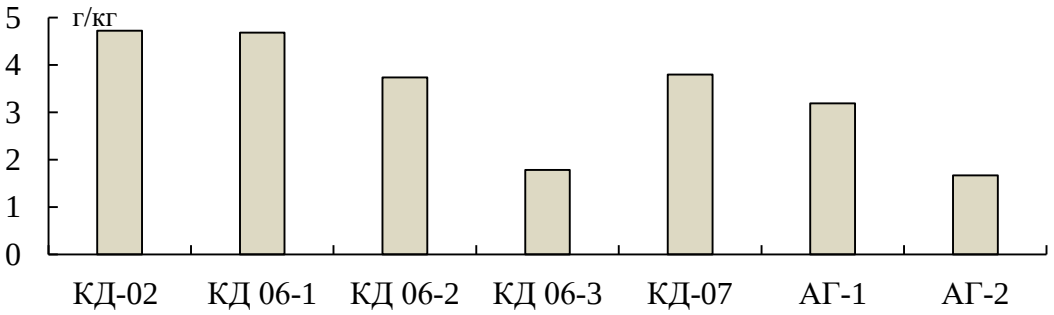


Рисунок 1 – Содержание потенциального кремния в кремнийсодержащих продуктах

Содержание активного кремния в образцах КД-06-2, КД-07 и АГ-1 несколько ниже – 3,1-3,7 г/кг, наименьшие показатели у образцов КД 06-3 и АГ-2, - 1,7 г/кг и 1,6 г/кг соответственно (рисунок 1).

Список литературы

2. Матыченков, В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение : дис…д-ра биол. наук / В. В. Матыченков. – Пущино, 2008. – 312 с.

Золотоев В.А.[1], Арефьева О.Д.[1,2,3]

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ФЕНОЛА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ ИЗ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК РИСА

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, Политехнический институт ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий, ИНТиПМ ДВФУ
[3]Институт химии ДВО РАН
Научный руководитель - д.х.н., профессор О. Д. Арефьева

Одними из наиболее приоритетных загрязнителей компонентов окружающей среды являются фенол и его производные. Основными источниками загрязнения водной среды фенолами являются стоки красильного, лакокрасочного производств и нефтехимической промышленности [1]. Эффективным методом очистки сточных вод от фенолов является сорбция. Перспективными материалами в качестве сорбентов для очистки водных растворов являются углеродсодержащие (УМ), получаемые из растительного сырья. УМ обладают уникальными физическими и химическими свойствами, что обеспечивает им широкую область применения.

Цель настоящей работы – исследовать кинетику сорбции фенола из водных растворов углеродсодержащими сорбентами, полученным из плодовых оболочек риса.

Объектом исследования были углеродсодержащие образцы AG-1 и AG-2, полученные из рисовой шелухи в агрохолдинге ООО «СтавропольАгроХим» (Ставропольский край). В качестве модельного раствора использовали искусственно загрязнёную фенолом воду с концентрацией загрязнителя 0,886 ммоль/л. Содержание фенола определяли на УФ-спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония) при длине волны 270 нм. Кинетические исследования проводили в статических условиях в течении 1, 3, 5, 10, 15 и 30 мин. Интегральные кривые кинетики сорбции были проанализированы при помощи моделей диффузионной (псевдопервого порядка, Морриса-Вебера) и химической кинетики (псевдовторого порядка, Еловича) [2-5].

Экспериментальные интегральные кривые кинетики сорбции фенола углеродсодержащими образцами характеризуются перегибом с последующим выходом на плато через 15 мин от начала контакта фаз. Перегиб связан с формированием адсорбционного слоя фенола на поверхности адсорбента.

Линеаризация полученных данных координатах модели Мориса-Вебера показала, что зависимость для исследуемых образцов является нелинейной, что свидетельствует о смешанно-диффузионном механизме кинетики. Обработка полученных данных в координатах уравнения псевдопервого порядка адекватно описывает процесс для образца AG-1, что указывает на то, что на сорбцию значительное влияние оказывает плёночная диффузия. Для AG-2 полученная зависимость не может однозначно определяться диффузией, т.к. наблюдается отклонение от линейной зависимости при увеличении времени контакта.

Для изучения вклада в процесс сорбции взаимодействия собрат-сорбент были использованы модели псевдовторого порядка и Еловича. Результаты исследования показали, что зависимости f(t)=Г/t являются практически прямолинейными для сорбентов на протяжении всего времени контакта. Большое значение коэффициента детерминации (R^2>0,9) позволяет судить о применимости данной модели к описанию кинетики сорбции и для возможности учета межмолекулярного взаимодействия фенола с поверхностью исследуемых материалов.

Высокое значение коэффициента детерминации (R_2=0,93) для сорбента AG-1 по модели Еловича может означать, что сорбент имеет менее упорядоченную структуру, а его поверхность неоднородна. Для образца AG-2 меньшее значение R^2=0,88 по рассматриваемой модели объясняется его более упорядоченной структурой [6].

Таким образом, обработка кинетических данных показала, что процесс сорбции углеродными материалами из рисовой шелухи лимитируется смешанно-диффузионным процессом, а также стадией химического взаимодействия фенола с поверхностью сорбента.

Исследование выполнено в рамках в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН (проект № FWFN(0205)-2022-0002, тема 2, раздел 5).

Список литературы

1. Чачина, С.Б. Использования высших водных растений: эйхорнии, ряски малой и валлиснерии спиралевидной для доочистки сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» / С. Б. Чачина // Омский научный вестник. – Омск: Омский гос. тех. ун-т, 2011. – № 1(104). – С. 196-200.

2. Ho, Y. S. Kinetics of pollutant sorption by biosorbents: review / Y. S. Ho, J. C. Y. Ng, G. McKay – DOI 10.1081/SPM-100100009 // Separation and purification methods. – 2000. – Vol. 2, N 29. – P. 189-232

3. S. Douven The range of validity of sorption kinetic models / S. Douven, C. A. Paez, C. J Gommes // Journal of colloid and interface science. – 2015. – N 448. – P. 437-450.

4. Javadian, H. Application of kinetic, isotherm and thermodynamic models for the adsorption of Co(II) ions on polyamidine/polypyrrole copolymer nanofibers from aqueous solution / H. Javadian – DOI 10.1081/SPM-100100009 // Journal of industrial and engineering chemistry. – 2014. – Vol. 6, N 20. – P. 4233-4241.

5. Weber, Jr. W. J. Kinetics of adsorption on carbon from solution / Jr. W. J. Weber, J. C Morris // Journal of the Sanitary Engineering Division, – 1963. – N 89. – P. 31-60.

6. Корж, Е.А. Моделирование кинетики адсорбции фармацевтических веществ на активных углях / Е.А. Корж, Н. А. Клименко – DOI 10.29862/2304-2338-2017-87-004 // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 87. – С. 7-13.

Марченко А.В.[1], Арефьева О.Д.[1,2,3]

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ SiO_2/ZnO НА ОСНОВЕ БИОГЕННОГО КРЕМНЕЗЕМА

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, Политехнический институт ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий, ИНТиПМ ДВФУ
[3]Институт химии ДВО РАН
Научный руководитель – д.х.н., профессор О.Д. Арефьева

Одним из перспективных и наиболее инновационных видов передовых окислительных процессов считается фотокатализ, достоинством которого является отсутствие каких-либо дополнительных способов доочистки стоков, поскольку органические загрязнители превращаются в

диоксид углерода, воду и неорганические ионы. На сегодняшний день активно разрабатываются различные полупроводниковый фотокатализаторы, одним из которых является оксид цинка. Данный материал является широкозонным полупроводником (ширина запрещенной зоны 3,37 эВ), обладает низкой токсичностью, высокой термической стабильностью, хорошей химической и механической устойчивостью [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Цель работы – исследовать фотокаталитические свойства композитов $ZnO\text{-}SiO_2$ на основе биогенного кремнезема из рисовой шелухи в реакции деградации метилового оранжевого.

В настоящей работе были получены три серии образцов оксидных фотокатализаторов Zn-Si-x с матрицей из биогенного кремнезема, где x – массовая доля ZnO в образце, равная 0,2, 0,4, 0,6. Биогенный кремнезем был выделен из рисовой шелухи. Две серии образцов синтезированы на основе влажного геля с последующим прокаливанием при t = 130 °C (Zn-Si-0,2-130, Zn-Si-0,4-130, Zn-Si-0,6-130) и при t = 500 °C (Zn-Si-0,2-500, Zn-Si-0,4-500, Zn-Si-0,6-500). Третья серия получена на основе ксерогеля и прокалена при t = 300 °C (Zn-Si-0,2-кс, Zn-Si-0,4-кс, Zn-Si-0,6-кс).

Фотокатализаторы были исследованы методами ИК-спектроскопии и рентгенофлюоресцентного анализа.

Фотокаталитическую активность полученных образцов оценивали на примере реакций деградации красителя метилового оранжевого при возбуждении УФ и солнечным светом.

Установлено, что практическое содержание оксида цинка и диоксида кремния для серии образцов на основе влажного геля, прокаленных при t = 500 °C (Zn-Si-0,2-500, Zn-Si-0,4-500, Zn-Si-0,6-500), совпадет с их теоретическим содержанием. Для катализаторов, прокаленных при t = 130 °C (Zn-Si-0,2-130, Zn-Si-0,4-130, Zn-Si-0,6-130), катионы Zn^{2+} при синтезе остаются в растворе и не входят в состав композита, за исключением образца Zn-Si-0,6-130. Практическое содержание оксидов в композитах, синтезированных на основе ксерогеля (Zn-Si-0,2-кс, Zn-Si-0,4-кс, Zn-Si-0,6-кс), соответствует рассчитанному составу компонентов в исходной смеси.

Методами ИК-спектроскопии и рентгеноспектрального анализа показано, что все исследованные образцы содержат фотоактивный ZnO. В композитах Zn-Si-x-500 и Zn-Si-x-130 формируется силикатная структура, а в Zn-Si-x-кс – содержится кремнезем.

Показано, что фотокатализаторы Zn-Si-x-кс, синтезированные на основе ксерогеля кремнезема, являются фотокаталитически активным в реакции деградации метилового оранжевого при воздействии УФ- и солнечного света. Образцы, полученные на основе влажного геля (Zn-Si-x-500 и Zn-Si-x-130) не проявляют фотокаталитической активности.

Исследование выполнено в рамках в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН (проект № FWFN(0205)-2022-0002, тема 3, раздел 3).

Список литературы

1. Nanostructured oxides in chemistry: characterization and properties / Fernández-García M., Martínez-Arias A., Hanson J.C. [et al.]. – DOI 10.1021/cr030032f // Chemical Reviews. – 2004. – P. 4063-4104. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15352786/.

2. Fabrication and Catalytic Performance of SiO2-ZnO Composite Photocatalyst / Jun Bo Zhong, Jian Zhang Li, Xi Yang He [et al.]. – DOI 10.1080/15533174.2013.799208 // Synthesis and Reactivity in Inorganic. – Vol. 44, № 8. – P. 1203-1207.

Миткина П.И.[1,3], Арефьева О.Д.[1,2,3], Васильева М.С.[3,4]

МЕХАНИЗМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ИНДИГОКАРМИНА В ПРИСУТСТВИИ SiO_2/Bi_2WO_6

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, Политехнический институт ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий, ИНТиПМ ДВФУ
[3]Институт химии ДВО РАН
[4]Департамент химии и материалов, ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – д.х.н., профессор О.Д. Арефьева

В настоящее время проводится множество исследований по разработке фотокатализаторов, активных к видимому свету. Материалы на основе Bi_2WO_6 проявляют потенциальную каталитическую способность ко многим органическим загрязнителям при воздействии видимым светом [1]. Кроме этого, Bi_2WO_6 привлекает внимание исследователей в области фотокатализа из-за особенностей своей структуры и ряда уникальных свойств: узкой ширины запрещенной зоны, химической и термической стабильности и низкой токсичности [2]. Однако некоторые вопросы, касающиеся основных механизмов процесса фотокатализа остаются предметом дискуссий. Одним из них является установление роли активных частиц ($•HO$, $O_2^{•-}$, h^+, e^-), участвующих в процессе деградации органических загрязнителей.

Цель настоящей работы – изучение механизма деградации индигокармина с использованием скавенджеров активных частиц в присутствии фотокатализатора Bi_2WO_6/SiO_2.

В данном исследовании образец фотокатализатора с мольным соотношением Si/Bi/W=1:2:1 синтезирован золь-гель методом на основе биогенного диоксида кремния, $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ и $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ с последующим прокаливанием при 500 °C в течение 4 ч (образец Si-Bi-W). Кремнезем был получен из рисовой шелухи сорта риса «Долинный» (Приморский край, п. Тимирязевский) окислительным обжигом с предварительной обработкой 0,1 М раствором соляной кислоты [3]. Для улучшения морфологии поверхности Si-Bi-W был протравлен 2,5 М раствором NaOH в течение 1 часа согласно [4] (образец Si-Bi-W-1).

Полученные катализаторы были исследованы методами ИК-спектроскопии, сканирующей электронной спектроскопии, рентгенофазового, энергодисперсионного и рентгенофлюоресцентного анализов.

Для оценки механизма фотокаталитической деградации индигокармина (ИнК) в присутствии Si-Bi-W и Si-Bi-W-1 при воздействии УФ и солнечного света использовали п-бензохинон (BQ), оксалат натрия ($Na_2C_2O_4$), пероксодисульфат калия ($K_2S_2O_8$) и трет-бутиловый спирт (t-buOH) в качестве скавенджеров супероксидных радикалов ($O_2^{•-}$), дырок (h^+), электронов (e^-) и гидроксильных радикалов ($•OH$), соответственно.

Согласно результатам рентгенофлуоресцентного анализа, полученные образцы сходны по химическому составу. ИК-спектры образцов содержат полосы поглощения при 820, 735-739 и 557-571 $см^{-1}$, которые отнесены к колебаниям O-W-O, W-O и Bi-O в Bi_2WO_6 соответственно. В ИК-спектре Si-Bi-W-1 полоса поглощения при 1101 $см^{-1}$, соответствующая ассиметричным колебаниям силоксановых связей Si-O-Si, более выражена в сравнении с Si-Bi-W.

Согласно результатам рентгенофазового анализа, образцы находятся в аморфно-кристаллическом состоянии, в кристаллической фазе идентифицирован орторомбический фотоактивный Bi_2WO_6.

Исследование морфологии поверхности показало, что образцы имеют развитую структуру. Однако протравленный образец является более однородным и представлен в виде множества микропластинок.

Изучение механизма фотокаталитической деградации красителя в условиях облучения УФ и солнечным светом показало, что наибольшее снижение χ для двух образцов наблюдалось при использовании BQ. Степень деградации ИнК при использовании других скавенджеров статистически не отличаются друг от друга. Исходя из вышеизложенных результатов, в процессе деградации ИнК участвуют в основном $O_2^{\bullet-}$. Следовательно механизм деградации красителя может быть представлен следующими реакциями:

$$SiO_2/Bi_2WO_6 + h\nu \rightarrow Bi_2WO_6 (e_{CB}^- + h_{VB}^+) \quad (1)$$

$$e_{CB}^- + O_{2адс.} \rightarrow O_2^{\bullet-} \quad (2)$$

$$ИнК + O_2^{\bullet-}/\bullet OH \rightarrow \text{продукты фотодеградации} \quad (3)$$

Во время фотокаталитической реакции SiO_2/Bi_2WO_6 возбуждают УФ и солнечным светом в результате чего генерируется электронно-дырочная пара, которая диффундирует к поверхности (уравнение 1). Фотогенерированный электрон может образовывать супероксидный анион-радикал при взаимодействии с адсорбированным кислородом (уравнение 2). Присутствие многочисленных $O_2^{\bullet-}$ способствует разложению ИнК в водном растворе (уравнение 3).

Таким образом, в работе получены фотоактивные материалы на основе Bi_2WO_6. Изучен механизм фотокаталитического разложения красителя индигокармина в присутствии SiO_2/Bi_2WO_6 в условиях облучения УФ и солнечным светом. Установлено, что основной вклад в процесс разложения красителя вносят супероксидные радикалы.

Исследование выполнено в рамках в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН (проект № FWFN(0205)-2022-0002, тема 3, раздел 3).

Список литературы

1. Visible-Light-Induced Degradation of Rhodamine B by Nanosized Bi_2WO_6 / H. Fu, C. Pan, W. Yao, Y. Zhu. – DOI 10.1021/jp052995j // Journal of Physi-cal Chemistry B. – 2005. – Vol. 109, Iss. 47. – P. 22432-22439.

2. Evaluation of Bi-W-oxides for visible light photocatalysis / A. P. Finlayson, V. N. Tsaneva, L. Lyons [et al.]. – DOI 10.1002/pssa.200521129 // Physica Status Solidi (A). – 2006. – Vol. 203, Iss. 2. – P. 327-335.

3. Sivakumar, N, T. Synthesis of homogeneous sphere-like Bi2WO6 nanostructure by silica protected calcination with high visible-light-driven photocatalytic activity under direct sunlight / N. T. Sivakumar, H. C. Bajaj, R. J. Tayade. – DO 10.1039/c4ce01839g // CrystEngComm. – 2015. – Vol. 17, Iss. 5. – P. 1037 1049.

4. Свойства аморфного кремнезема, полученного из отходов переработки риса и овса / Л. А. Земнухова, А. Г. Егоров, Г. А. Федорищева [и др.]. – DOI 10.1134/S0020168506010067 // Неорганические материалы. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 24-29.

Михеева А.А.[1], Михеева Е.А.[1]

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БЛОКА НА ПОДВОДНОМ БУРОВОМ КОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

[1]Санкт-Петербургский государственный морской технический университет
[1]Научный руководитель - д.т.н., профессор Ю.А. Нифонтов

В настоящее время большое внимание уделяется подводному освоению арктических месторождений, как наиболее стратегически перспективному варианту освоения колоссальных запасов

углеводородов. Суровые природноклиматические условия, сложная ледовая обстановка, значительные глубины морей и неровности морского дна, требуют поиска и разработки новых научно-технических, проектных и организационных решений. Для эффективного экономического развития страны уже в ближайшее время необходимо осваивать и вводить в эксплуатацию уникальные морские газоконденсатные месторождения [1].

Комплексный анализ характерных особенностей месторождений, расположенных в этих морях, показывает, что для быстрого и успешного освоения углеводородных запасов необходимо создать принципиально новые виды инженерных сооружений и технических средств, специальную технологию и организацию строительства объектов в зоне арктического шельфа, а также обеспечить условия для стабильной работы пер-согнала в экстремальных условиях.

Наиболее сложным и ответственным объектом указанной проблемы является подводный буровой комплекс (ПБК), обеспечивающий процесс строительства скважины под водой с использованием технических средств бурения, промывки, крепления и запуска скважин в эксплуатацию. При разработке бурового оборудования ставилась задача максимального использования серийного бурового оборудования, для разработки арктического шельфа отечественны нефтяными корпорациями, а также возможности проведения круглогодичных операций.

На основе имеющихся данных о запасах месторождений в арктическом шельфе [1] и уже имеющихся проектных решений [2] подводных буровых комплексов было разработано новое концептуальное решение ПБК (рис.1), которое также удовлетворяет основным техническим требованиям к конструкции, и имеет ряд преимуществ.

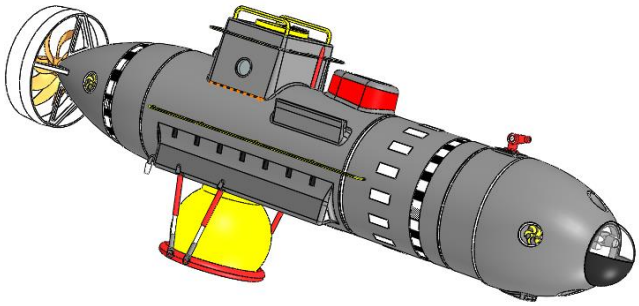


Рисунок 1 – Концепция подводного бурового комплекса

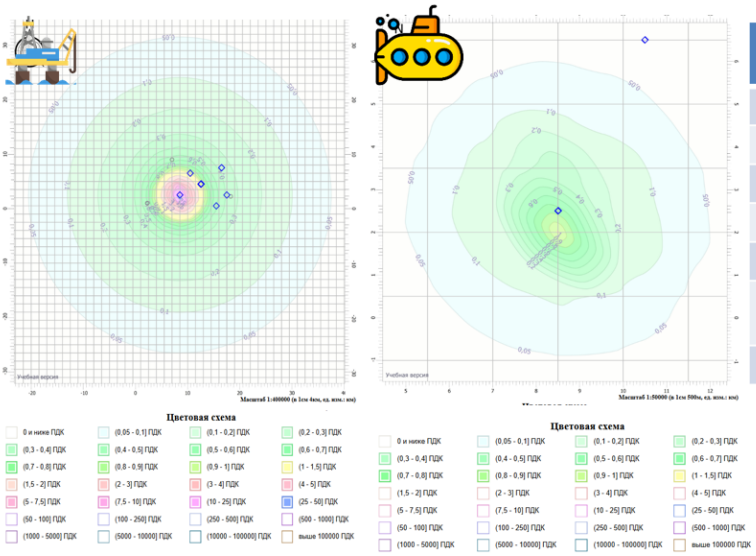
Одной из важных задач при создании подводного бурового комплекса является удовлетворение требованиям Конвенции МАРПОЛ 73/78 от 02.2020г

В качестве энергетической установки было приято использовать ядерную энергетическую установку с жидкометаллическим теплоносителем на быстрых нейронах.

Быстрые реакторы позволяют осуществлять: непрерывное производство энергии безопасным и экологически приемлемым способом; трансмутацию радиационно опасных отходов ядерной энергетики, в том числе экологически наиболее опасных долгоживущих актинидов. В отличие от реакторов на тепловых нейтронах, в реакторах на быстрых нейтронах используется меньше вспомогательных систем.

Надежность, высокий КПД, определяющий меньшее тепловое загрязнение; высокий уровень внутренне присущей ядерной безопасности, низкий уровень радиационного воздействия на персонал и окружающую среду подтверждает его перспективность использования для подводного бурового комплекса.

Преимущество использования подводного бурового комплекса с ЯЭУ, заключается в отсутствие опасности загрязнения воздуха, почвы и водоемов, при использовании атомной энергетической установки. В качестве сравнительного анализа, представлены данные о вредных выбросах (рис.2) с МНГС и с ПБК, что показывает существенное снижение негативных выбросов вредных веществ и воздействия на окружающую среду.



Вредные вещества	Выбросы от МНГС, г/с	Выбросы от ПБК, г/с
оксид углерода (CO)	106,46	7,71
оксиды азота (NOx)	67,3	0,56
углеводороды (CH)	47,25	-
сажа (C)	8,38	-
диоксид серы (SO_2)	6,63	-
формальдегид (CH_2O)	1,29	-
бенз(а)пирен (БП)	$7{,}38 \cdot 10^{-5}$	-

Рисунок 2 – Сравнительный анализ вредных выбросов с МНГС и БПК

Отличительной особенностью изобретения является подводная буровая платформа выполнена в виде подводной лодки, имеет проточный и легкий корпус, оборудована ЯЭУ с ЖМТ, все необходимые для подводной лодки механизмы, системы и агрегаты, жилые отсеки для экипажа и вертикально расположенный прочный цилиндрический отсек для производства буровых работ. Значительным преимуществом является отсутствие негативного воздействия на окружающую среду.

Список литературы:

1. Проект — Арктика // Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/1/1031/ (дата обращения: 01.02.2023).

2. *Саркисов А.А.* Динамика ядерных энергетических установок подводных лодок. Учебное пособие. – Севастополь: Севастопольское высшее военно-морское инженерное училище, 1964. – 302 с.

Ориничева П.Д.[1,] Фролов К.Р.[1,2]

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ ИСКУССТВЕНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ

[2]Департамент ядерных технологий, ИНТиПМ ДВФУ

[1,2]Научный руководитель – к.х.н., доцент К. Р. Фролов

Горнопромышленные и горнохимические предприятия относятся к I категории объектов – это объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящиеся к

областям применения наилучших доступных технологий (НДТ). Их особенностью является образование на всех этапах производства больших объёмов техногенных вод, представляющих наибольшую опасность для поверхностных и подземных вод и являющихся источником поступления в них тяжелых металлов и других загрязнителей.

Перспективным методом очистки данных техногенных вод является метод искусственных геохимических барьеров, который при небольших материальных затратах позволяет значительно снижать концентрации вредных веществ в загрязненных водах.

Цель работы – выполнить эколого-экономическую оценку очистки дренажных вод ХВ ЦОФ АО «ГМК Дальполиметалл» методом искусственных геохимических барьеров. Задачи работы: 1) охарактеризовать метод очистки техногенных вод с помощью искусственных геохимических барьеров; 2) охарактеризовать методики расчёта и оценки эколого-экономического ущерба водным объектам; 3) оценить эколого-экономическую эффективность очистки техногенных вод с помощью метода искусственных геохимических барьеров.

Понятие «геохимические барьеры» было впервые предложено А. И. Перельманом в 1961 г. Геохимические барьеры – участки зоны гипергенеза, в которых на коротком расстоянии происходит резкая смена условий миграции, что приводит к концентрации химических элементов [1].

Исследуемым объектом является хвостохранилище Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) АО «ГМК Дальполиметалл», которое расположено в Дальнегорском районе (Приморский край). Площадь хвостохранилища составляет 525000 м^2, на 2020 г. объём накопленных «хвостов» составлял 21 млн. т [2]. Его техногенные стоки оказывают негативное воздействие на природные воды р. Рудная, в долине которой оно расположено.

Для оценки эффективности очистки техногенных дренажных вод ХВ ЦОФ АО «ГМК Дальполиметалл» был рассчитан предотвращенный эколого-экономический ущерб. Для его расчета была выбрана «Методика исчисления вреда вследствие нарушения водного законодательства» 2009 г. В качестве предотвращенного ущерба рассматривалась разница между размером ущерба, причинённого р. Рудная Дальнегорского района в результате сброса загрязнённых и очищенных методом искусственных геохимических барьеров дренажных вод хвостохранилища Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) АО «Дальполиметалл».

Расчет эколого-экономического ущерба Y, тыс. руб., производится по формуле [3]:

$$Y = K_{вг} \cdot K_{в} \cdot K_{ин} \cdot \Sigma Hi \cdot M_i \cdot K_{из}, \quad (1)$$

где $K_{вг}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, представлен в таблице 4;
$K_{в}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов);
$K_{ин}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;
H_i – таксы для исчисления размера вреда от сброса i-го вредного (загрязняющего) вещества в водные объекты, представлены в таблице 5, тыс. руб./т;
M_i – масса сброшенного i-го вредного (загрязняющего) вещества определяется по каждому загрязняющему веществу, т;
$K_{из}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект;

Эксперимент по очистке дренажных вод выполнен в работе [4]. Очистку дренажных вод хвостохранилища ЦОФ на колонках произвели в динамическом режиме, определение концентрации загрязняющих веществ произвели в ДВГИ ДВО РАН методами ИСП-АЭС и ИСП-МС [4]. В качестве

фоновых вод рассмотрены пробы р. Рудная, отобранные в её верховьях – в 10 км. от пос. Краснореченский.

Расчет эколого-экономического ущерба проведен с допущением, что эффективность очистки загрязненных дренажных вод ХВ ЦОФ на предлагаемых искусственных геохимических барьерах с применением сорбента таурит такая же, как при очистке на модельной лабораторной установке. Размер эколого-экономического ущерба после предполагаемой очистки уменьшается в 1,56 раза (тыс. руб.): с 7785,22 до 4968,22 и с 8758,38 до 5589,25 при расходе дренажных вод Q = 64 $м^3$/ч и Q = 72 $м^3$/ч соответственно. Таким образом, предотвращенный эколого-экономический ущерб при использовании метода искусственных геохимических барьеров составляет 2817,01 и 3169,13 тыс. руб. в год соответственно.

Выводы:

1. Метод искусственных геохимических барьеров является перспективным для очистки техногенных вод от различных загрязняющих веществ. Он основан на снижении интенсивности миграции техногенных загрязняющих веществ и их концентрации на искусственном геохимическом барьере. К преимуществам данного метода можно отнести низкие материальные затраты, простоту конструкции и техобслуживания, а также высокую эффективность очистки вод от широкого спектра загрязнителей.

2. Для расчета эколого-экономического ущерба используют косвенные методы расчета, так как реципиентые методы трудоемки и требуют большого количества данных. Одной из наиболее универсальных является «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» МПР РФ от 13.04.2009 г. № 87.

3. Эколого-экономическая оценка очистки дренажных вод ХВ ЦОФ АО «ГМК Дальполиметалл» показала, что использование искусственного геохимического барьера на основе сорбента таурит позволит снизить эколого-экономических ущерб от загрязнения природных вод р. Рудная в результате сброса дренажных вод в 1,56 раза. Предотвращенный эколого-экономический ущерб составляет от 2817,01 до 3169,13 тыс. руб. в год.

Список литературы

1. Максимович, Н. Г. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды : учебное пособие / Н. Г. Максимович, Е. А. Хайрулина. – Пермь : Пермский государственный университет, 2011. – 248 с. – URL: https://www.geokniga.org/books/14456 (дата обращения: 29.12.2022) – ISBN 978-5-7944-1655-8;

2. Голдырев, В. Н. Техногенно-минеральные образования Николаевского скарно-полиметаллического месторождения (Приморский край) / В. Н. Голдырев, В. А. Наумов // Sciences of Europe. – 2020. - № 51. – С. 3–15. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnogenno-mineralnye-obrazovaniya-nikolaevskogo-skarnovo-polimetallicheskogo-mestorozhdeniya-primorskiy-kray/viewer;

3. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: приказ Ми-нистерства природных ресурсов и экологии РФ от 13.04.2009 г. № 87 // Гарант : информационно-правовой портал : [сайт]. – 2009. – URL: https://base.garant.ru/12167365/#block_1400;

4. Артемова, М. И. Очистка сточных вод горно-химических и горнорудных предприятий с использованием искусственных геохимических барьеров : специальность 18.04.01 "Химическая технология" : выпускная квалификационная работа / М. И. Артемова. – Владивосток, 2022. – 122 с.

Француз П.А [1], Петрова С.Э.[1]

УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК РИСА

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
[1]Научный руководитель – д.х.н. Арефьева О.Д., к.х.н. Ковехова А.В.

С каждым годом количество добываемой нефти увеличивается и растет число образующихся нефтеотходов. Из-за аварий или разливов значительная часть нефти попадает в природные и сточные воды. Таким образом, нефтеперерабатывающая промышленность в процессе своей деятельности оказывает негативное воздействие на компоненты окружающей среды.

В настоящее время активно разрабатываются новые методы и улучшаются уже известные технологии по очистке сточных вод от нефтепродуктов. Адсорбция является одним из наиболее предпочтительных методов очистки вод от нефтепродуктов [1,2].

Все большее внимание привлекает растительное сырье как сорбционные материалы. Как правило, в роли растительных сорбентов выступают отходы сельского хозяйства, образующиеся в большом количестве на предприятиях по переработки зерновых культур. Цель работы: исследовать содержание кремния в кремний- и углеродсодержащих продуктах отходов производства риса.

В качестве объекта исследования использовали углерод- и кремнийсодержащие материалы, полученные из рисовой шелухи (РШ) (различные сорта, Краснодарский край).

Выход составил 35-51 % от массы сырья в зависимости от схемы получения. Дана сравнительная характеристика образцов по физико-химическим показателям. Установлено, что насыпная плотность образцов изменяется от 50 до 70 кг/м3, значение pH водной вытяжки от 6,7 до 8,3, содержание водорастворимых веществ от 6 до 10 %, зольность – от 3 до 38 % в зависимости от сорбента. Установлена адсорбционная активность полученных образцов по йоду (10-16 %), метиленовому синему (68-73 мг/г) и метиловому оранжевому (35-38 мг/г). Показано, что наибольшей поглотительной способностью по метиленовому синему обладают образцы Т-РШ и ВП-РШ-0,1, по метиловому оранжевому – образец, полученный без обработки сырья, по йоду – полученный после обработки шелухи 0,1 М раствором гидроксида натрия.

Список литературы

1. Sirotkina, E. E. Materials for adsorption purification of water from petro-leum and oil products / E. E. Sirotkina, L. Y. Novoselova // Chemistry for sustainable development. – 2005. – Т. 13. – № 3. – P. 359-375.
2. Research of absorbing properties of carbon sorbents for purification of aquatic environment from oil products I. L. Rogovskii, S. M. Kalivoshko, S. A. Voinash [et al.]. – DOI:10.1088/1755-1315/548/6/062040 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2020. – Т. 548. – №. 6. – 8 p.

Харченко, В.Г.[1]

ОЧИСТКА ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ОБЪЕКТА НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА МЕТОДОМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий, ИНТиПМ ДВФУ
[1,2]Научный руководитель – к.х.н., доцент К. Р. Фролов

Введение. Горнодобывающая промышленность является ресурсоемкой и входит в число опасных источников загрязнения природных вод. Интенсивное использование водных ресурсов,

связанное с расходованием, потерями и, главным образом, сбросом сточных вод, оказывает существенное влияние на состояние гидросферы в глобальных масштабах и, как следствие, на все другие компоненты окружающей среды. Применение искусственных геохимических барьеров является современным, экономически выгодным и рациональным методом очистки техногенных вод: позволяет существенно снизить концентрации загрязняющих веществ [1]. Цель работы – оценить возможность очистки техногенных вод объекта накопленного экологического вреда методом геохимических барьеров.

Для достижения цели на недействующих хвостохранилищах Балейско-Тасеевского рудного поля были отобраны три образца проб техногенных вод, которые бесконтрольно сбрасываются в р. Унда рыбохозяйственного значения. В соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.50-96 [2] в них установили содержание общего железа, а также, с помощью pH-метра TOLLEDO SevenCompact, определили водородный показатель (таблица 1). Из таблицы видно, что содержание $Fe_{общ.}$ в пробах превышает $ПДК_{рыб.-хоз.}$ до 136 раз, что говорит о необходимости их очистки.

Таблица 1

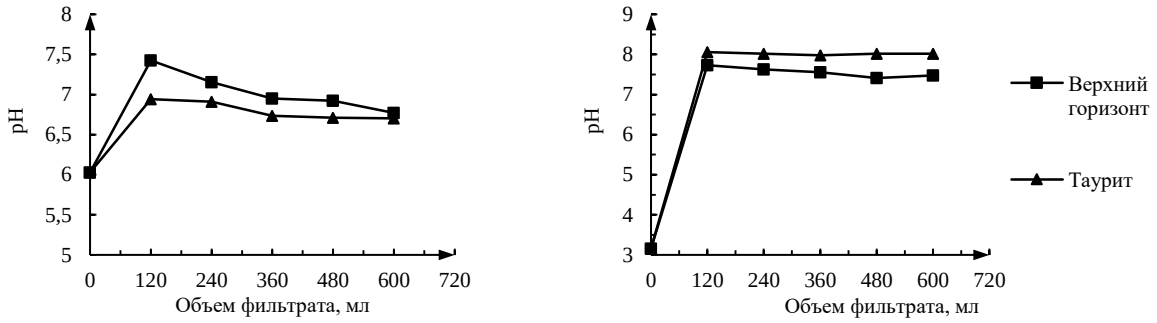
Характеристика проб Балейско-Тасеевского рудного поля

Место отбора пробы	C_{Fe}, мг/л	$ПДК_{рыб.-хоз.}$, мг/л	pH
Балейский карьер	0,020	0,1	7,01
Тасеевский карьер	7,209		2,73
Пруд хвостохранилища	13,661		2,81

Для оценки возможности очистки техногенных вод от $Fe_{общ.}$ в работе выполнено моделирование искусственных геохимических барьеров методом трубок [3]. Через колонки с характерным району верхним горизонтом почвы и сорбентом таурит фильтровали холостую пробу (дистиллированная вода) и модельный раствор с концентрацией $Fe_{общ.}$ 5 мг/л. Аналогично пробам техногенных вод, в фильтрате определяли концентрацию ионов железа и водородный показатель.

Как видно из графика (рис. 1), pH фильтрата для холостой пробы с таурит возрастает от слабокислого 6,03 до нейтрального значения 6,94 – в первой исследуемой пробе фильтрата (120 мл фильтрата). В случае модельного раствора водородный показатель принимает слабощелочное значение и возрастает от 3,16 до 8,05 (рис. 2). Увеличение pH может быть связано с основным характером сорбента таурит.

В случае верхнего горизонта почвы, можно увидеть аналогичное изменение pH, что может быть связано с общей щелочностью верхнего почвенного горизонта, и щелочностью, обусловленной CO_3^{2-}.



Холостая проба Модельный раствор

Рисунок 1 – Водородный показатель фильтрата

Концентрация железа при фильтрации через верхний почвенный горизонт вначале возрастает до 1,7 мг/л, а затем снижается по мере фильтрации дистиллированной воды через почву до 0,16 мг/л.

Это может объясняться наличием соединений железа, в частности Fe_2O_3, и их постепенным вымыванием водным раствором. В результате, во всех пробах фильтрата наблюдается превышение $ПДК_{рыб.-хоз.}$ (0,1 мг/л) – до 16 раз. Однако при фильтрации холостой пробы через колонку с тауритом, концентрация железа в дистиллированной воде увеличилась незначительно (от 0,03 до 0,06 мг/л) и во всех пробах фильтрата превышение $ПДК_{рыб.-хоз.}$ = 0,1 мг/л не наблюдается. В случае модельного раствора, концентрации $Fe_{общ.}$ в фильтрате модельного раствора при очистке через почвенный слой резко снижаются в первой пробе (120 мл) в 5 раз – с 5 до 0,98 мг/л. Это может быть связано с сорбционной емкостью и ионообменными свойствами верхнего почвенного горизонта. В последующих пробах фильтрата резкого изменения концентрации ионов железа не наблюдается. Нормативные значения $ПДК_{рыб.-хоз.}$ превышаются в пробах фильтрата (120, 240, 360, 480 и 600 мл) соответственно в 9,8, 8, 6,3, 5,4 и 5,2 раз.

После фильтрации через таурит в пробе видно резкое уменьшение содержания жлеза с 5 до 0,07 мг/л. Это обусловлено связыванием ионов железа с тауритом за счёт процессов адсорбции. Важно отметить, что весь объем фильтрата, пропущенного через колонку с тауритом, имеет концентрацию общего железа, не превышающую нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения.

Список литературы

1 Слободянюк, Д. И. Геохимические барьеры для очистки сточных и природных вод / Д. И. Слободянюк, Ю. Л. Баюрова // Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий : Материалы X Межрегиональной научно-технической конференции молодых ученых, специалистов и студентов вузов, Апатиты, 20–22 апреля 2016 года / Под редакцией А.И. Николаева, Д.П. Домонова. – Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2016. – С. 113-115. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27396914 (дата обращения: 25.12.2022).

2 ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. – Москва: ФБУ «ФЦАО», 2011 – 16 с. – URL: http://gostrf.com/normadata/1/4293808/4293808606.htm?ysclid=l9hf01k1l7397627542#i325778 (дата обращения: 30.12.2022).

3 Артемова, М. И. Очистка сточных вод горно-химических и горнорудных предприятий с использованием искусственных геохимических барьеров / М. И. Артемова, П. М. Артемов, К. Р. Фролов // Региональная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам : Тез. докл. – Владивосток : ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2022. – С. 278-280. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49273944

Цыганок В.С.[1]

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОЛИГОНА ТКО Г. ВЛАДИВОСТОК

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий, ИНТиПМ ДВФУ
[1,2]Научный руководитель – к.х.н., доцент К. Р. Фролов

На сегодняшний день одной из основных природоохранных задач в обеспечении экологической безопасности как в Российской Федерации, так и за рубежом является проблема образования и

утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО). С каждым годом количество ТКО неуклонно возрастает. Существующие полигоны ТКО РФ могут представлять собой значительную экологическую опасность.

Полигоны являются техногенной геохимической аномалией: в результате инфильтрации в толще формируется техногенный водоносный горизонт, а фильтрат и биогаз в результате биохимических процессов представляет экологическую опасность. Ущерб окружающей среде от функционирования объектов захоронения отходов представлен факторами, приведенными на рисунке 1. Цель работы – произвести эколого-экономическую оценку эффективности очистных сооружений полигона ТКО г. Владивостока.

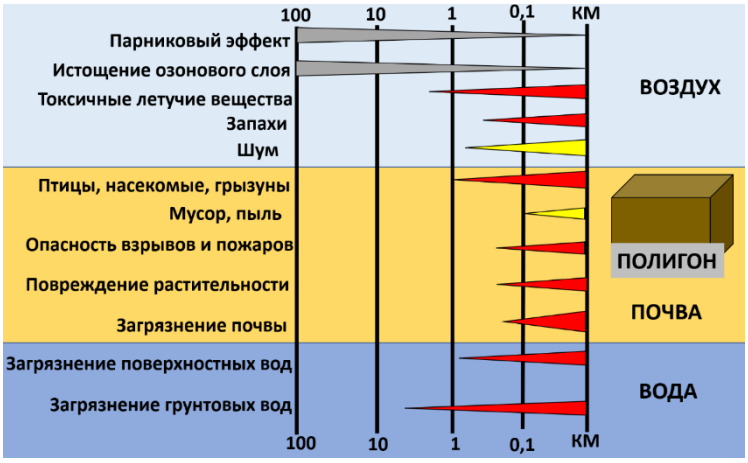


Рисунок 1 – Негативное влияние объектов захоронения отходов на компоненты ОС [1]

Загрязненный токсичными соединениями фильтрат не может быть сброшен на рельеф или в водоем культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения без тщательной и многоступенчатой очистки.

Исследуемым объектом является полигон ТКО г. Владивостока. Он входит в состав комплекса по переработке и утилизации твёрдых бытовых отходов, управляющей организация КГУП «Приморский экологический оператор» («ПЭО»). Площадка расположена в пригороде г. Владивостока в 2 км от пос. Рыбачий, приурочена к долине ручья Безымянный. До береговой полосы Уссурийского залива – 1,7 км. В соответствии с критериями, представленными в постановлении Правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категории», объект КГУП «ПЭО» относится к I категории. Для очистных сооружений следует применять комплексные технологии, сочетающие механические, биологические и физико-химические методы очистки фильтрата ТКО.

Очистные сооружения унитарного предприятия «ПЭО» входят в состав площадки полигона ТКО. Проектная производительность очистных сооружений составляет 600 $м^3$/сут. Здесь реализована комплексная технология очистки дренажных вод, которая сочетает традиционные методы очистки с прогрессивной мембранной технологией — обратный осмос [2]. Очищенные сточные воды после дезинфекции отводятся по закрытому трубопроводу к месту выпуска № 1 в ручей Безымянный. Ручей Безымянный впадает в безымянную бухту (смежную с бухтой Десантной) Уссурийского залива.

Для оценки эколого-экономической эффективности выполнен расчёт ущерба водным объектам осуществляется с использованием Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства по следующей формуле [3]:

$$У = К_{вг} \cdot К_{в} \cdot К_{ин} \cdot \Sigma Hi \cdot М_{i} \cdot К_{из}, \quad (1)$$

где $К_{вг}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, представлен в таблице 4;
$К_{в}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов);
$К_{ин}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;
H_i – таксы для исчисления размера вреда от сброса i-го вредного (загрязняющего) вещества в водные объекты, представлены в таблице 5, тыс. руб./т;
$М_{i}$ – масса сброшенного i-го вредного (загрязняющего) вещества определяется по каждому загрязняющему веществу, т;
$К_{из}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект;

Использовался состав исходной, поступающей на очистку, и очищенной сточной воды установленный по результатам анализа проб, отобранных 12.07.21 г. специалистами ООО «БМТ» аккредитованной лаборатории ООО «БМТ».

Ущерб водному объекту составил 90013,28 тыс. руб. до очистки и 28943,91 тыс. руб. после. Тело полигона, благодаря многочисленным атмосферным осадкам за весенний и осенний периоды, образует с ними большое количество фильтрата, масса которого напрямую влияет на величину ущерба. Расчет показал, что эффективность работы очистных сооружений видна из показателей ущерба. Ущерб водному объекту после очистки оценивается более чем в 3 раза меньше, чем сбросы фильтрата полигона без очистки.

Выводы:

Полигон ТКО КГУП «ПЭО» принимает твердые коммунальные отходы Владивостокского городского округа; очистка фильтрационных вод объекта осуществляется на мобильной установке очистки сточных и дренажных вод методом обратного осмоса производительностью 600 м^3/сут.

Расчет по «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» показал, что сумма ущерба водному объекту без очистки составила бы 90 млн. руб., а с очисткой – 28,9 млн. руб. При этом максимальный размер составляет 24,4 и 7,9 млн. руб. без очистки и с очисткой соответственно и наблюдается в весенний период.

Список литературы

1. **Бенин, Д. М.** Негативное воздействие ТКО на окружающую среду при их складировании на объектах захоронения отходов / Д. М. Бенин, Е. С. Маркова // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 18. – С. 267-277. – EDN OUDDGO. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44000005;

2. Комплекс очистных сооружений и сетей сбора фильтрата г. Владиво-сток // ООО «БМТ-Сервис» : [официальный сайт]. – 2020. – URL: https://bmt-s.ru/projects/vosstanovlenie-kompleksa-ochistnyh-sooruzhenij-i-setej-sbora-filtrata/;

3. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: приказ Ми-нистерства природных ресурсов и экологии РФ от 13.04.2009 г. № 87 // Гарант : информационно-правовой портал : [сайт]. – 2009. – URL: https://base.garant.ru/12167365/#block_1400;

Раздел XII ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Бовсун М. А.[1], Брикманс А.В.[1], Тарасова Т. С.[2]

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ БИОУГЛЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТЫ В с. СУРАЖЕВКА)

[1]Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
[2]Приморская овощная опытная станция - филиал ФГ научного учреждения
Научный руководитель – к.б.н., доцент О. В. Нестерова

Производство овощной сельскохозяйственной продукции предполагает активную механическую обработку гумусового горизонта, что может приводить к постепенной потере почвенного плодородия за счет изменения водно-воздушного режима в прикорневой зоне. Традиционным способом восстановления почвенного плодородия в сельском хозяйстве является внесение органических и минеральных удобрений. Несмотря на высокую эффективность традиционных удобрений, они имеют узконаправленное действие, а также часто могут не соответствовать современным климатическим тенденциям в плане загрязнения почв и увеличения выбросов парниковых газов в системе «почва – атмосфера».

Одним из актуальных продуктов, способным не только улучшать плодородие почвы, но и влиять на водно-воздушные свойства почвы, значения pH почвенного раствора, доступность питательных веществ, доступность органического углерода, структурно-агрегатное состояние почвы, уменьшение количество загрязняющих веществ, секвестрационную способность почв и снижение выбросов парниковых газов [1 - 5] является биоуголь.

Несмотря на большое количество научных публикаций, подтверждающих положительное влияние биоугля на свойства почв, существует ряд работ, где получены неоднозначные и даже отрицательные эффекты [6, 7], что в первую очередь связано с большим разнообразием почвенно-климатических условий.

Новизной работы является применение биоугля в почвенно-климатических условиях юга Приморского края.

Цель работы - оценка влияния различных доз внесения биоугля, а также его совместного применения с органическими и минеральными удобрениями на урожайность сельскохозяйственных культур на агротемногумусовых подбелах юга Приморского края.

Исследование проведено в условиях вегетационного опыта на базе Приморской овощной опытной станции - филиала Федерального государственного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" (43°25'22.4"N 132°18'50.6"E, с. Суражевка, Приморский край, Российская Федерация). Оценка влияния биоугля на прирост урожая сельскохозяйственных культур проводилась в вегетационные периоды 2018, 2019 и 2020 годов. На территории опытной станции выбраны два сопоставимых по рельефу и свойствам почв поля (поле № 1 и поле № 2), на которых в разные временные периоды был внесен биоуголь. На поле № 1 биоуголь внесен 15 июня 2018 года, на поле № 2 биоуголь внесен 19 июня 2020 года. На полях выбрано по 9 участков площадью 21,6 м^2 (1,8Х12 м). Варианты опыта включали контроль, 1 кг/м^2 биоугля, 3 кг/м^2 биоугля и сочетания этих участков с минеральными (300 кг/га N50P125K125) и органическими удобрениями (10 т/га).

В исследовании применялся биоуголь, произведенный из древесных остатков березы Betula alba методом медленного пиролиза в температурном диапазоне от 360 до 380 ^{0}C.

На поле № 1 действие внесенного биоугля на урожайность оценивалось в течение двух периодов вегетации на капусте белокочанной и сое. На поле № 2 оценивалось влияние биоугля на урожайность столовой свеклы в течение одного периода вегетации.

Урожайность измерялась взвешиванием каждого растения с разделением на вилок, покровные листья и корень для капусты, с разделением на корнеплод и ботву для свеклы и биомассой с квадратного метра сои.

Показано, что наибольший прирост урожайности получен для капусты, где внесение только биоугля привело к увеличению урожайности на 111 % в дозе 1 кг/м^2 и на 205 % в дозе 3 кг/м^2 по сравнению с контролем. Влияние биоугля на урожайность свеклы оказало положительный, но менее выраженный результат по сравнению с влиянием биоугля на урожайность капусты. Выявлено, что биоуголь увеличил биомассу зеленой части сои и уменьшил количество бобов. Сделан вывод, что влияние биоугля на урожайность сельскохозяйственных культур носит неоднозначный характер и связана с выбором сельскохозяйственной культуры. Внесение биоугля приводит к большему увеличению зеленой части растений.

Список литературы

1. Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Кольцова Т.Г., Рязанов С.С. Влияние биоугля на рост растений, микробиологические и физико-химические показатели мало гумусированной почвы в условиях вегетационного опыта // Вестник Казанского технологического университета, 2016, № 11. С. 185-189.

2. Кулагина В.И., Грачев А.Н., Шагидуллин Р.Р., Рязанов С.С., Сунгатулина Л.М., Забелкин С.А., Кольцова Т.Г. Влияние биоугля на структуру почвы и содержание форм калия // Аграрный научный журнал. 2019. № 1. С. 16-20. doi: 10.28983/asj.v0i1.460

3. Hawthorme L., Johnson M.S., Jassal R.S., Black T.A., Grant N.J. and Smukler S.M. Application of biochar and nitrogen influences fluxes of CO_2, CH_4 and N_2O in a forest soil // J. Environ. Manage. 2017. № 192. P. 203–214. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.12.066

4. Czekala W., Malinska K., Caceres R., Janczak D., Dach J. and Lewici A. Co-composting of poultry manure mixtures amended with biochar – The effect of biochar on temperature and C-CO_2 emission // Bioresour. Technol. 2016. № 200. P. 921–927. doi: 10.1016/j.biortech.2015.11.019

5. Yang X., Meng J., Lan Y., Chen W., Yang T., Yuan J., Liu S. and Han J. Effects of maize stover and its biochar on soil CO2 emissions and labile organic carbon fractions in Northeast China // Environ. Sci. Pollut. Res. 2017. № 240. P. 24-31. doi: 10.1016/j.agee.2017.02.001

6. Мухина И.М., Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Балашов Е.В. Влияние биоугля на урожайность пропашных и злаковых культур в условиях Северо-Западного региона РФ // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: Сборник статей по материалам Всероссийской с международным участием научной конференции, посвящённой Году экологии и 90-летию со дня рождения профессора В.В. Тюлина. Вятский государственный университет. 2017. С. 94-100.

7. Lentz R.D. and Ippolito J.A. Biochar and Manure Affect Calcareous Soil and Corn Silage Nutrient Concentrations and Uptake // J. Environ. Qual. 2012. № 41. P. 1033-1043. doi: 10.2134/jeq2011.0126

Брикманс А.В., Бовсун М.А.

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В АГРОПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н., доцент О.В. Нестерова

Азот является одним из важных элементов в питании растений. Азот в почве в основной своей массе находится в виде органических соединений, которые входят с состав гумуса. Накопление азота так же, как и накопление углерода характеризует почвообразовательный процесс, обусловленный биологическим круговоротом веществ. Микроорганизмы, которые участвуют в процессе разложения органического вещества также используют значительную часть азота, тот в свою очередь в процессе этого круговорота становится основным источником азота в почве. Азот считается одним из важных элементов питания растений, поэтому его общий запас в почве считается показателем ее потенциального плодородия [1,2,3].

В связи с этим целью работы оценить содержание общего азота в агропочвах с применением органических удобрений.

В качестве объектов исследования были выбраны агропочвы (агротемногумусовые подбелы) Приморской овощной опытной станции. В качестве удобрения в почвы вносили органическое удобрение Гигантин 10 т/га. Гигантин - это местное органическое удобрение, полученное из куриного помета в ООО «Уссурийская птицефабрика». Сухое вещество составляет 90%, азот - 4,0 %, фосфор — 3,5% и калий — 1,7%. При дозе внесения его 10 т/га в почву должно поступить азота - 360 кг/га, фосфора - 315 кг/га и калия — 157кг/га. С учетом того, что в первый год из органического удобрения Гигантин может использоваться азота 30 %; фосфора 25% и калия 60 %, общее количество доступных для столовой свеклы питательных веществ может составить около 300 кг/га, что эквивалентно внесенной диаммофоса в дозе 500 кг/га. Почвенные образцы отбирали в начале вегетационного опыта и в конце с 2018 -2019 гг., схема опыта представлена в табл.1.

Таблица 1

Схема полевого опыта 2017-2019 гг.

Год	Участок
2017	пар
2018	капуста
2019	соя

Исследования показали, что до внесения удобрения (май 2018 г.) в почвы содержание общего азота составило 0,23 % (табл. 2), вызвано это тем, что поле было оставлено под паром, что в свою очередь позволило накопить и обогатить почву. Спустя шесть месяцев урожай был собран и содержание общего азота в варианте с контролем снизилось до 1,22 %, однако в вариантах, где применяли органическое удобрение содержание общего азота выросло почти в 3 раза. В начале вегетационного периода (май 2019 г.) показатели содержания азота в контроле снизились до 0,17 %, а в варианте с внесением органического удобрения выросла до 0,53 %. В целом варьирование показателей по общему азоту выровнялось по полю. В конце опыта (октябрь 2019 г.) содержание общего азота в контроле увеличилось на 0,1 %, а в варианте с органическим удобрением снизилось до 0,17 %, что видимо связано с его способностью улетучиваться.

Таблица 2

Содержание общего азота в агропочвах, %

Объект исследования	2018		2019	
	май	октябрь	май	октябрь
Контроль	0,23	0,22	0,17	0,25
Внесение органического удобрения	0,23	0,78	0,53	0,17

Таким образом исследования показали, что внесение органического удобрения способствует накоплению общего азота в почве, однако в конце вегетационного периода после сбора урожая его содержание снижается.

Авторы выражают благодарность ФГБНУ ФНЦО «Приморская овощная опытная станция» за возможность проведения эксперимента.

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 491 с.
2. Минев, В.Г. Агрохимия: учеб. М.: Наука, 2004. - 719 с.
3. Ягодин, Б. А. Агрохимия. М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.

Гилёв А.М.[1] Рыбачук Н.А.[1] Сакара Н.А.[2]

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОПОЧВАХ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ ДО И ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ БИОУГЛЯ

[1]Кафедра почвоведения Институт Мирового океана (школа) ДВФУ
[2] ФГБНУ ФНЦО «Приморская овощная опытная станция»
[1]Научный руководитель - к.б.н., доцент А.В. Брикманс

Приоритетами агрохолдингов является постоянное и безопасное выращивания растительных продуктов питания, однако с/х угодья являются не только местами для выращивания растений, но и местом куда попадают различного рода загрязнители. Одна из основных причин такого загрязнения — это применение минеральных удобрений [4], которые в своем составе имеют примеси, по типу тяжелых металлов (ТМ). Тяжёлые металлы способны накапливаться в почве, а оттуда попадать в грунтовые воды, растения и в окружающую среду в целом [1, 2]. Также одной из особенностей ТМ является их высокая токсичность для живых организмов, однако некоторые металлы являются необходимыми для растений в небольших концентрациях, такие как медь (Cu), цинк (Zn), железо (Fe) и др. для их роста и развития.

Загрязнение почв ТМ становится актуальным вопросом для поиска технологий по их снижению или сдерживанию на какой-то период времени. К такому способу относят технологию внесения биоугля, представляющий собой продукт пиролиза различных органических материалов и представляющий высокоуглеродистый продукт. Благодаря сорбционной способности биоуголь поглощает в себя соединения тяжелых металлов, тем самым не давая поступать им в растения [3].

В связи с этим цель работы, выявить влияния, внесенного в почву биоугля в дозах 1 и 3 кг/м^2 на содержание подвижных форм тяжелых металлов спустя пол года после его внесения, а также с применением минеральных и органических удобрений как на поле с дренажной системой и без нее.

В качестве объекта исследования были выбраны агротемногумусовые подбелы (Luvic Anthrosols), располагающиеся на овощной опытной станции Приморского края под овощным

севооборотом с применением глубокого дренажа (120 см) и без. В 2018 году был внесен биоуголь в дозах 1 и 3 кг/м^2. Биоуголь был произведен из остатков древесины берёз (*Betula Alba*). Образцы почв отбирали в начале (май) и в конце (октябрь) вегетационного периода. Также на поля вносили минеральное комплексное и органическое удобрение [3].

После внесения биоугля в агропочву во многих объектах исследования содержание ТМ начало снижаться (таблица). Содержание свинца снизилось в образцах с дренажом с внесением органических удобрений с 0,7 мг/кг до 0,1 мг/кг и в образцах с дренажом с внесением минеральных удобрений с 0,4 мг/кг до 0,1 мг/кг, а также без дренажа совместно с органическими удобрениями с 0,586 мг/кг до 0,490–0,487 мг/кг. Количество цинка уменьшилось во всех образцах с применением дренажа с 0,3 мг/кг до 0,2 мг/кг в контроле, однако он смог понизиться только с дозой 1 кг/м^2 с внесением органических удобрений с 11,3 мг/кг до 8,0 мг/кг и с 8,1 мг/кг до 7,1 мг/кг с внесением минеральных удобрений. Никель понизился во всех объектах исследования. Содержание меди понизилось во всех объектах исследования, кроме образцов с применением органических и минеральных удобрений и с дренажом. Концентрация железа снизилась во всех образцах исследования, кроме образцов без дренажа с применением удобрений. Количество марганца уменьшилось в объектах без внесения удобрений как с дренажом, так и без, и также с внесением минеральных удобрений с 266,4 мг/кг до 255,9–240,9 мг/кг. Однако содержание марганца в исследуемых агропочвах изначально превышала ПДК в 3–5 раз, что связано с высоким содержанием этого элемента в самих горных породах и является нормой для территории Приморского края [5].

Таблица

Подвижные формы тяжелых металлов (мг/кг) в агропочвах до и после внесения биоугля

Объект исследования	Pb	Zn	Ni	Cu	Fe	Mn
май 2018 (до внесения биоугля)						
Др контроль	0,559	2,4	0,127	0,043	22,5	242,9
Бдр контроль	0,545	3,7	0,102	0,118	24,8	250,5
октябрь 2018 (6 месяцев после внесения биоугля)						
Др контроль	0,379	0,3	0,086	0,200	21,5	193,3
Др 1кг	0,441	0,2	0,057	0,170	10,1	189,9
Др 3кг	0,459	0,2	0,053	0,067	6,2	189,4
Др контроль (орг)	0,700	11,3	0,120	0,485	37,1	221,9
Др 1кг (орг)	н/о	8,0	0,134	0,724	7,4	224,3
Др 3кг (орг)	0,100	11,8	0,118	0,615	15,4	239
Др контроль (мин)	0,400	8,1	0,149	0,452	14,6	198,9
Др 1кг (мин)	0,700	7,1	0,144	0,742	2,1	214,7
Др 3кг (мин)	0,100	9,9	0,153	0,559	7,8	222,5
Бдр контроль	0,586	1,4	0,116	0,253	18,8	266,4
Бдр 1кг	0,490	1,6	0,086	0,198	17,7	250,9
Бдр 3кг	0,487	1,7	0,091	0,189	16,2	240,9
Бдр контроль (орг)	0,300	5,6	0,181	0,633	23,5	277,9
Бдр 1кг (орг)	0,500	11,4	0,180	0,394	33,6	286,3
Бдр 3кг (орг)	0,400	8,8	0,164	0,245	25,1	296,1
Бдр контроль (мин)	0,300	9,1	0,186	1,430	27,8	229,9
Бдр 1кг (мин)	0,700	22,5	0,167	0,299	34,5	246,5
Бдр 3кг (мин)	0,500	17,9	0,186	0,218	36,7	237,9
ПДК	**6,0**	**23,0**	**4,0**	**3,0**	**-**	**100**

Примечание* Др – поле с дренажной системой; Бдр – поле без дренажа; 1 кг – внесение 1 кг/м^2 биоугля; 3 кг – внесение 3 кг/м^2 биоугля; (орг) - внесение органических удобрений (мин) – внесение минеральных удобрений.

Исходя из полученных данных, можно сказать, что загрязнение тяжелыми металлами превышающей ПДК было выявлено только у марганца во всех образцах. Внесение биоугля положительно отразилось на агропочвах спустя полгода и внесение его в дозах 1 и 3 кг/м^2 оказался эффективен благодаря своим сорбционным свойствам.

Список литературы

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях//Л: Агропромиздат, 1987.
2. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. М42 Тяжелые металлы в экосистемах / Саратов: «Ракурс», 2017. – 178 с.
3. Попова, А. Д. Применение биоугля как мелиоранта и его влияние на изменение физических свойств агропочв юга Приморского края / А.Д. Попова, В. А. Семаль, А. В. Брикманс, О. В. Нестерова, Ю. А. Колесникова, М. А. Бовсун // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. - №6. - С. 57-63.
4. Постников А. В., Чумаченко И. Н., Кривопуст Н. П. Влияние различных форм фосфорных удобрений на плодородие и накопление тяжелых металлов в почвах и растениях // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. М. : Изд-во РАСХН Агроэколас, 1994. С. 53–66.
5. Радкевич Е.А., Берсенев И.И., Бурдэ А.И. Основные черты геологии и металлогении Приморья. Владивосток: Дальневост кн. изд-во, 1968., 103 с.

Иванкова А.И., Костин Д.В.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ВО ФРАКЦИЯХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОДБЕЛОВ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикманс

Органический углерод почв – вещество, главным образом влияющее на плодородие почв. Он регулирует циркуляцию калия, фосфора, азота и других микроэлементов, необходимых почвенным микроорганизмам [1]. Гранулометрический состав почв – соотношение почвенных частиц разного размера, отвечающее за многие свойства почв, в их числе плодородие [2]. Организация распределения органического углерода представляет интерес не только в почвенном горизонте, но и на более низком уровне – во фракциях гранулометрического состава. Взаимосвязи, выделенные в ходе эксперимента, могут использоваться в сельскохозяйственных целях, к примеру – для определения наиболее плодородных почв.

В связи с этим, цель работы – определение органического углерода почв во фракциях гранулометрического состава агротемногумусовых подбелов с применением глубокого дренажа и без него, в начале (май) вегетационного периода в 2018 году.

Объектом исследования послужили почвы – агротемногумусовые подбелы Приморской овощной опытной станции с применением дренажа (глубина 120 см).

Гранулометрический анализ почв выполнен методом Н.А. Качинского [2]. Углерод определялся методом мокрого сжигания по И.В. Тюрину [1].

Исследования показали, что гранулометрический состав почв на дренаже в мае и октябре является суглинком тяжелым (таблица 1). Минимальное содержание частиц пришлось на фракцию мелкого песка – от 5% до 15%.

Максимум частиц содержит фракция крупной пыли – 35-49%. Фракция ила варьирует в пределах 10-16%. Сумма фракций физического песка варьирует от 51 до 59%.

Таблица 1

Описательная статистика гранулометрического состава мелкозема агротемногумусовых подбелов, 2018 г.

Дренаж, май									
Фракция, мм / Параметр	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	>0,01	<0,01	Название по Н.А. Качинскому [2]
Среднее	4,2	12,9	37,8	13,6	19,1	12,5	54,7	45,3	Суглинок тяжелый
Стандартная ошибка	0,2	0,5	0,9	0,4	0,7	0,3	0,9	0,9	
Мода	4	13	35	13	22	13	52	48	
Стандартное отклонение	0,6	1,6	3,1	1,3	2,2	1	2,9	2,9	
Дисперсия выборки	0,4	2,7	9,9	1,8	4,9	1,1	8,9	8,9	
Минимум	3	10	35	12	15	11	51	41	
Максимум	5	15	44	16	22	14	59	49	
Без дренажа, май									
Среднее	1,5	1,3	41,1	18	23	15	43,9	56,1	Глина легкая
Стандартная ошибка	0,1	0,3	0,8	0,7	0,9	0,6	0,5	0,5	
Мода	1	2	41	17	25	15	42	58	
Стандартное отклонение	0,5	1,1	2,6	2,3	3	2,1	1,8	1,8	
Дисперсия выборки	0,2	1,3	6,7	5,5	9,1	4,4	3,4	3,4	
Минимум	1	0	38	13	19	12	42	53	
Максимум	2	3	46	21	27	19	47	58	
Дренаж, октябрь									
Среднее	1,1	9,3	43,5	15,1	19,5	11,1	54,2	45,8	Суглинок тяжелый
Стандартная ошибка	0,1	1	1	0,8	1,2	0,5	0,6	0,6	
Мода	1	10	45	16	19	10	53	47	
Стандартное отклонение	0,3	3,2	3,2	2,7	3,9	1,8	2,2	2,2	
Дисперсия выборки	0,1	10,4	10,7	7,4	15,6	3,4	4,8	4,8	
Минимум	1	5	37	9	12	10	52	41	
Максимум	2	14	49	18	28	16	59	48	
Без дренажа, октябрь									
Среднее	3,1	7,8	37	16,8	21,3	14	47,9	52,1	Глина легкая
Стандартная ошибка	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	
Мода	3	7	35	18	22	15	49	51	

Стандартное отклонение	0,3	0,9	1,5	1	1,1	1	1,2	1,2	
Дисперсия выборки	0,1	0,8	2,4	1	1,3	1,1	1,6	1,6	
Минимум	3	7	35	15	19	12	45	51	
Максимум	4	9	39	18	23	15	49	55	

На агротемногумусовых подбелах без дренажа гранулометрический состав почв является глиной легкой. Минимальное содержание частиц пришлось на фракцию мелкого песка – от 5% до 15%. Максимум частиц содержит фракция крупной пыли – 35-49%. Фракция ила варьирует в пределах 12-19%. Сумма фракций физического песка варьирует от 51 до 59%.

Органический углерод почв в агротемногумусовых подбелах составлял 2,1% на дренаже в мае и 3,4% в октябре (таблица 2). На бездренажной системе – 2,26% в мае и 2,6% в октябре.

Таблица – 2

Содержание органического углерода во фракциях гранулометрического состава агропочв, %

Фракция, мм	С, %	Содержание углерода в почвах, %	С, %	Содержание углерода в почвах, %
Дренаж, май			Дренаж, октябрь	
1-0,05	0,179	2,1	0,101	3,4
0,05-0,01	0,216		0,188	
0,01-0,005	0,214		0,213	
0,005-0,001	0,259		0,248	
<0,001	0,324		0,243	
Без дренажа, май			Без дренажа, октябрь	
1-0,05	0,243	2,26	0,127	2,6
0,05-0,01	0,290		0,113	
0,01-0,005	0,271		0,117	
0,005-0,001	0,326		0,132	
<0,001	0,396		0,118	

Содержание органического углерода во фракциях гранулометрического состава увеличивается с уменьшением размера почвенных частиц. В мае наибольшее значение приходится на фракцию крупного и среднего песка (1-0,05 мм), а меньшее – на фракцию ила (<0,001 мм) вне зависимости от дренажной системы. Илистые частицы обладают большей сорбционной способностью, поэтому максимум содержания пришелся на фракцию ила.

В октябре с дренажной системой и без нее максимум органического углерода приходится на фракцию мелкой пыли (0,005-0,001 мм). В конце вегетационного периода по сравнению с маем содержание органического углерода уменьшается со сбором урожая.

Список литературы

1. Шеин Е.В., Карпачевский Л.О. Теории и методы физики почв, 2007.
2. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965.

Игнатьева В.А.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ИСТОЧНИКИ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (ПАУ) В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

[1]Научный руководитель - к.б.н., доцент Н.А. Рыбачук, соруководитель – к.х.н. Т.Л. Чижова (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН)

Залив Петра Великого (ЗПВ) - крупнейший из заливов в северо-западной части Японского моря, здесь расположена большая часть населенных пунктов, железные дороги, морские порты: Владивосток и Находка, предприятия горнодобывающей, судоремонтной, рыбообрабатывающей, энергетической, строительной, пищевой и легкой промышленности, хорошо развито сельское хозяйство. Основные источники загрязнения акватории – водосброс предприятий и коммунальных хозяйств в реки и другие водотоки, ливневая канализация, сбросы с судов, неорганизованные или незарегистрированные источники, аварийные ситуации, оседание взвешенных частиц из атмосферы. Донные отложения залива Петра Великого загрязнены ртутью, ТМ, пестицидами, ПАВ, НУ, а также ПАУ, которые являются суперэкотоксикантами [1]. Эти вещества, обладая устойчивостью к деградации, накапливаются в донных отложениях перераспределяются во всех компонентах водной системы. ПАУ, входя в состав донных отложений, попадают в бентосные организмы [2] и через трофические цепи способны попадать в пищу человека. В России контролю подлежит только бенз(а)пирен, тогда как в США в список веществ, приоритетных для контроля, включены 16 ПАУ, а в Европе – 6 [3]. Содержание, распределение, и природа поступления ПАУ в донных отложениях Залива Петра Великого изучена слабо.

Целью работы была оценка загрязнения донных отложений залива Петра Великого ПАУ и определение факторов, влияющих на распределение этих веществ в акватории.

Отбор проб донных отложений залива Петра Великого производился с помощью бокс-корера (box-corer) в рамках экспедиций ТОИ ДВО РАН в ноябре-декабре 2022. Образцы помещали в герметичные зип-пакеты и замораживали, затем лиофилизировали. Измельчение велось с использованием шаровой мельницы. В дальнейшем проводилась УЗ экстракция навески (10 гр) и анализ содержания ПАУ методом ВЭЖХ с флуоресцентным детектированием. Содержание органического углерода определялось методом ИК-спектроскопии.

Содержание ПАУ варьируется в пределах от 17,95 до 2071,22 мкг/кг. Наибольшая концентрация ПАУ наблюдается в Амурском и Уссурийском заливах и спадает в шельфовой зоне. Это связано с близостью городских и промышленных территорий г. Владивостока. Следует отметить, пятикратное увеличение содержания ПАУ в донных осадках бухты Десантная со стороны пляжа бухты Стеклянная (станция 85-19), что может быть связанно с загрязнением от комплекса по переработке и утилизации твёрдых бытовых отходов города Владивосток, расположенного в непосредственной близости.

В донных отложениях преобладают полиарены с 4 кольцами (флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен), меньше всего в донных осадках содержится нафталина, содержащего 2 бензольных кольца. В водной среде низкомолекулярные ПАУ, как правило, находятся в растворенной форме, а высокомолекулярные (4–6 колец) сорбируются на взвесь, что и обусловило их высокую долю в исследуемых донных отложениях [3]. Помимо этого, низкомолекулярные соединения ПАУ более доступны для деградации микроорганизмами, что могло привести к уменьшению процентного содержания соединений с 2-3-мя кольцами.

Считается, что маркерные соотношения BaA/(BaA+Chr) и Flu/(Flu+Pyr) >0,35 и >0,5 соответственно указывают происхождения полиаренов, вследствие лесных пожаров или путём сжигания ископаемого топлива, значения <0,2 и <0,4 соответственно – свидетельствуют о петрогенном (нефтяном) происхождении [4]. Для всех исследуемых образцов донных отложений значения маркера BaA/(BaA+Chr) указывали на преобладание ПАУ пирогенного происхождения. Значения Flu/(Flu+Pyr) маркера идентифицировали, что большая часть ПАУ была продуктом сгорания биомассы и угля, что связано с наступлением отопительного сезона и значительными выбросами ПАУ при сжигании топлива в котельных и частных хозяйствах.

В целом сумма ПАУ хорошо коррелирует с содержанием в донных отложениях органического углерода, с увеличением количества органики в донных отложениях растёт и концентрация ПАУ, что свидетельствует о сорбции ПАУ на поверхности мелкодисперсных органических молекул и их совместном горизонтальном переносе (осаждении) [2].

Список литературы

1. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Ленинград: гидрометеоиздат, 1988. 226 с.

2. Петрова В.И. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в донных осадках Мирового океана. С.-Петербург, 1998. 296 с.

3. Чижова Т.Л., Кудряшова Ю.В., Прокуда Н.А., Тищенко П.Я. Распределение ароматических углеводородов в воде, взвеси и донных отложениях рек залива Петра Великого. Владивосток: Вестник ДВО РАН, 2013. С. 149–155.

4. Yunker MB, Macdonald RW, Vingarzan R, Mitchell RH, Goyette D, Sylvestre S PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition // Org Geochem . - 2002. - №33. - С. 489–515.

Исакова Д.А.[1], Кудряшова Ю.В.[2], Чижова Т.Л.[2], Полоник Н.С.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

[1]Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
[2]Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН
Научный руководитель – к.б.н. В.Г. Трегубова

Залив Петра Великого является самым большим заливом российской части Японского моря. Вдоль береговой линии залива расположена большая часть населенных пунктов, морские порты Владивосток и Находка, различные предприятия тяжелой и легкой промышленности, развито сельское хозяйство. В прибрежные воды залива поступают сточные воды, содержащие многокомпонентные смеси загрязняющих веществ минерального и органического происхождения. Это негативно сказывается на окружающей среде.

Формирование донных отложений отражает всю совокупность процессов, протекающих как в водоеме, так и на его водосборной площади. Благодаря этому можно определить характер, степень и глубину проникновения в них загрязняющих веществ, изучить закономерности процессов

самоочищения водоемов и водотоков, выявить источники вторичного загрязнения и учет воздействия антропогенного фактора на водные экосистемы.

Одним из индикаторов этих процессов является органическое вещество, которое поступает в донные отложения. Органическое вещество может иметь разное происхождение и разную степень трансформации. Органо-геохимические индексы на основе молекулярного состава алканов (насыщенных алифатических углеводородов) позволяют оценить генезис поступающего органического вещества, их источники, соотношение аквагенных и терригенных компонентов, степень преобразования и пути переноса осадочного материала.

Целью данной работы являлось установить источники алифатических углеводородов в донных отложениях залива Петра Великого и оценить их загрязнение нефтепродуктами.

Для выполнения данной работы в ходе экспедиций на НИС «Профессор Гагаринский» (рейс 83, 84 и 85 (2022г.)) было отобрано 25 образцов поверхностных донных отложений в Амурском и Уссурийском заливах, а также в зоне открытого шельфа залива Петра Великого.

Анализ общего органического углерода (Сорг) проводился методом высокотемпературного каталитического окисления. Определение н-алканов было выполнено с помощью метода газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием. Содержание нефтепродуктов определялось методом спектофлуориметрии (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98) [1].

Результаты показали, что массовая доля органического углерода изменялась от 0,2 до 2,7%. Максимальные значения концентраций органического углерода были обнаружены в Амурском заливе, что обусловлено большим речным стоком по сравнению с Уссурийским заливом и шельфом залива Петра Великого.

На большинстве станций состав алканов в донных отложениях имел мономодальное распределение с преобладанием соединений н-C_{14} и н-C_{16}. Доминирование низкомолекулярных четных алканов является индикатором автохтонного происхождения органического вещества, продуцируемого микроорганизмами. Низкие значения индекса CPI также подтверждают автохтонный генезис. В донных отложениях некоторых станций Амурского залива алканы проявили бимодальное распределение с максимумами для н-C_{14} и н-C_{16} и в высокомолекулярной области C_{25} – C_{29} с преобладанием нечетных гомологов, что свидетельствует о притоке терригенного органического вещества. Увеличенные значения молекулярных геохимических индикаторов (CPI и TAR) были показаны для станций, находящихся под влиянием речного стока (р. Раздольной и р. Туманной).

Концентрации нефтепродуктов варьировались от 3,7 до 184 мг/г. Среднее содержание нефтепродуктов уменьшалось в следующем ряду: Уссурийский залив – Амурский залив – шельфовая зона залива Петра Великого, что отражает интенсивность рыболовецкого судоходства и морских грузоперевозок. Наибольшая концентрация была найдена на ст. 8519 рядом с бухтой Горностай, расположенной около внешнего рейда порта Владивосток, и обнаруженный максимум загрязнения, вероятно, связан со сливом нефтепродуктов и льяльных вод со стоящих на рейде различных судов.

Список литературы

1. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, срочных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02» (М 01-05-2012)

Кириллова А.А., Гуменюк Ю.Д.

ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикманс

Фосфор – один из важнейших биогенных элементов, необходимых для жизнедеятельности живых организмов. Влияние фосфора на жизнь растений весьма многосторонне. При нормальном фосфорном питании значительно повышается урожай и улучшается его качество. Фосфор повышает зимостойкость растений, ускоряет их развитие и созревание. Например, созревание зерновых культур ускоряется на 5–6 дней, что особенно важно для районов, где они не вызревают до наступления низких температур [1].

Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений - она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, что особенно важно для засушливых условий [1]. Фосфорное питание регулирует темпы роста и развития растений. Данные о содержании подвижного фосфора в почвах являются показателями эффективного плодородия почв.

В связи с этим целью работы является провести оценку обеспеченности аллювиальной агрогумусовой типичной почвы подвижным фосфором.

Объектом исследования являлись аллювиальные агрогумусовые типичные почвы поймы реки Ингоды, отобранные в Забайкальском крае, г. Чита, на территории НОТ №3 «Объединение». Ниже приведено морфологическое описание почв.

Р (0-27 см) неоднороднookрашенный, плавно осветлённый книзу, от темно-коричневого к серовато-коричневому, легкосуглинистый, зернистый, рыхлый, многочисленные включения в виде корней растений, свежий, переход неявный, граница языковатая; I (27–35 см) неоднороднookрашенный за счёт потёков гумуса из вышележащего горизонта, оливково-коричневый, супесчаный, непрочно-зернисто-ореховатый, рыхлый, единичные включения в виде корней растений, свежий, переход явный, граница ровная; 1[AY] (35–40 см) однороднookрашенный, очень тёмный серовато-коричневый, среднесуглинистый, непрочно-зернисто-ореховатый, рыхлый, единичные включения в виде корней растений, свежий, переход явный, граница ровная; II (40–70 см) однороднookрашенный, светлый серовато-коричневый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, единичные включения в виде корней растений, свежий, переход неявный, граница волнистая; 2[AY] (70 см и ниже) однороднookрашенный, тёмный оливково-коричневый, среднесуглинистый, непрочно-ореховатый, плотнее вышележащего, единичные включения в виде корней растений, свежий.

При исследовании почвенных образцов были выбраны следующие методы, кислотно-щелочные свойства почв определялись потенциометрическим методом с помощью pH-метра Mettler Toledo [2]. При определении доступного фосфора растениям был выбран метод Кирсанова [3].

Исследования показали, что при рассмотрении актуальной и обменной кислотности почвы имеют слабокислую среду. Показатель pH–5,36 (табл. 1) пахотного горизонта входит в интервал благоприятный для роста томатов [4]. По содержанию доступных фосфатов в пахотном горизонте – 48 мг/ 100 г почвы можно говорить о высокой обеспеченности почвы этим элементом при выращивании овощных культур [5]. Также можно наблюдать высокое содержание подвижного фосфора по всему профилю почвы (27–56,5 мг/ 100 гр почвы). Такое явление могло стать следствием частых колебаний уровня грунтовых вод и сезонных паводков, а также не регулируемым внесением минеральных фосфорных удобрений в почву.

Таблица 1

Кислотностно-щелочные свойства и содержание подвижного P_2O_5, мг/100 г почвы в аллювиальной агрогумусовой типичной почве

Горизонт	Глубина, см	pH		P_2O_5 мг/ 100 гр почвы
		H_2O	KCl	
P	0-27	5,36	4,68	48,0
I	27-35	5,63	4,86	56,5
1[AY]	35-40	5,43	4,77	39,0
II	40-70	5,05	4,28	27,0
2[AY]	70 и ниже	5,22	3,82	37,0

Таким образом, исследуемые почвы обладают высокой обеспеченностью доступными фосфатами, что свидетельствует об отсутствии необходимости применения фосфатных удобрений.

Список литературы

1. Минеев В.Г., Агрохимия: учеб. М.: Наука, 2004. - 719 с.
2. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.
3. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.
4. Ягодин Б. А., Агрохимия. М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
5. Аринушкина Е.В., Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. - 478 с.

Воробьева Н.А.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ В РАМКАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРАРНОГО СЕКТОРА: ОПЫТ ЯПОНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИИ

Кафедра почвоведения Института мирового океана ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н., доцент О.В. Нестерова

На сегодняшний день в мировой практике широко распространены агроэкосистемы. Причем в научных исследованиях наблюдается активизация работ по изучению трансформаций агроэкосистем в сторону внедрения цифровых технологий.

Целью исследования является разработка практических решений, направленных на развитие цифровой трансформации агроэкосистем в условиях цифровизации аграрного сектора России, используя зарубежный опыт (Япония).

Проведя анализ теоретических аспектов понятия «агроэкосистема», было определено, что именно цифровизация является признанным методом улучшения современных агроэкосистем. Обозначим общее толкование понятия «современная цифровая агроэкосистема» – это система рационального взаимодействия заинтересованных субъектов по оптимальному использованию биологических, природных, материальных, финансовых, социальных, трудовых, образовательных, научных ресурсов в интересах всех участников на основе научно-обоснованной интеграции информации, алгоритмов и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему.

На примере практического опыта зарубежных стран возможно выявить действенные параметры

для создания оптимальных цифровых агроэкосистем в России.

В данной связи примечателен опыт Японии. Эта страна, где сельское хозяйство занимает небольшую долю в экономике (1,2% от ВВП и 3,1% занятого населения, 2020 г.), однако, в Японии сельское хозяйство представляет собой не отдельный сектор экономики, оно успешно интегрировано в общую систему – аграрный сектор Японии является базой последующего добавления стоимости в процессе переработки, производства продуктов питания в рамках вторичного сектора, а также распространения сельхоз продукции до конечного потребителя в третичном секторе. Это так называемый «шестеричный сектор», который направлен на расширение возможностей сельского хозяйства как интегрированной отрасли от первичного до третичного сектора. То есть суммарная доля первичного сектора и отраслей вторичного и третичного секторов, сопряженных с продуктами питания («шестеричный сектор» – аграрный сектор) в ВВП Японии достигла к 2020 г. 9,8%, а количество занятых – 8,31 млн чел. [3]. Во многом этого удалось добиться благодаря плановой политике государства. Аграрный сектор Японии страдает от огромного количества проблем (низкий уровень самообеспеченности продовольствием, отток населения из села, старение населения, сокращение пахотных земель и др.), в данной ситуации на помощь приходит повсеместное внедрение инноваций и процесс цифровизации аграрной сфере, который принес свои плоды. В рамках реализации госпрограмм сделано многое: осуществлен переход к практической реализации «умного» земледелия (Smart Agriculture), активное использование робототехники, внедрение информационных систем (например, Potato cultivation management using ICT), тепличное фермерство нового поколения (Next-Generation Greenhouse Horticulture), органическое земледелие (Organic Agriculture), продвижение программы национальной кухни Васёку, образовательные фермы (Food Education) и др.

В России приоритетной является задача по повышению эффективности аграрного сектора путем активного использования цифровых технологий. Основные направления государственной политики в направлении цифровизации отражены в Федеральном проекте «Цифровые технологии» [1]. Государственная политика относительно цифровизации сельского хозяйства представлена ведомственным проектом «Цифровое сельское хозяйство». Согласно проекту «Цифровое сельское хозяйство» доля регионов России, внедривших цифровое отраслевое планирование сельхозпроизводства на основе цифровой платформы «Цифровое сельское хозяйство», с 6% в 2020 г. должна вырасти до 00% в 2024 г. [2].

На сегодняшний день анализируя статистические данные регионов, можно отметить, что в российской аграрной сфере довольно много текущих проблем, многие из которых связаны с деградацией почв, поэтому эффективность цифровизации агроэкосистем зависит, прежде всего, от оптимального планирования набора системных параметров агроэкосистемы. Цифровизация агроэкосистем региона помогает повысить урожайность, эффективность использования с/х территорий. Для оптимизации урожайности необходимо создание многопрофильной системы, которая проводит плановый мониторинг свойств почв региона (гранулометрический состав, содержание органического вещества и прочее), определяет внесение удобрений, отслеживает погоду со спутника и прочее.

В этом направлении уже есть ряд наработок. Например, сейчас идет создание агроэкосистемы, которая поможет ускорить цифровизацию российского сельского хозяйства и поможет фермерам управлять агроресурсами, экономикой предприятий и сельхозтехникой. Этот проект реализует российская экосистема сервисов «Диджитал агро», ее ключевой продукт «Агросигнал» и Cognitive Pilot – разработчик систем для беспилотного управления техникой**.** Агроэкосистема объединит в единый комплекс: *интерфейс*, алгоритмы анализа и обработки больших данных (Big Data), а также мобильные

приложения для пользователей от «Диджитал Агро», *программно-аппаратный комплекс* Cognitive Agro Pilot – систему автономного управления сельскохоз техникой на базе технологий искусственного интеллекта (AI), *цифровую платформу* «Агросигнал» для сбора телеметрических данных.

С помощью агроэкосистемы хозяйства смогут решать большинство практических задач в одном интерфейсе и использовать накопленные агрономические знания и современные технологии в области почвоведения, рационально использовать технику и повысить контроль за выполнением сельхоз работ.

Следует отметить, что для более рационального использования зарубежных наработок в российской практике является эффективным создание единой системы, координирующей создание и работу цифровых агроэкосистем в регионах. Эта система должна иметь плановые параметры функционирования на перспективу, координироваться в зависимости от внешних факторов. Именно такой плановой составляющей сейчас не хватает создаваемым точечным агроэкосистемам в различных регионах России.

Список литературы

1. Андиева, Е. Ю. Цифровая экономика будущего, индустрия 4.0 / Е. Ю. Андиева, В. Д. Фильчакова // Прикладная математика и фундаментальная информатика. – 2016. – № 3. – С. 214–218.

2. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.

3. Summary of the Annual Report on Food, Agriculture and Rural Areas in Japan. [Электронный источник] – URL:https://www.maff.go.jp

---

Шамкин Н.С.

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – д.г-м.н., профессор В.Т. Старожилов

На Дальнем Востоке большое количество земель используется под сельское хозяйство. Чтобы определить их пригодность для обработки и эксплуатации, необходимо знать те основные показатели, по которым осуществляется государственный мониторинг почвенного плодородия и вычисляется его коэффициент. К ним относят: кислотность почв (pH, ед.), содержание гумуса (%), содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5 , мг/кг почвы), содержание обменного калия (K_2O , мг/кг почвы) [1]. На примере целинного участка расположенном в Артёмовском городском округе будет произведена оценка пригодности для сельского хозяйства. Полученные данные станут основой для дальнейшего хозяйственного освоения территории.

Целью работы является оценка параметров естественного плодородия земельного участка и возможности его повышения для сельскохозяйственного использования.

Объектом исследования стали почвы участка с кадастровым номером 25:27:010001:234, находящегося в Приморском крае, в Артёмовском городском округе. Были заложены прикопки в четырёх точках: 1-22(2 горизонта), 2-22(2 горизонта), 3-22(2 горизонта), 4-22(2 горизонта). Всего 8 образцов.

При исследованиях на участке была применена морфогенетическая методика исследования разрезов по [3]. Название горизонтам почв давалось по классификации 2004 года [2].

Под разреженными дубняками с хорошо развитым кустарниковым ярусом и кустарниковыми зарослями формируются темно-бурые иллювиально-гумусовые бурозёмы. В профиле этих почв под подстилкой выделяется темно-серый иллювиально-гумусовые бурозёмы. В профиле этих почв под подстилкой выделяется тёмно-серый до чёрного аккумулятивно-гумусовый горизонт мощность 6-10 см, который переходит в подгумусовый иллювиальный горизонт с явно выраженной потёчностью и иллювированием гумуса, о чём свидетельствуют буровато-серая окраска и языковатый характер перехода этого горизонта в нижележащую часть профиля, его высокая гумусированность в местах повышенной щебнистости и ходов корней [4].

Полученные материалы исследований могут быть использованы при дальнейшем освоении участка, например, для формирования на нём пашен, огородов, садов, в целом его ландшафтного планирования и пространственного развития.

Список литературы

1. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. № 325 «Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации».
2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 2004. – 342 с.
3. Гаврилюк Ф.Я. Полевое исследования и картирование почв. / Гаврилюк Ф.Я. Москва: Высшая школа, 1963. – 235 с.
4. Латышева Л.А. Морфологическое разнообразие буроземов прибрежно-островной зоны юга Приморья / Л.А. Латышева // ВЕСТНИК КРАСГАУ. – 2008 г. –№4. – С.45-50.

Ягова В.И.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ПОЧВ Г.ТУМАННАЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н. В.Г. Трегубова

Почвенный поглощающий комплекс, особенно его коллоидная фракция, определяет поглотительную способность почвы. Так с увеличением дисперсности почвы возрастают её удельная поверхность и поверхностная энергия, это увеличивает химическую активность и ёмкость обмена [3].

Почвенный поглощающий комплекс играет существенную роль в почвообразовательных процессах, в эволюции и генезисе почв. Многие свойства почвы, которые определяют уровень почвенного плодородия, в значительной мере зависят от природы и состава почвенного поглощающего комплекса [2].

Поэтому исследования почвенного поглощающего комплекса имеют большое значение не только для разработки наиболее эффективных приёмов улучшения и использования земель, но и, прежде всего, для изучения генетических особенностей почв.

Целью данной работы стали анализ и характеристика почвенного поглощающего комплекса почв г. Туманная Приморского края.

Впервые был изучен почвенный поглощающий комплекс почв г. Туманная.

Задачи:

1. Рассмотреть понятие поглотительной способности и ее значение.
2. Проанализировать кислотно-основные свойства почв.
3. Определить состав обменных катионов и емкость катионного обмена.
4. Дать характеристику почвенного поглощающего комплекса почв.

При изучении актуальной и обменной кислотности образцов потенциометрическим методом были получены значения в диапазонах от 5,01 до 6,01 и от 3,64 до 5,68. Анализируемые почвенные образцы взяты из почв, расположенных на склонах, разной крутизны и разной экспозиции г. Туманной. При морфологическом исследовании почвы были определены как буроземы и подбуры.

Для этих почв характерна слабокислая и кислая реакция среды.

Вытеснение обменных оснований аммонийным ионом ацетата аммония методом Шолленбергера [1] показало, что степень насыщенности почв основаниями варьируется от 30% до 91,6%. Этот показатель почв свидетельствует, что исследуемые почвы относятся к буроземному типу почвообразования.

Изучение основного параметра почвенного поглощающего комплекса – емкости катионного поглощения показало диапазон значений от 20,8 мг-экв. на 100 г почвы до 60,8 мг-экв. на 100 г почвы.

На реакцию среды почвы влияют общая направленность почвообразовательного процесса, химический и минералогический состав почвы, содержание и состав органического вещества, состав обменных катионов, наличие или отсутствие солей, жизнедеятельность живых организмов, состав почвенного воздуха и влажность почвы.

В свою очередь, от реакции среды зависят свойства почвы и характер процессов, протекающих в ней. С реакцией среды связаны растворимость многих соединений и доступность элементов питания растениям, жизнедеятельность микроорганизмов, образование гумусовых кислот, распад и синтез минералов. От реакции среды зависят подвижность минеральных и органических веществ почвы, что создает предпосылки для вовлечения их в миграционные потоки.

Любая почва способна поглощать и удерживать разнообразные вещества, приходящие с ней в соприкосновение. Важнейшую роль в этом процессе выполняет почвенный поглощающий комплекс (ППК). Реакция обмена между ионами почвенного раствора и ионами, удерживаемыми ППК, - наиболее характерная особенность ППК как составной части почвы.

Состав почвенного поглощающего комплекса определяет реакцию почвенной среды и ее стабильность. Практически все почвы в составе обменных катионов содержат кальций и магний, причем как показали данные анализов Ca^{2+} преобладает над Mg^{2+}.

Список литературы

1. Е.В. Аринушкина: Руководство по химическому анализу почв. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Издательство Московского Университета 1970.
2. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч./Под П65 ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование/Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. — М.: Высш. шк., 1988. — 400 с: ил.
3. Орлов Д. С. Химия почв: Учебник. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 376 с.

Морозенко Е. А.[1], Ведяшкин М. М.[2], Глинщиков В. М.[3], Лындякова А. П.[4], Гилёв А.М.[5]

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАММОФОСА, КАК МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ГИДРОПОНИКИ

[1] МБОУ «Гимназия № 1 г. Владивостока»
[2] МАОУ «Гимназия № 6 г. Томска»
[3] Университетская школа ДВФУ
[4] МБОУ СОШ № 14 г. Уссурийска
[5]Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель — к.б.н., доцент А.В. Брикманс

Сейчас в России становится популярным выращивание растений с использованием беспочвенных технологий, таких как гидропоника. Гидропоника — это выращивание растений без грунта, на питательных растворах. Для гидропонных установок необходимы удобрения, которые имеют правильное соотношение питательных элементов. Большинство удобрений для выращивания в гидропонике, используемых в России, закупаются за рубежом, что в свою очередь повышает цену на их импорт. Завышенная цена на минеральные удобрения для гидропоники повышает затраты, и, как следствие, снижается рентабельность предприятий по выращиванию растений.

На российском рынке практически отсутствуют аналоги минеральных удобрений для гидропонных систем, что в свою очередь может стимулировать задумку и разработку отечественных удобрений для беспочвенного выращивания растений. Разработка удобрений позволит снизить затраты на покупку удобрений для тепличных предприятий и владельцам домашней гидропоники. Также в настоящее время существует множество сухих минеральных удобрений на российском рынке, однако все они предназначены для почвы.

Для решения данной проблемы предлагается применить минеральное удобрение (диаммофос) в гидропонику в качестве минерального питания растений.

Объектами исследования являются минеральное комплексное удобрение (диаммофос), которое включает в себя азот, фосфор, калий в соотношении 10:26:26, а также трёхкомпонентное минеральное удобрение GHE- Terra Aquatica Tripack Flora Series (иностранного производителя). В его состав входят азот нитратный, азот аммонийный (в сумме 8%), фосфор, калий в соотношении 8:6:13,3.

Одно из достоинств диаммофоса в том, что весь содержащийся в нём азот находится в аммонийной форме. Это действительно хорошо, т.к. нитратный азот является возбудителем некоторых болезней человека. Диаммофос содержит и набор микроэлементов: магний, серу, кальций. Также преимуществом является то, что диаммонийфосфат отлично работает в почвах с повышенной кислотностью, когда большинство удобрений при такой реакции среды малоэффективны. Самым важным для нас преимуществом диаммонийфосфата является его низкая стоимость. Цена на него небольшая, а расход длительный. Для эксперимента сухое минеральное удобрение развели 10 грамм на 1 литр. Для внесения в гидропонику из исходного раствора брали 30 мл на 1 литр.

Исследования показали, что по кислотно-щелочным свойствам раствор диаммофоса показал значение 6,47 (таблица), что соответствует близкой к нейтральной реакции среды, иностранное удобрение (GHE- Terra Aquatica Tripack Flora Series) по pH среде показало слабокислую реакцию среды (6,16). Большинство растений предпочитают нейтральную и близкую к ней реакцию среды [3].

Таблица

Сравнительные показатели и характеристики питательных растворов

Удобрение	Содержание азота, %	Содержание фосфора, %	pH раствора
Иностранное удобрение	8	6	6,16
Иностранное удобрение (разведение в соответствии с рекомендациями производителя)	0,24	0,53	6,56
Диаммофос	10,0	26	6,47
Диаммофос (с разведением 30 мл на 1 л)	0,3	0,78	7,03

По результатам анализа узнали, что удобрение с диаммофосом содержит больше азота, чем иностранное. Фосфора содержится в растворе диаммофоса больше, чем в купленном минеральном удобрении. Кислотность среды диаммофосного удобрения более комфортна для многих растений, чем кислотность иностранного удобрения [3].

Был проведён вегетационный опыт: в гидропонную установку были высажены ростки базилика. В два разных бака в нужных концентрациях были залиты минеральное иностранное удобрение и минеральное удобрение, основанное на диаммофосе.

По итогам роста базилика выявили, что по состоянию объектов исследования длина побега, состояние корней, окраска листьев и т.п. приблизительно одинаковы. Это значит, что удобрение с диаммофосом может обеспечивать нормальное питание растений.

В результате мы узнали, что удобрение, состоящее из диаммофоса, возможно использовать для питания растений в гидропонике, однако растения будут испытывать дефицит по некоторым микроэлементам, а значит дополнительно необходимо будет внести их в гидропонику.

Авторы выражают благодарность компании ООО «ИНОФАРМ-ДВ» за возможность проведения эксперимента.

Список литературы

1. Минеев В.Г., Агрохимия: учеб. М.: Наука, 2004. - 719 с.
2. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.
3. Ягодин Б. А., Агрохимия. М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.

Тютина В.А[1], Семенчук Н.А.[2]

КОМПЛЕКСНЫЙ АГРОХИМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОДБЕЛОВ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

[1]Кафедра биологии почв факультета почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

[2] Кафедра водных биоресурсов и аквакультуры, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет

Научный руководитель - к.б.н., доцент В.А. Семаль

Современные условия использования пахотных земель, включая частную собственность, возможность купли-продажи, а также необходимость требований государственного надзора за качественным и рациональным природопользованием предопределяет обязанность регистрации исходного (на данный момент) агрохимического состояния почвы и учета последующей трансформации. На первое место выходит задача определения уровня плодородия. Один из методов оценки плодородия агрогенного горизонта - это определение комплексного агрохимического показателя (КАП) [2].

Цель: выявить изменения показателей свойств агротёмногумусовых подбелов юга Приморского края при внесении органических и минеральных удобрений с наличием/отсутствием дренажной системы и рассчитать комплексный агрохимический показатель. Для выполнения цели стояли задачи: получить данные по физико-химическим свойствам почв (потенциальная, гидролитическая кислотность, степень насыщенности почв основаниями,); получить данные по химическим свойствам почв (общий органический углерод, подвижные формы фосфора и калия); оценить влияние внесения удобрений на изменение физико-химических и химических свойств агротёмногумусовых подбелов на дренажной и бездренажной системах с помощью рассчитанного комплексного агрохимического показателя.

Объектом является агротемногумусовый подбел (Luvic Anthrosols, подзолисто-буроземные почвы) опытного поля ФГБНУ «Приморская овощная опытная станция ВНИИО», с. Суражевска Приморского края. Анализируются два поля - с системой дренажа и без системы дренажа (глубина дренажа 120 см). Каждое поле разбито на 6 экспериментальных площадок (3 на поле с дренажом и 3 на поле без дренажа), по 1 на каждый вариант: 2 контрольные площадки без внесения удобрений, 2 площадки с внесением органических удобрений, 2 площадки с внесением минеральных удобрений. Всего было отобрано и проанализировано 24 почвенных образца в течение 2 вегетационных периодов. На каждом поле вносилось органическое удобрение (Гигантин, 12,5 т/га) и минеральное удобрение (аммиачная селитра с содержанием азота 34%; аммофос с содержанием фосфора 50% и азота 10%; хлористый калий с содержанием калия 60%). Оценка свойств почв проводилась в начале и в конце двух вегетационных периодов (июль, октябрь в 2020 году и май, сентябрь в 2021 году).

Аналитические исследования проводились по общепринятым стандартам [1]. КАП основывается на оценке отдельных свойств, определяемых в системе агрохимслужб. Это содержание гумуса (в %), подвижных форм азота, фосфора, калия (мг/кг), величины гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г), pH солевой суспензии [2].

Методика расчета КАП более точно отражает степень разбалансированности факторов роста растений и может быть использована в виде поправки к расчетам бонитета относительно максимальных и минимальных значений агрохимических свойств. Комплексная оценка агрохимического состояния почвы основывается на оценке отдельных свойств, проводится индивидуальная оценка каждого из

агрохимических показателей, обобщающий показатель рассчитывается по сумме индивидуальных оценок, выраженных в баллах, деленной на число показателей. Наивысшую продуктивность почва имеет только при оптимальном соотношении всех факторов плодородия и любые, как высокие, так и низкие от усредненного уровня показатели, отрицательно влияют на урожайность. Поэтому нельзя добиться повышения плодородия и продуктивности пашни при избыточности какого-то фактора на фоне ухудшения какого-либо свойства почвы. Для учета таких условий при оценке уровня плодородия вводится коэффициент оптимальности [2], являющийся показателем сбалансированности агрохимического состояния по важнейшим агрохимическим показателям и показывает устойчивость почвы как системы.

Оценка плодородия поверхностного пахотного горизонта агротемногумусовых подбелов производилась по показателям и их значениям, по которым были сделаны расчеты каждого индивидуального агрохимического показателя в баллах, также после этого был определен коэффициент оптимальности ($К_{орт}$) и комплексного агрохимического показателя (КАП) в баллах.

По содержанию гумуса, подвижного фосфора, подвижного калия, потенциальной кислотности внесение удобрений повысило балльность по этим показателям, максимумы отмечаются при внесении органических удобрений.

Балльность гидролитической кислотности также показывает максимальные значения при внесении органических удобрений, тогда как внесение минеральных удобрений понижает балльность даже по сравнению с контролем без внесения удобрений.

Балльность по сумме обменных оснований на бездренажной системе аналогична показателям балльности гумуса, подвижного фосфора, подвижного калия и потенциальной кислотности: максимум проявляется при внесении органических удобрений, меньше – при внесении минеральных удобрений по сравнению с контролем без внесения удобрений.

Введение в расчет поправочного коэффициента оптимальности, отражающего сбалансированность всех агрохимических свойств почвы, позволяет получить наиболее реальную оценку уровня плодородия агротемногумусового подбела, выраженную через КАП.

В дренажной системе показатели КАП максимальны при внесении органических удобрений, тогда как внесение минеральных удобрений балльность даже ниже, чем в варианте контроля без внесения удобрений.

В системе без дренажа внесение минеральных удобрений понижает балльность даже по сравнению с контролем без внесения удобрений. Внесение органических удобрений неоднозначно влияет на балльность. Конечно, для более точного понимания регулирования плодородия с помощью КАП необходимо более длительные исследования на этих вариантах или расширение площади отбора образцов, что улучшит статистику и даст более достоверные результаты по КАП.

Список литературы

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина - М.: изд-во МГУ. 1970. - 488 с.

2. Синельников, Э.П. Агрогенезис почв Приморья / Э.П. Синельников, Ю.И. Слабко - М.: Изд-во Всерос. науч.-исследоват. ин-та агрохимии. 2005. - 267с.

Борисова Е.А.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДА ВЛАДИВОСТОК

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н. доцент В.А. Семаль

Особое место в городах занимают рекреационные зоны. Рекреационные зоны – экотонные экосистемы, складывающиеся на основе природных сообществ, подвергающихся антропогенному стрессу. Анализ и изучение их почвенных свойств необходимо для создания основ по сохранению и росту экологической устойчивости урбоэкосистемы. Поэтому важно проводить мониторинг и контроль за состоянием почв в рекреационных зонах, а также разрабатывать и внедрять программы по улучшению экологической устойчивости урбоэкосистемы.

Целью исследования было определение некоторых (гранулометрический состав, актуальная и обменная кислотность, содержание гумуса и подвижного фосфора) свойств почв рекреационных зон города Владивостока.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи: выявить особенности почвообразования (морфологические свойства) объектов исследования; определить гранулометрический состав исследуемых почв; изучить кислотно-основные свойства почв; определить содержание общего органического углерода в исследуемых почвах; рассчитать содержание доступных для растений форм фосфора.

Объектом исследования послужили поверхностные горизонты почв рекреационных зон (скверов) города Владивостока: им. Щетининой, Героев-Даманцев, адмирала Макарова, Адмиральский сквер, им. К.А. Суханова, Гайдамак, им. Хо Ши Мина, Чайка, Надибаидзе.

В ходе проведения исследования было заложено 18 почвенных прикопок глубиной до 20 см. Выполнение работы проводилось с использованием общепринятых в почвоведении методик [1] и ГОСТов [2, 3, 4].

По морфологическим свойствам, в основном, все буроземы однороднookрашенные черные, свежие, тяжелосуглинистые, мелкозернистые, рыхлые, включения естественного происхождения в виде корней диаметром до 4 мм. Реплантазёмы, в основном, однороднookрашенные черные, свежие, от легкосуглинистых до тяжелосуглинистых, мелкозернистые, рыхлые, включение не только естественные (корни диаметром до 2 мм), но и в виде антропогенных - до 3 %. Гранулометрический состав почвы считается базовым показателем, в зависимости от соотношения крупных и мелких частиц будут проходить основные процессы, определяющие облик почвы, такие как поглощение и проведение через себя вещества энергии, последующая ее трансформация, и ее функции в биосфере. По гранулометрическому составу поверхностные горизонты находятся в диапазоне от легкосуглинистых до легкоглинистых. Превалирующей фракцией у отобранных образцов (в 12 образцах) стала фракция мелкого песка (0,25–0,05). В основном фракция крупного песка (1–0,5) преобладает около дорог - это объясняется тем, что при в дорожном строительстве песок используется в больших объемах, который способен переносится дефляционными процессами на значительные расстояния, что приводит к его нахождению и вне дорожного коридора. Тяжелосуглинистый состав, встречающийся у большинства образцов, не соответствует и не совпадает с аналогичным показателем городских почв по литературным источникам, где почвы города имеют в основном легкосуглинистый состав [5]. Кислотность — это одна из основных характеристик почв. Почвенная кислотность оказывает влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов. В условиях кислой реакции снижается емкость

катионного обмена почв, ухудшаются некоторые водно-физические и химические характеристики. Показатели актуальной кислотности (pHвод) в исследуемых образцах варьируются в диапазоне 4.40 – 6,91, что соответствует диапазону от сильнокислой до близкой к нейтральной реакции среды, а показатели обменной кислотности (pHсол) 3,27 – 5,72, что соответствует от очень сильнокислой до близкой к нейтральной реакции среды. Большинству образцов свойственна сильнокислая и среднекислая реакция среды, значения кислотности почвенных проб, взятых ближе к дороге, слабо отличаются от значений, расположенных дальше от них. Значения кислотности почвы скверов слабо отличаются от фоновых аналогичных значений этого показателя почв Владивостока, для которых характерна средняя кислотность от 4,5 до 6. Основными свойствами гумуса являются его способность к удержанию влаги и питательных веществ в почве, повышение ее структурной устойчивости и водопроницаемости, увеличение растворимости минеральных элементов для растительных корней, а также защита растений от негативного воздействия патогенных микроорганизмов и вредителей. Диапазон содержания гумуса в исследуемых образцах составил 5,8 – 27,7 %, что соответствует среднему и очень высокому уровню содержания. Наибольшее содержание гумуса наблюдается у образца «Гайдамак дорога», а наименьшее у образца «Макарова дорога». За исключением одного образца (5,8 %), обеспеченность почв гумусом высокая и очень высокая. Это связано с использованием органических материалов в качестве удобрения, к которым обычно прибегают при озеленении рекреационных зон. Фосфор играет важную роль в почве, так как является одним из основных элементов, необходимых для роста растений, он участвует в метаболизме растений, обеспечивает их энергией, необходимой для фотосинтеза и участвует в процессах, связанных с передачей генетической информации. Диапазон колебаний концентраций подвижного фосфора в поверхностных горизонтах почв составил 26 – 193 мг/100 гр почвы, что соответствует очень высокой степени обеспеченности фосфатами. В ходе исследований было установлено, что для поверхностных горизонтов почв рекреационных зон характерен тяжелосуглинистый состав. Большинству образцов свойственна сильнокислая и среднекислая реакция среды. Содержание гумуса в поверхностных горизонтах почв находится в диапазоне от высокого до очень высокого, что связано с применением органических подсыпок для озеленения рекреационных территорий. Концентрация подвижного фосфора является очень высокой, что свидетельствует о благоприятных условиях для растительного роста.

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М: Изд-во МГУ, 1970, 487 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа".
3. ГОСТ 12536–79 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2019. – 23 с».
4. ГОСТ 26483-85 «Определение pH солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержание нитратов, обменного амммония и подвижной серы методами ЦИНАО».
5. Жарикова, Е.А. Почвы Владивостока: основные характеристики и свойства / Е.А. Жарикова // Вестник ДВО РАН. – 2012. - № 3 – С. 67–73.

Суслова А.С.

МОРФОЛОГИЯ АЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОКА ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент В.А. Семаль

Азональными почвами для территории Камчатки являются аллювиальные почвы. Они являются важным компонентом, которые выполняют значимые биосферные функции: среда обитания организмов, участие в дифференциации географической оболочки и биосферы, фактор биологической эволюции. Аллювиальные почвы в том числе являются геохимическим барьером на пути миграции тех или иных соединений, а потому играют важную роль в биологическом и геологическом круговоротах. Поэтому необходим экологический мониторинг свойств таких почв.

Целью исследования стал сравнительный анализ морфологических свойств азональных почв полуострова Камчатка. В задачи исследования входило:

1) изучить особенности морфологических свойств аллювиальных почв юго-восточной части полуострова Камчатки;

2) выявить взаимосвязь факторов почвообразования и особенностей морфологических свойств аллювиальных почв юго-восточной части полуострова Камчатки.

Объектами исследования были выбраны азональные почвы 11 разрезов (34 образца) речных экосистем юго-восточной части п-ова Камчатка.

Исследуемые почвы согласно классификации [1], характеризуются как: аллювиальные серогумусовые, аллювиальные торфяноглеевые и аллювиальные темногумусовые.

В результате исследования установлено формирование почв, обладающих рядом характерных морфологических свойств. Преобладание ржавой и сизой окраски в нижележащих горизонтах является морфологическим признаком оглеения и даёт основания для выделения подтипа аллювиальных тёмногумусовых глеевых почв. Гранулометрический состав горизонтов варьируется от легкосуглинистого до преимущественно бесструктурного. В некоторых нижележащих горизонтах отмечаются чёрные полосы и пятна – этот цвет почв, по мнению Соколова, «результат древних и современных процессов внутрипочвенного выветривания и миграции органо-минеральных соединений из верхних горизонтов» [2]. Таким образом, мы можем говорить о том, что почва в данном случае обладает сенсорностью, т.е. способна изменяться при изменении условий окружающей среды, в конкретном случае факторов почвообразования. Песчаные почвы, как правило, обладают низкой сенсорностью и рефлекторностью и условия среды в таких профилях записываются слабо. Если же изменения почвообразования во времени всё же происходит, то возможно быстрое стирание признаков предыдущих стадий эволюции, так как в песчаных почвах это мобильные признаки и отображаются как «почва-момент».

Список литературы

1. Полевой определитель почв. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. – 182 с.
2. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. 2-е изд. — Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. — 288 с.

Балахнин Ю.М.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ БУРОЗЕМОВ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент В.А. Семаль

Антропогенный фактор оказывает непосредственное влияние на различные сферы в жизни, например, очень негативно сказывается на окружающей среде производственная деятельность. Таким образом, одна из сфер негативного влияния - деградация земель сельскохозяйственного назначения, это связано с чрезмерным и неправильным использованием пестицидов и химических, биологических и органических удобрений, неправильными мелиоративными мероприятиями и не соблюдением правил вспашки. И так как плодородие является одним из самых главных свойств почвы, необходимо изучать агрохимические свойства, во избежание непоправимых последствий.

Целью исследования является сравнение некоторых агрохимических свойств (гранулометрический состав, актуальная и потенциальная кислотность) поверхностных горизонтов естественных и антропогенно-преобразованных буроземов. Исходя из поставленной цели были решены следующие задачи: изучить гранулометрический состав, актуальную и потенциальную кислотность в поверхностных горизонтах естественных и антропогенно-преобразованных буроземов; сравнить гранулометрический состав, актуальную и потенциальную кислотность в поверхностных горизонтах естественных и антропогенно-преобразованных буроземов.

Объектами исследования являлись: естественная почва - бурозем типичный маломощный очень сильноскелетный под широколиственным лесом на склоне северной экспозиции и антропогенно-преобразованная почва - агробурозем типичный маломощный сильноскелетный, агробурозем типичный среднемощный, агробурозем типичный мощный, находящиеся на сельскохозяйственной территории, на склоне северной экспозиции. В ходе исследования было отобрано 4 образца из поверхностных горизонтов естественных и антропогенно-преобразованных буроземов.

В исследовании применялись классические методы определения свойств почв, использующиеся в почвоведении [1].

Гранулометрический состав является одним из основных почвенных показателей, определяющих основные почвенные свойства. От соотношения песчаных и глинистых частиц будут зависеть базовые почвенные процессы, определяющие ее облик, такие как поглотительная и проводящая способность, почвенная эволюция и биосферные функции. Гранулометрический состав поверхностных горизонтов естественных буроземов - глина лёгкая средне-крупнопылеватая, гранулометрический состав поверхностных горизонтов антропогенно-преобразованных буроземов - глина лёгкая средне- и мелко-крупнопылеватая. Гранулометрический состав в основном глинистый, потому что именно такой гранулометрический состав характерен для буроземов. Гранулометрический состав поверхностных горизонтов естественных и антропогенно-преобразованных почв отличается незначительно, так как во время антропогенного воздействия не используется тяжелая техника.

Кислотность является одной из базовых почвенных характеристик. Почвенная кислотность значительно влияет на развитие флоры и фауны. В условиях повышенной кислотности снижается емкость катионного обмена почв, ухудшаются некоторые гидрофизические и химические характеристики. Минимальное значение актуальной кислотности 5,83 - слабокислая, максимальное

значение актуальной кислотности 6,20 - слабокислая. Значение в поверхностном горизонте естественной почвы: 5,88 – слабокислая, значения в поверхностных горизонтах антропогенно-преобразованных почв: 5,83, 5,97, 6,2 - слабокислые. Актуальная кислотность слабокислая, потому что для поверхностных горизонтов бурозёмов характерна эта категория актуальной кислотности.

Минимальное значение потенциальной кислотности 4.33 - сильнокислая, максимальное значение потенциальной кислотности 5,55 - слабокислая. Значение в поверхностном горизонте естественной почвы: 4,33 - сильнокислая; значения в поверхностных горизонтах антропогенно-преобразованных почв: 5,55 - слабокислая, 4,82, 4,8 - среднекислые. Потенциальная кислотность образцов находится в диапазоне: сильнокислая - слабокислая, потому что поверхностные горизонты отобраны в бурозёмах, для буроземов характерна такая потенциальная кислотность.

В ходе исследований было выяснено, что актуальная кислотность поверхностных горизонтов естественных и антропогенно преобразованных буроземов - слабокислая. Потенциальная кислотность образцов находится в диапазоне: сильнокислая - слабокислая. Гранулометрический состав в объектах исследования - глинистый.

Вносимые удобрения и агромелиоративные мероприятия влияют на физические, физико-химические и химические свойства почв, но влияние умеренное, что видно при сравнении показателей из результатов анализов антропогенно-преобразованных и естественных почв, так как минеральные удобрения вносятся параллельно с органическими и при агромелиоративных мероприятиях не используется тяжелая техника.

Список литературы

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина - М: Изд-во МГУ, 1970. - 487 с.

Гуменюк Ю.Д., Кириллова А.А.

КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫЕ СВОЙСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикманс

Изучение донных отложений является важным, так как человек влияет на процессы, происходящие в океанах и морях и мониторинг кислотно-щелочных свойств донных отложений позволяет с прогнозировать интенсивность накопление тяжелых металлов, в кислой почве металлы находятся в активной форме, а в щелочной находятся в не доступной форме, что оказывает непосредственное влияние на самого человека. Также кислотно-щелочные свойства отражают интенсивность окислительно-восстановительный процессов [4], разложение органического вещества, на содержание микроорганизмов [3], а также свойствами осадочной горной породы [6].

В связи с этим целью исследования является оценить кислотно-щелочные свойства аквапочв шельфовой зоны и дна Уссурийского залива, расположенного в заливе Петра Великого в Приморском крае.

Объектами исследования являются аквапочвы, отобранные в ходе экспедиции 85 рейса на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» с помощью геологических колонок с глубин от 11 м до 72,7 м (глубина, без учёта осаждения судна 4.25 м), проводилось послойное изучение образцов до 10 см в шельфовой

зоны и дна Уссурийского залива, расположенного в заливе Петра Великого в Приморском крае. Схема-карта отбора образцов представлена на рисунке 1. В образцах определяли кислотно-щелочные свойства определялись потенциометрическим методом с помощью pH-метра Mettler Toledo [2].

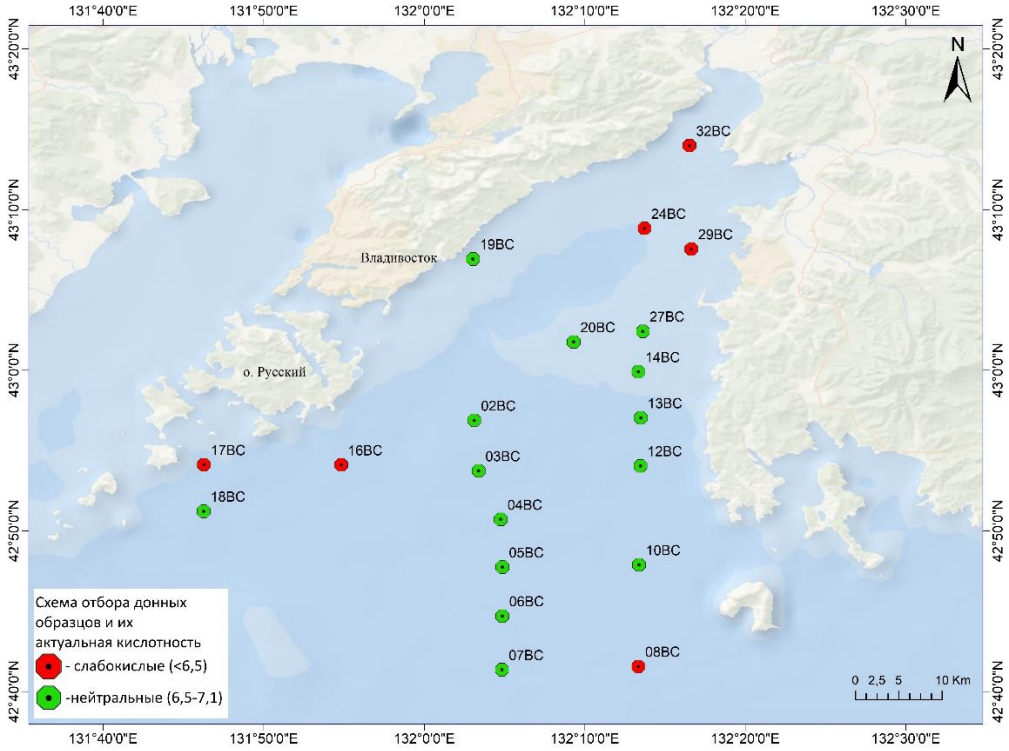


Рисунок 1. Схема расположения отбора донных отложений и актуальная кислотность.

Кислотность почвы – это свойство почв, обусловленное наличием водородный ионов почвенном растворе и обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглотительном комплексе [1]. Она подразделяется на актуальную кислотность – это концентрация ионов водорода содержащихся в почвенном растворе, при обработке почвы (образцов) дистиллированной водой в соотношение 1:2,5, потенциальную кислотность – это количество ионов водорода и алюминия, связанных с твердой фазой почвы, а также на обменную кислотность – это количество ионов водорода вытесненных из почвенно-поглотительных комплексов нейтральной солью (KCl)[5].

Образцы, расположенные на севере Уссурийского залива (образцы 85-24, 29, 32) имеют слабокислую реакцию среды - 6,19, 6,41, 6,45 (рис.2), предположительно это может быть вызвано близостью к берегу, глубиной 33 м, 20,7 м, 11 м соответственно, а также воздействием реки Артемовка, которая впадает в бухту Муравьиную. Также слабокислые значения присутствуют около о. Русский, на западе Уссурийского залива (образцы 85-16,17), соответственно 6,46 и 6,47, но эти значения достаточно близки к нейтральным, но за счёт близости к берегу они слабокислые. На севере залива, возле острова Аскольд, значение имеет слабокислую реакцию (6,29), это вызвано глубиной и фациальными условиями.

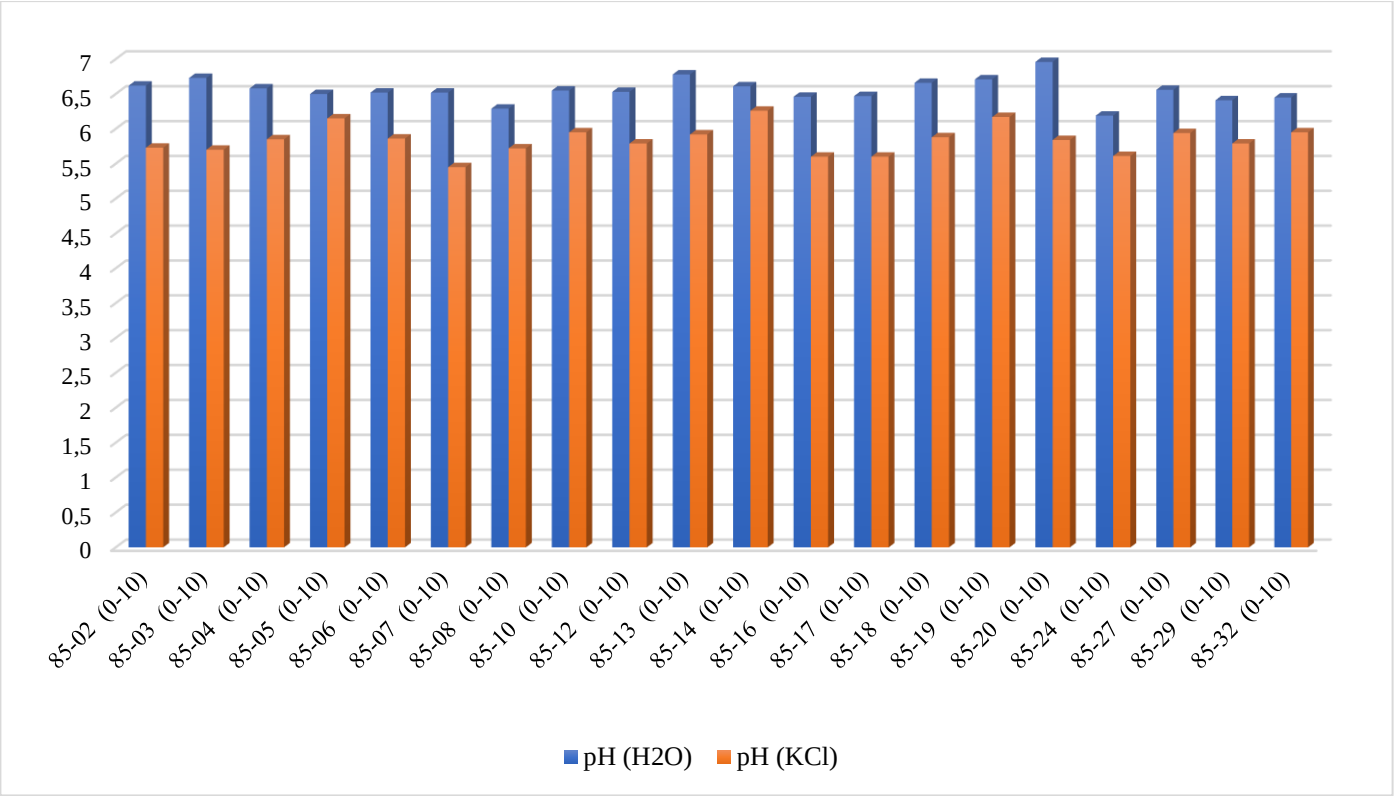


Рисунок 2. Кислотно-щелочные свойства аквапочв шельфовой зоны и дна Уссурийского залива.

Таким образом исследование показали, что в Уссурийском заливе pH зависит от глубины и приближённости к берегу, также имеет место влияние осадочных горных пород, фаций.

Список литературы

1. В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; Агрохимия. Учебник под ред. В.Г. Минеева. — М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. — 854 с.

2. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

3. О.В. Полохин, Р.А. Макаревич, С.В. Клышевская Содержание органического углерода в подводных почвах бухты Троицы (Японское море) // Международный научно-исследовательский журнал. - 2021. - №12-2 (114). - С. 94-98.

4. О.В. Минаева Современные процессы формирования геохимического фона донных отложений залива Петра Великого. : дис. канд геог наук: 11.00.11. - М., 1993. - 27 с.

5. Б.А. Ягодина, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. Агрохимия/Под ред. Б.А. Ягодина. — М.: Колос, 2002. — 584 с.: ил.

6. Ф.Р. Лихт, А.С. Астаханов, А.И. Боцул, А.Н. Деркачев, О.В, Дударев, Ю.Д. Марков, И.В. Уткин Структура осадков и фации Японского моря. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. - 286 с.

Шамкин Н.С.

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель – д. г-м. н., профессор В.Т. Старожилов

На Дальнем Востоке большое количество земель используется под сельское хозяйство. Чтобы определить их пригодность для обработки и эксплуатации, необходимо знать те основные показатели, по которым осуществляется государственный мониторинг почвенного плодородия. Параметры почв, отвечающие за плодородие - это кислотность почв, содержание гумуса, содержание подвижных форм фосфора и другие [1]. На примере целинного участка расположенном в Артёмовском городском округе будет произведена оценка пригодности его для использования в сельском хозяйстве. Полученные данные станут основой для дальнейшего хозяйственного освоения территории.

Целью работы является оценка параметра актуальной кислотности земельного участка и возможности его улучшения для сельскохозяйственного использования.

Объектом исследования стали почвы участка площадью в три гектара с кадастровым номером 25:27:010001:234, находящегося в Приморском крае, в Артёмовском городском округе. Были заложены прикопки в четырёх точках: 1-22(2 горизонта), 2-22(2 горизонта), 3-22(2 горизонта), 4-22(2 горизонта). Всего 8 образцов.

При исследованиях на участке была применена морфогенетическая методика исследования разрезов по [3]. Название горизонтам почв давалось по классификации 2004 года [2].

Проведено описание четырёх прикопок, заложенных на целинном участке в Артёмовском городском округе. Находящиеся там почвы принадлежат к типу бурозёмов и имеют признаки оглеения и затопления нижележащих горизонтов. Первая и четвёртая прикопки представляют собой бурозём типичный с AY и AB горизонтами, однако в первой подтапливания нижних горизонтов, как в остальных трёх, не происходило. Местоположение второй и третьей прикопки определялось на болотистой местности, с проективным покрытием шестьдесят-семьдесят процентов и сомкнутостью крон пятнадцать процентов. По лицевой стенке, под двумя горизонтами AY и ABg определили у второй и третьей почвы голубовато-сизый глинистый горизонт, говорящий о частом подтоплении. Дальнейшие исследования взятых образцов проводились в лабораторных условиях. На данный момент сделаны определения актуальной и потенциальной кислотности. По результатам анализов почти все почвы сильнокислые, один из факторов такой кислотности является заболоченность территории, которая характеризует исследуемый участок.

Полученные материалы исследований будут необходимы для корректной оценки пригодности к сельскохозяйственной деятельности, как самого участка, так и прилегающей к нему окружной территории схожей с ним по рельефу и типу растительности.

Список литературы

1. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. № 325 «Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации».

2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 2004. – 342 с.

3. Гаврилюк Ф.Я. Полевое исследования и картирование почв. / Гаврилюк Ф.Я. Москва: Высшая школа, 1963. – 235 с.

Шалимова О.Г.

ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА АКВАПОЧВ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н., доцент О.В. Нестерова

Аквапочвы в морских экосистемах являются продуктом сложного балансом вещества и энергии водоема. Акавпочвы являются конечном элементов депонирования осадочного материала за счет терригенного стока. Гранулометрический состав минеральной части аквапочв дает возможность оценить содержание преобладающих фракций, благодаря которым происходит накопление химических элементов на морском дне. Общее содержание органического углерода в аквапочвах может быть косвенным показателем продуктивности донных экогенезов.

В связи с этим, целью работы является изучение содержания органического углерода и гранулометрического состава аквапочв Авачинского залива.

В качестве объектов исследования были выбраны аквапочвы из различных точек Авачинского залива с глубин от 7,6 метров до 42 метров на различном удалении от берега (табл.1), всего было отобрано 12 проб с помощью бокс корера.

Таблица 1

Координаты мест отбора проб аквапочв

Номер пробы	Дата/район	Координаты	Глубина, м
1(41)	26.06.2022г. М. Налычева	53°04’673N; 159°04’139E	30,6
Д1	28.06.2022 г./ М. Налычева	53°09’063N; 159°24’832E	19,6
Д2	28.06.2022 г./ устье р. Налычева	53°07’878N; 159°14’215E	13,9
Д6	28.06.2022 г./ Справа от о-ва Крашенинникова	53°13’480N; 159°39’982E	18
Д8	09.10.2021 г./ Справа от о-ва Крашенинникова	53°12’457N; 159°30’393E	7,6
Д10	03.07.2022 г./ б. Лиственничная	52°21’266N; 158°32’879E	42
Д11	03.07.2022 г./ б. Лиственничная	52°22’584N; 158°33’459E	24
108	04.07.2022г./ б. Вилючинская	52°38’716N; 158°24’741E	18,1
111	04.07.2022г./ б. Вилючинская	52°37’591N; 158°26’879E	12,5
112	04.07.2022 г./ б. Вилючинская	52°37’016N; 158°28’518E	19,9
121	05.07.2022 г/ Авачинская бухта	53°00’417N; 158°36’124E	20
123	05.07.2022 г./ Авачинская бухта	53°00’981N; 158°32’003E	23,4

В аквапочвах определяли: содержание органического углерода [2], гранулометрический состав [1] по стандартным методикам.

По содержанию органического углерода максимальные значения приходятся на пробы, отобранные в Авачинской бухте (№ 123, 121), что может быть объяснено рельефом бухты, её небольшой глубиной и терригенным поступлением органического вещества благодаря деятельности реки Авачи и близким расположением порта Петропавловск-Камчатского. Высокое содержание органического углерода в аквапочвх в бухте Вилюченской (№108) моет быть обусловлены поступлением органического вещества вместе с терригенным стоком реки Вилюча в исследуемую бухту. Во внешней части Авачинского залива, где отсутствует сток крупных рек содержание углерода колеблется от 0,3 до 0,6. Данные гранулометрического анализа аквапочв, показали, что большая часть исследуемых аквапочв можно отнести к пескам по классификации Безрукова и Лисицина [4], но они различаются по типу преобладающих фракций (табл.2). Исключения составляют аквапочвы, отобранные в Авачинской и Вилюченской бухте (табл. 2), что связано с закрытостью бухты, небольшой глубиной и значительным вкладом терригенного стока.

Таблица 2

Гранулометрический состав аквапочв Авачинского залива

Номер пробы	Преобладающая фракция	Название
1(41)	0,5-0,25	песок средний
Д1	0,5 - 0,25	песок средний
Д2	0,25 - 0,1	песок мелкий
Д6	0,25 - 0,21	песок мелкий
Д8	0,25 – 0,1	песок мелкий
Д10	1-0,5	песок крупный
Д11	0,5 – 0,25	песок средний
111	0,25 – 0,1	песок мелкий
112	0,5 – 0,25	песок средний
108	0,05-0,01	Мелкоалевритовые илы
121	0,05-0,01	Мелкоалевритовые илы
123	0,1-0,05	Алевриты крупные

В целом аквапочвы формирующиеся в открытой части Авачинского залива характеризуются небольшим содержанием органического углерода (от 0,3 до 0,5) и песчаного гранулометрического состава. Благодаря закрытости Авачинской бухты, небольшой глубине и терригенному поступлению органического вещества наблюдается наибольшие значения органического углерода (от 2,1 до 3,4) и более тяжелый гранулометрический состав с преобладанием фракций мелкоалевритовых илов и алевритов крупных в аквапочвах формирующихся в этом районе. В бухте Вилюченской у аквапочв, формирующихся рядом с береговой линией (№108), также наблюдается высокое содержание органического углерода (2,1) и гранулометрический состав с преобладанием фракции мелкоалевритовых илов в этой части бухты.

Список литературы

1. ГОСТ 12536-2014. Межгосударственный стандарт грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Soils. Methods of laboratory granulometric (grain-size) and microaggregate distribution М.: Стандартинформ, 2019.

2. ГОСТ 26213-91. Государственный стандарт союза ССР. Почвы. Методы определения органического вещества. Soils. Methods for determination of organic matter. М.: Издательство стандартов, 1992.

3. Интернет-ресурс, Справочник водных ресурсов: https://waterresources.ru/zalivy/avachinskiy-zaliv/

4. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука. 1967.

Аверьянова Е.Р.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ И СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОГО ФОСФОРА В ТОРФОГРУНТАХ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент Брикманс А.В.

Последнее время очень актуальным становится покупать готовые почвенные субстраты для выращивания рассады или комнатных растений. Такой готовый почвенный субстрат должен обеспечить растение всеми необходимыми параметрами, такими как кислотно-щелочные свойства, которые должны быть слабокислыми или нейтральными [3], поскольку такую среду предпочитают большинство растений, а также питательными элементами такими как азот, фосфор и калий, которые в первую очередь необходимы растению при его росте и развитии [4]. В настоящее время существует огромное количество различных фирм-производителей почвенных субстратов, которые не оправдывают заявленные показатели по параметрам, что оказывает негативное влияние на рост и развитие растений [5]. В связи с этим целью работы является проанализировать почвенные субстраты на соответствие заявленным критериям по некоторым базовым параметрам (pH и содержание доступного фосфора).

В качестве объектов исследования были выбраны 7 почво-грунтов, такие как: грунт универсальный (производитель “ФАСКО”), грунт универсальный (производитель “ОГОРОДНИК”), грунт универсальный (производитель ООО “Терра Мастер”), питательный грунт для рассады Крепыш (производитель “ФАСКО”), питательный грунт для декоративно-лиственных растений Florizel (производитель ООО “Терра Мастер”), универсальный питательный торфогрунт, питательный грунт для томатов и перцев Малышок (производитель “ФАСКО”). Показатели кислотно-щелочных свойств почв определяли потенциометрическим методом с помощью pH-метра Mettler Toledo [1], обменный фосфор определяли в вытяжке Кирсанова [2].

Исследования показали, что значение pH_{H2O} исследуемых субстратов варьирует от 4,60 до 5,46 (табл. 1), что свидетельствует о кислой и слабокислой реакции среды. Эти показатели разнятся с заявленными производителями значениями.

Таблица 1

Кислотно-щелочные свойства торфогрунтов

Объект исследования	**pH_{H2O} фактическое**	**pH_{H2O} производителя**
Грунт универсальный (производитель “ФАСКО”)	4,65	6-7
Грунт универсальный (производитель “ОГОРОДНИК”)	5,46	6-7

Грунт универсальный (производитель ООО “Терра Мастер”)	4,60	5,5-6,5
Питательный грунт для рассады Крепыш (производитель “ФАСКО”)	5,17	6-7
Питательный грунт для декоративно-лиственных растений Florizel	5,38	5-5,5
Универсальный питательный торфогрунт	5,38	5,4-6,6
Питательный грунт для томатов и перцев Малышок (производитель “ФАСКО”).	5,30	6-7

Также было определено содержание доступного фосфора в исследуемых субстратах. Содержание P_2O_5 (мг/100 г почвы) варьирует от 35 мг/100 г почвы до 117,3 мг/100 г почвы, заявленные производителем значения, варьируются в пределах от 12,5 мг/100 г до 40 мг/100 г. Эти показатели разнятся с заявленными производителями значениями, таким образом для образца грунт универсальный (производитель “ФАСКО”) заявленное значение содержания P_2O_5 (мг/100 г почвы) 40 мг/100 г почвы, а значение выявленное в ходе лабораторного анализа соответствует 35 мг/100 г почвы, что практически не отличается от заявленного, для грунт универсальный (производитель “ОГОРОДНИК”) заявленное значение составляет 40 мг/100 г почвы, а фактическое значение составило 44,5 мг/100 г почвы, что также не сильно разниться с заявленным значением, для образца грунт универсальный (производитель ООО “Терра Мастер”) заявленное значение составляет 14,5 мг/100 г почвы, а фактическое значение составило 65,2 мг/100 г почвы, что свидетельствует о огромном несоответствии, для образца питательный грунт для рассады Крепыш (производитель “ФАСКО”) заявленное значение составило 40 мг/100 г почвы, фактическое значение 34,4 мг/100 г почвы, что не сильно отличается от заявленного, для образца питательный грунт для декоративно-лиственных растений Florizel заявленное значение 12,5 мг/100 г почвы сильно отличается от фактического значения 47,2 мг/100 г почвы, для образца универсальный питательный торфогрунт заявленное значение 35 мг/100 г почвы сильно отличается от фактического 87 мг/100 г почвы, для образца питательный грунт для томатов и перцев Малышок (производитель “ФАСКО”), заявленное значение 40 мг/100 г почвы разниться с фактическим 117,3 мг/100 г почвы. Таким образом было выявлено, что фактическое содержание доступного фосфора в большем количестве исследуемых почвогрунтов практически не отличается от заявленного производителя значения содержания фосфора. Имеются единичные образцы, сильно отличающиеся по содержанию обменного фосфора: грунт универсальный (производитель ООО “Терра Мастер”), с заявленным значение содержания обменного фосфора 14,5 мг/100 г почвы (фактическое содержание 65,2 мг/100 г почвы), универсальный питательный торфогрунт заявленное значение 35 мг/100 г. почвы(фактическое значение 87 мг/100 г почвы), питательный грунт для томатов и перцев Малышок с заявленным значением 40 мг/100 г почвы (фактическое значение 117,3 мг/100 г почвы).

Таким образом исследования показали, что по кислотно-щелочным свойствам только два образца исследуемых торфогрунтов (питательный грунт для декоративно-лиственных растений Florizel и универсальный питательный торфогрунт заявленные значения совпадают с фактическим, для остальных заявленные значения не сильно отличаются от фактических. По содержанию доступного фосфора имеются единичные образцы, сильно отличающиеся по содержанию обменного фосфора, такие как: грунт универсальный (производитель ООО “Терра Мастер”) и универсальный питательный торфогрунт и питательный грунт для томатов и перцев Малышок.

Список литературы

1. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

2. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

3. В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; Агрохимия. Учебник под ред. В.Г. Минеева. — М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. — 854 с.

4. Б.А. Ягодина, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. Агрохимия/Под ред. Б.А. Ягодина. — М.: Колос, 2002. — 584 с.: ил.

5. Хан, А. Э. Сравнительная характеристика некоторых агрохимических свойств почвогрунтов / А. Э. Хан, А. В. Брикманс, Б. Ф. Пшеничников // Инновации молодых - развитию сельского хозяйства : Материалы 56 Всероссийской научной студенческой конференции, Уссурийск, 23–30 марта 2020 года. Том I. – Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 216-218. – EDN LDUPIC.

Раздел XIII
ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Грицук Д.В.[1], Зернов Я.Г.[2], Федорец А.Н.[2], Белов А.А.[2]

КОМПАКТИРОВАНИЕ $SrCeO_3$ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Лаборатории ядерных технологий Шичалин О.О.[2]

В данной работе рассмотрен метод получения $SrCeO_3$ керамики методом холодного прессования для иммобилизации радиоактивного стронция при различных условиях выдержки (1,2,3,4,5,6 часов). Для синтеза керамик были взяты порошки $SrCO_3$ и CeO_2. Исследование кристаллической структуры выполнено методом РФА, уточнение произведено методом Ритвельда. Количественный анализ, теоретическая плотность и расчет области когерентного рассеивания произведены в программной обеспечении «Topas». Структура поверхности исследована методом СЭМ. Прикладной результат исследования интересен для технологий кондиционирования радиоактивных отходов и производства радиоизотопных изделий.

В результате РФА анализа (рисунок 1), а также методом Ритвельда (таблица 1) установлено, что при температуре 1500 °C и выдержке более 3 часов наблюдается наибольшая полнота реакции. При выдержке 3 часа наблюдается минимальное содержание примесных фаз оксида стронция и церия, а при выдержке более 3 часов примесная фаза оксида стронция отсутствует.

Таблица 1

Уточнение данных, полученных рентгенофазовым анализом: количественный анализ, расчет теоретической плотности, расчет области когерентного рассеивания

$SrCeO_3$	Время выдержки, ч	SrO, %wt	CeO_2, %wt	$SrCeO_3$, %wt	Размер кристаллитов, нм	Теоретическая плотность, г/см^3
1500-1	1	5,02	4,28	90,70	688 ±37	5,78013
1500-2	2	4,56	3,89	91,54	649 ±60	5,78045
1500-3	3	1,88	1,65	96,47	636±59	5,78303
1500-4	4	0	3,18	96,82	735±75	5,78356
1500-5	5	0	3,57	96,43	1050±180	5,78622
1500-6	6	0	3,37	96,63	1340±270	5,78653

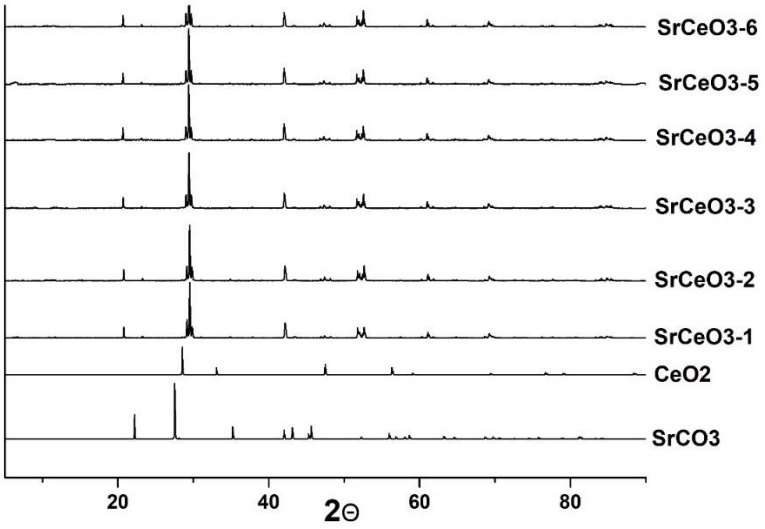


Рисунок 1 - рентгенограммы полученных образцов керамик и карточки исходных реагентов

Согласно полученным данным установлено, что увеличение времени выдержки образца приводит к увеличению теоретической плотности, а также к уменьшению количества примесных фаз.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

– Методом холодного прессования при температуре 1500 °C получены образцы керамики состава $SrCeO_3$;

– Увеличение времени выдержки образцов уменьшает содержание примесных фаз оксидов;

– Увеличение времени выдержки приводит к образованию более высокоплотных образцов, с максимальной плотностью 5,78653 г/см^3, что также подтверждается расчетом области когерентного рассеивания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZNS-2023–0003).

Мармаза П. А.[1], Иванов Н. П.[2], Каспрук Г. Д.[1], Писарев С. М.[2]

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТИТАНОСИЛИКАТОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ Cs(I) И Sr(II)

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Лаборатории ядерных технологий Шичалин О.О.[2]

В последнее время радиоактивное загрязнение окружающей среды цезием и стронцием вызывает всё больший интерес ввиду повышенного токсического влияния на различные процессы жизнедеятельности. Данные радионуклиды являются наиболее опасными компонентами жидких радиоактивных отходов (ЖРО) из-за их высокой удельной активности, длительного периода полураспада и радиотоксичности. Этим обуславливается актуальность их извлечения из окружающей среды. Для решения данной проблемы успешно применяются кристаллические титаносиликаты – перспективные сорбционные материалы, способные эффективно извлекать катионы Cs^+ и Sr^{2+} из жидких сред [1,2]. Титаносиликаты, насыщенные катионами Cs^+, обладают высокой химической и

термической устойчивостью, что позволяет их использовать для долговременной и надёжной иммобилизации радионуклидов в прочных матрицах [3].

В данной работе исследован метод гидротермального синтеза кристаллических титаносиликатов и влияние предварительного окисления с помощью H_2O_2 Ti^{3+} до Ti^{4+} на сорбционную ёмкость по отношению к стабильным Cs^+ и Sr^{2+}. Были получены два образца титаносиликата структурного типа CST (Crystalline SilicoTitanate): ТСК-2, синтезированный с предварительным окислением с помощью H_2O_2, и ТСК-3, полученный из $TiCl_3$, которые были подвержены гидротермальной обработке при температуре 190 °C в течение 24 ч.

Фазовый состав был исследован методом рентгенофазового анализа (РФА) с помощью порошкового рентгеновского дифрактометра D8 ADVANCE (Bruker, США). Идентификацию фаз производили с помощью базы данных PDF-2. Исследование сорбционных свойств проводили в условиях статической сорбции стабильных изотопов цезия и стронция из дистиллированной воды при соотношении т:ж = 1 : 1000 мл/г и времени адсорбции t = 24 ч. Определение концентрации цезия в растворе до и после сорбции проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии (AAS) на спектрометре Shimadzu AA-6800 (Япония).

На рисунке 1 представлены дифрактограммы полученных образцов. РФА показал, что образцы обладают чётко выраженными кристаллическими пиками, соответствующими фазе титаносиликата типа CST (PDF-2: 01-082-1271).

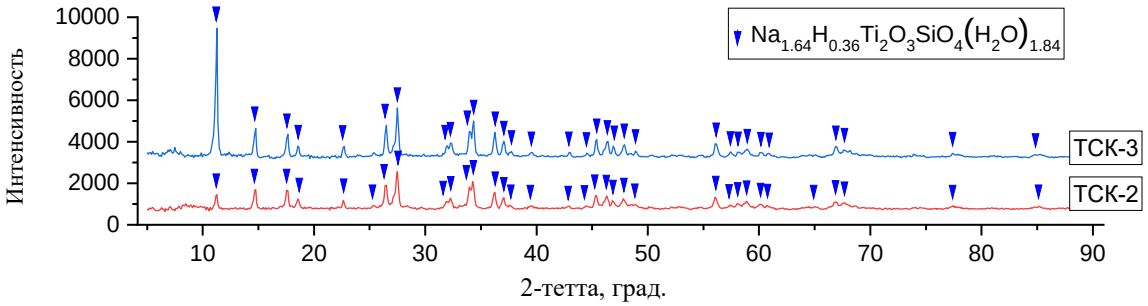


Рисунок 1 – Дифрактограммы полученных образцов

На рисунке 2 представлены значения статической обменной ёмкости полученных образцов по отношению к цезию и стронцию. Согласно полученным данным, образец ТСК-2, предварительно окисленный пероксидом водорода до Ti^{4+}, имеет более высокую сорбционную ёмкость по отношению к катионам Cs(I) и Sr(II). Сорбционная ёмкость по отношению к Cs(I) также значительно выше, чем по отношению к Sr(II), что может быть обусловлено проявлением ионоситового эффекта.

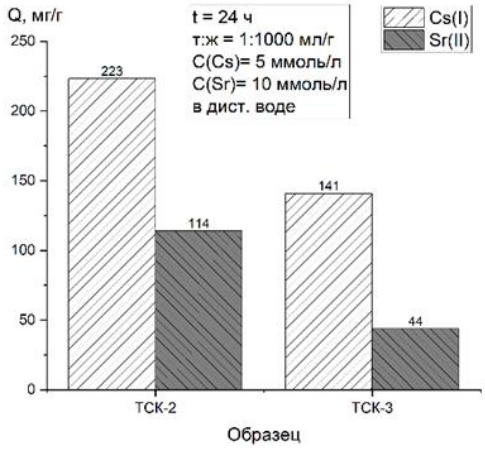


Рисунок 2 - Статическая обменная ёмкость полученных образцов по отношению к стабильному цезию и стронцию

В целом, результаты исследования подтверждают получение в качестве основного продукта кристаллических титаносиликатов структурного типа CST состава $Na_{1.64}H_{0.36}Ti_2O_3SiO_4(H_2O)_{1.84}$. Исследование сорбционной ёмкости образцов по отношению к стабильным цезию и стронцию в монокомпонентном растворе в условиях статической адсорбции показало, что предварительное окисление с помощью пероксида водорода Ti^{3+} до Ti^{4+} позволяет значительно увеличить сорбционную ёмкость. На основании полученных результатов можно считать, что синтезированные титаносиликаты применимы в качестве эффективных неорганических сорбентов для очистки жидких сред от Cs(I) и Sr(II), а также в качестве матриц для иммобилизации радионуклидов для долговременного хранения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования № FZNS-2023–0003, тема «Фундаментальные основы химической инженерии новых функциональных материалов адаптивных для ядерных и радиационных технологий.

Список литературы

1. Сорбция радионуклидов цезия и стронция на кристаллических титаносиликатах щелочных металлов / В.В. Милютин, Н.А. Некрасова, Н.Ю. Яничева [и др.]. // Радиохимия. – 2017. – Т.59, №6. – С. 59–62.

2. Lin, Z. Temperature and time controlled crystallization in Na2O–SiO2–TiO2–H2O system / Z. Lin, S. Ferdov // Microporous and Mesoporous Materials. – 2022. – Vol. 335.

3. Паникоровский Т. Л. и др. Природные титаносиликаты Кольской щелочной провинции как прототипы функциональных материалов //Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2020. – №. 17. – С. 427–431.

Каспрук Г.Д.[1], Лембиков А.О.[1], Федорец А.Н.[2], Белов А.А.[2]

ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ КЕРАМИКИ $Y_xSr_{1.5-x}TiO_3$ КАК МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

[2]Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Лаборатории ядерных технологий Шичалин О.О.[2]

В работе представлен способ синтеза минералоподобной керамики на основе $SrTiO_3$ и $Y_2Ti_2O_7$ структур перовскита при спекании смешанных отходов для иммобилизации стронция и иттрия по технологии реакционного искрового плазменного спекания для детального изучения кинетики фазовых превращений при твердофазном взаимодействии компонентов исходной реакционной смеси. Проведено детальное исследование кинетики фазовых превращений во времени в зависимости от температуры разогрева реакционной смеси исходных компонентов ($SrCO_3$, TiO_2, Y_2O_3) с применением ТГА и РФА. Методами РЭМ и ЭДС изучена структура, состав, а также исследована динамика консолидации реакционной смеси в диапазоне температур при постоянной температуре синтеза 1300 °С. Была исследовано формирования керамик с разным соотношение Sr/Y в структуре перовскита с достижением плотности до 4.92 – 4.64 г/см^3, микротвердостью по Виккерсу ~ 500-800 HV, прочностью при сжатии 95-545 МПа и скоростью выщелачивания стронция в пределах 10^{-5}–10^{-6} г·см$^{-2}$·сутки$^{-1}$ и иттрия в пределах 10^{-5}–10^{-6} г·см$^{-2}$·сутки$^{-1}$. Прикладной результат исследования интересен для технологий кондиционирования радиоактивных отходов и производства радиоизотопных изделий.

Таблица 1

Массы исходных реагентов для подготовки смесей $YSrTiO_3$_x

Исходные реагенты	$YSrTiO_3$_0.2x г.	$YSrTiO_3$_0.4x г.	$YSrTiO_3$_0.6x г.	$Y_2(TiO_3)_3$ ($YSrTiO_3$_1x) г.
Y_2O_3	1.28	2.70	4.28	4.84
TiO_2	4.56	4.79	5.05	5.15
$SrCO_3$	5.90	3.54	0.93	-

Согласно данным рентгенофазового анализа (рисунок 1), керамика представляет собой двухфазную систему, состоящую из фаз $Y_2Ti_2O_7$ и $SrTiO_3$, а также содержит примесную фазу Y_2O_3. Закономерно с уменьшением концентрации $SrCO_3$ в исходной смеси наблюдается уменьшение интенсивности рефлекса $SrTiO_3$. Отсутствие в конечном компаунде примеси карбоната стронция свидетельствует о полном его разложении, и соответственно указывает на полноту протекания реакции, что также согласуется с результатами дилатометрии (рисунок 2). При увеличении концентрации Y_2O_3 наблюдается значительное увеличение скорости усадки, следовательно, скорость реакции также возрастает, учитывая постоянство скорости нагрева и прикладываемого давления.

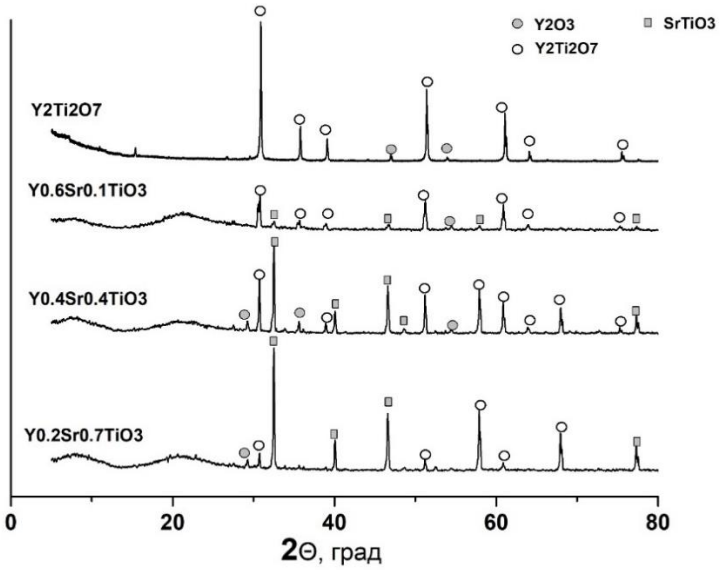


Рисунок 1 – РФА спеченных керамик

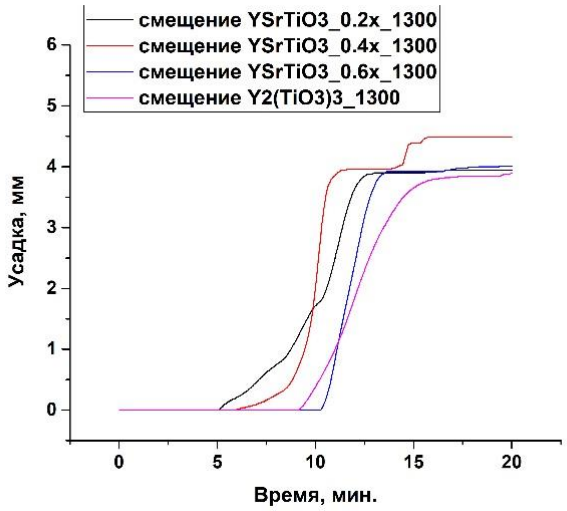


Рисунок 2 – Дилатометрические зависимости полученных керамик

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

– получена многокомпонентная керамика состава $SrTiO_3/Y_2Ti_2O_7$ при установленной температуре 1300 °C, потенциально применимая для иммобилизации радионуклида стронция и иттрия;

– результаты РФА и дилатометрии указывают на полноту протекания реакция, однако различное соотношение исходных компонентов значительно меняют интенсивность реакции, а также закономерно соотношение конечных фаз.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZNS-2023-0003).

Зернов Я. Г., Федорец А.Н., Белов А.А.

$SrMoO_4$ КЕРАМИКА, ПОЛУЧЕННАЯ МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ, ПРИГОДНАЯ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ ВЫСОКОАКТИВНОГО ^{90}Sr

Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Лаборатории ядерных технологий Шичалин О.О.

В работе представлен способ синтеза минералоподобной керамики на основе $SrMoO_4$ структуры шеелита при спекании смешанных отходов для иммобилизации стронция по технологии реакционного искрового плазменного спекания. Проведено детальное исследование кинетики фазовых превращений во времени в зависимости от температуры разогрева реакционной смеси исходных компонентов (SrO, MoO_3) с применением РФА и дилатометрии. Методами РЭМ и ЭДС изучена структура, состав, а также исследована динамика консолидации реакционной смеси в диапазоне температур при различных температурах синтеза. Были исследованы физико-механические характеристики полученный при различных температурах матриц. Данные характеристики представлены диапазонами относительной плотности 84–96.3 %, прочности на сжатие 54–331 МПа, а также значениями микротвердости по Виккерсу 157–295 HV. Прикладной результат исследования интересен для технологий кондиционирования радиоактивных отходов и производства радиоизотопных изделий.

Согласно данным РФА (рисунок 1), реакционное взаимодействие смеси оксидов с образованием $SrMoO_4$ в условиях искрового плазменного разогрева протекает при всех исследуемых температурах 800–1200 °C. Заметно увеличение интенсивности дифракционных максимумов при повышении температуры. Однако при 1200 °C наблюдается обратный процесс разложения $SrMoO_4$ до оксидов, что связано с процессом возгонки оксида молибдена, точкой начало которой можно считать температуру 1155 °C.

В результате исследования установлено, что спекание реакционной смеси SrO и MoO_3 характеризуется 2 общими стадиями и дополнительной 3 стадией для образца, полученного при 1200 °C (рис. 2). Первая стадия характеризуется процессом механической упаковки порошка и пластической деформацией. Вторая стадия является результатом химического взаимодействия реакционной смеси с последующим образованием фазы $SrMoO_4$ в интервале температур 580–650 °C. Характерная для высокотемпературного образца третья стадия характеризует процесс начала возгонки смеси, начинающийся от 1155 °C.

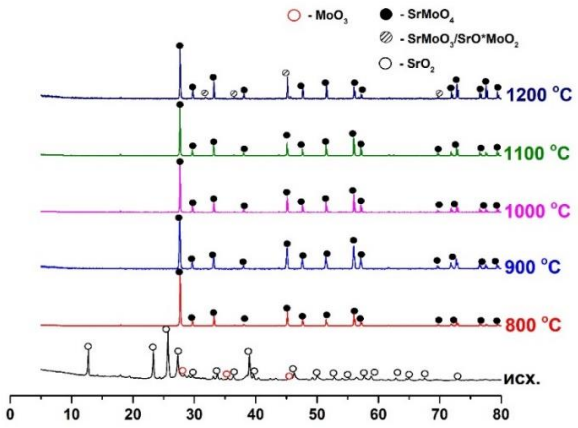


Рисунок 3 – Рентгенограмма полученных образцов керамик и исходной смеси

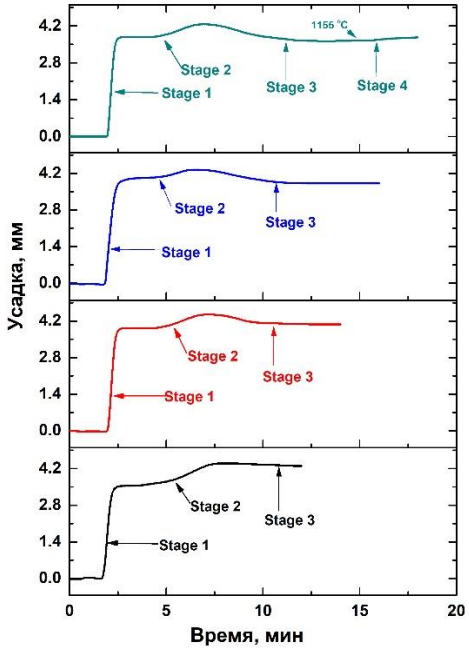


Рисунок 2 - Дилатометрические зависимости полученных керамик

В результате проделанной работы сделаны следующие выводы:

– получены образцы керамики состава $SrMoO_4$ с помощью реакционного искрового плазменного спекания;

– установлено, что образование $SrMoO_4$ протекает во всем исследуемом диапазоне температур;

– установлены две общие и третья дополнительная стадия консолидации порошкового материала в процессе Р-ИПС спекания;

– в результате исследования физико-механических и гидролитических характеристик можно говорить о применимости полученных матриц для иммобилизации радионуклида стронция.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZNS-2023-0003.)

Исаева Д.Т., Попова Т.С., Рябченко Т.Ю., Лагунов М.А.

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ АЛЮМОСИЛИКАТА $K_2Al_2Si_6O_{16}$ В ПРОЦЕССАХ ИЗОМЕРИЗАЦИИ НОРМАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
Научный руководитель – к.х.н., старший преподаватель Чудовский А.С.

Алюмосиликаты применяются как в низко- (100-200 °С) так и в среднетемпературных (250-300 °С) процессах изомеризации, однако для значительного повышения октанового числа требуется или многократная рециркуляция получаемого продукта или повышение активности катализатора путем модификации или активации. Разработка не нуждающегося в предварительном повышении активности катализатора является актуальной задачей.

Объектом исследования являлся процесс изомеризация н-гексана на каталитической проточной лабораторной установке ЛабКАТ (Неосиб, Россия). В качестве предмета исследования выбрали алюмосиликат состава $K_2Al_2Si_6O_{16}$, предоставленный Институтом химии ДВО РАН. Алюмосиликат представляет собой порошок белого цвета, фракционного состава -0,25 мм. Прочие характеристики материала не были исследованы, но ранее описаны в литературе [1].

Хроматографический анализ исходного н-гексана проводили в соответствии с ГОСТ Р 52714-2007 [2] с применением хроматографического комплекса на основе газо-жидкостного хроматографа Хромос ГХ-1000 (ХРОМОС Инжиниринг, Россия) с колонкой НР-1 (100м×0,25мм×0,5 мкм). В результате обработки данных установили, что содержание нормального гексана в сырье составляет 98,92 масс. %, содержание 2,3-диметилбутана, 2- и 3-метилпентанов составляет 0,07, 0,49 и 0,47 масс. % соответственно. Прочие изомеры гексана в сырье не были идентифицированы.

Эксперименты по изомеризации нормального гексана проводили в интервале температур 100-300 °С, с интервалом 25 °С. Алюмосиликат предварительно активировали в муфельной печи при температуре 900 °С. Для равномерного распределения и прогрева сырья использовали инертную засыпку в виде диоксида кремния фракционного состава +0,25-0,5 мм. Для предотвращения уноса инертной засыпки и смешения её с катализатором использовали прослойка из минеральной ваты. Давление в ходе процесса составляло 15 МПа, объем алюмосиликата – 3 мл, скорость подачи жидкой фазы – 0,006 л/час, водорода – 4,3 л/ч. Для установления закономерностей изменения состава проводили отвод жидкой фазы, накопившейся в сепараторе, каждые 15 минут с последующим объединением 4 проб и определением массы суммарной пробы, отобранной за один час. Расход газовой фазы определяли с использованием расходомера газа Метка (Неосиб, Россия). Хроматографический анализ газовой фазы проводили каждый час в соответствии с ГОСТ 10679–2019 [3] в режиме онлайн с применением хроматографического комплекса на основе газо-жидкостного хроматографа Хромос ГХ-1000 (ХРОМОС Инжиниринг, Россия) с системой колонок и переключателей, позволяющая провести анализ компонентов.

Из результатов газохроматографического анализа газовой и жидкой фазы, а также масс жидкой фазы и расхода газообразной фазы рассчитали массы всех идентифицированных полученных продуктов. Зная изменение массы нормального гексана и его изомеров, провели расчет конверсии гексана (α, %) и выхода продуктов (η, %).

Расчет конверсии нормального гексана из результатов анализа газовой и жидкой фазы показал, что алюмосиликат обладает наибольшей активностью в течение первого часа с последующим её снижением и дальнейшим сохранением в течение 3 и последующих часов эксперимента. Активность

материала в низкотемпературных процессах снижается при увеличении температуры до 200 °С, в среднетемпературных – увеличивается – при повышении до 300 °С. Наибольшим выходом среди всех изомеров во всех проведенных экспериментах обладает 2-метилпентан. Максимальный выход составляет 0,08 % при 100 °С. При увеличении температуры (как до 200 °С, так и до 300 °С) выход 2-метилпентана снижается. Прочие изомеры не показали значимого изменения в ходе экспериментов. Результаты обработки экспериментальных данных представлены на рисунке 1.

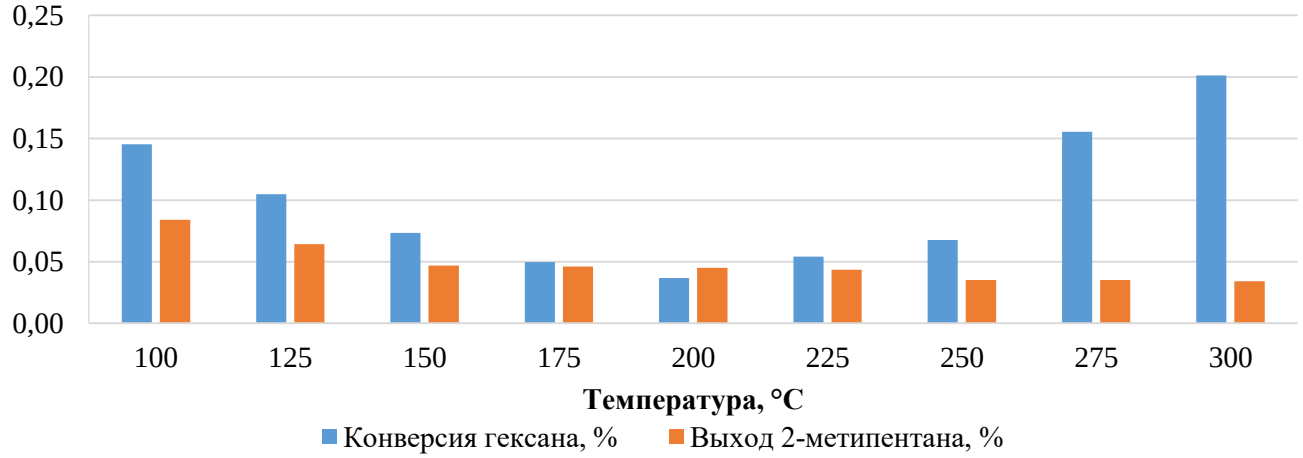


Рисунок 1 – Изменение конверсии гексана и выхода 2-метилпентана в процессах низко- и среднетемпературной изомеризации при увеличении температуры

Таким образом показано, что алюмосиликат $K_2Al_2Si_6O_{16}$, активированный при 900 °С может использоваться как катализатор низкотемпературной изомеризации нормальных углеводородов с выходом изомеров (2-метилпентана), не превышающим 0,1 %.

Список литературы

1. Состав, структура и сорбционные свойства наноструктурированных алюмосиликатов / Гордиенко П. С., Шабалин И. А., Ярусова С. Б. [и др.] // Химическая технология. – 2017. – Т.18. № 1. – С. 2–8.

2. ГОСТ Р 52714–2007. Бензины автомобильные. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 28 с.

3. ГОСТ 10679–2019. Газы углеводородные сжиженные. Метод определения углеводородного состава. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 35 с.

Шилов А.Н.[1], Ткаченко И.А.[2], Панасенко А.Е.[2]

ДОПИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА КОБАЛЬТА(II)

[1]Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ

[2]Институт химии ДВО РАН

Научный руководитель – к.х.н., зав. лаб. химии редких металлов Институт химии ДВО РАН А.Е. Панасенко

Допированные материалы на основе феррита кобальта(II) представляют большой интерес в связи с возможностью их применения в качестве фотокатализаторов, катализаторов химических

реакций, в электронных устройствах, а также в биомедицинских целях для доставки лекарственных препаратов [1].

Материалы, созданные путем внедрения допирующих агентов в кристаллическую решетку $CoFe_2O_4$ обладают улучшенными физическими характеристиками, в частности магнитными и диэлектрическими, что позволяет расширить область их применения, а также повысить их эффективность при использовании в уже существующих процессах [2].

Цель настоящей работы - изучить влияние допирующих элементов на физические характеристики феррита кобальта(II), в частности на магнитные характеристики.

Допированные материалы синтезировали по методике, описанной в [3]. Состав полученных образцов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Состав полученных образцов

Образец	Состав
MD-01P	Fe_2O_3 – 46,34 %, CoO – 24,32 %, ZnO – 29,34 %
MD-02P	Fe_2O_3 – 41,84 %, ZnO – 58,16 %
MD-03P	Fe_2O_3 – 64,21 %, CoO – 35,79 %
MD-04P	Fe_2O_3 – 67,69 %, CoO – 21,67 %, MgO – 10,65 %
MD-05P	Fe_2O_3 – 56,43 %, CoO -25,32 %, CuO – 18,25 %
MD-06P	Fe_2O_3 – 80,65 %, MgO – 19,34 %
MD-07P	Fe_2O_3 – 70,65 %, CuO – 29,35 %

Для всех полученных образцов были исследованы полевые зависимости намагниченности при температурах 300 и 3 К, и температурные зависимости намагниченности во внешнем магнитном поле 10 кЭ. Помимо этого, все образцы были исследованы с помощью методик ZFC и FC. Полученные значения намагниченности насыщения, коэрцитивной силы и магнитной восприимчивости представлены в таблице 2.

Таблица 2

Магнитные характеристики образцов

Образец	Ms, э.м.е./г.		Hc, Э	
	3К	300К	3К	300К
MD-01P	71,74	16,93	+6180/-6048	+27/-79
MD-02P	22,96	4,21	+882/-819	+92/-29
MD-03P	57,28	42,51	+10982/-11068	+567/-507
MD-04P	58,45	47,21	+7810/-8192	+454/-441
MD-05P	52,21	44,96	+2310/-2374	+354/-294
MD-06P	12,58	3,89	+1548/-2401	+103/-110
MD-07P	14,92	7,59	+1792/-2391	+170/-125

Исходя из полученных значений намагниченности насыщения и магнитной восприимчивости наиболее подходящими для дальнейших исследований являются образцы MD-04P и MD-05P. Увеличение намагниченности насыщения в сравнении с MD-03P ($CoFe_2O_4$) при 300 К составило 11 и 6 процентов соответственно. Полевые зависимости намагниченности и температурные зависимости намагниченности с помощью методик ZFC и FC представлены на рисунке 1.

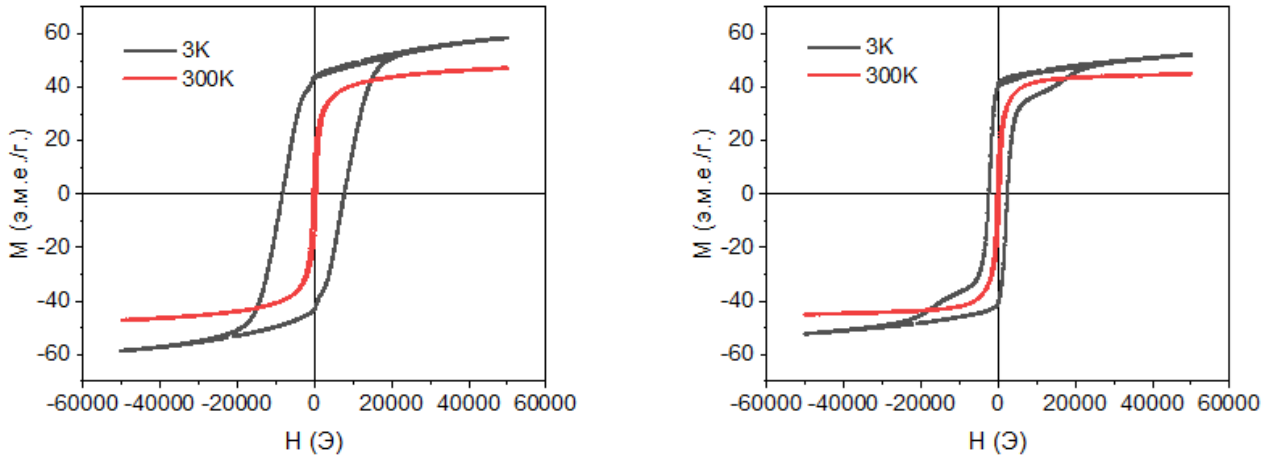


Рисунок 1 – Полевые зависимости намагниченности для образцов MD-04P и MD-05P

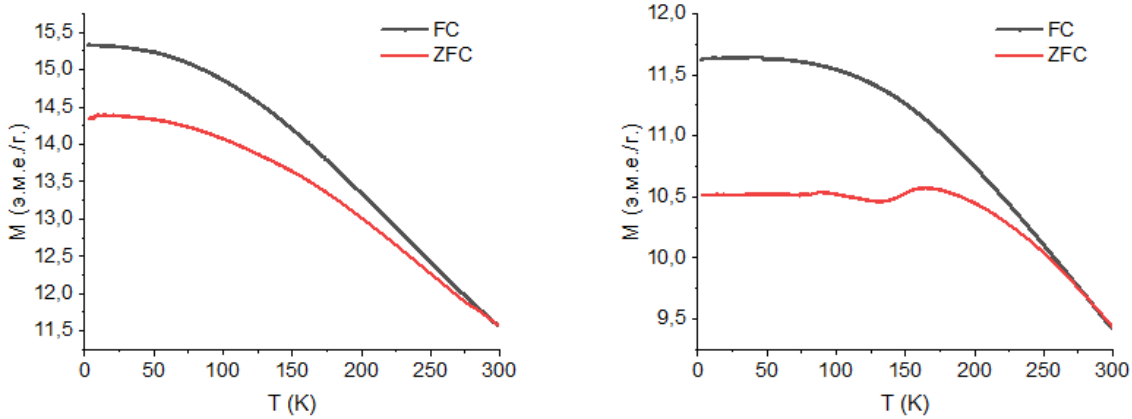


Рисунок 2 – Кривые ZFC/FC для образцов MD-04P и MD-05P

Согласно представленным графикам полевых зависимостей (рисунок 1) образцы MD-04P и MD-05P обладают ферромагнитным упорядочением при комнатной температуре со значениями намагниченности насыщения 47,21 и 44,96 э.м.е./г. и коэрцитивной силы ~ 450 и 350 Э соответственно. Значения коэрцитивной силы свидетельствуют о том, что данные образцы относятся к магнитожестким. При понижении температуры до 3 К происходит рост значений намагниченности и коэрцитивной силы, при чем значение коэрцитивной силы увеличивается приблизительно в 20 и 10 раз соответственно.

Форма петель гистерезиса, при низкой температуре, говорит о том, что исследованные образцы состоят, как минимум из двух фаз, обладающих различными магнитными характеристиками (свойствами). Однако, значительное уширение петель гистерезиса может свидетельствовать о наличии фазы обладающей суперпарамагнитными свойствами. Именно для проверки этого соображения были отсняты кривые ZFC и FC.

Кривые ZFC и FC (рисунок 2) позволяют сделать вывод о том, что образцы состоят не только из крупных частиц, обладающих различным магнитным упорядочением, но также из частиц, которые обладают суперпарамагнитным упорядочением с температурами блокировки 275 и 240 К соответственно.

Список литературы

1. Magnetic $CoFe_2O_4$ nanoparticles doped with metal ions: A review / F. Sharifianjazi, M. Moradi, N. Parvin [et al.] // Ceramics International. – 2020. – Vol. 46. - № 11. – P. 18391-18412.

2. Kakati **S.** Synthesis, Characterization, and Applications of $CoFe_2O_4$ and M-$CoFe_2O_4$ (M = Ni, An, Mg, Cd, Cu, RE) Ferrites: A Review / S. Kakati, M. K. Rendale, S. N. Mathad // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. – 2021. – Vol. 30. – P 189-219.

3. Role of Zn dopant on superparamagnetic property of $CoFe_2O_4$ nanoparticles / P. Monisha, P. Priyadharshini, S. S. Gomathi [et al.] // Applied Physics A. – 2019. – Vol. 125. - № 736.

Бугаец М. А., Галкина Д. В.

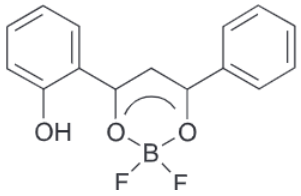
СРАВНЕНИЕ ХЕМОСЕНСОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ДОПИРОВАННЫХ ДВУМЯ РАЗЛИЧНЫМИ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫМИ β-ДИКЕТОНАТОВ ДИФТОРИДА БОРА

Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
Научный руководитель – к.х.н, доцент Л.А. Лим

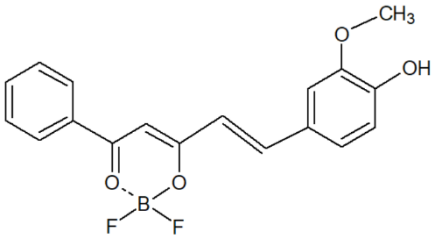
Человеческое дыхание, наряду с мочой и кровью, уже давно является одним из трех основных биологических материалов для оценки здоровья человека [1]. Широкий спектр соединений, таких как летучие органические соединения (ЛОС), NO, CO_2, NH_3 и т. д., обычно анализируют в выдыхаемом воздухе, конденсате выдыхаемого воздуха и аэрозоле выдыхаемого воздуха. Эти соединения можно анализировать с использованием различных методов, включая ГХ-МС, масс-спектрометрию ионной подвижности, масс-спектрометрию с химической ионизацией [2].

В настоящее время большое число исследователей занимаются разработкой сенсоров, позволяющих производить персонализированную диагностику выдыхаемого воздуха. Основными преимуществами таких устройств являются скорость анализа, низкие пределы обнаружения, портативность, часто простые способы изготовления, низкая стоимость и простота использования.

Существуют вещества с доказанной сенсорной активностью на аммиак и органические амины – о-гидроксидибензоилметанат дифторида бора (краситель 1) [3] и 2,2-дифтор-4-(р-гидрокси, 2-метоксистирил)-6-фенил-1,3,2-диоксаборин (краситель 2), представленные на рисунке 1.



краситель 1



краситель 2

Рисунок 1 – Структурные формулы люминесцентных красителей

Краситель 1 имеет в своей структуре гидроксильную группу в орто-положении одного из фенильных колец, что способствует обнаружению аммиака и органических аминов благодаря взаимодействию с акцепторами протонов [3].

Краситель 2 имеет в своей структуре также гидроксильную группу в орто-положении одного из фенильных колец, что также способствует обнаружению ЛОС благодаря взаимодействию с акцепторами протонов и образованию окрашенных аддуктов.

В данной работе приведены результаты исследования хемосенсорных свойств полимерных люминесцентных композиций (ПЛК) на основе микроволокон из поликарбоната, допированных двумя различными красителями (1 масс. %).

Получение микроволокон, допированных красителями, осуществлялось на лабораторной установке бессоплового центробежного прядения, образцы выдерживались на воздухе в течение 28 дней для удаления растворителя из структуры волокна, в результате был получен полимерный волокнистый материал.

Образцы микроволокон были испытаны на чувствительность к монометиламину при концентрациях аналита 4-200 ppm. В конических колбах микроволокна подвешивали на нитке по центру, чтобы избежать контакта со дном. На дне размещали точную навеску гидрохлорида метиламина, которую затем смачивали 40 % раствором гидроксида натрия, обеспечивая реакцию выделения газообразного метиламина. Растворимостью метиламина в щелочном растворе пренебрегали, прохождение реакции считали количественным. Через определенный промежуток времени визуально регистрировали изменение цвета волокнистого материала: со светло-желтого на оранжевый (краситель 1), с желтого на ярко-оранжевый/бурый (краситель 2). Зависимость времени отклика от концентрации монометиламина приведена на рисунке 2.

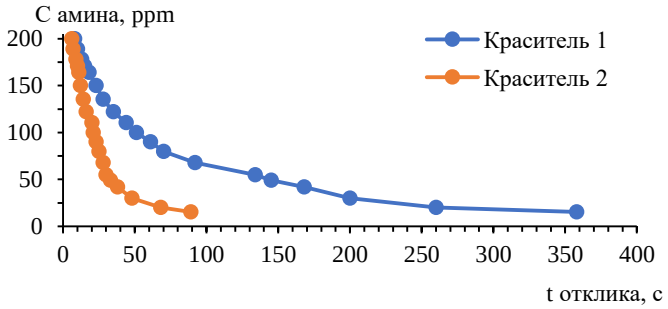


Рисунок 2 – Зависимость времени отклика от концентрации монометиламина

Установлены зависимости времени отклика (визуально отмечаемых изменений в цвете материала) от концентрации монометиламина при концентрации красителя в волокне 1 масс. %. Краситель 2 проявляет хемосенсорную активность на монометиламин выше, чем краситель 1, о чём свидетельствует меньшее время отклика.

Таким образом, полученные полимерные люминесцентные композиции можно рассматривать как основу для перспективного химического сенсора для обнаружения органических аминов в выдыхаемом воздухе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 23-23-00461.

Список литературы

1. Wallace, M.A.G. Evolution of clinical and environmental health applications of exhaled breath research: Review of methods and instrumentation for gas-phase, condensate, and aerosols / M.A.G. Wallace, J.D. Pleil. – DOI 10.1016/j.aca.2018.01.069 // Analytica Chimica Acta. – 2018. – Vol. 1024, N 1. – P. 18-38.

2. Beauchamp, J. Current sampling and analysis techniques in breath research – results of a task force poll // J. Beauchamp. – DOI 10.1088/1752-7155/9/4/047107 // Journal of Breath Research. – 2015. – Vol. 9. – N 4. – P. 1-10.

3. Fedorenko, E. V. o-Hydroxydibenzoylmethanate of boron di fluoride : A complex with multi-stimuli-responsive emission effects / E. V Fedorenko, A.G. Mirochnik, A. V Gerasimenko. – DOI

10.1016/j.saa.2019.117367 // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2019. – Vol. 223. – P. 1-10.

Кашепа В.В.[1, 2], Имшинецкий И.М.[2], Надараиа К.В. [2], Машталяр Д.В. [2], Гнеденков С.В. [2]

ВЛИЯНИЕ Ta_2O_5 НА СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНОГО СЛОЯ НА ПЭО-ПОКРЫТИЯХ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ МА8

[1] Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ
[2] Институт химии ДВО РАН
Научный руководитель - к.х.н., Имшинецкий И.М.[2]

Основным препятствием для использования биоразлагаемых магниевых имплантов является их высокая электрохимическая активность. Для предотвращения быстрой деградации таких имплантов, в том числе и внутри живого организма, могут быть применены различные методы поверхностной модификации [1,2], например, гетерооксидные покрытия, сформированные методом плазменного электролитического оксидирования (ПЭО). ПЭО-покрытия обладают развитой структурой и хорошими защитными свойствами. Данные покрытия могут быть модифицированы пентаоксидом тантала (Ta_2O_5), который обладает антибактериальными свойствами и выступает в роли стимулятора образования кальций-фосфатного слоя (КФС) [3,4]. Принимая во внимание вышеизложенное, ПЭО-покрытия, содержащие Ta_2O_5, представляют интерес в качестве потенциальных защитных слоев для биорезорбируемых систем остеосинтеза на базе магниевых сплавов.

Покрытия, полученные методом плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) на магниевом сплаве МА8 были сформированы в электролите, содержащем NaF (5 г/л), Na_2SiO_3 (20 г/л) и наночастицы β-Ta_2O_5 размером до 200 нм. Оценка способности данных покрытий, к формированию кальций-фосфатного слоя (КФС) в условиях *in vitro* производилась в SBF-растворе (SBF – Simulated Body Fluid), симулирующем плазму крови человека по минеральному составу. Приготовление SBF-раствора и анализ образования КФС на поверхности образцов проводились в соответствии с методикой, представленной в ISO 23317 [5]. Образцы были выдержаны в SBF-растворе в течение 1, 7, 14, 21 и 28 дней при температуре 36,5°С. Элементный состав покрытий после выдержки исследовали методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа (ЭДРФА) на спектрометре EDX-800HS (Shimadzu, Япония).

В результате проведенного исследования было установлено, что содержание кальция и фосфора на поверхности ПЭО-покрытий увеличивается со временем их выдержки вследствие нарастания КФС. На рис. 1 представлена сводная гистограмма, обобщающая результаты ЭДРФА-анализа образца Т6 после выдержки в SBF-растворе в течение 1, 7, 14, 21 и 28 дней. Как видно из представленных данных, содержание как кальция, так и фосфора на поверхности покрытия Т6 начинает увеличиваться с первого дня выдержки вследствие взаимодействия компонентов SBF-раствора с ПЭО-покрытием. Под действием ряда факторов, включающих развитую поверхность, состав ПЭО-покрытия и коррозию образца, из перенасыщенного в отношении апатита SBF-раствора [6] на поверхность покрытий осаждаются гидроксиапатит и/или его предшественники.

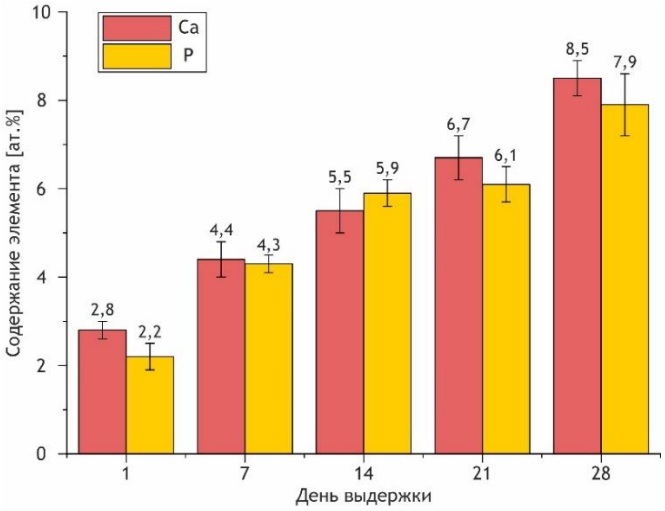


Рисунок 1 – Содержание кальция и фосфора согласно результатам ЭДС-анализа на поверхности образца Т6 после выдержки в SBF-растворе

Основными причинами нарастания КФС являются самопроизвольный распад метастабильного состояния SBF-раствора при температуре проведения эксперимента (36,5°C) и наличие большого количества потенциальных центров кристаллизации на развитой поверхности ПЭО-слоя. Кроме вышеупомянутых факторов, коррозионное разрушение образца в SBF-растворе сопровождается местным повышением pH и образованием $Mg(OH)_2$ [7], в то время как пентаоксид тантала имеет частичный отрицательный заряд в водных средах, что так же может инициировать нарастание КФС.

Обобщая результаты исследования, ПЭО-покрытия, содержащие Ta_2O_5 проявляют способность к формированию биомиметического апатита *in vitro* и в перспективе могут быть использованы для создания защитных слоев для биодеградируемых систем накостного остеосинтеза из сплавов магния, способных существенно улучшить остеоинтеграцию и снизить электрохимическую активность имплантата.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда №22-23-00937.

Список литературы

1. Tong P. et al. Recent progress on coatings of biomedical magnesium alloy // Smart Mater. Med. 2022. Vol. 3. P. 104–116.

2. Saberi A. et al. A Comprehensive Review on Surface Modifications of Biodegradable Magnesium-Based Implant Alloy: Polymer Coatings Opportunities and Challenges // Coatings. 2021. Vol. 11, № 7. P. 747.

3. Dai X.-J. et al. Effect of MAO/Ta2O5 composite coating on the corrosion behavior of Mg–Sr alloy and its in vitro biocompatibility // J. Mater. Res. Technol. 2022. Vol. 20. P. 4566–4575.

4. Horandghadim N., Khalil-Allafi J., Urgen M. Effect of Ta2O5 content on the osseointegration and cytotoxicity behaviors in hydroxyapatite-Ta2O5 coatings applied by EPD on superelastic NiTi alloys // Mater. Sci. Eng. C. 2019. Vol. 102. P. 683–695.

5. ISO 23317:2014 Implants for surgery — In vitro evaluation for apatite-forming ability of implant materials. BSI Standards Limited, 2014. P. 24.

6. Zhu P., Masuda Y., Koumoto K. The effect of surface charge on hydroxyapatite nucleation // Biomaterials. 2004. Vol. 25, № 17. P. 3915–3921.

7. Lamaka S. V. et al. Local pH and Its Evolution Near Mg Alloy Surfaces Exposed to Simulated Body Fluids // Adv. Mater. Interfaces. 2018. Vol. 5, № 18. P. 1800169.

Писарев С.М.[2], Мармаза П.А.[1], Иванов Н.П.[2], Каспрук Г.Д.[1]

ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ U(VI) ИЗ ЖИДКИХ СРЕД

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – к.х.н., старший преподаватель Драньков А.Н.[2]

Актуальность работы заключается в необходимости разработки методов для удаления и концентрирования урана из жидких сред, включающих мешающие примеси, так как человек всё больше использует атомную энергию, из-за чего растут масштабы добычи U(VI). В данный момент учёные рассматривают слоистые двойные гидроксиды (СДГ) как эффективный способ извлечения U(VI) из растворов, однако существует проблема извлечения этих сорбентов из технической среды после адсорбции, которая может быть решена с помощью магнитной сепарации. В настоящей работе были получены магнитные композитные сорбционные материалы на основе магнитных наночастиц Fe_3O_4 и Zn-Al-СДГ.

Для синтеза магнитных наночастиц использовали $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, а композитные материалы получали способом прямого осаждения NaOH. При этом использовали различные мольные соотношения Fe_3O_4 и $ZnCl_2$ ($n(Fe_3O_4)/n(ZnCl_2)$ = 1/4 для Fe_3O_4/СДГ-1/4 и $n(Fe_3O_4)/n(ZnCl_2)$ = 1/16 для Fe_3O_4/СДГ-1/16).

Фазовый состав полученных композитов был изучен методом рентгенофазового анализа с помощью порошкового рентгеновского дифрактометра D8 ADVANCE (Bruker, США) (CuKα-излучение, средняя длина волны (λ) 1,5418 Å). Определение адсорбции U(VI), производили из растворов нитрата уранила $UO_2(NO_3)_2$ в дистиллированной воде в режиме статической сорбции в течение 24 ч при перемешивании на центробежном шейкере (соотношение фаз V/m = 1:1000 г/мл, объем жидкой фазы V=10 мл), Определение концентрации урана производили спектрофотометрически по изменению оптической плотности (до и после сорбции) в присутствии Арсеназо III на приборе UNICO 1201 (UNICO, США) при длине волны 656 нм).

Согласно данным РФА (рисунок 1) полученных образцов, наблюдаются характерные пики фазы Zn-Al-СДГ, отвечающей общей формуле $Zn_{0,7}Al_{0,3}(OH)_2(CO3)_{0,15}$, которые присутствуют на дифрактограмме образца Zn-Al-СДГ-1/16, а для образца Zn-Al-СДГ-1/4 наблюдали формирование только фазы цинкита ZnO. Характерные пики цинкита ZnO также присутствуют и в образце Zn-Al-СДГ-1/16.

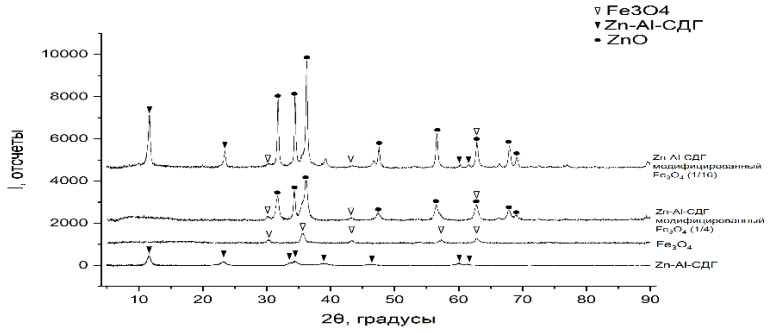


Рисунок 1 – Дифрактограммы Fe_3O_4/СДГ-1/16, Fe_3O_4/СДГ-1/4, Fe_3O_4, Zn-Al-СДГ

Также была изучена адсорбция урана на полученных образцах из монокомпонентного раствора. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица 1

Значения сорбционной ёмкости для Fe_3O_4/СДГ-1/16, Fe_3O_4/СДГ-1/4, Fe_3O_4, Zn-Al-СДГ

Материал	Сорбционная емкость Q(UO_2^{2+}), мг/г
Fe_3O_4/СДГ-1/16	99,35
Fe_3O_4/СДГ-1/4	94,64
Fe_3O_4	7,57
Zn-Al-СДГ	99,51

Как видно из таблицы, магнитные наночастицы Fe_3O_4 не обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к урану UO_2^{2+}. Модификация данных наночастиц с помощью СДГ позволяет получать композиты, эффективно извлекающие UO_2^{2+} из монокомпонентного раствора с применением метода магнитной сепарации. При увеличении мольного соотношения Zn^{2+}/Fe_3O_4 возрастает и сорбционная емкость, а магнитные свойства материала остаются достаточно сильными для его практического применения в очистке жидких радиоактивных отходов.

В ходе выполнения работы были получены магнитные композиты Fe_3O_4/СДГ-1/16 и Fe_3O_4/СДГ-1/4 методом прямого осаждения для эффективной очистки жидких сред от урана в форме уранил-иона UO_2^{2+} с использованием метода магнитной сепарации. Фазовый состав полученных композитов был установлен с использованием метода РФА. Сорбционная обменная емкость в статических условиях составила Q = 99,34 мг(UO_2^{2+})/г для композитного материала Fe_3O_4/СДГ-1/16. Полученные сорбенты перспективны для очистки жидких сред от радионуклидов урана.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования № FZNS-2023–0003, тема «Фундаментальные основы химической инженерии новых функциональных материалов адаптивных для ядерных и радиационных технологий.

Список литературы

1. Nanostructured Magnetic Sorbents for Selective Recovery of Uranium (VI) from Aqueous Solutions / E.K. Papynov, I.A. Tkachenko, V.Y. Maiorov [et al.]. // Radiochemistry. — 2019. — № 61. — P. 28-36.

Рыбалка А.А.[1], Будникова Ю.Б.[1,2], Шлык Д. Х.[2]

ПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ Ti/TiO_2-WO_3-$ZnWO_4$: СИНТЕЗ, СОСТАВ, ОПТИЧЕСКИЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

[1] Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ

[2]Институт химии ДВО РАН

Научный руководитель - д.х.н., профессор Васильева М.С.[1,2]

Вольфрамат цинка - это уникальное полифункциональное кристаллическое соединение, которое обладает люминесцентными [1], фотокаталитическими [2,3], магнитными и сенсорными свойствами. Для получения сложнооксидных пленочных композитов может быть использован метод плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) [4].

В данной работе представлены результаты исследования состава, оптических и фотокаталитических свойств Zn-, W-содержащих пленок на титане, полученных методом ПЭО при плотности тока 0.2 А/см^2 в течение 10 мин в водных электролитах, содержащих Na_2WO_4, ЭДТА,

$Zn(CH_3COO)_2$, с последующим отжигом при 500 и 700 °С в течение 1 часа. Мольное соотношение W/Zn составляло 1:1 и 2:1. В зависимости от условий формирования и температуры отжига, ПЭО-слои получили обозначения Ti/W/Zn(2:1), Ti/W/Zn(2:1)-500, Ti/W/Zn(2:1)-700, Ti,W,Zn(1:1), Ti,W,Zn(1:1)-500, Ti,W,Zn(1:1)-700.

Фазовый состав образцов зависит от мольного соотношения W/Zn в электролите. При мольном соотношении W/Zn=1:1 в составе электролита образуются покрытия, содержащие цинк-вольфрамовую бронзу, которая не обнаружена в составе покрытий полученных при W/Zn=2:1. Последующий отжиг при температурах 500 и 700°С приводит к появлению в составе покрытий кристаллической фазы $ZnWO_4$ (таблица 1).

Таблица 1

Фазовый состав сформированных ПЭО-покрытий

Обозначение образца	W/Zn	i, А/см^2	Фазовый состав		
			Без отжига	500 ^{0}C	700 ^{0}C
Ti,W,Zn(1:1)	1:1	0,2	TiO_2 (анатаз), WO_3, W_5O_{14}, $Zn_{0,3}WO_3$, $Na_{0,28}WO_3$	TiO_2 (анатаз), $Ti_{0,936}O_2$ (рутил), WO_3, $ZnWO_4$	TiO_2 (анатаз), WO_3, $ZnWO_4$
Ti/W/Zn(2:1)	2:1	0,2	TiO_2 (анатаз), $WO_{2,83}$, $Na_{0,28}WO_3$	TiO_2(анатаз), WO_3, $ZnWO_4$	TiO_2 (анатаз), $Ti_{0,936}O_2$ (рутил), WO_3, $ZnWO_4$

Методом диффузного отражения было установлено, что значения ширины запрещенной зоны не зависят от условий получения ПЭО-покрытий. Значения ширины запрещенной зоны E_g для всех образцов для прямого (n=1/2) разрешенного перехода составляют ~ 3,00 эВ.

Фотокаталитические исследования показали, что сформированные композиты проявляют активность в реакции деградации индигокармина (ИК) в условиях облучения УФ светом. Наибольшую фотокаталитическую активность проявляет образец Ti/W/Zn(2:1)-700, полученный в электролите с мольным соотношением W/Zn 2:1 и отожженный при 700°С (Рисунок 1). Данный факт может быть обусловлен особенной морфологией поверхности данного образца.

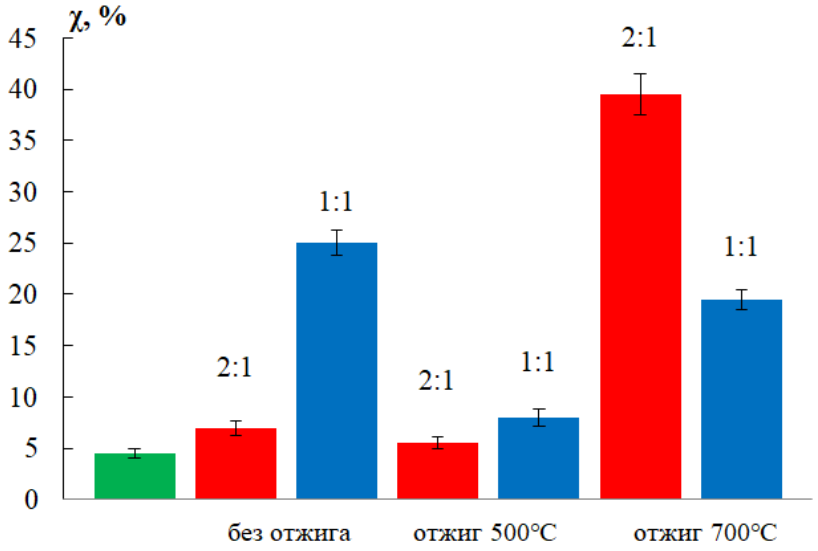


Рисунок 1 – Степень деградации индигокармина (10 мг/л)в условиях УФ-облучения в отсутствие и в присутствии образцов до и после их отжига

Таким образом, в данной работе комбинацией методов ПЭО и отжига сформированы оксидные слои на титане, содержащие вольфрамат цинка и оксид вольфрама, перспективные для использования в качестве фотокатализаторов деградации органических загрязнителей в условиях УФ облучения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН №FWFN (0205)-2022-0001.

Список литературы

1. Мархабаева А А. Люминесцентные свойства и морфология порошков вольфрамата цинка, синтезированных гидротермальным методом / А. А. Мархабаева, Х. А. Абдуллин, В. М. Лисицын, Е. Ф. Полисадова, Д. Т. Валиев, Р. Р. Немкаева // Известия высших учебных заведений. Физика – 2016. – Т. 59, № 9-2. – С. 174–179.

2. S. Mostafa Hosseinpour-Mashkani. Precipitation Synthesis, Characterization, Morphological Control, and Photocatalyst Application of $ZnWO_4$ Nanoparticles / S.M. Hosseinpour-Mashkani, M. Maddahfar, A. Sobhani-Nasab // Journal of Electronic Materials – 2016. – Vol. 45, No. 7. – P. 3612–3620

3. Dodd A. Mechanochemical synthesis of nanoparticulate ZnO–$ZnWO_4$ powders and their photocatalytic activity / A. Dodd, A. McKinely, T. Tsuzuki, M. Saunders – DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2008.05.027 // Journal of the European Ceramic Society – 2009. – Vol. 29. – P.139-144.

4. Суминов, И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В. и др. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов: в 2-х томах Т. II / под общ. ред. И. В. Суминова. Москва: Техносфера, 2011. 512 с.

Сероштан А.И.[1,2]

V-, W-, Co-СОДЕРЖАЩИЕ ОКСИДНЫЕ СЛОИ НА ТИТАНЕ: СИНТЕЗ, СОСТАВ, МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

[2] Институт химии ДВО РАН

[1]Научный руководитель - д.х.н., доцент Васильева М.С. [1,2]

Ванадаты и вольфраматы металлов, а также их смешанные системы в настоящее время пользуются повышенным интересом в научных исследованиях вследствие превосходных функциональных свойств – фотокаталитических, магнитных, каталитических и др. [1]. Метод плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) – перспективный способ синтеза сложнооксидных пленочных структур на металлах с высокой адгезией к поверхности [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования состава, морфологии поверхности, фотокаталитических и оптических свойств ПЭО-слоев на титане, полученных в электролитах на основе ванадата и/или вольфрамата натрия с добавлением комплексных ионов Co(II)–ЭДТА. Оксидные покрытия формировали методом ПЭО в гальваностатическом режиме при различных плотностях тока: 0,1 А/см^2 и 0,2 А/см^2 в течение 10 мин. В зависимости от состава электролита сформированные ПЭО-слои получили обозначения Ti/VCoγ, Ti/WCoγ и Ti/WVCoγ. Сформированные образцы были исследованы методами рентгенофазового анализа (РФА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионного анализа (ЭДА) и диффузного отражения.

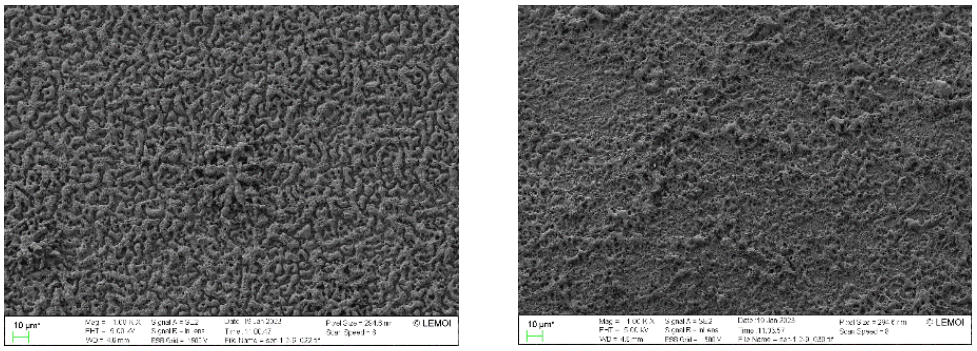
Предварительные исследования показали, что в электролите, содержащем только ванадат натрия и ионы Co(II)–ЭДТА, покрытия не образуются. Согласно РФА (*таблица 1*) все сформированные ПЭО-покрытия включают в состав TiO_2 в модификации анатаз. Фазовый состав Ti/WCoγ образцов не зависит от условий плотности тока формирования, в обоих случаях покрытия наряду с оксидом титана включают в состав оксид вольфрама и вольфрамат кобальта. В случае Ti/WVCoγ образцов с увеличением плотности тока от 0,1 до 0,2 А/см^2 фазовый состав покрытий значительно меняется: Ti/WVCoγ(0,1) образец содержит только оксид титана в модификации анатаз, в то время как в составе Ti/WVCoγ(0,2) покрытий дополнительно фиксируются TiO_2 в модификации рутил, оксиды вольфрама и ванадия. По данным ЭДА образцы Ti/WCoγ и Ti/WVCoγ содержат элементы компонентов электролитов.

Таблица 1

Фазовый состав ПЭО-слоев

Обозначение образца	Плотность тока формирования, А/см^2	Фазовый состав
Ti/WCoγ(0,1)	0,1	TiO_2 (анатаз), $CoWO_4$, WO_3
Ti/WCoγ(0,2)	0,2	TiO_2 (анатаз), $CoWO_4$, WO_3
Ti/WVCoγ(0,1)	0,1	TiO_2 (анатаз)
Ti/WVCoγ(0,2)	0,2	$Ti_{0,928}O_2$ (рутил), TiO_2 (анатаз), WO_3, V_2O_3

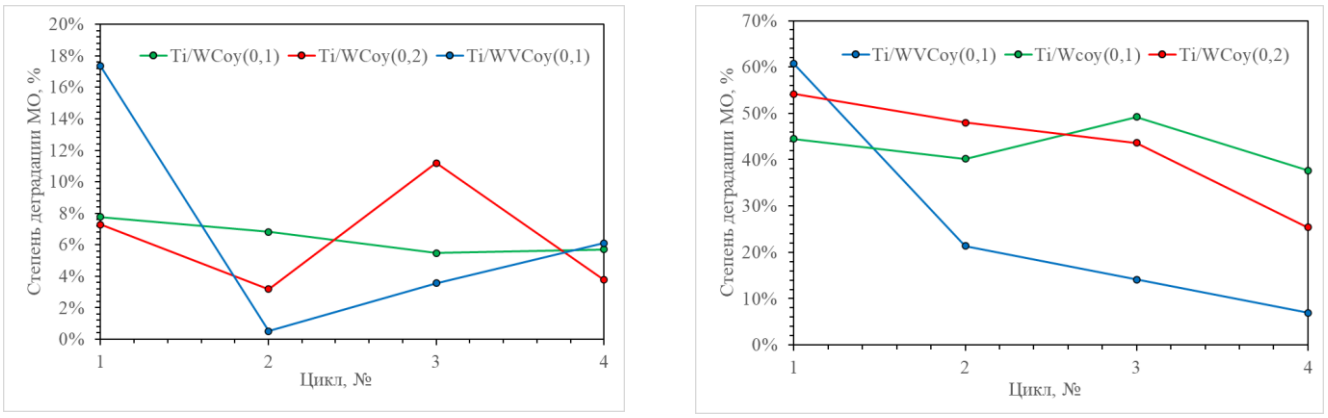
На рисунке 1 приведены примеры СЭМ изображений поверхности полученных ПЭО-покрытий. Морфология ПЭО-покрытий в значительной степени зависит от условий формирования покрытий.



(а) (б)

Рисунок 1 – СЭМ изображения поверхности образцов: (а) – Ti/WCoγ(0,2); (б) – Ti/WVCoγ(0,1)

Фотокаталитические исследования деградации метилового оранжевого (МО) в присутствии пероксида водорода в условиях облучения видимым и ультрафиолетовых светом приведены на рис. 2.



(а) (б)

Рисунок 2 – Фотокаталитическая активность образцов:(а) – облучение видимым светом; (б) – УФ-облучение

Фотокаталитические исследования показали, что все сформированные ПЭО-покрытия проявляют активность в реакции деградации метилового оранжевого в присутствии пероксида водорода в условиях облучения УФ и видимым светом. Композиты Ti/WCoγ, полученные при обоих плотностях тока, показали наибольшую фотокаталитическую стабильность в условиях УФ-облучения.

Таким образом, в данной работе с помощью метода плазменно-электролитического оксидирования на титане были синтезированы оксидные слои, содержащие ванадаты и вольфраматы кобальта, а также их смешанную систему, перспективные для использования в качестве фотокатализаторов различных процессов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН (проект № FWFN-2022-0001).

Список литературы

1. Photophysical and photocatalytic properties of a new series of visible-light-driven photocatalysts $M_3V_2O_8$ (M = Mg, Ni, Zn) A Review on the Application of Photocatalytic Materials / D. Wang, J. Tang, Z. Zou, J. Ye // Chem. Mater. - 2005. – V.17. – P. 5177–5182.

2. Recent progress in surface modification of metals coated by plasma electrolytic oxidation: principle, structure, and performance / M. Kaseem, S. Fatimah, N. Nashrah, Y.G. Ko // Prog. Mater. Sci. - 2020. – N 100735.

Лембиков А.О.[1], Каспрук Г.Д.[1], Федорец А.Н.[2], Белов А.А.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИКИ $ZrYSrTiO_3$, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ПРОЦЕСС ПОЛНОГО РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА ^{90}SR В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ В ИММОБИЛИЗИРУЮЩЕЙ МАТРИЦЕ

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

[2]Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Лаборатории ядерных технологий Шичалин О.О.[2]

В работе представлен способ синтеза минералоподобной керамики на основе титанатов стронция, иттрия и циркония со структурой перовскита и цирконолита для иммобилизации стронция, иттрия и циркония по технологии реакционного искрового плазменного спекания для детального изучения кинетики фазовых превращений при твердофазном взаимодействии компонентов исходной реакционной смеси. Взятые массы исходных реагентов представлены в таблице. Проведено детальное исследование кинетики фазовых превращений во времени в зависимости от температуры разогрева реакционной смеси исходных компонентов ($SrCO_3$, TiO_2, Y_2O_3, ZrO_2) с применением ТГА и РФА. Методами РЭМ и ЭДС изучена структура, состав, а также исследована динамика консолидации реакционной смеси в диапазоне температур при постоянной температуре синтеза 1300 °C. Была исследовано формирования керамик с разным соотношение Sr/Y/Zr в структуре перовскита с достижением плотности до 4.58 – 4.90 г/см^3, микротвердостью по Виккерсу ~ 400-900 HV и скоростью выщелачивания стронция в пределах 10^{-5}–10^{-6} г·см-$^{-2}$·сутки$^{-1}$, иттрия в пределах 10^{-4}–10^{-5} г·см$^{-2}$·сутки$^{-1}$ и циркония в пределах 10^{-4}–10^{-5} г·см$^{-2}$·сутки$^{-1}$. Прикладной результат исследования интересен для технологий кондиционирования радиоактивных отходов и производства радиоизотопных изделий.

Таблица 1

Массы исходных реагентов для подготовки смесей $ZrY_xSr_{1.5-x}TiO_3$

Исходные реагенты	$ZrYSrTiO_3$_0.1x г.	$ZrYSrTiO_3$_0.2x г.	$ZrYSrTiO_3$_0.3x г.	$ZrYTiO_3$ (ZrYSrTiO3_1x) г.
Y_2O_3	0.64	1.35	2.13	2.41
TiO_2	4.55	4.78	5.03	5.12
$SrCO_3$	5.89	3.54	0.93	-
ZrO_2	0.35	1.47	2.20	2.62

В результате проведенных исследований выявлено, что уменьшение концентрации исходного компонента $SrCO_3$ и закономерное увеличение концентрации остальных компонентов исходной смеси в незначительной степени влияет на скорость протекания реакции (рисунок 1). Однако такой градиент концентраций приводит к уменьшение максимальной усадки в процессе спекания, что связано с увеличением массово соотношения более тугоплавких оксидов к карбонату стронция. Этим же объясняет увеличение температуры начала консолидации, точкой начала которой можно считать 1000-1050 °C.

Согласно РФА анализу (рисунок 2), многокомпонентный состав керамик характерен при всех взятых соотношений, а согласуясь с результатами дилатометрии и взятых соотношений, показывает различную интенсивность ключевых фаз $SrTiO_3$, $Y2Ti_2O_7$, $SrZrTi_2O_7$.

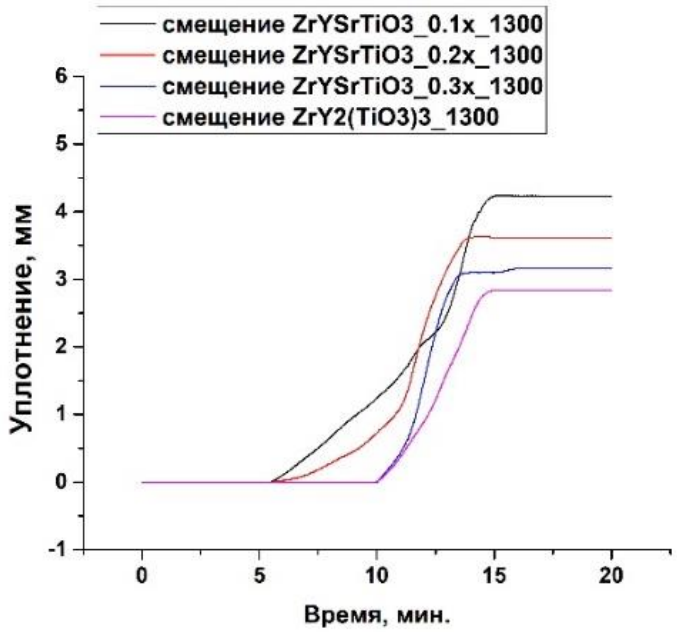


Рисунок 1 – Дилатометрическая зависимость полученных керамик

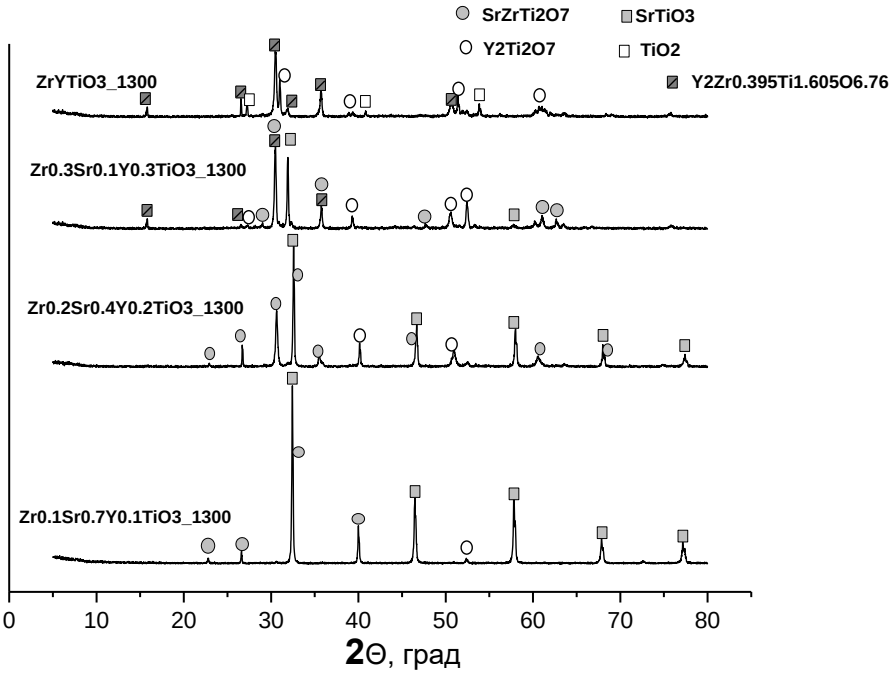


Рисунок 2 – РФА спеченных керамик

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

– получена керамика многокомпонентного состава на основе реакционной смеси $SrCO_3$, TiO_2, Y_2O_3, ZrO_2;

– уменьшение концентрации карбоната стронция существенно не влияет на интенсивность реакции, однако уменьшает максимальную усадку в процессе спекания;

– полученные физико-механические и гидролитические характеристики свидетельствуют о пригодности полученного типа матриц для иммобилизации радионуклида стронция, иттрия и цезия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZNS-2023-0003).

Раздел XIV ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Атаулина Р.Р., Кузин А.А.

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЁТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРИВОДЯЩИЙ К ИЗМЕНЕНИЮ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛЫ, НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Кафедра математической кибернетики и информационных технологий МТУСИ
Московский технический университет связи и информатики
Научный руководитель – старший преподаватель А. А. Кузин

Целью работы является разработка эффективного алгоритма, помогающего в исследованиях результатов секвенирования биологических материалов, и дальнейшая разработка программного комплекса, написанного на высокоуровневом языке программирования Python.

В качестве входных данных использовались: экспериментальный файлы, взятый из открытой базы данных (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/) и смоделированный файлы секвенированного ДНК.

Исследования ДНК привели к пониманию её структуры, представляющей собой двойную спираль, две нити которой проходят в противоположных направлениях – считаются антипараллельными. ДНК – это мономер, который является нуклеотидом, состоящий из нуклеозида и остатка фосфорной кислоты. Нуклеозид, в свою очередь, состоит из азотистого основания и сахара (дезоксирибозы).

Азотистые основания делятся на пурины и пиримидины. К пуринам относятся аденин и гуанин, а к пиримидинам – тимин и цитозин. Эти основания в одной цепи соединены ковалентными связями. Две цепи соединяются между собой водородными связями согласно принципу комплементарности: аденин соединяется только с тимином (A-T), гуанин — только с цитозином (G-C). Поскольку водородные связи нековалентны, то их можно разрушить под действием ферментов или при высокой температуре. Различные пары оснований образуют разное количество водородных связей. Основания аденина (A) и тимина (T) связаны двумя водородными связями, а гуанина (G) и цитозина (C) – тремя водородными связями, поэтому для разрыва последней связи требуется больше энергии.

Секвенирование ДНК – это процесс нахождения последовательности нуклеиновой кислоты. Результатом секвенирования является последовательность оснований: A, T, G, C.

Денатурация ДНК – плавление молекулы, представляющее собой процесс, в котором благодаря повышению температуры двуцепочечная ДНК разделяется на одноцепочечные нити.

Так как водородная связь между цитозином и гуанином значительно сильнее, чем у оснований аденина и тимина, то содержание ГЦ (гуанина и цитозина) можно получить, измерив температуру, при которой и расплавляется ДНК. Точно также происходит и обратно: зная содержание ГЦ, можно вычислить примерное значение температуры денатурации.

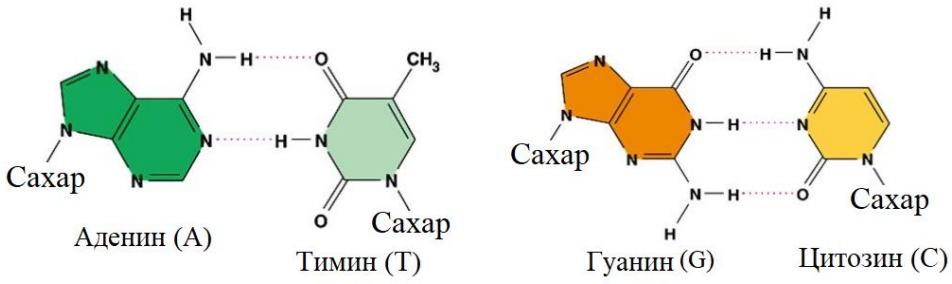


Рисунок 1 – принцип комплементарности и связи оснований (https://hd.duabhmoobtojsiab.com)

Большинство методов исследования в молекулярной биологии зависят от температуры плавления (T_m) олигонуклеотидов, и для этого были разработаны формулы для вычисления и оценки T_m. Рассмотрено в данной работе 2 формулы [1], [2], [3]:

$$(1)\quad T_m = 69.3 + 0.41 * (\%GC) - \frac{650}{n}\ ; \qquad \%\mathrm{GC} = \frac{G + C}{n}$$

$$(2)\quad T_m\ =\ (7.31 * \mathrm{E}) + [16.47 * \ln(\mathrm{n})] - 41.32$$

Расчёты формул на основе объекта секвенированного ДНК проводились с помощью разработанного алгоритма на языке программирования Python. Данная программа помогает в исследовании, вычислении свойств биологических материалов.

Список литературы

1. Marmur J., Doty P., Determination of the base composition of deoxyribonucleic acid from its thermal denaturation temperature, 1962

2. Chester N., Marshak D.R., Dimethyl sulfoxide-mediated primer Tm reduction: a method for analyzing the role of renaturation temperature in the polymerase chain reaction, 1993

3. Garima Khandelwal, Jayaram Bhyravabhotla, «A Phenomenological Model for Predicting Melting Temperatures of DNA Sequences», 2010

Брыкин Л.О.[1]

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ НА КОНСТАНТУ МЕЖФАЗНОГО ОБМЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ФЕРРО- И АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОМ

[1]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ

[1]Научный руководитель - д. ф. -м. н., профессор Л.Л. Афремов

Большой интерес к изучению систем ферромагнетик/антиферромагнетик связан с возможностью усиления эффективной магнитной анизотропии, а также с эффектом обменного смещения петли гистерезиса [1, 2], который возникает, например, при окислении тонких плёнок переходных металлов. Поле обменного смещения при этом возрастает с увеличением глубины окисления. Энергия межфазного обменного взаимодействия пропорциональна константе межфазного обменного взаимодействия, которая выражается через произведение средних магнитных моментов атомов, расположенных в граничных ферро- и антиферромагнитных слоях:

$$A_{in}(T) = Am_{in}^{F}(T)m_{in}^{AF}(T), \qquad (1)$$

Расчёт средних магнитных моментов и моделирование температурной зависимости константы межфазного обменного взаимодействия (рис. 1) системы Co/CoO, слои которой расположены в плоскостях (111), при различных значениях глубины окисления плёнки производится при помощи системы уравнений, полученной из теории среднего спина. Основные параметры, необходимые для расчёта средних магнитных моментов – это число ближайших соседей, связанных прямым обменом и косвенным обменом, а также константы обменного взаимодействия между ними (таблица 1).

Таблица 1

Параметры системы

	T_C, K / T_N, K	t_C / t_N	J^{dex}	J^{iex}	$z_{n,n-1}^{dex}$	$z_{n,n-1}^{iex}$	$z_{n,n}^{dex}$	$z_{n,n}^{iex}$	$z_{n,n+1}^{dex}$	$z_{n,n+1}^{iex}$
Co	1388	12	1	–	3	–	6	–	3	–
CoO	291	2,5	0,001	−0,47	3	3	6	–	3	3

Константа косвенного обменного взаимодействия J^{iex} определяет температуру Нееля антиферромагнитной части плёнки, поэтому для полностью окисленной плёнки критическая температура должна совпадать с температурой Нееля.

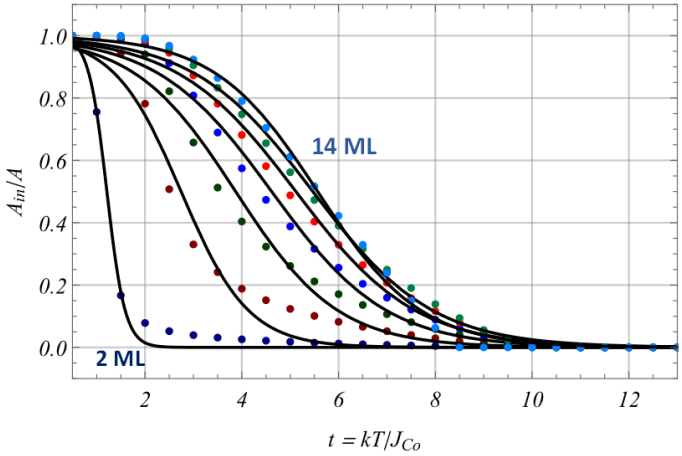


Рисунок 1 – Изменение температурной зависимости относительной константы межфазного обменного взаимодействия при увеличении числа окисленных слоёв (ML)

Видно, что при увеличении глубины окисления значение константы межфазного обменного взаимодействия увеличивается в области ниже температуры Нееля антиферромагнитной части плёнки. Полученные зависимости были аппроксимированы, причём параметры аппроксимации a и b (таблица 1) позволяют, во-первых, оценить скорость роста константы межфазного обменного взаимодействия, а во-вторых, рассчитать температуру Нееля антиферромагнитной части плёнки:

$$t_N = |b| + \frac{f(t \to |b|)}{f'(t \to |b|)}, \quad (2)$$

где $f = \frac{1}{exp(at+b)+1}$ – аппроксимирующая функция.

Таблица 2

Зависимость параметров аппроксимации от числа окисленных слоёв

ML	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
a	5,30	2,35	1,44	1,09	0,95	0,88	0,85	0,83	0,81	0,81	0,81	0,83	0,94
b	-6,42	-4,79	-3,95	-3,67	-3,68	-3,78	-3,91	-4,03	-4,17	-4,29	-4,43	-4,65	-5,23

Видно, что при окислении первых четырёх слоёв константа межфазного обменного взаимодействия быстро увеличивается, однако далее достигает насыщения и остаётся почти неизменной, пока число окисленных слоёв не станет сопоставимо с общим числом слоёв плёнки.

Таким образом, параметры аппроксимации позволяют определить величину изменения температурной зависимости константы межфазного обменного взаимодействия с увеличением глубины окисления. Их связь с температурой Нееля через выражение (2) и тот факт, что температура Нееля определяется величиной косвенного обмена позволяет заключить, что изменение константы межфазного обменного взаимодействия связано со структурой и глубиной окисления плёнок. В работе показано, что для плёнок Co/CoO константа межфазного обменного взаимодействия увеличивается в области ниже температуры Нееля с ростом числа окисленных слоёв.

Список литературы

1. López-Ortega, A.; Estrader, M.; Salazar-Alvarez, G.; Roca, A.G.; Nogués, J. Applications of exchange coupled bi-magnetic hard/soft and soft/hard magnetic core/shell nanoparticles. Phys. Rep. 2015, 553, 1–32,2,7–10.

2. Nogués, J.; Sort, J.; Langlais, V.; Skumryev, V.; Suriñach, S.; Muñoz, J.S.; Baró, M.D. Exchange bias in nanostructures. Phys. Rep.2005, 422, 65–117.

3. Л.Л. Афремов, Л.О. Брыкин, И.Г. Ильюшин. Влияние ширины интерфейса на константу обменного взаимодействия между ферро- и антиферромагнетиком //Физика металлов и металловедение, 2023, том 124, № 2, с. 1–6

Васильев Е.В.[1,3], Пержу А.В.[2,3], Король А.О.[2,3], Капитан Д.Ю.[2,3], Рыбин А.Е.[2,3], Овчинников П.А.[1,3], Капитан В.Ю.[1,2,3]

СИМУЛЯЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ СКИРМИОНА В ГРАДИЕНТЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

[1]Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ
[2]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
[3]Институт прикладной математики ДВО РАН
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент В.Ю. Капитан

Скирмионы — это мельчайшие магнитные спиновые структуры, которые могут возникнуть в некоторых магнитных материалах [1] под действием внешних воздействий или спиновых токов, они обладают топологической стабильностью достаточной для использования в области хранения и обработки информации. Однако изучение скирмионов в реальных системах затруднено из-за их малых размеров и сложности экспериментального контроля их параметров.

В данной работе мы предлагаем использовать компьютерное моделирование для изучения поведения скирмионов и изучения влияния градиента поля на их формирование и динамику. Мы используем компьютерное моделирование, основанное на классической модели Гейзенберга (1) и алгоритме Метрополиса [2]. В этой работе мы предлагаем новый метод создания и управления скирмионами с помощью проводников с током, создающих градиент магнитного поля. Мы исследуем зависимость формы, размера, топологического заряда и подвижности скирмионов от величины и направления силы тока, а также от градиента поля.

$$H = -J \sum_{<i,j>} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}j - D \sum_{<i,j>} \mathbf{S}_i \times \mathbf{S}j \cdot \mathbf{e}ij - \mu_B \sum_i \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{B} - K \sum_i (\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{e}_z)^2 \quad (1)$$

Мы обнаружили, что скирмионами можно манипулировать, изменяя направление и силу тока в проводниках. Мы наблюдаем, что скирмионы стремятся двигаться вдоль градиента внешнего поля и что их стабильность и скорость зависит от баланса между параметрами системы и величиной внешнего поля Bx. Мы также исследуем, как сила тока влияет на стабильность скирмионов и их скорость. Мы обнаружили, что существует оптимальный диапазон силы тока, который максимизирует подвижность скирмионов, не разрушая их.

Наши результаты показывают, что проводники с током могут стать эффективным и универсальным инструментом для тонкого контроля движения скирмионов, которое по своей природе управляется спин-поляризованными токами. Наш метод не требует локальных электрических токов, представляя тем самым иной подход к операциям типа чтение-запись, основанным на создании и переносе скирмиона. Наша работа демонстрирует потенциал компьютерного моделирования для изучения новых физических явлений в системах со скирмионами и для разработки новых концепций спинтронных запоминающих устройств и потенциальных применений магнитных скирмионов.

Исследования проведены при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-2559.2022.1.2.

Список литературы

1. Tokura Y., Kanazawa N. Magnetic skyrmion materials //Chemical Reviews. – 2020. – Т. 121. – №. 5. – С. 2857-2897.

2. Kapitan V. et al. Numerical simulation of magnetic skyrmions on flat lattices //AIP Advances. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 015041.

Горбов М.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ДНК В МОДЕЛИ ПЕЙРАРДА-БИШОПА

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

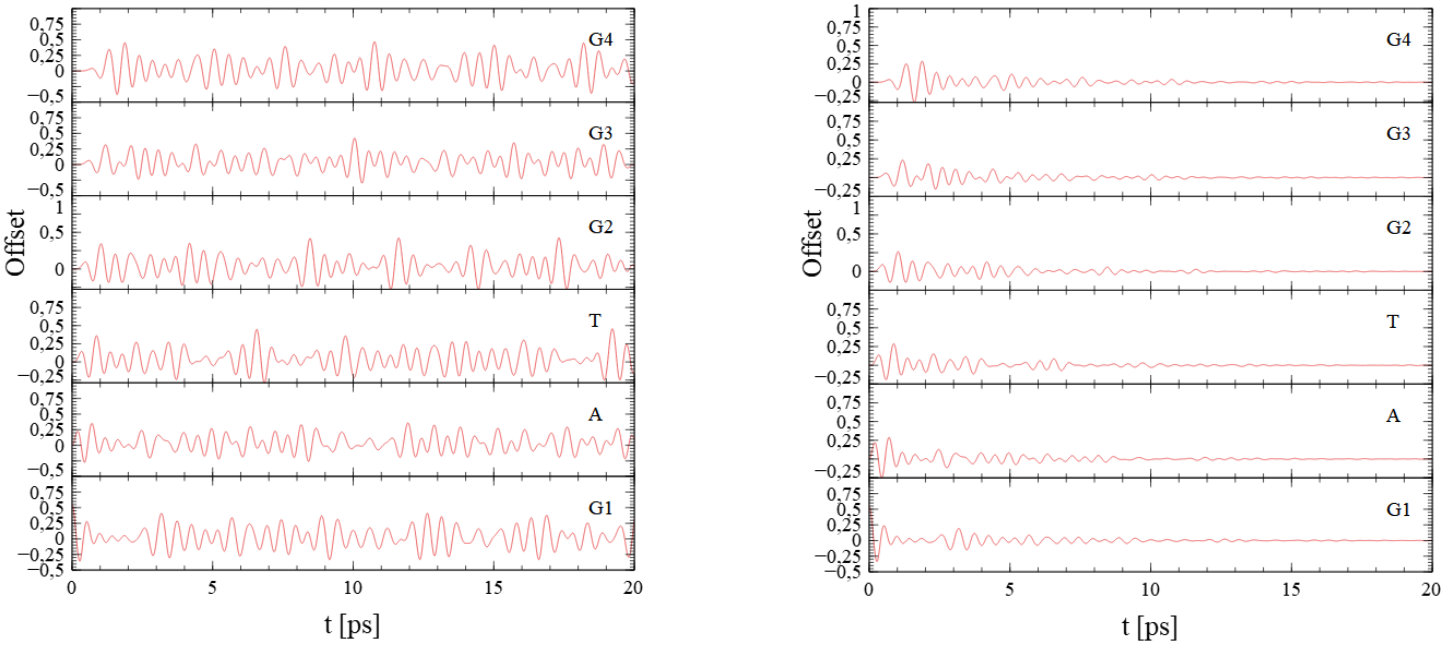
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Департамента информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ С.Э. Ширмовский

Молекулы ДНК содержатся в ядре клетки и участвует в процессе деления клеток. ДНК хранит в себе наследственную информацию и передает её. Нарушение этого процесса может вызвать болезни и мутации живых клеток организма. Одной из причины такого нарушения может быть миграция заряженной частицы в молекуле ДНК, которые индуцируется в результате воздействия ионизирующего излучения или свободных радикалов.

Для описания с точки зрения физики необходимо построить модель молекулы ДНК. Модель должна учитывать двухнитевую структуру молекулы ДНК, а также рассматривать поведение заряженной частицы как квантовый объект. Для построение такой модели используем квантово-классический подход. Одним из возможных путей решения задачи по построению подобного рода модели может служить квантово-классический подход [1]. В работе [2] рассматривается Peyrard-Bishop (PB) модель, где учитывается двуцепочечная структура ДНК, а также стэкинговые взаимодействия между соседними основаниями, принадлежащими одной нити.

$$\ddot{x}_n = K(x_{n-1} + x_{n+1} - 2 * x_n) - \gamma \dot{x}_n$$

$$\ddot{y}_n = K(y_{n-1} + y_{n+1} - 2y_n) - \gamma \dot{y}_n + \chi(e^{\rho y_n} - 1)e^{\rho y_n} - \xi |b_n|^2$$

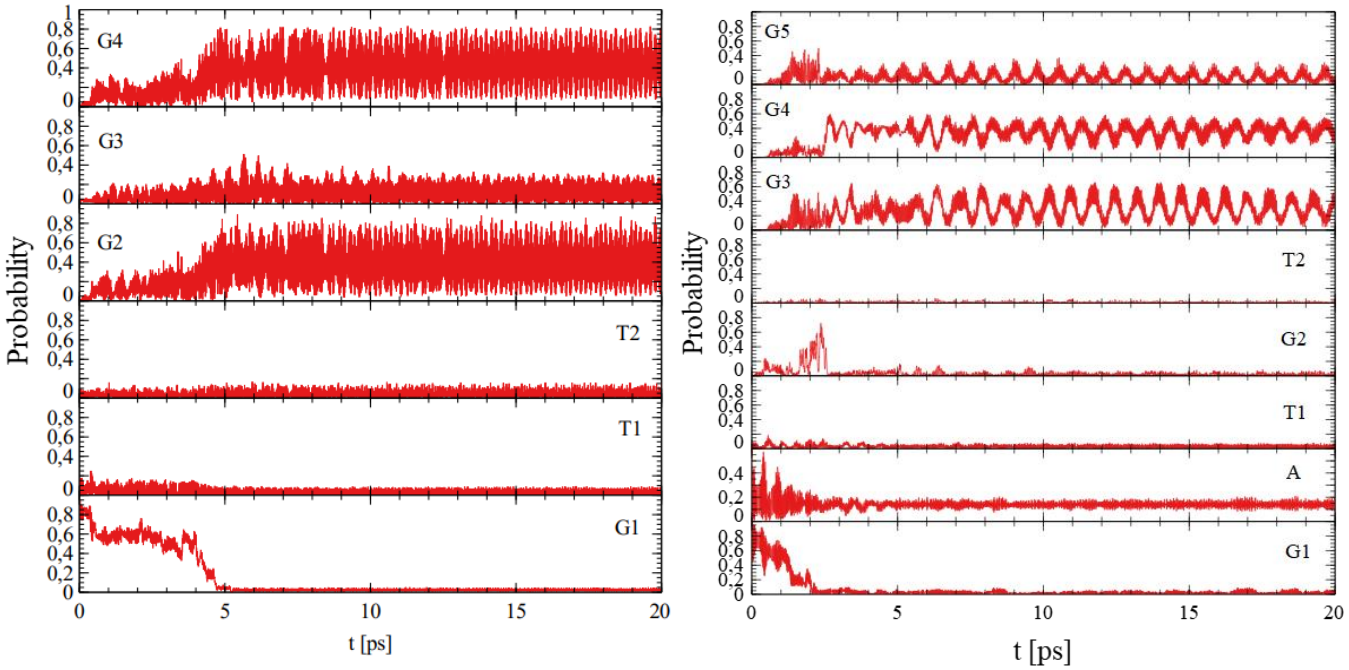


а) б)

Рисунок 1 – Колебание цепочки ДНК из 6 сайтов: а) без сил трения; б) с учетом сил трения

Эти уравнения описывают классическую часть поведения ДНК. Где координаты x и y показывают отклонения от положения равновесия нуклеотида. ξ коэффициент связи между классической и квантовой моделью. Силы трения учитываем с помощью коэффициент γ.

Применение квантово-классического подхода и РВ модели позволило нам получить систему уравнений, решение которой воспроизводит результаты экспериментов по переносу заряда в ДНК [3]. На рисунке 2 представлена миграция заряда для двух цепочках из GATGGG и GATGTGGG.



а) б)

Рисунок 2 – Миграция заряда по цепи: а) GATGGG; б) GATGTGGG

Список литературы

1. Shirmovsky, S. Eh. Quantum dynamics of a hole migration through DNA: A single strand DNA model / S. E. Shirmovsky. // Biophysical Chemistry. — 2016. — № 217. — С. 42-57.

2. Zdravković, Slobodan Nonlinear Dynamics of DNA Chain / Slobodan Zdravković. // Researchgate: [сайт]. — URL: https://www.researchgate.net/publication/336135689_Nonlinear_Dynamics_of_DNA_Chain (дата обращения: 23.03.2023).

3. Eric, Meggers Sequence Dependent Long Range Hole Transport in DNA / Meggers Eric, E. M. Maria, Giese Bernd. // Journal of the American Chemical Society. — 1998. — № 49. — С. 12950-12955.

Дворянинов П.В., Кузин А.А.

СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ DATA SAMPLING В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Кафедра Математической кибернетики и информационных технологий
Московский Технический Университет Связи и Информатики

В данной статье рассмотрен процесс отбора данных, который может применяться в прикладной статистике и машинном обучении. Данный процесс позволяет анализировать большие объемы информации.

Изначально методология отбора данных применялась для математических вычислений и прикладной статистики. Однако с появлением механизмов машинного обучения, выборка стала основой для формирования валидационных, тестовых и обучающих выборочных совокупностей, которые используются при построении обучаемых моделей.

Относительно анализируемых данных применяются понятия генеральной и выборочной совокупности. Генеральной совокупность представляет набор всех анализируемых данных, а выборочная совокупность является массив репрезентативной отобранной информации.

Репрезентативность является одним из важных параметров выборки, который означает способность выборочной совокупности отражать зависимости и закономерности выбранного набора информации относительно генеральной совокупности [1].

Для того, чтобы избежать смещения совокупности или повысить полноту и репрезентативность выборки, существуют разные методы и алгоритмы, от выбора которых зависит итоговое представление выборочной совокупности.

Принято выделять две группы методов выборки данных: детерминированный и вероятностный. Детерминированный методы основаны на процессе формирования выборочной совокупности за счет заданных правил. Вероятностные методы предоставляют выбор конкретного объекта с помощью механизмов определения вероятности [2].

В данной статье рассмотрены вероятностные методы отбора информации. Именно данные алгоритмы широко применяются как в статистике, так и в машинном обучении.

Существует несколько вероятностных методов:

- Случайный метод;
- Систематический метод;
- Стратифицированный метод;
- Кластерный метод.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

Вместе с методом отбора информации следует выбирать методику применения выборки. Выделяют две методики: отбор с возвратом и без возврата.

Выборка данных широко применяется в различных сферах деятельности человека. Одной из таких сфер применения является обработка больших данных. В больших данных используется репрезентативная выборочная совокупность, которая позволяет строить модели на основе выбранной информации. Подготовленная корректным образом выборка содержит информацию, которая необходима для построения модели [3-4].

Анализ информации представляет процесс, основанный на построении и применении реализованной модели относительно новых данных. Построение сложной модели является ресурсоемким процессом. В зависимости от алгоритма, который применяется при обучении модели, данные кэшируются, проверяются тысячи раз, выделяется множество параметров. Применение построенной модели требует меньше ресурсов вычислительной техники.

Таким образом, если модель обучается на подготовленном релевантном наборе информации и после используется для анализа всего массива данных, то время получения нужного результата значительно уменьшается по сравнению с построением модели на всем объеме информации.

Методы отбора данных направлены на получение релевантных выборок. Применение данных методов позволяет повысить скорость анализа данных без уменьшения качества выборочной совокупности [5-6].

Таблица

Обучающая кривая при использовании

Оценка обучения	0.98	0.972	0.96	0.94	0.925	0.92	0.88	0.86
Оценка валидации	0.65	0.725	0.78	0.79	0.793	0.796	0.793	0.792
Выборочные данные	200	300	400	500	600	700	800	900

Список литературы

1. Репрезентативность данных // BaseGroup Labs [Электронный ресурс] URL: http://www.basegroup.ru/glossary/definitions/representativeness/ (дата обращения 10.03.2023)

2. Методы и алгоритмы сэмплинга в анализе данных (Sampling methods and algorithms in data analysis) // Loginom [Электронный ресурс] URL: https://loginom.ru/blog/sampling (дата обращения: 10.03.2023)

3. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс = Neural Networks: A Comprehensive Foundation. [Текст] - 2-е. - М.: «Вильямс», 2006. - с. 1104

4. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Кузнецов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP [Текст] — 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 384 с.: ил.

5. Анализ больших объемов данных // Loginom [Электронный ресурс] URL: https://loginom.ru/blog/big-data-lifehack#samples (дата обращения: 10.03.2023)

6. Оздемир С. Principles of Data Science [Текст] – 1-е изд. – Birmingham: Packt, – 2016. – 388 с.

Каменев А.О.[1]

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА

[1] Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[2] Базовая кафедра фотоники и цифровых лазерных технологий ПИ ДВФУ
Научный руководитель – д.ф.-м.н., О.Т. Каменев[2]

При создании акселерометров, предназначенных для регистрации слабых низкочастотных сейсмосигналов, необходимо обеспечить их пороговую чувствительность порядка 10^{-7} м/с^2, что соответствует смещениям инерционной массы на величину порядка 10^{-12} м [1]. Только применение волоконно-оптических интерферометров позволяет обеспечить указанную чувствительность. Однако применяемые в них активные методы фазовой демодуляции снижают помехозащищенность и ограничивают динамический диапазон, в то время как пассивные методы фазовой демодуляции лишены подобных недостатков.

В настоящей работе представлен волоконно-оптический интерферометрический акселерометр горизонтального типа с многовитковым чувствительным элементом и пассивной фазовой демодуляцией на основе разветвителя 3х3 [2].

На рисунке 1 представлена схема акселерометра. Излучение полупроводникового лазера *1* по одномодовому волоконному световоду (ВС) направляется в волоконно-оптический интерферометр Маха-Цендера, образованный Y-разветвителем *2*, ВС опорного плеча *3*, ВС измерительного плеча *4* и разветвителем 3х3 *5*.

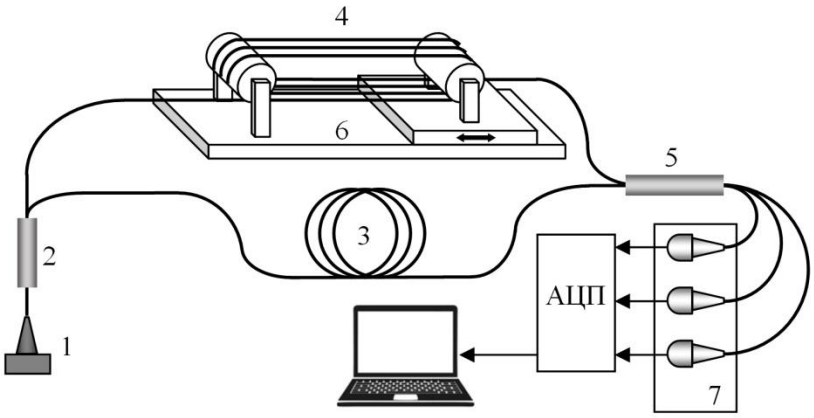


Рисунок 1 – Схема волоконно-оптического интерферометрического акселерометра
1 – полупроводниковый лазер, 2 - Y-разветвитель, 3 - ВС опорного плеча интерферометра,
4 - ВС измерительного плеча, 5 – разветвитель 3х3, 6 – транслятор, 7 – блок фотоприемников

ВС измерительного плеча интерферометра намотан на цилиндры подвижной и неподвижной частей транслятора *6* многовиткового чувствительного элемента. При регистрации колебаний корпуса акселерометра с амплитудой колебательного ускорения a_0 подвижная часть (инерционная масса) совершает вынужденные колебания, в результате чего колеблется длина световода измерительного плеча интерферометра, что приводит к колебаниям разности фаз распространяющихся в плечах интерферометра оптических волн с амплитудой φ_0. В результате интерференции этих волн в разветвителе 3х3 на его выходах формируются три выходных оптических сигнала, сдвинутые по фазе относительно друг друга на $2\pi/3$. Эти сигналы регистрируются блоком из трех фотоприемников *7*. Их обработка алгоритмом, описанным в работе [2], обеспечивает восстановление изменения разности фаз распространяющихся в плечах интерферометра оптических волн.

Чувствительность акселерометра к колебательному ускорению определяется выражением

$$S = \frac{\varphi_0}{a_0} = \frac{Nn}{\pi f_0^2 \lambda} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \left(2\varepsilon \frac{f}{f_0}\right)^2}} \quad , \qquad (1)$$

где f – частота колебаний; f_0 – собственная частота колебательной системы; ε – коэффициент трения; N – количество участков волоконного световода измерительного плеча; λ – длина волны излучения лазера; n – показатель преломления сердцевины ВС.

На рисунке 2 маркерами представлена экспериментальная, а непрерывной линией – теоретическая АЧХ акселерометра, рассчитанная в соответствии с выражением (1) для следующих параметров: n = 1.47, λ = 1.55 мкм, N = 6, ε = 0.22, f_0 = 100 Гц.

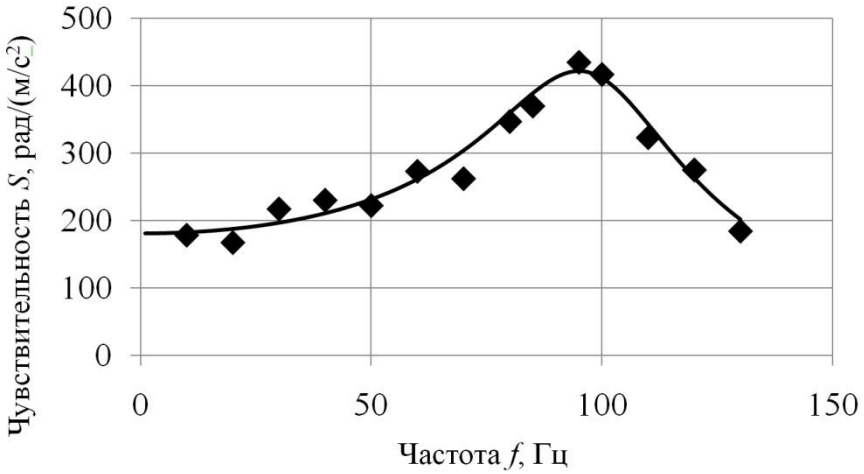


Рисунок 2 – АЧХ волоконно-оптического акселерометра

Как видно из рисунка 2, чувствительность волоконно-оптического акселерометра к колебательному ускорению на горизонтальном участке АЧХ (область низких частот) составляет 180 рад/(м/с^2). Учитывая тот факт, что интерферометрическая схема демодулятора способна обеспечить пороговую чувствительность к изменению фазы порядка 10^{-6} рад, пороговая чувствительность предложенного акселерометра к сейсмоускорению может составить 10^{-8} м/с^2.

Список литературы

1. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология: теория и методы. Т. 1: пер. с англ./ М.: Мир, 1983. 360 с.

2. Brown D. A. A symmetric 3×3 coupler based demodulater for fiber optic interferometric sensors / D. A. Brown, C. B. Cameron, R. M. Keolian, D. L. Gardner, S. L. Garrett // Proc. of SPIE. – 1991. – V. 1584. – P. 328-335.

Капитан Д.Ю.[1,2], Рыбин А.Е.[1,2], Васильев Е.В.[1,2], Король А.О.[1,2], Капитан В.Ю. [1,2]

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ В МОДЕЛИ ЭДВАРДСА-АНДЕРСОНА

[1] Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий, ДВФУ
[2] Институт Прикладной Математики, ДВО РАН
[1]Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор К.В. Нефедев

Несмотря на многолетние интенсивные исследования фрустрированных спиновых систем, задача о природе низкотемпературной фазы в модели ближайших соседей до сих пор не решена[1]. Особенно выделяются вопросы о свойствах спинового стекла при нулевой температуре: в частности, количество основных состояний (или кратность вырождения) и характер низколежащих конфигураций над ними (низкоэнергетические состояния). Информация о макроскопическом вырождении основного состояния необходима для правильного понимания природы фазы спиновых стекол (и, вероятно, играет важную роль во влиянии на неравновесную динамику после глубокого охлаждения), а более многочисленные низкоэнергетические возбуждения выше основного состояния при нулевой температуре важны для определения термических свойств фазы спинового стекла при околонулевых температурах.

В этом исследовании мы изучали модель спинового стекла, предложенную Эдвардсом и Андерсоном в 1975 году [2]. По сути, она является квадратной решеткой взаимодействующих между

собой спинов Изинга. Эта модель характеризуется фрустрациями, т. е. возникающими сильными конкуренциями между ферромагнитными и антиферромагнитными взаимодействиями. Взаимодействие J_{ij} между каждой соседней парой спинов (ij) принимает значения +1 или -1, и может меняться при переходе от пары к паре. Гамильтониан для такой системы выглядит следующим образом:

$$E = \sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} S_i S_j - h \sum_i S_i , \quad (1)$$

где S_i, S_j - спины решетки, $< i, j >$ обозначает суммирование по парам взаимодействующих спинов в системе размером N, h – внешнее магнитное поле, приложенное к решетке.

В ходе этого исследования мы применяли несколько методов: для исследования основных состояний, в том числе при применении внешнего магнитного поля использовался гибридный алгоритм Монте-Карло[3] и его оптимизации[4-6]. Данный подход был выбран, так как методы односпиновой дискретизации страдают от критического замедления, а применение мультиканонических методов сопряжено с трудностями при расчете термодинамики относительно больших систем. Распределение основных состояний для модели спинового стекла Эдвардса-Андерсона представлено на Рис. 2. Для апробации результатов использовался хорошо зарекомендовавший себя нейросетевой подход с использованием ограниченной машины Больцмана[7]. Плотности пространства состояний были получены алгоритмом полного перебора, см. Рис. 1.

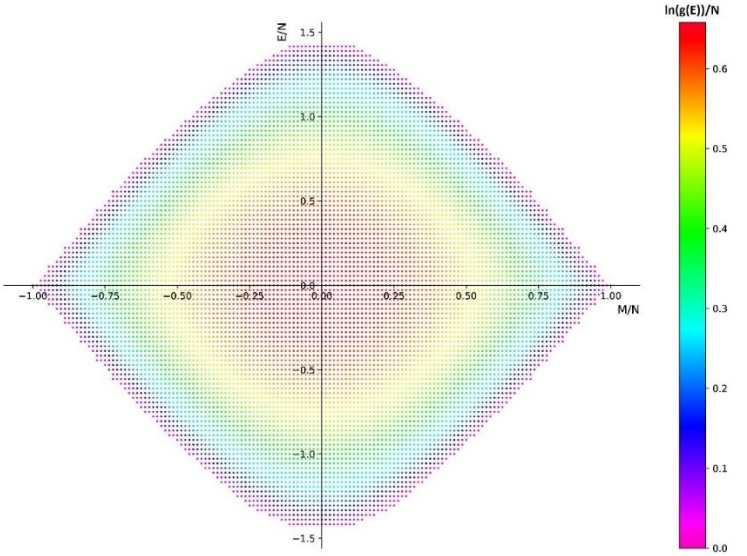


Рисунок 1 – Плотность состояний для бимодальной модели Эдвардса-Андерсона N=12x12 с периодическими граничными условиями.

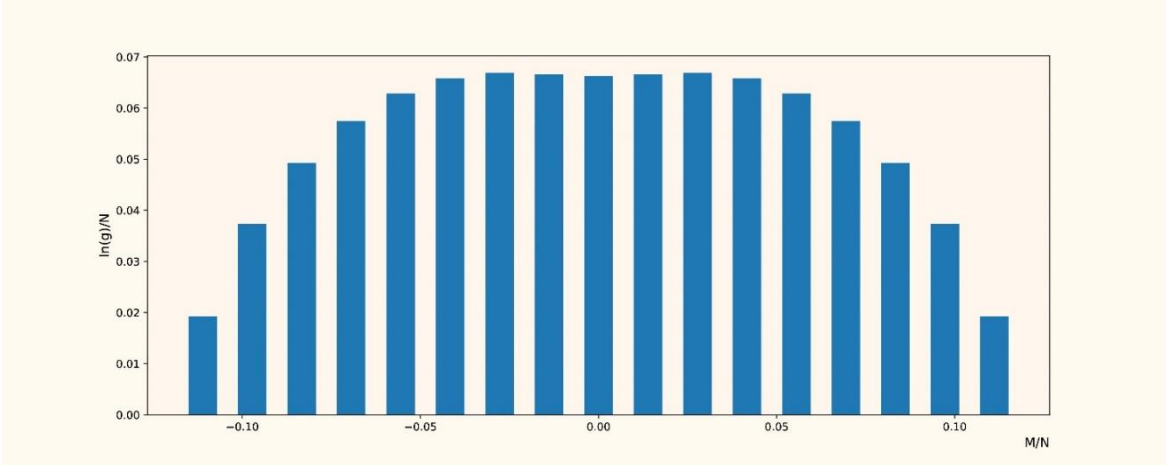


Рисунок 2 – Распределение основных состояний при нулевом внешнем магнитном поле для бимодальной модели Эдвардса-Андерсона N=12x12 с периодическими граничными условиями.

В данной работе мы исследовали методом точного расчета модель Эдвардса-Андерсона спинового стекла с периодическими граничными условиями. Вычислили гибридным методом Монте-Карло плотность состояний, плотность низкоэнергетических состояний, статистическую сумму, для систем с различным количеством спинов и разным значением интеграла обменного взаимодействия.

Исследование ведется в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № 122052500009-6.

Список литературы

1. Newman C. and Stein D. Ground-state stability and the nature of the spin glass phase // Physical Review E, 105(4):044132, 2022.
2. Edwards S. F., Anderson P. W. Theory of spin glasses //Journal of Physics F: Metal Physics – Т. 5. – №. 5. – С. 965. – 1975.
3. Makarov A. G. et al. On the Numerical Calculation of Frustrations in the Ising Model //JETP Letters. – 2019. – Т. 110. – №. 10. – С. 702-706.
4. Makarova K. et al. Canonical Monte Carlo multispin cluster method // Journal of Computational and Applied Mathematics, 427(6):115153, 2023.
5. Rybin A.E. et al. Hybrid Monte Carlo algorithm for studying the Edwards-Anderson model // St. Petersburg Polytechnic University Journal. Physics and Mathematics., Vol. 15, No. 3.1, 2022.
6. Kapitan D. et. al. Optimization of the Hybrid Monte-Carlo Algorithm for the Edwards-Anderson Model // CEUR Workshop Proceedings, 194-199, 2021.
7. Korol A. et al. Calculation of the ground states of spin glasses using the Restricted Boltzmann Machine // JETP Letters, 115(8), p. 466-470. 2022.

Король А.О.[1,2], Капитан Д.Ю.[1,2], Васильев Е.В.[1,2], Капитан В.Ю.[1,2]

ГРАФОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ СОСТОЯНИЙ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ

[1] Институт математики и компьютерных технологий ДВФУ
[2] Институт прикладной математики ДВО РАН
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Капитан В.Ю.

Расчет основного состояния спиновых стекол является давней проблемой в статистической физике, которая имеет важные последствия для понимания поведения материалов и сложных систем. Спиновые стекла — это системы с подавленным беспорядком и фрустрацией. Основное состояние спинового стекла соответствует конфигурации спинов, которая минимизирует энергию системы, и, как известно, является вычислительно сложной задачей из-за сложного энергетического ландшафта и экспоненциального роста числа возможных конфигураций с увеличением размера системы.

В последние годы графовые нейронные сети (от англ. graph neural network, GNN) (см. рис.1) стали мощным инструментом для анализа и проектирования сложных систем [1-3]. GNN — это класс моделей глубокого обучения, которые могут эффективно отражать структурные и топологические свойства графов, которые широко используются для моделирования сложных систем в физике, химии, биологии и социальных науках. GNN успешно применяются для решения различных задач, включая классификацию узлов, предсказание связей и генерацию графов.

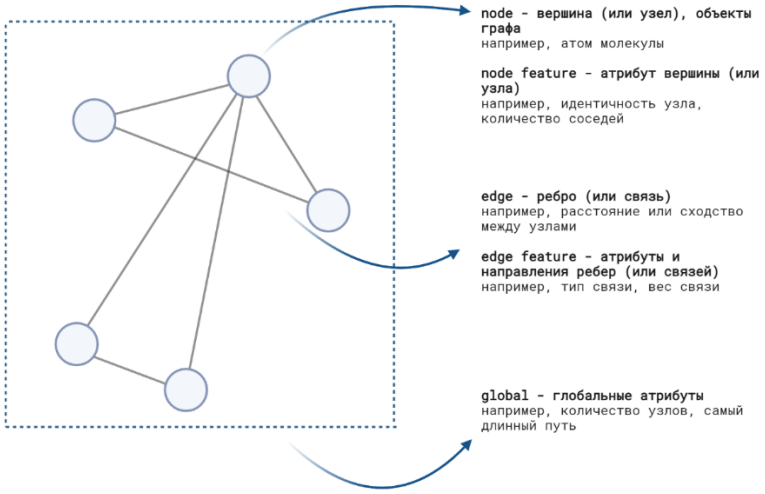


Рисунок 16 - Схема простой GNN

В данной работе мы предлагаем использовать GNN для эффективного расчета основного состояния спиновых стекол. Наш подход основан на наблюдении, что энергетический ландшафт спинового стекла может быть представлен в виде графа, где каждая спиновая конфигурация соответствует узлу, а энергия конфигурации соответствует атрибуту узла. Ребра графа определяются расстоянием Хэмминга между спиновыми конфигурациями, которое измеряет количество спинов, различающихся между двумя конфигурациями. Мы показываем, что GNN можно обучить предсказывать основное состояние спинового стекла, распространяя информацию через граф и агрегируя локальные особенности.

Мы демонстрируем эффективность нашего подхода на модели Эдвардса-Андерсона (см. рис. 2) [4], сравниваем эффективность нашего метода с традиционными методами Монте-Карло и новым предложенным методом – Гибридным Монте-Карло [5], а также показываем, что GNN превосходит эти методы по точности и масштабируемости. Мы также изучили влияние структуры графа и архитектуры GNN на производительность нашего метода и показали, что GNN может эффективно отражать иерархическую и модульную структуру энергетического ландшафта.

Наши результаты подчеркивают потенциал GNN как перспективного инструмента для анализа и проектирования сложных систем в физике и материаловедении.

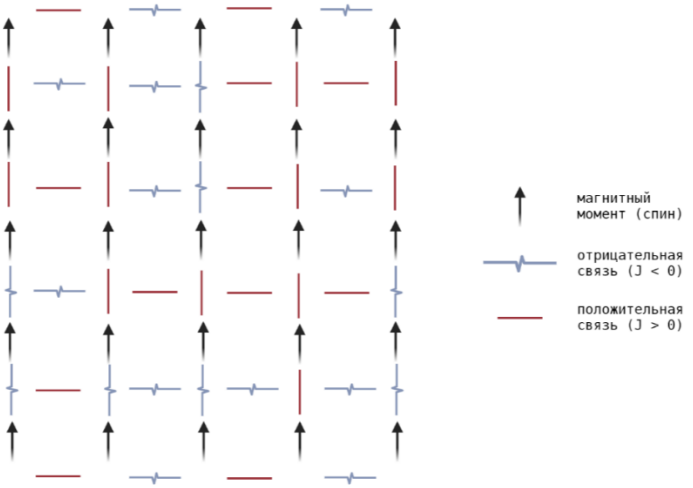


Рисунок 17 - Модель Эдвардса-Андерсона с периодическими граничными условиям

Можно заключить, что GNN имеют широкий спектр применения в физике: от изучения сложных физических систем, таких как спиновые стекла и физика частиц, до разработки новых квантовых алгоритмов и анализа топологических фаз материи. GNN продолжают развиваться и

совершенствоваться; их использование в физике является активной областью исследований, с потенциальным применением в широком диапазоне физических систем и явлений.

Эта работа была выполнена при поддержке гранта РНФ «Высокопроизводительные интеллектуальные подходы к изучению сложных магнитных систем», соглашение от 28.07.2021 г. № 21-72-00058.

Список литературы

1. Hongyu Yu et al., Graph Neural Network Potential for Magnetic Materials // Nature, 2022

2. Schuetz, M.J.A., Brubaker, J.K. & Katzgraber, H.G., Combinatorial optimization with physics-inspired graph neural networks. Nat Mach Intell 4. – 2022, 367–377

3. Andriushchenko, P, Kapitan D., Kapitan V., A New Look at the Spin Glass Problem from a Deep Learning Perspective, Entropy 24. – 2022, №. 5, 697

4. Edwards S. F., Anderson P. W. Theory of spin glasses //Journal of Physics F: Metal Physics. – 1975, Т. 5. №. 5, С. 965.

5. Makarova A., Makarov A. et al., Canonical Monte Carlo multispin cluster method // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2023, vol. 427, 115153

Кузьмин Д.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ДНК В ГЕЛИКОИДАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПЕЙРАРДА-БИШОПА

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Департамента информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ С.Э. Ширмовский

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) – одна из любопытных биологических молекул. ДНК – структура наноразмеров, состоящая из двух базовых цепей, составленных из групп фосфата и молекул сахара-дезоксирибозы, между которыми расположены комплементарные пары оснований (аденин (A) и тимин (T); цитозин (C) и гуанин (G)), связанные слабыми связями на рисунке 1.

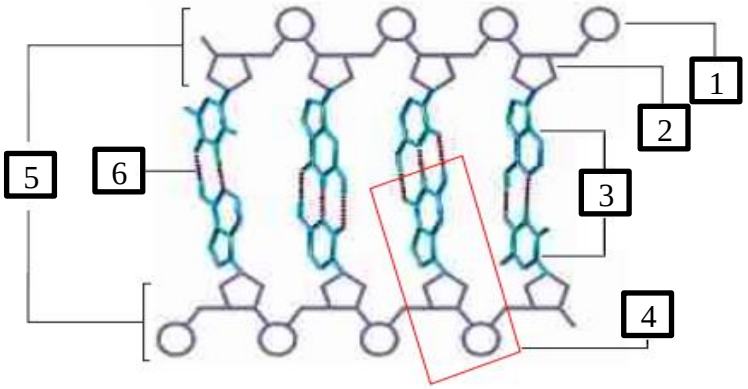


Рисунок 1 – Развёрнутая двойная спираль ДНК

1 – молекула фосфата, 2 – молекула сахара-дезоксирибозы, 3 – основания, 4 – нуклеотид, 5 – «спинной хребет» ДНК – цепь из сахаров и фосфатов, 6 – слабые связи между основаниями

Молекулы ДНК содержатся в клетках всех живых организмов и играют важнейшую роль, так как хранят в себе наследственную информацию, передающуюся из поколения в поколения при клеточном делении. Повреждения ДНК являются причиной различного рода мутаций и заболеваний.

Одной из возможных причин повреждений ДНК может быть миграция заряженной частицы, которая индуцируется в результате воздействия ионизирующего излучения или свободных радикалов.

Для адекватного описания динамики заряда, взаимодействующего с молекулой ДНК, и реакции самой молекулы на мигрирующий заряд необходимо построить комплексную модель ДНК. Данная модель должна учитывать, что ДНК – двухнитевая макромолекула, а заряженная частица – квантовый объект, подчиняющийся законам квантовой механики. Одним из возможных путей решения задачи по построению подобного рода модели может служить квантово-классический подход [1]. В работе [2] рассматривается Helicoidal Peyrard-Bishop (HPB) модель, где учитывается двуцепочечная спиральная структура ДНК, а также стэкинговые взаимодействия между соседними основаниями, принадлежащими одной нити. Эти взаимодействия играют важную роль в стабилизации структуры молекулы ДНК. Применение квантово-классического подхода и HPB модели позволило нам получить систему уравнений, решение которой не только воспроизводит результаты экспериментов по переносу заряда в ДНК [3], но и даёт возможность делать некоторые предсказания о скорости транспорта заряда в ещё не исследованных экспериментально цепочках.

На рисунке 2 и 3 представлены результаты расчёта миграции заряда (дырки) для цепочек, использованных в [3]. На рисунке 2 видно, что в начальный момент времени положительный заряд находился на первом гуанине цепи G(+). Однако, по истечении времени примерно 5 пс вероятность обнаружить дырку на первом гуанине практически обращается в ноль, и заряд полностью переходит на триплет гуанинов в один прыжок. Налицо туннельный эффект. Из рисунка 3 следует, что в данном случае заряд переносится с G(+) на триплет гуанинов в два прыжка. Стоит отметить, что на протяжении всего процесса вероятность нахождения дырки на тимине (T) и аденине (A) остаётся довольно малой.

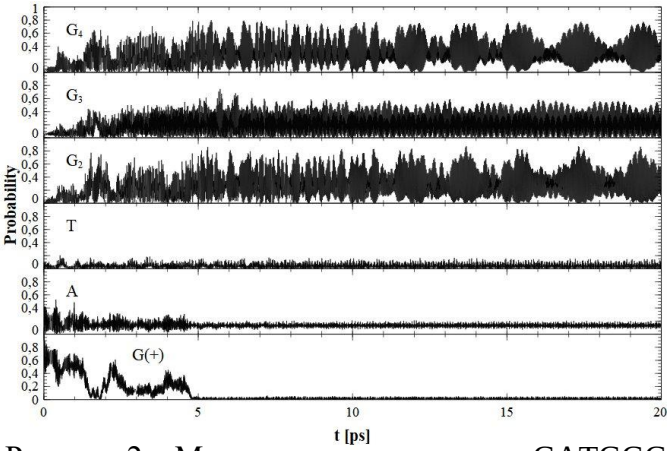


Рисунок 2 – Миграция заряда по цепи GATGGG

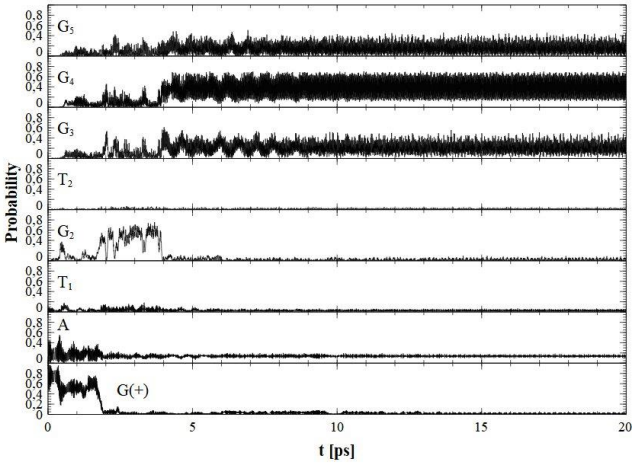


Рисунок 3 – Миграция заряда по цепи GATGTGGG

Список литературы

1. Shirmovsky, S. Eh. Quantum dynamics of a hole migration through DNA: A single strand DNA model / S. E. Shirmovsky. // Biophysical Chemistry. — 2016. — № 217. — С. 42-57.

2. Zdravković, Slobodan Nonlinear Dynamics of DNA Chain / Slobodan Zdravković. // Researchgate: [сайт]. — URL: https://www.researchgate.net/publication/336135689_Nonlinear_Dynamics_of_DNA_Chain (дата обращения: 23.03.2023).

3. Eric, Meggers Sequence Dependent Long Range Hole Transport in DNA / Meggers Eric, E. M. Maria, Giese Bernd. // Journal of the American Chemical Society. — 1998. — № 49. — С. 12950-12955.

Лобанова Э.А.[1, 2], Овчинников П.А.[1, 2], Трефилов И.В.[1, 2], Стронгин В.С.[1, 2]

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПИНОВОГО ЛЬДА НА РЕШЁТКЕ АПАМЕЯ

[1]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
[2] Институт Прикладной Математики, ДВО РАН
Научный руководитель - к.ф.-м.н., Ю.А. Шевченко

В середине прошлого века было замечено сходство решётки пирохлора с решёткой водяного льда [1]. Подобные ей антиферромагнитные наносистемы спинов Изинга были названы «спиновый лёд» [2]. Спины Изинга в спиновом льде являются упрощением. Их центры совпадают с точечными диполями, расположенными в центре симметрии однодоменных наноостровков. Магнитные моменты диполей направлены вдоль продольной оси островков. Островки взаимодействуют посредством диполь-дипольного взаимодействия. Геометрия решётки накладывает конфигурационные ограничения, из-за которых не все парные взаимодействия могут быть одновременно удовлетворены. Этот эффект называется фрустрациями, его можно использовать в магнитной памяти, но он проявляется только в низкотемпературной фазе. Косвенным подтверждением наличия фазового перехода служит пик температурного поведения теплоёмкости, расходящийся для систем бесконечного размера. В некоторых фрустрированных решётках спинового льда дополнительный фазовый переход определяется наличием дальнего порядка, например, в каирской решётке [3]. В данной работе рассматривается температурное поведение решётки Апамея, созданной на основе квадратного спинового люда, где удалены некоторые наночастицы. На рисунке 1 представлены две элементарные ячейки, чередование которых в шахматном порядке даёт основное состояние решётки.

а) б)

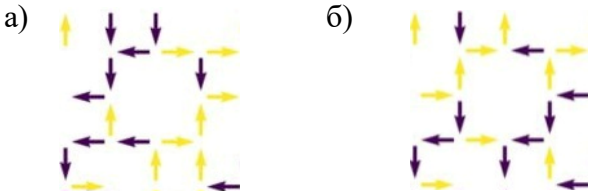


Рисунок 1 – Две элементарные ячейки основного состояния решётки Апамея. Жёлтым цветом обозначено положительное направление магнитных моментов частиц, фиолетовым – отрицательное.

Основным называется состояние с минимальной энергией. Для получения этого состояния сначала была приведена к основному состоянию одна элементарная ячейка путём полного перебора в модели Изинг-подобных диполей с учётом взаимодействий «все со всеми» и периодических граничных условий. Затем полученная конфигурация была транслирована до размера 4 × 4 элементарные ячейки и с помощью алгоритма Метрополиса в режиме температурного отжига была найдена данная более низкоэнергетическая конфигурация.

В статической модели магнитные моменты в парных взаимодействиях либо наведены по полю соседа, либо нет, поэтому энергия системы считалась как сумма уникальных взаимодействий всех пар частиц по формуле:

$$E_s = \sum_{i,j(j>i)} E_{dip}^{ij} = D \sum_{i,j(j>i)} S_i S_j \left(\frac{m_i m_j}{r_{ij}^3} - 3 \frac{m_i m_j r_{ij}^2}{r_{ij}^5} \right),$$

где D – размерный коэффициент, m_i и m_j – модули магнитных моментов островков, r_{ij} – расстояние между ними, S_i и S_j принимают значения 1 или -1, в зависимости от того, в каком направлении повёрнуты спины – положительном или отрицательном. Размерный коэффициент D взят из расчёта размера островка 2.6 × 360 × 120 нм, параметра решётки 500 нм и намагниченности

насыщения материала 100 кА/м. Параметр решётки – это расстояние между центрами ближайших и лежащих вдоль одной оси островков. Теплоёмкость системы равна:

$$C = \frac{\langle E^2 \rangle - \langle E \rangle^2}{k_B T^2},$$

где k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. Термодинамическое усреднение, обозначенное как $\langle E^2 \rangle$ и $\langle E \rangle$ было получено методом Метрополиса.

В данной работе для расчёта термодинамических свойств использовалась решётка размером 6 × 6 элементарных ячеек, или 720 спинов. Использовалась модель точечных диполей без внешнего поля. Рассматривались дальнодействующие взаимодействия. Учитывались пары частиц, удалённые друг от друга не более чем 1.25 элементарной ячейки, то есть в среднем 100 соседей для каждого спина. Для каждой температуры выполнено 10^6 шагов Метрополиса.

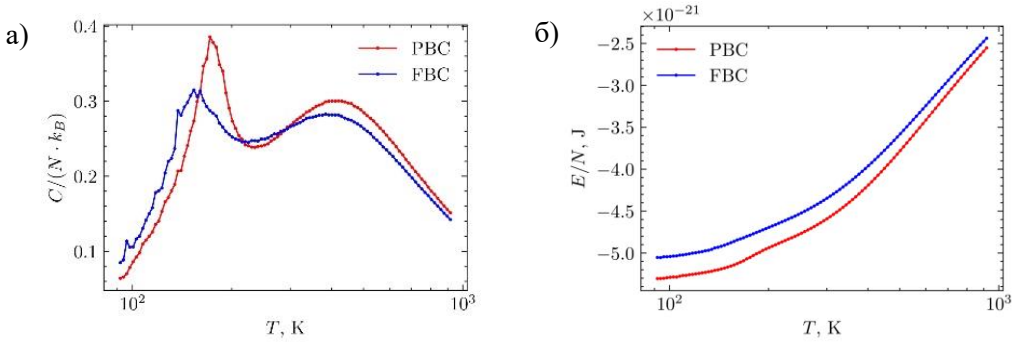


Рисунок 2 – Температурные зависимости решётки Апамея: а) теплоёмкость на спин как функция температуры; б) термодинамически усреднённая энергия на спин как функция температуры. 720 спинов. Дальнодействующая диполь-дипольная модель. Сравнение периодических (PBC) и свободных (FBC) граничных условий. Метрополис-вычисления.

На рисунке 2а показана теплоёмкость на спин в сравнении свободных и периодических граничных условий. Присутствует 2 выраженных пика теплоёмкости. Температура левого пика примерно 171К, правого – 420К.

Научный интерес представляет энергетическое положение системы относительно среднего при данной температуре, так как высокоэнергетические состояния имеют потенциал использоваться в качестве средства передачи информации. Поэтому был составлен график зависимости термодинамически усреднённой энергии на спин как функции температуры (рисунок 2б).

Список литературы

1. Anderson P. W. Ordering and antiferromagnetism in ferrites // Physical Review.— 1956. — Vol. 102, no. 4. — P. 1008.

2. Geometrical Frustration in the Ferromagnetic Pyrochlore Ho2Ti2O7 / M. J. Harris [et al.] // Physical Review Letters. — 1997. — Vol. 79, issue 13. — P. 2554–2557.

3. Shevchenko Y. et al. Order and disorder, crossovers, and phase transitions in dipolar artificial spin ice on the Cairo lattice //Physical Review E. – 2022. – Т. 106. – №. 6. – С. 064105.

Макаров А.Г.[2,3], Макарова К.В.[1,3], Солдатов К.С. [2,3], Овчинников П.А. [1,3], Нефедев К.В.[1,3]

МИНИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГИИ В МОДЕЛИ ИЗИНГА

[1]Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
[2]Департамент информационной безопасности ИМКТ ДВФУ
[3]Институт прикладной математики ДВО РАН

В данной работе рассматривается вопрос поиска минимума энергии в модели Изинга. Модель Изинга является простой, но важной моделью в статистической физике. Данная модель позволяет исследовать многие свойства магнитных систем. Рассмотрим классическую систему из трех элементов (спинов Изинга), рисунок 1. Спины расположены на узлах треугольной решетки.

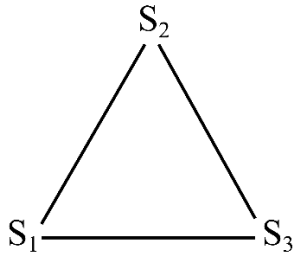


Рисунок 1 – Треугольная решетка спинов Изинга

Допустим энергия такой системы вычисляется по формуле:

$$E = -S_1S_2 - S_1S_3 - S_2S_3 \quad (1)$$

где спин S_i принимает значение ±1.

Возникает вопрос, чему равен минимум энергии E_{min} для такой системы?

Всего будет 2^N конфигураций (состояний) системы. В данном случае для N=3 спинов количество состояний равно 8.

Рассмотрим первый случай. Пусть S_1, S_2, S_3 принимают значение 1. Тогда, согласно формуле (1), энергия будет равна:

$$E = -1\cdot 1 - 1\cdot 1 - 1\cdot 1 = -3. \quad (2)$$

Перейдем к следующей конфигурации, изменив значение S_1 на -1. В этом случае:

$$E = -(-1)\cdot 1 - (-1\cdot 1) - 1\cdot 1 = 1. \quad (3)$$

Здесь возникают так называемые фрустрации, когда в системе присутствуют взаимодействующие пары спинов, которые вносят положительный вклад в энергию системы. Сами пары являются фрустрированными. В данном случае это пары S_1S_2 и S_1S_3.

Перебрав все 8 конфигураций данной системы, получаем два варианта значений энергии системы: E = 1 и E = -3. Значение E = -3 является минимумом энергии системы, т.е. основным состоянием (ground state). Количество конфигураций с минимальной энергией будет $g(E_{min}) = 2$ (см. таблицу 1). Число g также называется кратностью вырождений.

Таблица 1

Кратность вырождения энергий для формулы (1)

E	g(E)
1	6
-3	2

Рассмотрим другой вариант расчета энергии системы, сделав взаимодействие в первой паре положительным:

$$E = S_1S_2 - S_1S_3 - S_2S_3 \quad (4)$$

Теперь для случая, когда все спины принимают значение 1, мы будем иметь одну

фрустрированную пару S_1S_2. Аналогичным образом просчитываем все возможные варианты.

Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Кратность вырождения энергий для формулы (4)

E	g(E)
3	2
-1	6

Значение минимума энергии изменилось на E_{min} = -1, а кратность вырождения теперь $g(E_{min}) = 6$. Т.е. внутренняя энергия системы повысилась, но при этом увеличилась и энтропия (количество реализаций таких состояний).

Остается открытым вопрос, как зависит кратность вырождения основных состояний от количества фрустраций (или количества положительных пар) в энергии основного состояния. В дальнейшем планируется исследование систем большего размера.

Исследование проводилось в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-2559.2022.1.2).

Муштук П.С.

МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК Pd/Co/CoO РАССЧИТАННЫЕ ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ильюшин И. Г.

Точное определение магнитных взаимодействий исключительно из первых принципов («ab initio calculation») является весьма интересной и все еще не решенной до конца задачей [1], помочь в решении должны такие подходы как приближение локальной спиновой плотности (LDA) или приближение обобщенного градиента (GGA). Применение таких подходов позволяет вычислять перпендикулярную магнитную анизотропию (ПМА), взаимодействие Дзялошинского-Мория (ВДМ), обменное взаимодействие, изучение которых в тонких пленках является ключевым компонентом для создания и управления спинтронными устройствами, как например, магнитная память [2]. В данной работе методами моделирования из первых принципов проведено исследование влияния процесса окисления кобальта на магнитокристаллическую анизотропию пленок Pd/Co/CoO,

Исследуемая система представляет собой 5 слоев кобальта на слое палладия. Обе фазы имеют гранецентрированную кубическую решётку в направлении плоскости (111). Параметр кристаллической решетки кобальта в структуре a = 2.79 A, что соответствует параметру решетки элементарной ячейки палладия в направлении плоскости (111). Для моделирования процесса окисления будем полагать, что кислород распределяется послойно между слоями кобальта, начиная со свободной поверхности пленки Pd/Co (рис. 1 – a, b, c, d, e)

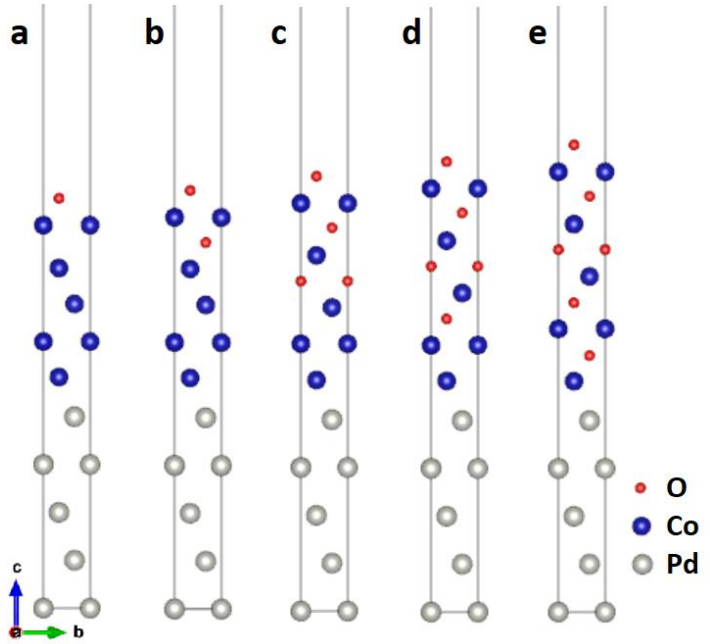


Рис. 1. Изображение кристаллической структуры пленки Pd/Co/CoO (a) – без слоев кислорода, b), c), d) – один, три и пять слоев кислорода соответственно). 10 Å вакуума добавлено со стороны свободной поверхности структуры

Расчеты из первых принципов проводились с помощью программного пакета VASP (Vienna ab-inito Simulation Package) [3]. Обменно-корреляционная энергия задавалась в приближении обобщенных градиентов (General gradient approximation - GGA) в формулировке Пердью, Бурка и Эрнзерхофа (Perdew, Burke and Ernzerhof – PBE) [4]. Энергия отсечки плоских волн псевдоволновых функций составляла 450 эВ. Интегрирование по зоне Брюллюэна проводилось с центром в точке Гамма с применением схемы разбиения Монхорст-Пака на 20x20x1. Релаксация положения атомов в кристалле проводилась до тех пор, пока силы, действующие между атомами, не становились менее 0.01 эВ/А.

Были произведены расчеты среднего магнитного момента атомов Co в зависимости от количества монослоев кислорода. Результаты представлены в таблице 1. Можно отметить, что за исключением структуры с 2 монослоями кислорода, магнитный момент кобальта увеличивается при окислении.

Таблица 1

Средний магнитный момент атомов кобальта в зависимости от степени окисления пленки Pd/Co/CoO

N, количество монослоев кислорода	1	2	3	4	5
Средний магнитный момент, μB	1,99	1,89	2,00	2,15	2,22

Для оценки магнитной кристаллической анизотропии рассчитывалась энергия структуры, представленной на рис. 1, для двух ориентаций спинов атомов: параллельной ($E_{\parallel}$) и перпендикулярной ($E_{\perp}$) относительно оси Z. Энергия анизотропии определялась как разница между двумя этими состояниями: $E_A = E_{\perp} - E_{\parallel}$. Расчеты представлены на рис. 2. Положительность знака k_A указывает на то, что ось магнитной кристаллографической анизотропии направленна перпендикулярно плоскости пленки. Отметим, что, рассчитанная нами, константа магнитной кристаллической анизотропии для структуры с одним слоем кислорода $K_A = 0.43 \cdot 10^5 J/m^3$ оказалась меньше экспериментальных значений для пленок Pd/Co $K_A = 7{,}2 \cdot 10^5 J/m^3$ [5], $K_A = 5.5 \cdot 10^5 J/m^3$ [6].

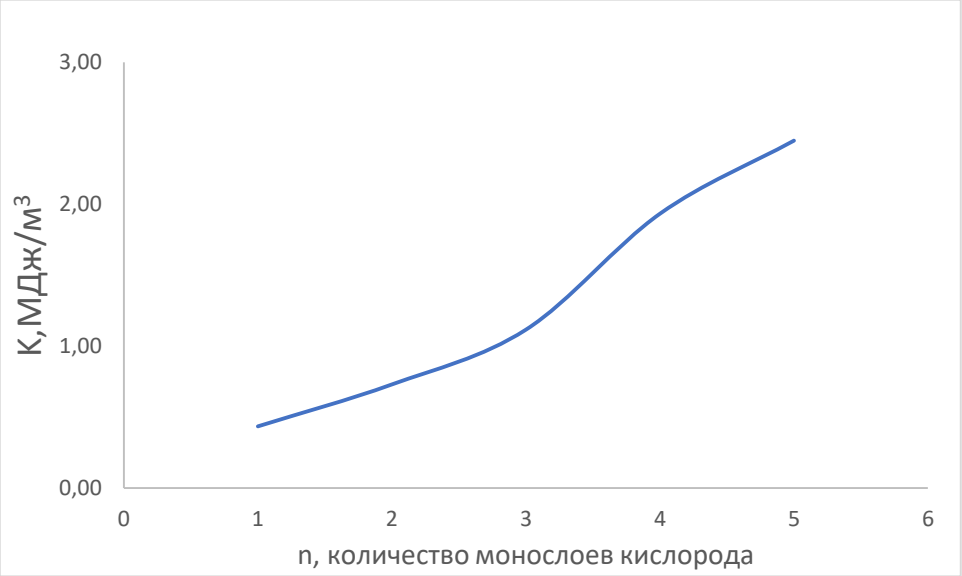


Рисунок 2 – Зависимость значения константы магнитокристаллической анизотропии K_A от количества слоев кислорода.

Список литературы

1. Archer T. et al. Exchange interactions and magnetic phases of transition metal oxides: Benchmarking advanced ab initio methods //Physical Review B. 2011. Vol. 84. P. 115114.

2. Fert A., Reyren N., Cros V. Magnetic skyrmions: advances in physics and potential applications //Nature Reviews Materials. 2017. Vol. 2. P. 1-15.

3. Kresse G., Furthmüller J. Efficiency of ab-initio total energy calculations for metals and semiconductors using a plane-wave basis set //Computational materials science. 1996. Vol. 6. P.15-50.

4. Perdew J. P., Burke K., Ernzerhof M. Generalized Gradient Approximation Made Simple //Physical Review Letters. 1996. Vol. 77. P.3865-3868

5. den Broeder F.J.A., Kuiper, D., Donkersloot, H.C. et al. A comparison of the magnetic anisotropy of [001] and [111] oriented Co/Pd Multilayers // Applied Physics A. 1989. Vol.49. P.507–512

6. Liu Z., Brandt R., Hellwig O., Florez S., Thomson T., Terris B.,Schmidt H. Thickness dependent magnetization dynamics of perpendicular anisotropy Co/Pd multilayer films //Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2011.Vol.323. P.1623-1626

Починок А.С.[1, 2]

МОДЕЛЬ ИЗИНГА НА СФЕРИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ

[1]Институт наукоёмких технологий и передовых материалов ДВФУ
[2]Институт наук о жизни и биомедицины ДВФУ
[2]Научный руководитель - д. ф.-м. н., профессор А.В. Молочков

В работе исследуется ферромагнитный фазовый переход спиновой модели Изинга на триангулированной сферической решетке Фибоначчи [1].

Исследование фазовых переходов на решетках, обладающих сферической симметрией и естественной кривизной, является актуальной задачей для астрофизики, физики наноматериалов и квантовой теории поля.

Основная проблема сферических решеток заключается в равномерном распределении узлов. В качестве решения этой проблемы, в работе используется решетка, построенная на основе

распределения Фибоначчи [2]. Распределение Фибоначчи дает однородное и изотропное распределение узлов на поверхности сферы. Решетка задавалась формулами (1), где i – номер узла, пробегающий все N узлов решетки, $g = (1+\sqrt{5})/2 \approx 1.618$ золотое сечение.

$$\begin{cases} x = r\ \sin\theta\ \cos\varphi\,; \\ y = r\ \sin\theta\ \sin\varphi\,; \\ z = r\ \cos\theta\,, \end{cases} \quad \text{где} \quad \varphi = \frac{2\,\pi\,i}{g}\,;\ \theta = arcos\left(\frac{1-2\,(i+0.5)}{L}\right) \tag{1}$$

Ближайшие соседи для каждого узла решетки определялись триангуляцией Делоне (Рис. 1) [3]. Триангуляция Делоне обеспечивает планарное покрытие сферы треугольниками приблизительно равных площадей. Этот факт является потенциально важным, для достижения термодинамического предела. Анализ результата триангуляции [1] показал, что число соседей варьируется от 5 до 7, со значительным преобладанием узлов с 6 соседями (Рис. 3).

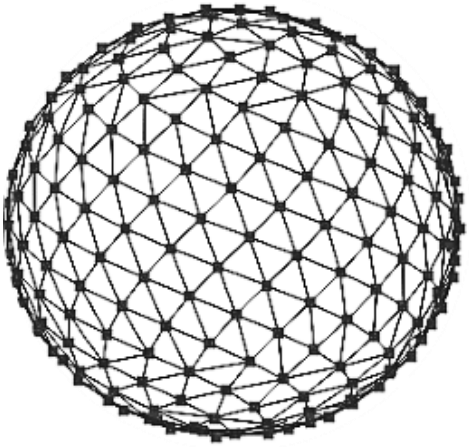


Рисунок 1. Сферическая решетка Фибоначчи с триангуляцией Делоне

Для реализации модели Изинга каждому узлу решетки случайным образом присваивалось значение спиновой переменной $S_i = \pm 1$. Генерация большого количества случайных конфигураций (~ 10^6) и усреднение характеристик системы проводилось методом Монте-Карло, с использованием алгоритма Метрополиса.

В ходе работы фазовый переход в модели Изинга на сфере Фибоначчи наблюдался при температуре $T_c \approx 3.32$. Значение критической точки получено с помощью аппроксимации графиков (Рис.3) намагниченности системы (3) и анализа точки пересечения кривых кумулянта Биндера (4).

$$\chi(T,N) = \frac{\langle M^2(T,N)\rangle - \langle M(T,N)\rangle^2}{T}\,, \tag{3}$$

$$U\,(T,N) = 1 - \frac{\langle M^4(T,N)\rangle}{3\langle M^2(T,N)\rangle^2}\,, \tag{4}$$

где $M = \sum_i S_i$ намагниченность системы.

Значение $T_c \approx 3.32$ для ферромагнитного фазового перехода на триангулированной решетке Фибоначчи близко к критической температуре для плоской треугольной решетки $T_c \approx 3.64$ [4]. Расхождение значений связано с флуктуациями количества соседей от 5 до 7 для узлов на сфере, что является фиксированным параметром для треугольной решетки, и составляет 6 соседей для каждого узла. Таким образом, топологические эффекты сферической треугольной решетки Фибоначчи влияют на критическую точку фазового перехода в модели Изинга.

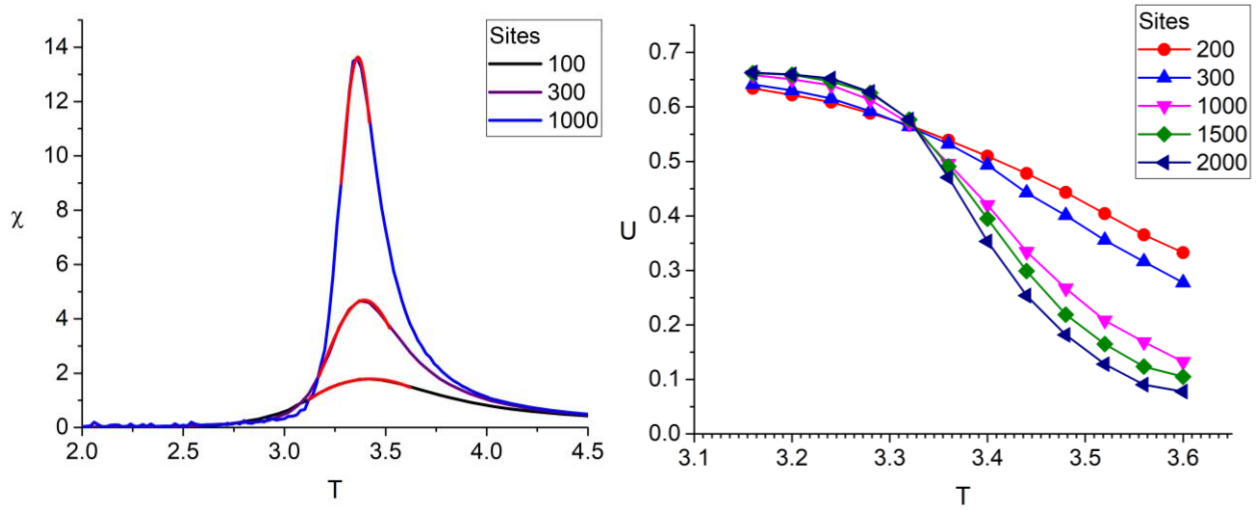


Рис. 3. Температурная зависимость намагниченности (слева) и кумулянта Биндера (справа)

Список литературы

1. Pochinok A. S., Molochkov A. V., Chernodub M. N. Ising Model on the Fibonacci Sphere. arXiv preprint arXiv:2301.06849, 2023.

2. Richard Swinbank and R. James Purser. Fibonacci grids: A novel approach to global modelling. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 132(619):1769–1793, jul 2006.

3. Skvortsov A.V. Delaunay triangulation and its applications. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, page 128, 2002.

4. Luo Zhi-Huan, Loan Mushtaq, Liu Yan, and Lin Jian-Rong. Critical behaviour of the ferromagnetic Ising model on a triangular lattice. Chinese Physics B, 18(7):2696–2702, jul 2009.

Рыбин А.Е.[1,2], Капитан Д.Ю.[1,2], Васильев Е.В.[1,2], Овчинников П.А. [1,2], Король А.О. [1,2], Капитан В.Ю. [1,2]

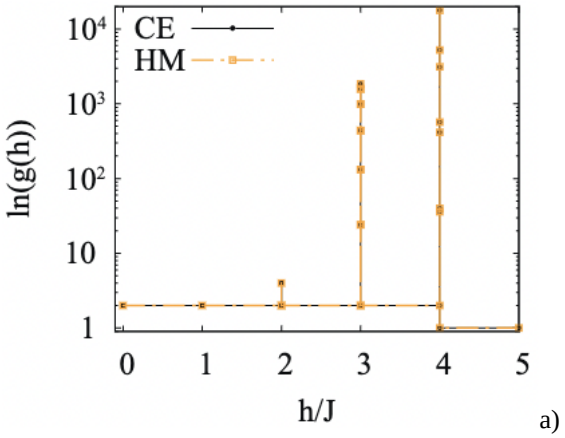
БОЛЬШИЕ ПИКИ ЭНТРОПИИ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ В МОДЕЛИ ЭДВАРДСА-АНДЕРСОНА

[1]Кафедра компьютерных систем ШЕН ДВФУ

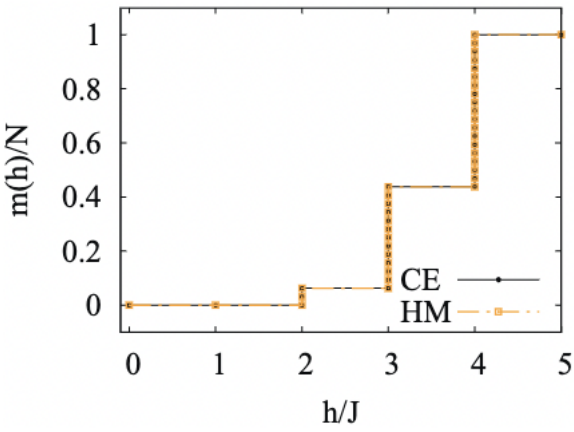
[2] Институт Прикладной Математики, ДВО РАН

[1]Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор К.В. Нефедев

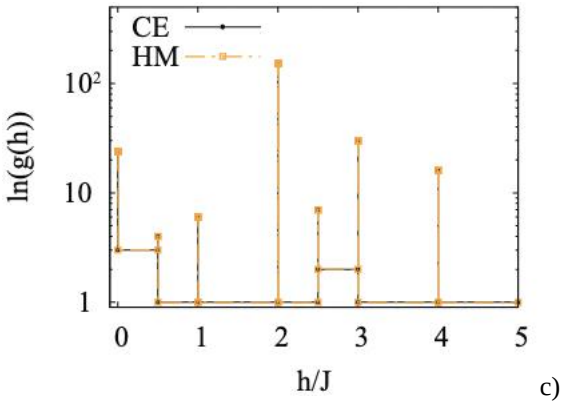
Мы сгенерировали образцы модели спинового стекла [1] Изинга на простой квадратной решетке со случайным распределением обменных интегралов с различными концентрациями $-1.0 \leq \sum_{ij} Jij \leq +1.0$ [2]. Система имела конечное число взаимодействующих спинов Изинга N=8×8 спинов и свободные граничные условия. Для заданных концентраций связей $\sum_{ij} Jij = -1.00;\ -0.30;\ 0.00;\ +0.30;\ +1.00$ мы рассчитали вырождение и спиновый избыток основных состояний как функцию приложенного внешнего магнитного поля гибридным мультиспиновым методом [3]. Мы сравнили полученные результаты с точным решением методом полного перечисления. Этот метод отличается тем, что решения для нескольких одномерных потоков объединяются, т.е. основан на полном перечислении некоторых цепочек. Такой подход позволяет резко увеличить число частиц в рассчитываемых системах. Однако здесь существует вычислительный предел примерно N = 20 × 20, поскольку требования к памяти вычислительной системы растут экспоненциально.


CE
HM
ln(g(h))
h/J

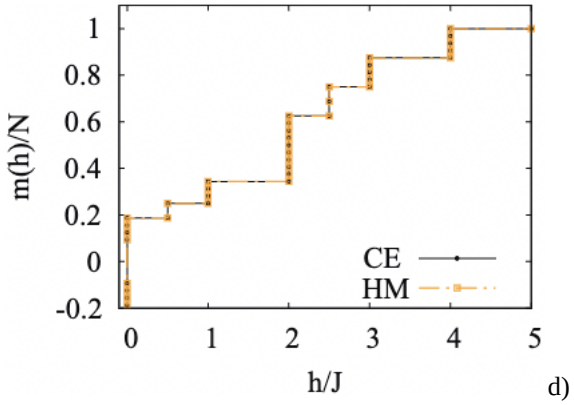
a)


CE
HM
m(h)/N
h/J

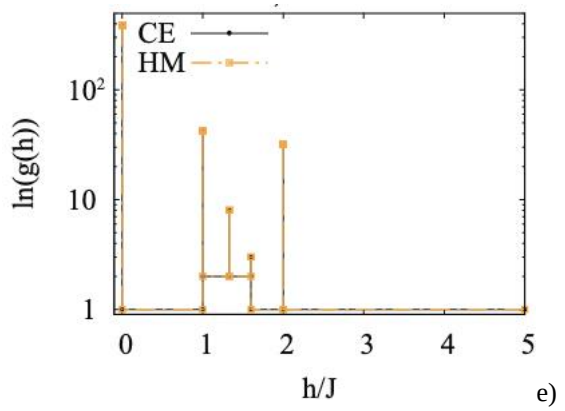
b)


CE
HM
ln(g(h))
h/J

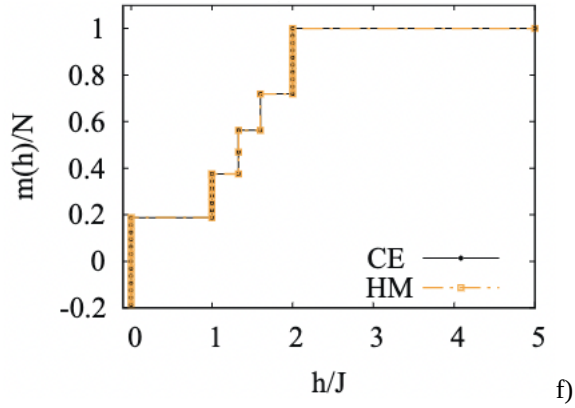
c)


CE
HM
m(h)/N
h/J

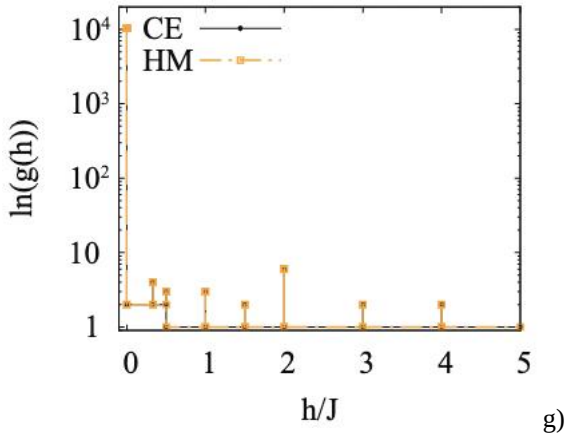
d)


CE
HM
ln(g(h))
h/J

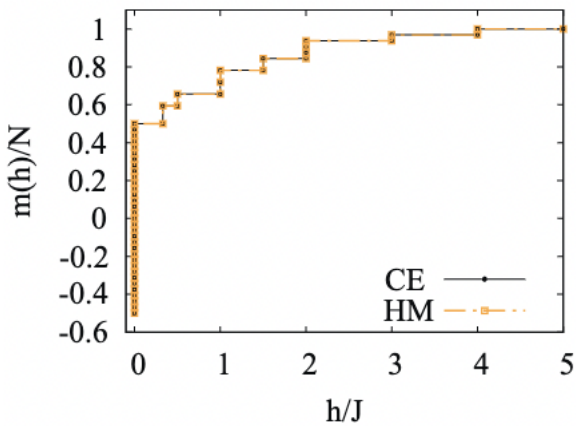
e)


CE
HM
m(h)/N
h/J

f)


CE
HM
ln(g(h))
h/J

g)


CE
HM
m(h)/N
h/J

h)

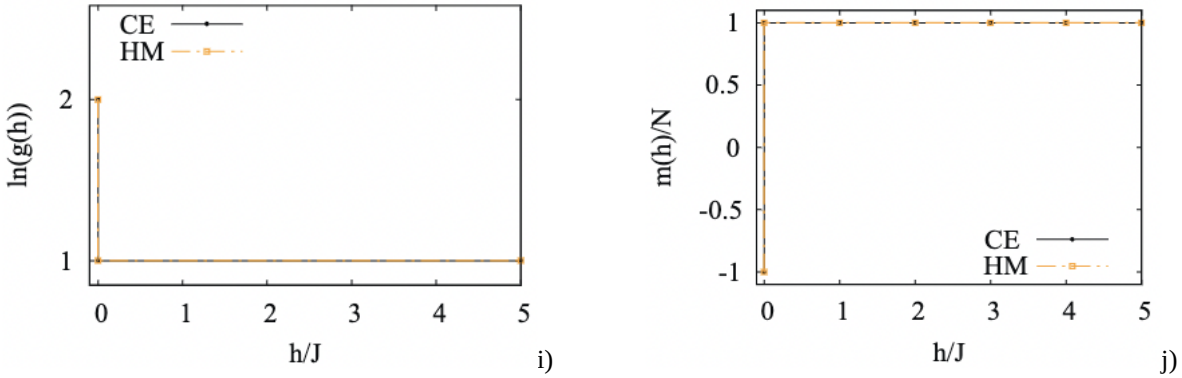


Рисунок 1- Вырождение (левый столбец) и спиновый избыток (правый столбец) основных состояний как функции модуля внешнего магнитного поля для моделей спинового стекла на простой квадратной решетке N = 8 × 8. Черные кружки обозначают данные, рассчитанные методом полного перечисления, золотые квадраты - данные, полученные гибридным мультиспиноывм методом.

На рисунках 1a и 1b показано поведение идеального антиферромагнетика $\sum_{ij} Jij = -1.00$ при $T \to 0$. В отсутствие внешнего магнитного поля существует только две возможные конфигурации основного состояния. При увеличении значения модуля внешнего магнитного поля наблюдается возникновение скачков энтропии, т.е. резкое увеличение вырождения основного состояния, которое сопровождается изменением спинового избытка при заданном критическом значении модуля внешнего магнитного поля.

В спиновом стекле с добавками антиферромагнитной фазы $\sum_{ij} Jij = -0.30$, см. 1c и 1d, наблюдается наибольшее число критических полей h_c = 0.00, 0.50, 1.00, 2.00, 2.50, 3.00, 4.00. Для того чтобы объяснить возникновение наибольшего числа значений критических полей при заданном значении концентрации $\sum_{ij} Jij$, необходимо рассчитать плотность состояний исследуемых систем.

В выбранном образце спинового стекла $\sum_{ij} Jij = 0.00$, см. 1e и 1f, начинает проявляться тенденция к уменьшению величины и числа критических полей и появлению новых дробных значений критического поля $h_c = 0.00, 1.00, 4/3, 1.60, 2.00$. Увеличение доли ферромагнитных связей приводит к уменьшению влияния граничных спинов во внешнем поле на свойства низкотемпературной фазы.

В спиновом стекле с добавками ферромагнитной фазы $\sum_{ij} Jij = +0.30$, см. 1g и 1h, наблюдается сдвиг в сторону малых значений критических полей. Появление пиков при $h_c = 3.00, 4.00$, по-видимому, связано с отбором образца, где случайное распределение обменных интегралов усилило роль граничных спинов.

Как и следовало ожидать в идеальном ферромагнетике $\sum_{ij} Jij = +1.00$, см. 1i, 1j в нулевом поле имеет место двукратное вырождение спинового избытка $m(h = 0) = -1.0$, конфигурация "все вниз", и $m(h = 0) = +1.0$ конфигурация "все вверх", поэтому $g(h = 0) = 2$. По мере увеличения модуля внешнего магнитного поля остается только одна конфигурация с максимальными абсолютными значениями внутренней энергии (энергии взаимодействия между спинами) и спинового избытка во внешнем магнитном поле (зеемановской энергии), которые в любом внешнем магнитном поле всегда будут в сумме иметь большую энергию по сравнению с полной энергией любой другой конфигурации с меньшим спиновым избытком, т.е. меньшей зеемановской энергией, поэтому для любого положительного значения модуля поля, отличного от нуля, $m(h > 0) = +1{,}0$ и $g(h > 0) = 1$. Эта конфигурация - "все вверх".

Важно отметить, что существует корреляция между величиной скачка энтропии и величиной скачка спинового избытка, что связано с тем, что энергия большого числа состояний с различными

значениями спинового избытка становится одинаковой. Открытым остается вопрос об исследовании критических поля при увеличении числа частиц.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПМ ДВО РАН (№075-01290-23-00).

Список литературы

1. S. Edwards, P. Anderson, Theory of spin glasses, Journal of Physics F: Metal Physics 5 (5) (1975) 965–974.

2. Metropolis, N. Equation of state calculations by fast computing machines / N. Metropolis et al. // The journal of chemical physics. – 1953. – Vol. 21. – №. 6. – P. 1087-1092

3. Makarov A., On the Numerical Calculation of Frustrations in the Ising Model / A. Makarov et al. // JETP Letters – 2019. – Vol.110 – p.702-706

Семенов М.П., Московченко З.А.

ЭНТРОПИЙНАЯ МЕРА БОЛЬШИХ СОЗВЕЗДИЙ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю. А. Злобина

В данной работе проводятся исследования сложных точечных структур на примере созвездий с большим количеством звезд (200 и более). Для каждого созвездия строится полносвязный граф, где все узлы связаны между собой по принципу – каждый с каждым.

Для всех графов строится симметричная матрица расстояний, на основе которой вычисляется вероятностная матрица. Используя вероятности, можно рассчитать энтропии. Заметим, что более удобно в нашем случае воспользоваться не энтропией Шеннона, а энтропией в форме Вайда:

$$h = p(1-p),$$

где p – вероятность.

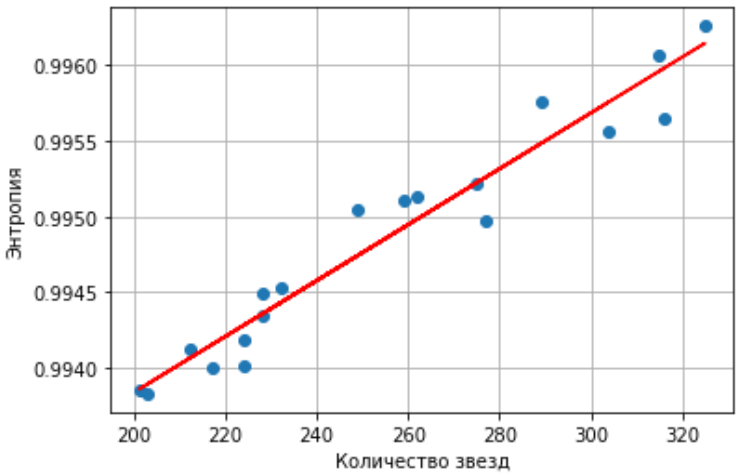


Рисунок 1 – Зависимость энтропии созвездия от количества звезд в созвездии

На основе матрицы энтропий рассчитывается энтропия всего созвездия:

$$H = \sum p_i \, h_i$$

где h_i – метрическая энтропия и p_i – соответствующая ей вероятность для i-го узла графа.

Результат вычислений представлен на рис.1. Можно предположить, что качественная зависимость энтропии созвездия от числа звезд в системе имеет линейный характер, что касается

количественной оценки, то можно утверждать, что энтропии созвездий близки к своему верхнему пределу.

С целью получения характеристики порядка-беспорядка созвездий, которая не зависит от количества точек в системе, был введен коэффициент асимплектичности [1]:

$$\eta = 1 - \frac{H}{supH}$$

где *supH* – верхняя граница энтропии системы (энтропия симплекса).

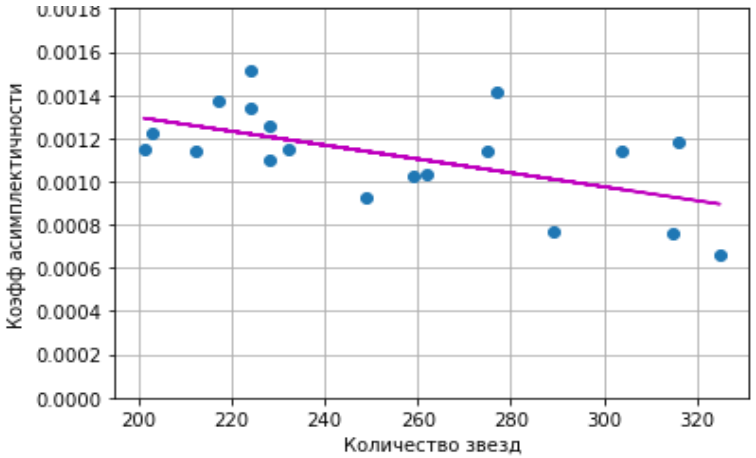


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента асимплектичности созвездий от количества звезд в созвездии.

Результат расчета коэффициентов асимплектичности созвездий представлен на рис.2. Как видно из рисунка, аппроксимирующая прямая имеет минимальный угол наклона, что позволяет говорить о минимальной зависимости полученной характеристики от размера точечной системы.

Сбор всех необходимых данных, их предварительная обработка и расчеты, производимые в работе, были автоматизированы. С этой целью написана программа на языке программирования Python.

Проведенные исследования носят фундаментальный характер и могут быть полезны для специалистов в области физики разупорядоченных сред, инфокоммуникационных технологий, астрономии.

Список литературы

2. Юдин В.В., Писаренко Т.А., Любченко Е.А. Информодинамика сетевых структур. Вероятность. Древесные графы. Фракталы. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2003. 243 с.

Соколов Д. Д.[1]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕ ТРИТИЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ

[1]Департамент наук о Земле ДВФУ
[2]Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН,
[2]Научный руководитель – к.т.н., доцент В. А. Горячев

Тритий является радиоизотопом водорода с периодом полураспада 12,32 года и встречается в природе в составе молекулы воды (HTO). Тритий образуется естественным образом в верхних слоях

атмосферы в результате взаимодействия вторичных ядерных частиц космогенного происхождения, главным образом нейтронов и протонов, с ядрами азота и кислорода. Вторичные нейтроны в основном производят космогенные изотопы, такие как 14C и 3H, при энергиях, превышающих 1 МэВ. Две трети космогенного трития образуется в стратосфере и одна треть - в тропосфере. Искусственный тритий образуется при работе реакторов, при переработке отработанного топлива и при испытаниях ядерного оружия. Тритий в морской воде присутствует в виде тритированной воды (HTO) и используется в качестве трассера для оценки радиоактивного загрязнения и гидрологического цикла. Прямое измерение концентрации трития невозможно без предварительного обогащения из-за низкой концентрации в окружающей среде (<10 TU, 1 TU = 1 атом трития на 10^{18} атомов водорода или 1 TU=0,1192 Бк/л) и низкой энергии β-излучения ($\overline{E}_\beta$=5,52–5,70 кэВ). Таким методом является электролитическое обогащение, при его применении коэффициент обогащения морской воды равен 30 и более.

В рейсе на НИС “Академик Опарин” (рейс №65, с 26.11.22 по 29.12.22) были отобраны пробы морской воды в Японском, Охотском морях и северо-западной части Тихого океана, район работ представлен на рис. 1.

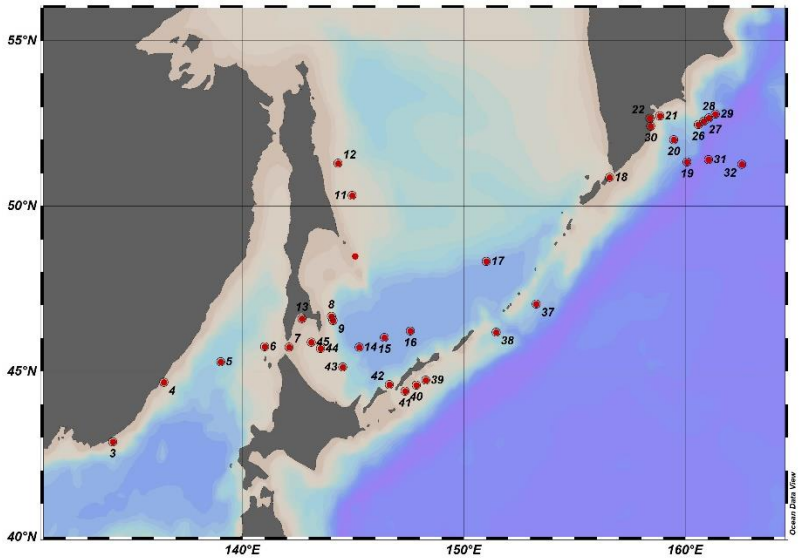


Рисунок 1 - Карта с расположением станций отбора проб

Измерения β-активности исследуемых проб морской воды были выполнены ультранизкофоновым жидкосцинтилляционным αβ-спектрометром QUANTULUS 1220. Главным преимуществом сцинтилляционного счётчика является низкий уровень фона и высокая эффективность до 30%. Коэффициент обогащения проб составил 30–40. Результаты работ по измерению концентрации ^{3}H представлены в таблице.

Таблица

Полученные значения концентрации ^{3}H в Японском, Охотском морях и северо-западной части Тихого океана

	Японское море	Охотское море	Северо-западная часть Тихого океана
Минимум, TU	0.77	0.75	0.13
Максимум, TU	0.97	1.9	0.96
Среднее, TU	0.9	1.34	0.49

Стронгин В.С.[1,2], Лобанова Э.А.[1], Овчинников П.А.[1, 2], Трефилов И.В.[1, 2], Шевченко Ю.А.[1, 2]

ФРУСТРАЦИИ И ЭНЕРГИИ СПИНОВОГО ЛЬДА НА РЕШЕТКЕ АПАМЕЯ

[1]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
[2] Институт Прикладной Математики, ДВО РАН
Научный руководитель - доктор ф.-м.н., К.В. Нефедев

Искусственный спиновый лед — искусственный наноматериал, состоящий из ферромагнитных наночастиц вытянутой формы, закреплённых на плоскости. Магнитный момент нанооствровка состоит из множества спинов, поэтому называется суперспином или макроспином. За счёт пространственного ограничения магнитные моменты частиц окажутся согласованы между собой и смогут принимать лишь одно из двух направлений без промежуточных состоянии. Эта особенность позволяет описывать поведение магнитного момента наночастицы при помощи так называемой модели Изинга. Изначально, под искусственным спиновым льдом понимали двумерные искусственные аналоги спинового льда на решетке пирохлора [1]. В настоящее время исследования искусственного спинового льда актуальны, исследуются термодинамические свойства систем. Теоретические работы обычно направлены на подтверждение экспериментальных наблюдений. В работе будут исследоваться свойства спинового льда на решетке Апамея (Рис. 1), созданной на основе квадратного спинового люда, где удалены некоторые наночастицы.

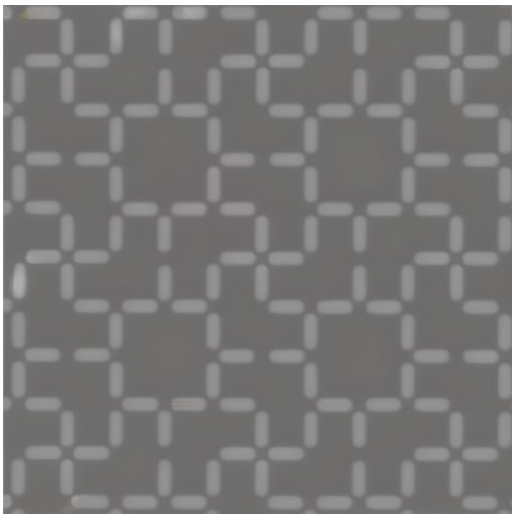


Рисунок 1. СЭМ изображение решетки Апамея.

В рамках данной работы определены зависимости фрустраций и энергии от температуры, произведено сравнение с экспериментальными данными.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ для малых научных групп № 23-22-00328 от 13.01.2023

Список литературы

1. Geometrical Frustration in the Ferromagnetic Pyrochlore Ho2Ti2O7 / M. J. Harris [et al.] // Physical Review Letters. — 1997. — Vol. 79, issue 13. — P. 2554–2557.

Трефилов И.В.[1, 2] , Лобанова Э.А.[1, 2], Овчинников П.А.[1, 2], Стронгин В.С.[1, 2]

ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД И КРОСОВЕРЫ НА КАИРСКОЙ РЕШЕТКЕ ДИПОЛЕЙ ИЗИНГА

[1]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
[2] Институт Прикладной Математики, ДВО РАН
Научный руководитель - к.ф.-м.н., Ю.А. Шевченко

Каирская решетка является двумерной периодической кристаллической структурой (рисунок 1). Названа в честь города Каира, где ее впервые обнаружили в декоративном узоре решётки.

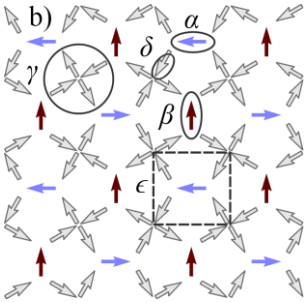


Рисунок 1 – Каирская пентагональная 2D решетка

Мы исследуем физику спинового льда магнитных Изинг-подобных диполей на каирской пентагональной 2D решетке используя численный алгоритм Метрополиса и метод исчерпывающего перечисления. Точечные диполи расположены на ребрах решетки, вектор магнитного момента направлен вдоль ребра решетки, используется диполь-дипольная модель взаимодействия. Было обнаружено наличие двух явных пиков в температурном поведении теплоемкости и магнитной восприимчивости. Низкотемпературный пик обусловлен только дальнодействующими взаимодействиями, высокотемпературный пик обусловлен взаимодействиями только между ближайшими соседями [1].

Косвенным доказательством наличия фазового перехода в магнитной системе является расхождение значения теплоемкости в пике при $N \to \infty$. Для изучения критических явлений и фазовых переходов необходимо точно определять температуру максимума теплоемкости и ее значение в пике.

В данной работе изучение проводилось на каирской решетке с размером 14x14 элементарных ячеек с общим количеством спинов 980. С помощью алгоритма Метрополиса найдены значения теплоемкости в логарифмическом диапазоне от $5 * 10^{-5}$ до $1 * 10^{-5}$ (рисунок 2). Для нахождения максимума теплоёмкости аппроксимируются пики полученного графика (рисунок 3). По аналогии были вычислены пики для решеток с количеством спинов: 320, 500, 720, 1280, 2000, 5120, 9680. Используя полученные данные построены графики $T_{peak}(N)$, $C_{peak}(N)$ для низкотемпературного пика. На них видно, что аппроксимируемая кривая улучшает значения для дальнейшего изучения, сглаживая данные (рисунок 4). Для построения графиков зависимости $T_{peak}(N)$, $C_{peak}(N)$ высокотемпературного пика, необходимо исследовать ещё некоторое количество решеток в диапазоне от 5120 до 9680 спинов.

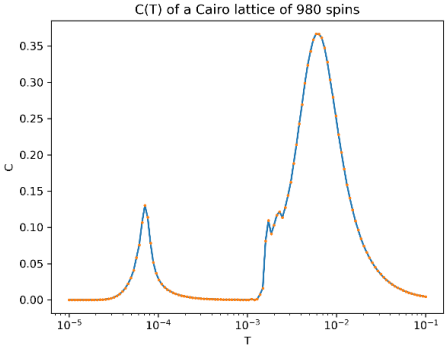


Рисунок 2 – Теплоемкость каирской решетки от $5 * 10^{-5}$ до $1 * 10^{-5}$

а) б)

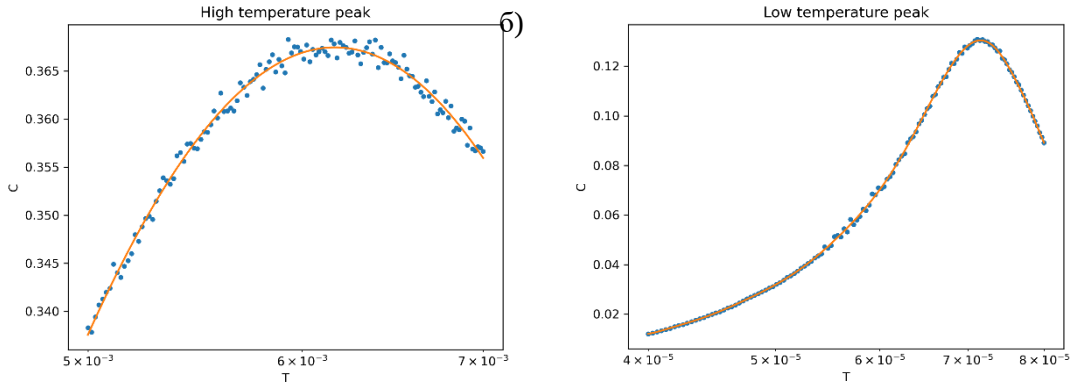


Рисунок 3 – Теплоемкость температурных пиков
а) Высокотемпературный пик, б) Низкотемпературный пик

а) б)

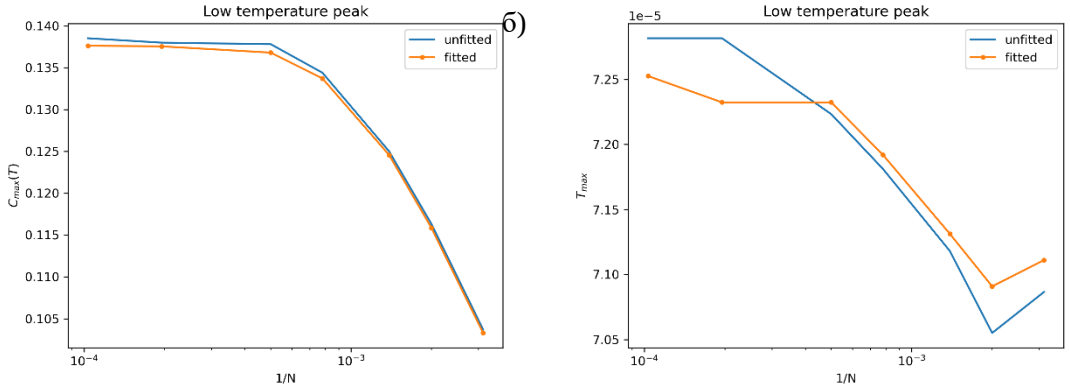


Рисунок 4 – Графики $T_{peak}(N), C_{peak}(N)$
а) $C_{peak}(N)$: ж. – аппроксимированная кривая, с. – кривая по исходным точкам
б) $T_{peak}(N)$: ж. – аппроксимированная кривая, с. – кривая по исходным точкам

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-22-00328)

Список литературы

1. Shevchenko Y. et al. Order and disorder, crossovers, and phase transitions in dipolar artificial spin ice on the Cairo lattice //Physical Review E. – 2022. – Т. 106. – №. 6. – С. 064105.

Чепак А.К.[1,2], Афремов Л.Л.[2]

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНГО ПОЛЯ НА ФАЗУ ГРИФФИТСА В РАЗБАВЛЕННОМ ФЕРРОМАГНЕТИКЕ

[1]Институт Химии ДВО РАН
[2] Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий
[2]Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Л.Л. Афремов

В своём исследовании мы подвергли ферромагнитную модель Изинга при температуре близкой к абсолютному нулю влиянию магнитного поля для уточнения фазы Гриффитса при концентрационном фазовом переходе. Как нами ранее было показано на примере кристаллической гранецентрированной кубической решётке, что случайное замещение магнитных атомов на немагнитные на плоскую решётку приводит к переходу в парамагнитное состояние даже при температурах близких к абсолютному нулю. В трёхмерной системе немагнитное разбавление приводит к появлению промежуточной фазы между

чистой ферримагнитной и парамагнитной, которую в литературе принято называть фазой Гриффитса. В результате изучения зависимостей магнитных характеристик от концентрации магнитных атомов в различных магнитных полях нам удалось уточнить границы фазы Гриффитса.

На сегодняшний день множество современных работ посвящено изучению спинового и кластерного стекла, и материалам с упорядочением подобному фазе Гриффитса [1- 6]. Особое внимание среди таких систем привлекают двойные перовскиты Re_2CoMnO_6 (Re = редкоземельные ионы) из-за богатого проявления полуметаллических, полупроводниковых, магнитных и пьезоэлектрических свойств [6]. На данный момент считается, что проявление перечисленных свойств в магнетиках сопряженно с фазой Гриффитса. В такой фазе может существовать одновременно как дальний, так и ближний порядки, которые будут отвечать за различные магнитные упорядочения.

В классическом представлении фаза Гриффитса это набор ферромагнитных кластеров различных форм и размеров, окружённые атомами с парамагнитным упорядочением [7]. Теоретические исследования хотя и предсказывают существование такой фазы, но при прямом численном моделировании зарегистрировать фазу Гриффитса становиться затруднительным. В данной работе мы сообщаем о том, что наблюдаемое нами, при Монте-Карло моделировании разбавленного Изинговского ферромагнетика, аномальное поведение магнитной восприимчивости указывает на наличие переход в фазу Гриффитса. В качестве подтверждения наших догадок мы приводим результаты анализа магнитных характеристик, просчитанные в различных магнитных полях.

Наличие фазового перехода определялось по положению максимума магнитной восприимчивости χ, рассчитываемой по известной формуле (1) и поведению намагниченности M (2):

$$\chi = \frac{N}{t}[\langle M^2\rangle - \langle M\rangle^2], \tag{1}$$

$$M = \frac{1}{\mathrm{N}}\left[\langle \sum_{\mathrm{i}}^{\mathrm{N}_m} \mathrm{s_i}\rangle\right], \tag{2}$$

здесь N – число узлов в решётке; $t = k_B T/J$ – относительная температура; k_B – постоянная Больцмана; скобками $\langle\ \rangle$ и [ ] обозначается усреднение по 10^4 шагам Монте-Карло и $2 \cdot 10^3$ различных конфигураций решётки соответственно. Расчёт проводился при температуре близкой к абсолютному нулю $t = 0.01$. Гамильтониан определялся выражением (3), где J – обменный интеграл, а $h = H/J$ – определяется магнитным полем в интервале от 0 до 5 Тл.

$$\mathcal{H} = -J\left(\frac{1}{2}\sum_{\{i,j\}} c_i c_j s_i s_j + h\sum_i c_i s_i\right), \tag{3}$$

$\mathrm{s_i}$ – спиновая переменная магнитного момента в i-ом узле решётки, а c_i = 0 или 1, если узел занят немагнитным атомом или магнитным.

Аномальное поведение магнитной восприимчивости, проявляющееся в двух максимумах (Рисунок 1), интерпретируется как проявление двух последовательных фазовых переходов. Подобные аномалии наблюдаются как в намагниченности [1-3], так и в восприимчивости [2-4] и теплоёмкости [5] реальных систем. Таким образом мы считаем, что высококонцентрационный пик $p_{c,h}$ соответствует переходу из ферромагнитной фазы в фазу Гриффитса, а низкоконцентрационными $p_{c,l}$ из фазы Гриффитса в парамагнитную фазу. В области между $p_{c,h}$ и $p_{c,l}$ наблюдается состояние, в котором намагниченность остаётся большой за счёт существования крупных ферромагнитных кластеров. В тоже время флуктуации растут и намагниченность обращается в ноль за счёт разбиения таких кластеров на множество мелких, о чём свидетельствует стремительное уменьшение вероятности обнаружения перколяционного кластера (Рисунок 2). Таким образом действительно фаза Гриффитса представляется фазами кластерного (ферромагнитного) стекал и его предельного по размеру случая – спинного стекла.

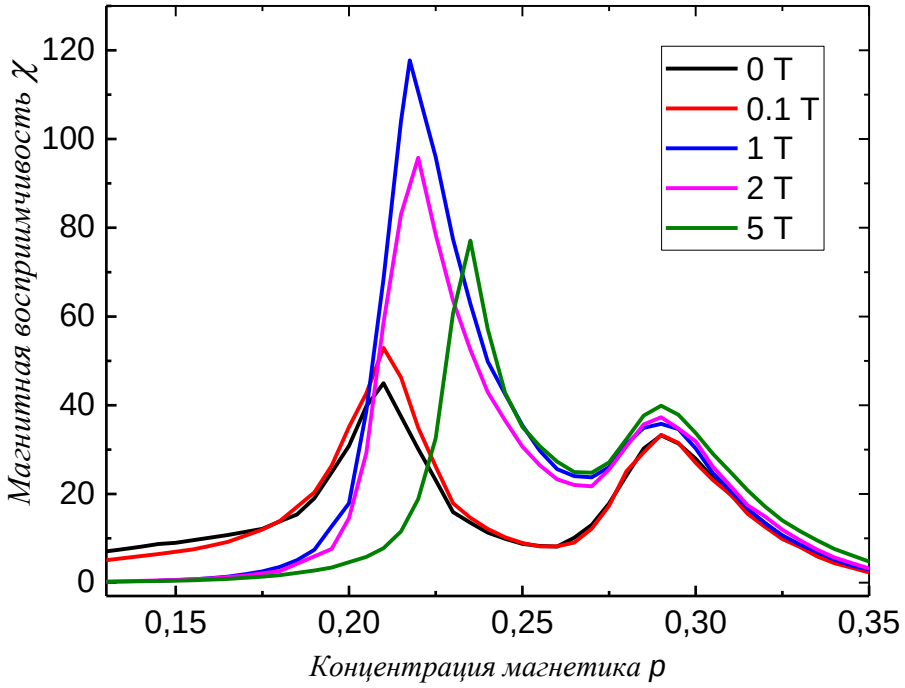


Рисунок 1. Зависимость магнитной восприимчивости χ от концентрации магнитных атомов p в различных магнитных полях H (Тл)

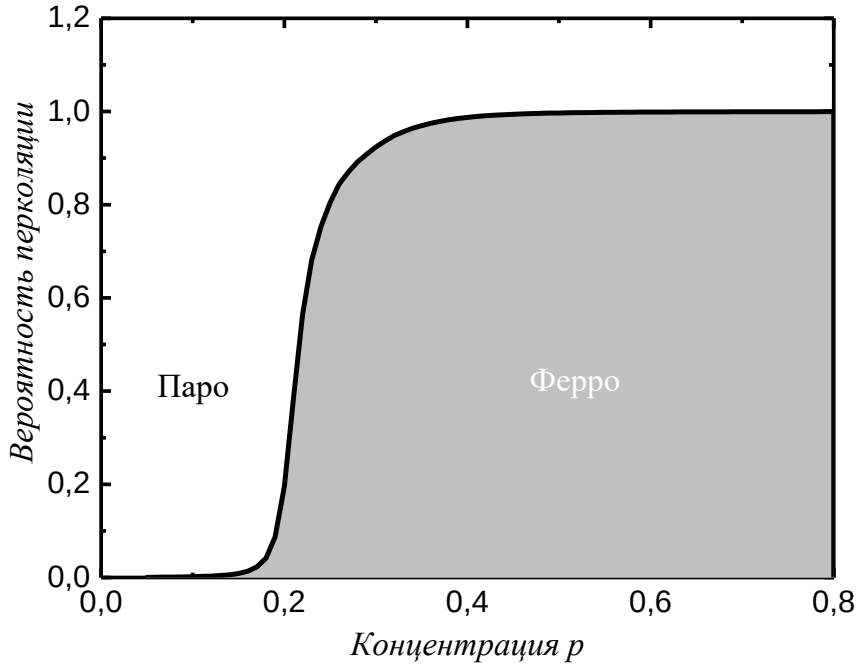


Рисунок 2. Зависимость вероятности обнаружения магнитного перколяционного кластер от концентрации магнитных атомов p.

Действительно, как показывает поведение намагниченности и магнитной восприимчивости при различных магнитных полях в системе существует стекольное состояние. Признаком этого является зависимость намагниченности от магнитного поля вблизи критической точки и смещение максимума, соответствующего парамагнитной точки фазового перехода (Рисунок 3).

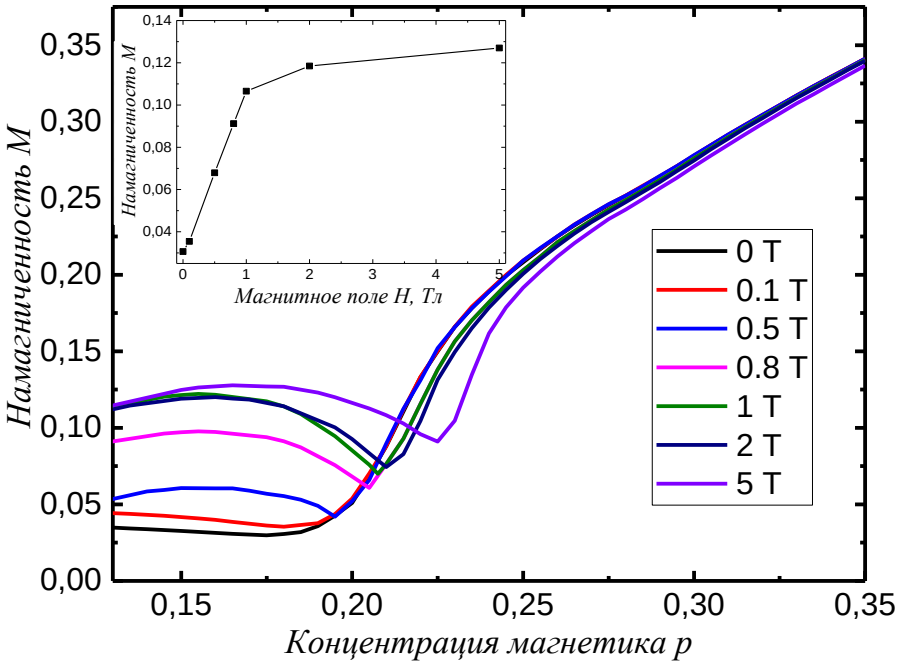


Рисунок 3. Зависимость намагниченности *M* от концентрации магнитных атомов p в различных магнитных полях H (Тл). На вставке: зависимость намагниченности *M* от внешнего магнитного поля H в области низких концентраций.

При этом следует отметить, что высоконцентрационный пик не меняет своего положения, а намагниченность при высоких концентрациях практически не о даёт ответа на магнитное поле. Это объясняется тем, что переход из ферримагнитного состояния в фазу Гриффитса сопровождается разрывом бесконечного кластера и возникновения несвязанных крупных кластеров. И хотя взаимодействие между ними отсутствует, в рамках каждого отдельного кластера сохраняется ферромагнитный порядок и высокая остаточная намагниченность. На ряду с сильным взаимодействием в рамках кластера, отсутствие термических флуктуаций магнитных моментов при T=0 магнитное поле никаким образом не может оказать влияние даже на границы таких крупных кластеров. Для фазового перехода в фазу Гриффитса подобное поведение соответствует экспериментальным данным [2].

Немагнитное разбавление ферромагнитной Изинговской модели приводит к двум последовательным фазовым переходам: ферромагнетик – фаза Гриффитса и фаза Гриффитса – парамагнетик. Две таких точки фазового перехода можно рассматривать как ферримагнитно и парамагнитную, где парамагнитная точка как и ожидалась зависит от магнитного поля. При этом точка перехода в фазу Гриффитса остаётся неизменной, как и флуктуации магнитного параметра порядка при различных полях, что подтверждает наличие перехода в состояния кластерного стекла.

Список литературы

1. Xin Y. et al. Nature of Griffiths phase and ferromagnetic 3d-4f interaction in double-perovskite Dy2CoMnO6 //Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – Т. 893. – С. 162222.

2. Anand K. et al. Existence of Griffiths phase and unusual spin dynamics in double perovskite Tb2CoMnO6 //Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2021. – Т. 528. – С. 167697.

3. Silva Jr R. S. et al. Structural phase transition and suppressed Griffiths-like phase induced by Sr2+-doping in LaCr0. 5Mn0. 5O3 compound //Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2022. – Т. 546. – С. 168851.

4. Revathy R., Varma M. R., Surendran K. P. Observation of Cluster Glass and Griffiths-like Phase in Fe3O4 Nanostructures //physica status solidi (b). – 2021. – Т. 258. – №. 2. – С. 2000341.

5. Kitani S., Tachibana M., Kawaji H. Spin-glass-like behavior in ferromagnetic phase of CdCr2S4 //Solid state communications. – 2014. – Т. 179. – С. 16-19.

6. Kumar V. P. Magnetic phase transitions leading to Griffith's singularity with electrical and dielectric anomalies in transport properties of LaMnO 3+ δ //Bulletin of Materials Science. – 2021. – Т. 44. – №. 2. – С. 1-12.

7. Griffiths R. B. Nonanalytic behavior above the critical point in a random Ising ferromagnet //Physical Review Letters. – 1969. – Т. 23. – №. 1. – С. 17.

Чесноков М.А.[1]

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ

[1]Институт Математики и Компьютерных технологий

[1]Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор К.В. Нефедев

Термодинамика спиновых систем – это актуальная научная сфера, в которой активно применяются численные методы наравне с физическими экспериментами. По теме есть огромное число научных публикаций. Благодаря обширности области существует множество узкоспециализированных задач. Одной из таких является задача изучение искусственных спиновых стекол. Спиновые стекла – это спиновые системы, в которых обменные взаимодействия конкурируют между собой. Несмотря на то, что в поле зрения исследований спиновые стекла попали сравнительно давно (модель спинового стекла Эдвардса-Андерсона опубликована в 1975 г.) до сих пор присутствует большая неясность, каким должен быть алгоритм для расчета статистической суммы, или хотя бы минимума энергии системы.

Наибольший интерес представляет поиск и исследование изменения основных и низкоэнергетических состояний [1] – конфигураций решетки с минимальной возможной (или очень близкой к ней) энергией системы – особенно в контексте перехода системы из проявляющей свойства ферромагнетика в проявляющую свойства антиферромагнетика или наоборот. Для работы со спиновыми стеклами с помощью численных расчетов используется модель Изинга для взаимодействия с ближайшими соседями Эдвардса-Андерсона [2]. Энергия системы рассчитывается по формуле:

где s_x и s_y – спины, принимающие значения -1 и 1 (у каждого спина по 4 соседа); J – это независимые, одинаково распределенные непрерывные величины, выбранные случайным образом [3]. J может принимать значения от -1 до 1. Таким образом, половина взаимодействий происходят при ферромагнетике, а половина при антиферромагнетике. Общая сумма $J = 0$ [4].

Поиск основного состояния является главной, но в то же время, чрезвычайно сложной задачей. Из-за экспоненциально высокого роста числа конфигураций с такой же динамикой растет и время вычисления, что определенно ставит вопрос о разработке и использовании специфических приближенных методов. Описанные далее исследования являются частью комплексной работы по созданию нового алгоритма.

Для оценки поведения основных и низкоэнергетических состояний системы можно использовать низкоэнергетические кластеры внутри энергетической матрицы. Она формируется путем применения формулы выше ко всем спинам к системе.

Для получения этих данных используется заранее рассчитанные плотность состояний, найденная урезанным полным перебором, и распределение пар J, составленное случайным образом в пределах от $J = -1$ до $J = 1$. Написанная программа считывает эти данные и для каждой из имеющейся J по данным о всех основных состояниях ищет соответствующие им конфигурации с помощью жадного

алгоритма. Роль играют все 3 параметра DOS (плотности состояний) – минимальная энергия системы E_{min}, спиновых избыток (разница между кол-вом отрицательных и положительных спинов) M_{min} и кратность вырождения основного состояний (сколько всего в системе есть состояний с минимальной энергией) *Gmin*.

На каждом шаге внешнего цикла поиска генерируется «пустая» конфигурация (например, для N= 7*7 это будет 49 спинов «вверх»), после чего случайным образом спины переворачиваются так, чтобы соответствовать M_{min} (например, для M = 3 – это 26 спинов «вниз» и 23 спина «вверх»). После этого, рассчитывается общая энергия системы, запускается внутренний цикл, в котором работает жадный алгоритм. Данный метод хорошо справляется с тем, чтобы «опустить» энергию системы, делая на каждой итерации цикла самые эффективные перевороты спинов. Как только алгоритм опускает энергию системы до E_{min} или исчерпывает возможности к перевороту (любой переворот далее будет увеличивать энергию), внутренний цикл завершается. Для того, чтобы $M = M_{min}$ жадный алгоритм попарно переворачивает сначала положительный спин (спин «вверх») затем отрицательный спин (спин «вниз»), таким образом M в системе остается постоянным. Для систем с относительно большим числом частиц искомый E_{min} сдвигается на несколько энергетических единиц, чтобы уменьшить время поиска, внеся небольшую погрешность. Обычно, внешний цикл работает, пока не будет найдено все G_{min} конфигураций для каждой M_{min} (вообще все конфигурации основного состояния), но при крайне сильном вырождении основного состояния число найденных конфигураций ограничивается статистически достаточным числом. Результат показан на рисунке:

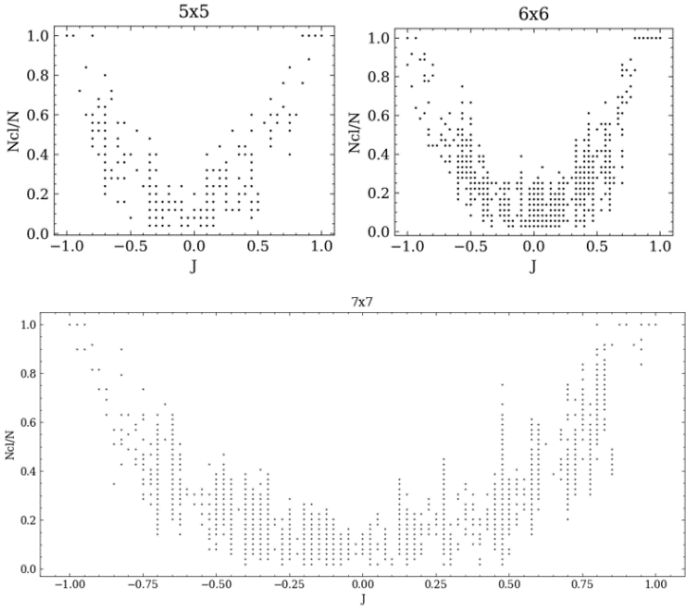


Рисунок 1 – Полученный результат для pbc граничных условий.

Здесь представлены графики для систем из N = 25, 36, 49 спинов. Точки – это отношение размера (кол-ва частиц в) низкоэнергетических кластеров в матрице энергии и полного размера системы. В будущем планируется сделать измерения для систем с большим числом спинов, другими граничными условиями и аналитически сравнить полученные результаты.

Список литературы

1. Newman C. M., Stein D. L. Ground-state stability and the nature of the spin glass phase //Physical Review E. – 2022. – Т. 105. – №. 4. – С. 044132.

2. Edwards S. F., Anderson P. W. Theory of spin glasses //Journal of Physics F: Metal Physics. – 1975. – Т. 5. – №. 5. – С. 965.

3. Makarova K. et al. Canonical Monte Carlo multispin cluster method //Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2023. – Т. 427. – С. 115153.

Раздел XV
ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ(ФИЗИКА, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)

Гнитецкая Т.Н.[1], Цой А.А.[2]

ВЛИЯНИЕ ЗНАНИЙ МАТЕМАТИКИ НА УСПЕШНОСТЬ В ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ

[1,2]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ
Научный руководитель - д.пед.н., профессор Т.Н. Гнитецкая.

Глава Минобрнауки Валерий Фальков на совещании 12 декабря 2022 года указал на резкое снижение выпускников, выбирающих физику как экзамен по выбору. По данным Рособрнадзора, в 2020 году госэкзамен по этому предмету выбрали 139,5 тыс. выпускников, в 2021 году — 128 тыс., а в 2022 — всего 100 тыс. Также наблюдается довольно сильное падение среднего балла ЕГЭ по физике – с 55,9 до 53,8. Объясняют такие результаты тем, что в 2020 году Минобрнауки позволило абитуриентам самостоятельно выбирать, какой экзамен они предпочитают сдавать для поступления в вуз на инженерную специальность – физику или информатику. В связи с этим можно проследить подъем популярности экзамена по информатике и резкий спад интереса к экзамену по физике. Кроме того, ректор МФТИ Дмитрий Ливанов, ссылаясь на экспертные оценки, отметил, что за последние 30 лет время, которое уделяется физике в школах, уменьшилось на 30% и, как следствие, значительная часть абитуриентов приходят на инженерные направления с недостаточным уровнем подготовки. Итогом вышеописанного собрания стало поручение Валерия Фалькова создать отдельный федеральный проект по повышению качества преподавания физики.

Многие педагоги (и даже сами студенты) выделяют, что одной из главных проблем в усвоении физики является низкий уровень владения математическим аппаратом. Поэтому авторы данной работы считают, что для повышения уровня физических знаний необходима разработка математического курса, предваряющего курс физики. Опираясь на графовую модель межпредметных связей Т. Н. Гнитецкой [1], авторы количественно оценили значимость математических понятий для изучения физики. Таким образом были выделены понятия производной и интеграла, разъяснение которых легло в основу предваряющего курса.

Данный курс был применен в обучении студентов направления «Физика» первого курса 2022 года. Результат проверки остаточных знаний показал, что даже спустя продолжительное время учащиеся экспериментальной группы умеют лучше решать физические задачи. Результаты студентов обеих групп можно наглядно увидеть на рисунке 1.

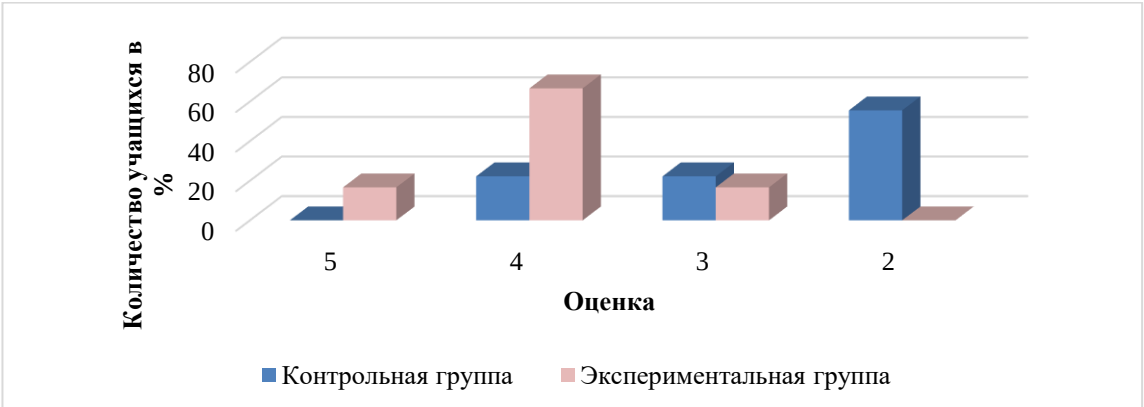


Рисунок 1 – Результаты теста на проверку остаточных знаний

На данной диаграмме видно, что количество оценок «5» у студентов обеих групп немного снизилось, что объяснимо прошедшим временем после конца изучения механики. Однако, в отличии от контрольной группы, у экспериментальной оценок «5» больше и нет оценок «2», что говорит о неплохом уровне решения физических задач этими студентами.

Список литературы

1. Афремов Л.Л. Теория внутри- и межпредметных связей : монография / Л.Л. Афремов, Т.Н. Гнитецкая.– Владивосток : Издательство Дальневосточного университета, 2005.– 176 с.

Данилина Е.К.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМИРУЮЩЕГО ОЦЕНИВАНИЯ В РАМКАХ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТ и ПМ ДВФУ
Научный руководитель – д.пед.н., профессор Н.А. Клещева

Современные тенденции развития образования, ориентир на персонализацию и развитие необходимых не только учебных, профессиональных, но и метапредметных компетенций, ставит актуальным применение адаптивного подхода. Адаптивное обучение не является новым направлением, однако, несмотря на последние достижения науки и техники, потенциал его реализации все еще остается достаточно актуальным. Одна из задач адаптивного обучения – формирование метапредметных компетенций – может быть реализована, в том числе за счет формирующего оценивания.

Общие вопросы организации, а также опыт реализации адаптивного обучения в вузе освещены, например, в работах Самофаловой М.В. [1], Кумариной Г.Ф. [2], Кухтиной Я.В., Филипской А.В. [3], Елисеевой Е.В., Злобиной С.Н. [4]. Вопросы, касающиеся непосредственно формирующего оценивания можно найти в публикациях Рудаковой Ю.А., Бобыкиной И.А. [5], Емельяновой Т.В. [6], Пинская М.А. [7]. Однако большая часть исследований посвящена зарубежным ИКТ, что оставляет поле для дальнейших исследований.

Целью настоящей работы является рассмотреть способы организации и проведения формирующего оценивания при адаптивном обучении.

В соответствии с поставленной целью и задачами была дана характеристика адаптивному обучению, а также проведены примеры некоторых известных платформ адаптивного обучения в России и зарубежом. Установлено, что большинство из них используются при обучении дисциплинам естественнонаучного цикла. Показаны примеры адаптивного обучения в России на университетском уровне.

Изучены возможности адаптивного оценивания в сравнении с формирующим оцениванием. Приведены возможности последнего в процессе подготовки студентов высших образовательных заведений при адаптивном обучении. Даны примеры современных информационно-коммуникационных технологий, способствующих реализации формирующего оценивания на базе адаптивного обучения. Показано, что путем данного типа оценивания возможно развитие таких метапредметных компетенций, как готовность к профессиональному выбору, умение организовать свою деятельность, информационные умения и других.

Предложена модель безотметочного оценивания при адаптивном обучении, приведены ее возможные достоинства и недостатки.

Список литературы

1. Самофалова М.В. Адаптивное обучение как новая образовательная технология // Гуманитарные и социальные науки. 2020. №6 [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-obuchenie-kak-novaya-obrazovatelnaya-tehnologiya

2. Кумарина Г.Ф. Адаптивное образование: сущность и условия реализации // Народное образование. 2011. №4 [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-obrazovanie-suschnost-i-usloviya-realizatsii

3. Кухтина Я.В., Филипская А.В. Адаптивное обучение студентов вузов в системе электронной образовательной среды // Современное педагогическое образование. 2022. №2 [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-obuchenie-studentov-vuzov-v-sisteme-elektronnoy-obrazovatelnoy-sredy

4. Елисеева Е. В., Злобина С. Н. Адаптивное электронное обучение как высокоуровневая технология организации профессиональной подготовки студентов в вузе // Вестник БГУ. 2011. №1 [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-elektronnoe-obuchenie-kak-vysokourovnevaya-tehnologiya-organizatsii-professionalnoy-podgotovki-studentov-v-vuze

5. Рудакова Ю.А., Бобыкина И.А. Формирующее оценивание как перспективная технология оценочной деятельности в высшей школе // Челябинский гуманитарий. 2021. №2 (55) [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formiruyuschee-otsenivanie-kak-perspektivnaya-tehnologiya-otsenochnoy-deyatelnosti-v-vysshey-shkole

6. Емельянова Т.В. Формирующее оценивание в контексте практико-ориентированного обучения в вузе в рамках формирования медиакомпетентности будущих педагогов // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2022. №5 [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formiruyuschee-otsenivanie-v-kontekste-praktiko-orientirovannogo-obucheniya-v-vuze-v-ramkah-formirovaniya-mediakompetentnosti

7. Пинская М.А. Формирующее оценивание и качество образования // Народное образование. 2010. №1 [Электронный источник] – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formiruyuschee-otsenivanie-i-kachestvo-obrazovaniya

---

Герасимов С.Д.[1], Заболотский В.С.[2]

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ДИСЦИПЛИН ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

[1]Департамент теории и практики преподавания математики, информатики, естественных наук ШП ДВФУ
[2]Департамент математики ИМКТ ДВФУ
[3]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - д.пед.н., профессор [3]Т.Н. Гнитецкая, [2]В.С. Заболотский

В настоящее время, по мнению авторов, при конструировании образовательных программ высшего образования уделяется недостаточное внимание вопросу выделения и отслеживания межпредметных связей дисциплин учебного плана. На основе анализа учебных планов и рабочих программ дисциплин по образовательным программам бакалавриата и специалитета технических и естественно-научных направлений подготовки и специальностей Дальневосточного федерального университета, можно встретить частую временную рассогласованность изложения учебного материала дисциплин математического и физического блоков. А именно, математический аппарат, который

является «пререквизитом» к определенному разделу курса физики, к моменту изучения данного раздела еще не рассмотрен в курсе математики. Вопросу обзора существующих моделей описания межпредметных связей дисциплин образовательных программ и их анализу посвящена данная работа.

Понятие межпредметных связей в педагогике появилось во второй половине прошлого столетия. Разные авторы определяют это понятие по-разному, в зависимости от специфики проводимого ими исследования [3, 4, 5, 8], однако все они сходятся к тому, что отслеживание межпредметных связей является важным дидактическим условием успешного обучения. Будем рассматривать межпредметные связи учебных дисциплин исключительно с утилитарной точки зрения, как условие создания оптимального учебного плана при разработке образовательной программы: обеспечения последовательности изложения материала, его доступности для понимания обучающимися.

Иногда задача учета межпредметных связей при планировании образовательной программы решается составлением временных сетевых графиков без явного построения модели межпредметных связей [7].

Обобщив основные подходы к моделированию межпредметных связей дисциплин, можно выделить две основные модели: графовая модель [1, 6] и информационная модель [1].

Прототипом графовой модели межпредметных связей, скорее всего, является идея внутрипредметного структурирования учебного материала, опубликованная Далингером В.А. [2].

Наиболее полное описание графовой модели междисциплинарных связей содержится в [1]. Предлагается выделение основных элементов знаний базовой дисциплины и соотнесение их с элементами структуры связанной дисциплины с первой. Если какой-то элемент знаний базовой дисциплины используется в каком-то элементе структуры связанной дисциплины, то образуется вершина графа. Важной отличительной чертой этой модели является способность выделять те элементы знания базовой дисциплины, которые уже были введены в элементе структуры связанной дисциплины, изучаемом до соответствующего раздела базовой дисциплины. Авторами предлагается в рамках введенной модели расчет различных количественных характеристик межпредметных связей, позволяющих принять управленческие решения при конструировании образовательной программы. Пример полуколичественной модели описания межпредметных связей можно найти в работе [6].

Информационная модель, предложенная авторами в [1], по большому счету, является надстройкой над базовой (графовой) моделью, включающей в себя информационные характеристики.

Таким образом, единственной базовой описанной моделью межпредметных связей является графовая модель. Она, безусловно, отвечает целям выделения межпредметных связей при проектировании образовательной программы. Основным ее недостатком является необходимость привлечения экспертов-предметников при построении модели.

Список литературы

1. Гнитецкая Т.Н.. Теория внутри- и межпредметных связей: Монография / Л.Л. Афремов, Т.Н. Гнитецкая. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 2005. – 176 с.
2. Далингер В.А. Методика реализации внутрипредметных связей при обучении математике: Книга для учителя. – М.: Просвещение, 1991. – 80 с.
3. Дика Ю.И. Межпредметные связи курса физики в средней школе / под ред. Ю.И. Дика, И.К. Турышева. – М.: Просвещение, 1987. – 153 с.
4. Зверев И.Д. Взаимная связь учебных предметов. – М.: Знание, 1977. – 213 с.
5. Максимова В.Н. Межпредметные связи в процессе обучения. – М.: Просвещение, 1988. – 192 с.

6. Матвеева О.М. Современные модели межпредметных связей / О.М. Матвеева, И.С. Матвеева, Л. А. Матвеева, Д. А. Романов / Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 9(163). – С. 203-207.

7. Решетникова И.С. Методические аспекты учета межпредметных связей в образовательном процессе / Russian Journal of Education and Psychology. – 2019. Т. 10. № 3. – С. 45–53.

8. Федорова В.Н. Межпредметные связи / В.Н. Федорова, Д.М. Кирюшин. – М.: Педагогика, 1972. – 466 с.

Гнитецкая Т.Н.[1], Брыкин Л. О.[2]

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ФИЗИКЕ В ШКОЛЕ

[1] Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[2]Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – д.пед.н., профессор Гнитецкая Т.Н.

Необходимость переосмысления школьной системы образования обусловлена требованиями, которые современный мир предъявляет к будущим специалистам: умение непрерывно обучаться и переобучаться, умение адаптироваться к меняющимся условиям и работать в команде, способность устанавливать цель, разрабатывать стратегию ее достижения, ~~ставить~~ формулировать задачи, решение которых осуществлять с помощью самостоятельных целенаправленных действий, а также находить и эффективно обрабатывать информацию.

Проблема заключается в том, что методы обучения, используемые в настоящее время, не способствуют формированию навыков самостоятельного выполнения целенаправленных действий. Напротив, замкнутая на подготовку к ЕГЭ и ОГЭ школа вынуждена направить интеллектуальные усилия учащихся на тренинг умений отвечать на вопросы теста, взращивая у них привычку отвечать, но не задавать вопросы. Такой подход к обучению не «настроен» на командную работу, преимущества которой подчеркивают и психологи, и педагоги. Сегодня командная работа обучающихся укрепляется на передовых позициях в процессе коллективного обучения. Постепенно уходит в прошлое субъект-объектное взаимодействие преподавателей и обучающихся, ведь авторитет учителя ограничивает возможности развития критического мышления учащихся. Также все больше сомнений и дискуссий вызывает индивидуальное обучение, эффективность которого обусловлена непосредственным контактом с преподавателем, но имеет и недостатки. Сравним целенаправленные самостоятельные действия учащихся, выполненные в команде, и те, что получены под патронажем репетитора. Во втором случае в целенаправленных действиях отсутствует стимул соперничества, нет возможности демонстрировать свой интеллект перед товарищами. По степени воздействия на психику поощрения со стороны преподавателя значительно слабее и даже не сравнимы с признанием сверстников. Известно, что дух соревнования и признание коллектива создают условия, в которых действия по достижению цели продиктованы мотивом достижения успеха. Здесь успех трактуется как результат соревнования со стандартом совершенства. Поэтому можно утверждать, что по ряду параметров, включая вышеперечисленные, спектр возможностей индивидуального оусловий бучения уже, чем в коллективном обучении. Кроме того, тотальное репетиторство не приводит к формированию столь важных сегодня коммуникационных навыков работы в команде.

Вместе с тем, коллективное обучение требует специальной организации. Формат последовательного изложения материала в ходе лекций не предполагает самостоятельных целенаправленных действий обучающихся в процессе изучения, что не способствует развитию навыков

работы с информацией. Обучающийся пассивно получает информацию, не обрабатывает ее активно и, следовательно, ~~не~~ снижает свой уровень психического восприятия. Ситуация, когда формулировка и ход решения задачи известны заранее соответствуют оперированию конкретными, обобщенными образами или второму из четырех уровней системы психического отражения человека, изложенной в работе [И.Л. Прокопчик-Гайко Методологический анализ системы психического развития человека // Вести БГПУ. Минск. Беларуссия: Серия 2. 2017. № 4. С. 103–110.]. При отсутствии мотива у школьника этот уровень становится нормой и связанная с этим ошибочность и деструктивность проявляется значительно позднее, когда человек попадает в университет или на работу. Обучение в университете рассчитано на третий (научное мышление) и четвертый (системное видение) уровни психического отражения. Возникает проблема несоответствия высокого уровня абстракции изучаемого материала низкому уровню усвоения студента, обусловленному недостаточностью уровня его психического отражения.

Решение этой проблемы, на наш взгляд, следует искать в переосмыслении подходов к нескольким ключевым составляющим школьного образования: системе оценивания и поощрения, формату занятий и внеурочной деятельности, учебной программе и учебным материалам (учебникам, электронным и интерактивным ресурсам).

В данной работе представлено описание методики, которая, предположительно, может изменить процесс обучения в лучшую сторону. Она направлена на формирование у учащихся трёх основных, на наш взгляд, навыков: самостоятельное изучение материала, работа в команде и, главное, умение формулировать и решать задачи.

В последнее время выделяется и становится все более популярной организация проектной деятельности учащихся общеобразовательной школы в процессе обучения дисциплине. Учащимся предлагается выбрать тему и согласовать её с учителем. После этого необходимо определить результат, который достигается в ходе выполнения проекта. Далее определяются обязанности каждого члена команды. Учитель при этом контролирует распределение нагрузки в команде. Его задача – не допустить выполнение проекта только наиболее мотивированной частью команды. В ходе изучения выбранной темы у учащихся неизбежно возникнут вопросы, которые следует обсудить с учителем. Для этого нужно предусмотреть время консультаций. По результатам выполнения проекта происходит командный доклад. Однако сам доклад и презентация не является результатом проектной деятельности. Результатом является формулировка и решение учебной задачи, будь то планирование и проведение эксперимента или моделирование некоего физического процесса. Формулировка и решение чисто теоретической задачи также может рассматриваться, как успешный проект, если данная задача представляет интерес в контексте той области науки, которая изучается в рамках учебной программы.

Таким образом, в рамках коллективной проектной работы можно создать условия для того, чтобы самостоятельные целенаправленные действия учащихся были продиктованы мотивом достижения успеха, который и обусловит переход учащихся на более высокий уровень психического отражения.

Важно, что учебный процесс не ограничивается выполнением проектов. Проектной деятельности отводится только часть времени от каждого урока. Это время может быть использовано для консультаций и обсуждений. Целенаправленные действия в рамках проекта (в том числе поиск информации по предложенным учителем источникам) выполняется учащимися самостоятельно во внеурочное время.

Такие проекты на уроках физики организовать непросто, ведь у учителя физики возникают новые учебные функции, которые предполагают высокий уровень подготовки по физике у него самого. Специальная организация целенаправленных самостоятельных действий учащихся возможна, если

учителем физики разработано соответствующее дидактическое обеспечение. Во-первых, необходим маршрут выполнения проектного исследования. Это подразумевает подготовку для каждой команды дидактических материалов, том числе перечня теоретических вопросов по исследуемой теме со ссылками на 2-3 источника литературы. Во-вторых, нужны конкретные практические физические задания, которые учащиеся выполняют самостоятельно, к заданиям следует разработать и приложить рекомендации к их выполнению. В-третьих, учителю следует разработать набор контрольных вопросов по физике, ответы на которые должны приблизить учащихся к цели проекта. Более того, учитель дает консультации по физике исследуемой темы в рамках проекта. Такой учитель физики – это новая категория педагога, который хорошо образован и в области физики, и в области психологии, и в области педагог

Изложенные выше идеи планируется внедрить в процесс обучения физике в школе в ближайшее время. Результаты внедрения будут опубликованы в следующем году

Гнитецкая Т.Н.[1], Шутко Ю.Е.[2], Грищева М.К.[3]

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ ПО СОКРАЩЕННОЙ ПРОГРАММЕ НА ОСНОВЕ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ

[1] Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[2]Кафедра физики и ОТД ТОВВМУ им. С.О. Макарова
[3] Студентка ИНТиПМ, Б8121-03.03.02.фпф
Научный руководитель - д.пед.н., профессор Т.Н. Гнитецкая

Организация и методики проведения занятий по курсу общей физики (КОФ) студентов инженерно-физических специальностей, изучающих физику по сокращенной программе. имеет некоторые особенности. Необходимо сохранить целостность в сокращенном содержании КОФ и сформировать на его основе целостные представления об окружающем мире, используя 1) графовое моделирование системы ВПС в виде ВПС-пространства, предваряющего формирование содержания курса, 2) методики, направленные на обучение самостоятельному установлению ВПС в процессе изучения содержания курса, решения физических задач, а также структурирования содержания [1].

Разработана специальная организация ВПС-обучения физике нацеленная на создание условий, в которых в процессе целенаправленных самостоятельных действий (ЦСД) студенты непрерывно устанавливают внутрипредметные связи (ВПС) при изучении КОФ. Сохранение ВПС достигается за счет вынесения ряда тем на специально организованное самостоятельное изучение студентами. В основу ВПС-обучения физике положена модульная технология обучения Т.Н. Гнитецкой [3], в рамках которой изучение тем модуля осуществляется по единому сценарию (рис. 1), а организуемые учебные мероприятия обеспечивают перманентное обращение студентов к ВПС. Каждый этап сценария ориентирован на целенаправленные самостоятельные действия студентов и включает соответствующий уровень контроля и коррекции ВПС.

В начале семестра студенты получают пакет дидактических материалов, куда входят: 1) график выполнения ЦСД с модулями и входящими в них темами, указаны формы организации занятий, виды контроля, номера ВПС - заданий к темам, единый сценарий изучения темы, ВПС – задания к темам, содержание которых исключено из лекций и вынесено на самостоятельное изучение; 2) для каждой темы курса разработаны: планы с вопросами, которые составляют маршрут изучения темы, со ссылками на источники литературы до трех наименований; ВПС–контроли, по которым проверяется уровень усвоения студентами ВПС; 3) для тем, которые изучаются самостоятельно, подготовлены: ВПС-задачи, содержание которых моделируется смысловой структурой; ВПС-эксперимент, проводимый самостоятельно во

внеаудиторное время; 4) перечень лабораторных работ, распределенных по семестрам и темам модулей. Темы изучаются поэтапно в результате ЦСД студентов. На первом этапе студенты пишут конспект по плану-вопроснику, самостоятельно изучая теоретические вопросы темы, решают ВПС-задачи на темы, исключенные из лекций и выполняют ВПС-задания. В начале лекции осуществляется контроль ЦСД 1-го уровня, который направлен на проверку самостоятельно выполненных заданий. На следующем, втором, этапе студенты выполняют лабораторные работы по методике проведения лабораторных работ – «ВПС в фокусе эксперимента» Осуществляется второй уровень контроля и коррекции. Изучение темы заканчивается семинаром на третьем этапе, на него выносятся наиболее сложные вопросы темы. Здесь также проводится краткий ВПС-контроль. Таким образом, изучение каждой темы модуля сопровождается тремя уровнями контроля и коррекции целенаправленной самостоятельной деятельности студентов.

Целенаправленное самостоятельное выполнение студентами вышеперечисленных заданий приводит к сохранению ВПС в содержании сокращенного курса, что обеспечивает его целостность. Включение задач в задания ВПС-содержания позволяет достичь целостности содержания, объем которого сокращен и освоить студентам КОФ на высоком уровне прочности, который был проверен в ходе педагогического эксперимента с помощью остаточных знаний.

Рисунок – 1 Сценарий поэтапного изучения темы

ВПС-задачи выбирались так, чтобы их самостоятельное решение, как и выполнение ВПС – заданий, приводило к освоению студентами исключенного из лекций теоретического материала по физике. Кроме того, задача ВПС-содержания имела оригинальное задание. Требовалось завершить прикладываемую к задаче смысловую структуру. Так как физический эксперимент в процессе обучения физике студентов инженерно-физических специальностей также очень важен, для тем, изучаемых самостоятельно, студентам предлагались лабораторные работы, которые можно выполнить дома. Была разработана методика обучения «ВПС в фокусе эксперимента», включающая контроль ЦСД по выводу рабочей формулы, особенностям измерений, оценке погрешности и ВПС-контроль по физическим понятиям изучаемой темы.

Результатами проведенного педагогического эксперимента подтверждено, что студенты экспериментальных групп, обучающиеся специальными методиками по сокращенному курсу физики, содержание которого было разработано с учетом графового моделирования, показали более высокие результаты в освоении КОФ по сравнению с контрольными группами [2].

Список литературы

1. Гнитецкая Т.Н. Обучение по сокращенному курсу физики на основе внутрипредметных связей / Т. Н. Гнитецкая, Ю. Е. Шутко // Матер. 65-й всеросс. научной конф. Том III. Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания. – Владивосток : ТОВВМУ им. С.О. Макарова, 2022. – С.54-60.

2. Шутко, Ю. Е. О результатах эксперимента по установлению ВПС в содержании физики в ТОВВМУ им. С.О. Макарова / Ю. Е. Шутко, И. И. Анкудинов // Матер. регион. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15-29 апреля 2022 г. – Владивосток : ДВФУ, 2022. – ISSN 2500-3518.

Раздел XVI
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Антонов В. А.[1], Летушев М. Е.[1]

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ФЕРРИМАГНЕТИКА ДЛЯ МИКРОМАГНИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

[1] Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.ф.-м.н. доцент Стеблий М. Е.

Структуры на основе ферримагнетиков являются перспективными кандидатами для развития спинтроники благодаря их высокой стабильности и эффективности токоиндуцированного воздействия [1]. Одним из инструментов исследования спинтроники является микромагнитное моделирование, применяемое при изучении ферромагнетиков. В случае ферримагнетиков, однако, его использования затруднительно по причине существования в них двух магнитных подрешеток. В данной работе предлагается эквивалентная модель, позволяющая моделировать ферримагнетики в пакетах программ для ферромагнетиков. Применимость модели проверяется путем сравнения результатов моделирования с экспериментальными исследованиями, что дает качественное согласие.

Когда ферромагнетики (ФМ) и редкоземельные металлы (РЗ) образуют сплав (например, CoTb), различная природа магнитных моментов делает подрешетки неравными; возникает антиферромагнитное упорядочение, а результирующая намагниченность определяется разностью вкладов между подрешётками. Для анализа подобных структур предлагается следующая модель. Задается два слоя одинаковой толщины, один из которых выполняет функцию ФМ, а второй - РЗ (рисунок 1). Для ФМ слоя задаются следующие параметры: намагниченность насыщения M_s, энергия обменного взаимодействия - A_{ex}, энергия перпендикулярной магнитной анизотропии K и энергия взаимодействия Дзялошинского-Мория (DMI). Для слоя РЗ задаются только намагниченность насыщения M_s и отрицательная энергия межслоевого обменного взаимодействия, все остальные энергии равны нулю.

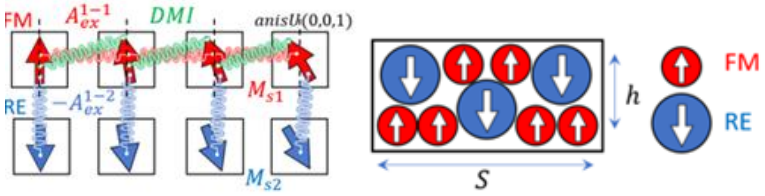


Рисунок 1 - Схематическое изображение учитываемых параметров для ферримагнитных сред: красные пружины – прямое обменное взаимодействие (A_{ex}); зеленые пружины – антисимметричное обменное взаимодействие (DMI); пунктирная линия – ось анизотропии, синие пружинки – антиферромагнитное обменное взаимодействие между подрешетками FM и RE

С помощью программы MuMax3 [2] были проведены три типичных для ферримагнетиков эксперимента:

1) зависимость намагниченности от взаимной концентрации атомов;
2) зависимость намагниченности от температуры;
3) нарушение антиферромагнитного упорядочения подрешёток во внешнем поле.

В первом случае намагниченность насыщения слоев изменяется взаимозависимо, что позволяет определить зависимость результирующей намагниченности, проходящей через точку компенсации – состояние, при котором вклады подрешёток равны, и результирующая намагниченность равна нулю (рисунок 2(а)). При фиксированной концентрации изменение температуры также позволяет пройти точку компенсации (рисунок 2(б)). Такое поведение связано с тем, что магнитные моменты атомов РЗЭ имеют сферимагнитное упорядочение: они образуют конус вдоль оси ориентации ФМ-моментов [3]. С ростом температуры раскрытие этого конуса увеличивается, а проекция на ось ФМ уменьшается, что эквивалентно уменьшению вклада второй подрешетки. Полученная зависимость в диапазоне температур около точки компенсации соответствует результату аналитического моделирования [4].

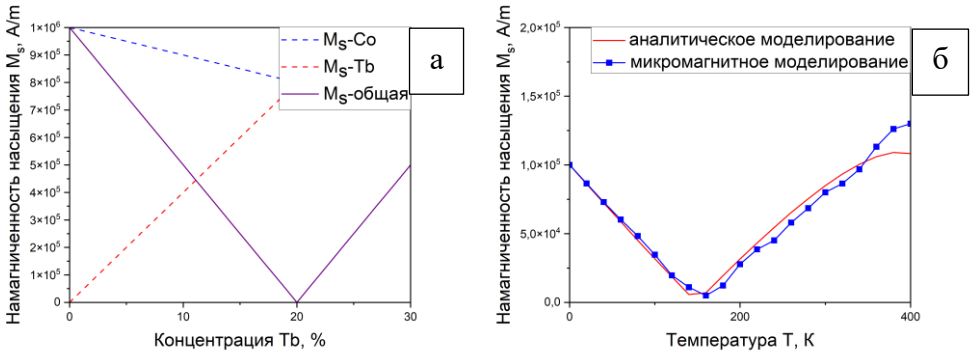


Рисунок 2 – (а) Зависимость результирующей намагниченности и вкладов каждой из подрешеток, определенных на основе предложенной аналитической модели; (б) температурные зависимости намагниченности насыщения, полученные в результате микромагнитного и аналитического моделирования

Под действием внешнего магнитного поля векторы намагниченностей подрешёток могут частично поворачиваться в его направлении. В этом случае намагниченности подрешёток становятся неколлинеарными (рисунок 3(а)). При моделировании это явление можно зафиксировать по совпадению знаков проекций намагниченностей на направление поля (рисунок 3 (б)).

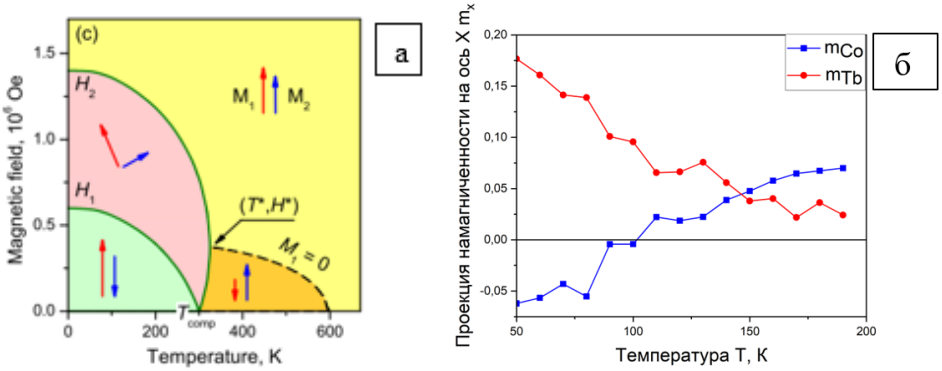


Рисунок 3 – (а) Фазовая диаграмма ферримагнитного сплава CoGd [5]; (б) температурные зависимости проекций намагниченностей подрешёток на ось X

Список литературы

1. Sala, G. Ferrimagnetic Dynamics Induced by Spin-Orbit Torques / G. Sala, P. Gambardella. // Adv. Mater. Interfaces. – 2022. – Vol. 9.

2. Vansteenkiste, A. The design and verification of MuMax3 / A. Vansteenkiste, J. Leliaert, M. Dvornik, M. Helsen, F. Garcia-Sanchez, B. Van Waeyenberge. // AIP Advances. – 2014. – Vol.4, issue 10.

3. Hebler, B Ferrimagnetic Tb–Fe Alloy thin films: composition and thickness dependence of magnetic properties and all-optical switching / B. Hebler, A. Hassdenteufel, P. Reinhardt, M. Albrecht. //

Frontiers in Materials. – 2016. – Vol. 3.

4. Kim, K Fast domain wall motion in the vicinity of the angular momentum compensation temperature of ferrimagnets / K. Kim, S. Kim, Y. Hirata, S. Oh, T. Tono, D. Kim, T. Okuno, W. Ham, S. Kim, G. Go, Y. Tserkovnyak, A. Tsukamoto, T. Moriyama, K. Lee, T. Ono. // Nature Materials. – 2017. – Vol. 16. – pp. 1187–1192.

5. Drovosekov, A Magnetic Properties of Layered Ferrimagnetic Structures Based on Gd and Transition 3d Metals / A. Drovosekov, D. Kholin, N. Kreinies. // Journal of Experimental and Theoretical Physics. – 2020. – Vol. 131. – pp. 149–159.

Жданов В.С.[1,2], Олянич Д.А.[1]

ПРЯМОЕ НАБЛЮДЕНИЕ РОСТА СЛОЕВ Pb НА YSi_2

[1] Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

[2] Департамент общей и экспериментальной физики ИНТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., Д.А. Олянич

Явление сверхпроводимости открыто более века назад, но до сих пор привлекает внимание исследователей и является перспективной областью исследований. С развитием технологии получения и исследования двумерных материалов возникает вопрос о существовании сверхпроводимости в пленках толщиной не более нескольких монослоев. Сверхпроводимость в пленках такой толщины была обнаружена в работе Qin S. et al [1] для многослойных пленок и в работе Zhang T. et al. [2] для однослойной пленки Pb выращенной эпитаксиально на поверхности Si(111). Однако стоит заметить, что критическая температура сверхпроводящего перехода резко снижается для пленок толщиной в 1 и 2 монослоя.

В упомянутых исследованиях отмечается существенное влияние подложки на свойства полученных плёнок. Это могло бы объяснить падение критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние с уменьшением толщины пленки. В наших экспериментах мы постарались уменьшить влияние подложки Si (111) на слои Pb за счёт образования однослойного силицида YSi_2 на поверхности подложки.

Нам удалось оптимизировать метод получения однослойного YSi_2 на поверхности Si(111). Данный силицид формировали путем напыления на поверхность Si(111) около 1 МС Y при комнатной температуре с последующим отжигом прямым током при температуре около 300 °C. Для точного подбора температуры отжига, необходимо использовать метод прямого наблюдения дифракции медленных электронов во время отжига образца. После напыления Y на поверхность Si(111)-7x7 образуется неупорядоченный слой Y и дифракция электронов не наблюдается. При постепенном увеличении температуры отжига происходит формирование однослойного силицида Y, что отражается в появлении рефлексов 1×1 на дифракционной картине. СТМ изображение полученного силицида представлено на Рис.1а.

При осаждении Pb на поверхность однослойного YSi_2, свинец растет по механизму Странского - Крастанова, при котором рост начинается как двумерный, после чего переходит в трёхмерный. Свинец на поверхности формируется в виде пленки высотой около 6Å. Эта высота соответствует двухслойной пленке свинца выращенной вдоль направления (111). Максимально наблюдаемая площадь двухслойной пленки свинца составляет 75 %. Дальнейшее осаждений свинца приводит к формированию небольших участков толщиной в 3 слоя свинца и образованию высоких трехмерных островков.

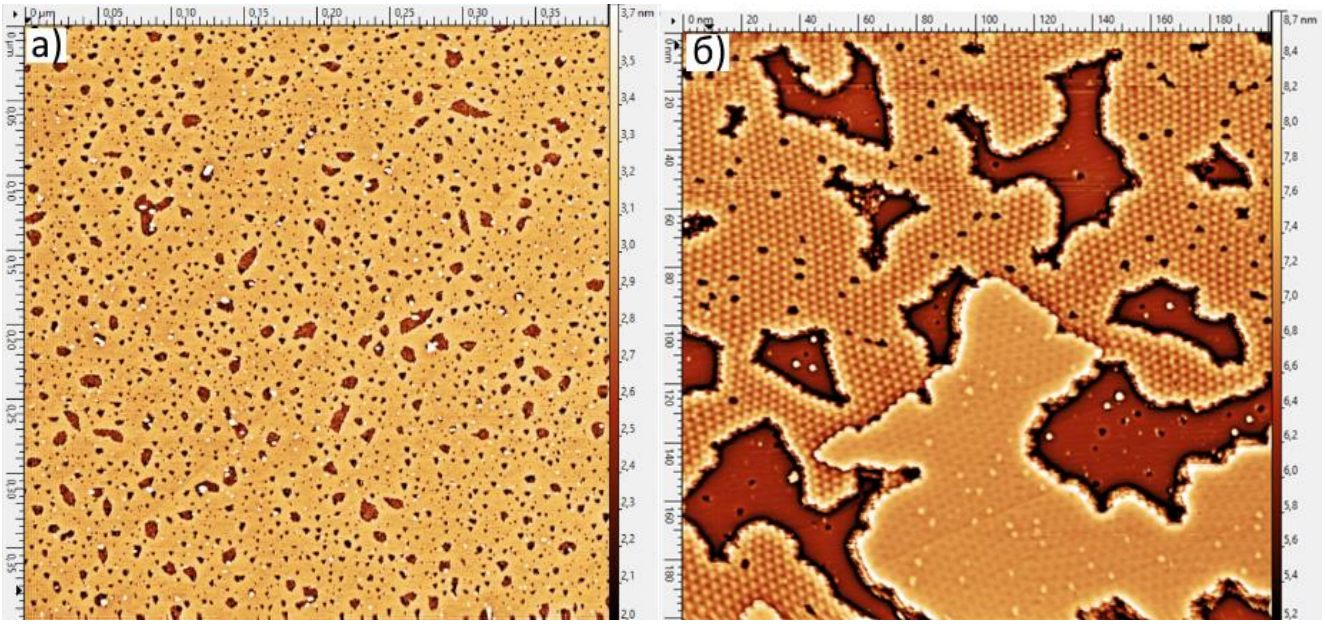


Рисунок 1 – (а) СТМ изображение однослойного YSi_2(400нм × 400нм 2В, 0.8нА);
(б) СТМ изображение 2-го и 3-го слоёв Pb/YSi_2 (200нм × 200нм, -2В, 0.66нА)

Из-за несовпадения кристаллических решеток силицида YSi_2/Si(111) и пленки свинца на поверхности пленки образуется муарный узор с периодом 3.5 нм. Муарные узоры двухслойной и трехслойной пленки свинца похожи и имеют одинаковый период, однако на СТМ изображениях контраст третьего слоя обратный контрасту второго. Также из СТМ изображения видно, что направлению муарного узора повернута примерно на 30 градусов относительно основных направлений Si(111).

Полученные результаты в дальнейшем могут служить основой для экспериментов ростовых процессов на подложке YSi_2/Si(111), а также для экспериментов по изучению сверхпроводимости в тонких плёнках свинца.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-12-00174, https://rscf.ru/project/22-12-00174/

Список литературы

1. Qin S. et al. Superconductivity at the two-dimensional limit //Science. – 2009. – V. 324. – №. 5932. – P. 1314-1317.

2. Zhang T. et al. Superconductivity in one-atomic-layer metal films grown on Si (111) // Nature Physics. – 2010. – V. 6. – №. 2. – P. 104-108.

Кузнецова М.А.[1], Базров М.А. [1], Турпак А.А. [1], Приходченко А.В. [1]

МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ ПЛЕНОК Ru/CoFe/Ru

[1]Департамент общей и экспериментальной физики
[1]Научный руководитель - к.ф.-м.н. Козлов А.Г.

Создание новых наноразмерных материалов является актуальной задачей современной спинтроники. В представленном исследовании используется интерфейс немагнитный металл(ТМ)/ ферромагнетик(ФМ), в которых возможно индуцирование перпендикулярной магнитной анизотропии,

вызванной действием спин-орбитального и дипольного взаимодействия. Такой подход позволяет использовать систему тонких пленок Ru/CoFe/Ru в качестве основы для изготовления устройств магнитной записи нового поколения.

Объектом исследования являлась серия образцов Ru/CoFe/Ru с переменной толщиной ферромагнитного слоя. Пленки были получены методом магнетронного распыления в условиях высокого вакуума ($\sim 10^{-6}$ торр) на подложку SiO_2 с постоянной толщиной слоев Ru и вариацией толщин ферромагнитного сплава CoFe (процентное соотношение Co/Fe - 91/9). Регистрация значения толщины слоев проводился с использованием кварцевого измерителя толщин. Были нанесены слой Ru толщиной $d_{Ru1} = 10$ нм, Co толщиной от $d_{Co} = 0.6$ нм до $d_{Co} = 1.5$ нм, а также закрывающий слой Ru $d_{Ru2} = 2$ нм.

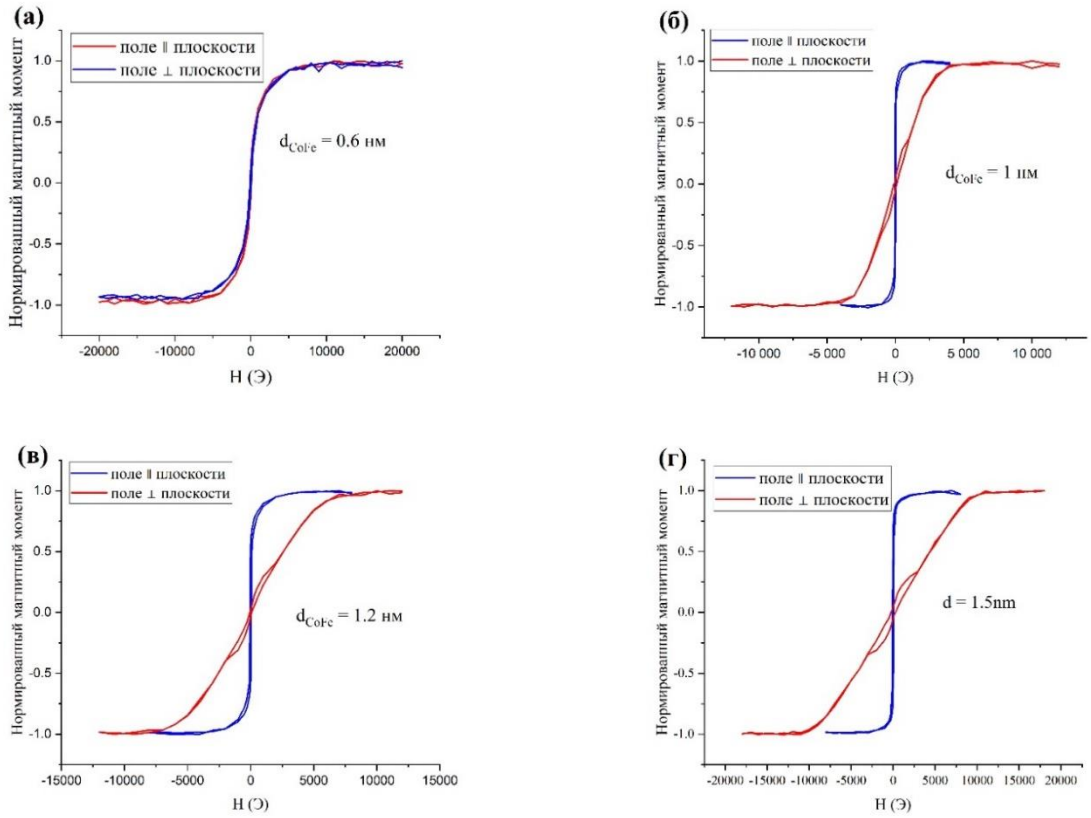


Рисунок 1 – Петли гистерезиса для разных толщин сплава CoFe

Магнитные параметры были исследованы на основании петель гистерезиса M(H) (рис. 1) с помощью вибромагнетометра (7410 VSM, LakeShore) в двух направлениях внешнего магнитного поля: в плоскости и из плоскости пленки. Были исследованы такие магнитные параметры, как магнитный момент, намагниченность насыщения в зависимости от толщины CoFe и построены соответствующие графики. Из вида петель гистерезиса на рис.1 можно предположить, что перпендикулярная магнитная анизотропия может наблюдаться при толщинах CoFe меньше 0,6 нм.

На рис. 2 показана зависимость магнитного момента в единицу площади от толщины ферромагнитного слоя. График имеет линейную зависимость. Экстраполируя его до нуля, можно предположить, что вклады интерфейсов Ru/CoFe и CoFe/Ru увеличивают эффективную толщину слоя CoFe (магнитно-поляризованные слой).

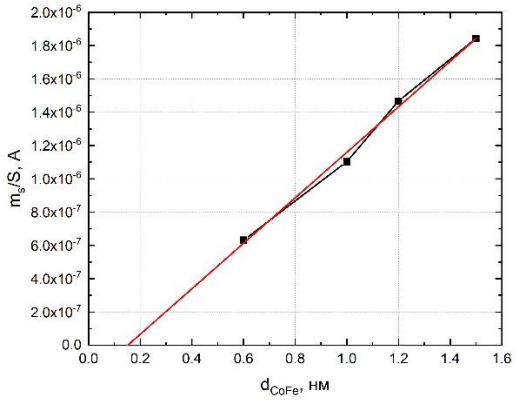


Рисунок 2 – График зависимости m_S/S от толщины ферромагнитного слоя

В результате исследования во всех образцах серии наблюдалась плоскостная магнитная анизотропия, но это не исключает возможности проявления перпендикулярной магнитной анизотропии при другом наборе толщин ферромагнитного или затравочного слоя, что может являться объектом последующих исследований системы.

Список литературы:

1. Peng S. et al. Origin of interfacial perpendicular magnetic anisotropy in MgO/CoFe/metallic capping layer structures //Scientific reports. – 2015. – Т. 5. – №. 1. – С. 18173.

2. Davydenko, A.V. Origin of perpendicular magnetic anisotropy in epitaxial Pd/Co/Pd(111) trilayers / A. V. Davydenko et al. // Phys. Rev. B. – 2017. – № 95, 064430. – С. 1-11

Турпак А.А. Черноусов Н.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ Т-СТРУКТУР CoPd/Cu/Pd/Co

[1]Департамент общей и экспериментальной физики

[1]Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ Давыденко А.В.

В данной работе мы исследовали магнитные свойства пленок CoPd/Cu/Pd/Co с продольной и перпендикулярной магнитными анизотропиями (ПрМА и ПМА). Главной целью работы было создание Т-структуры, в которой намагниченность в двух слоях CoPd и Co в остаточном состоянии ориентирована параллельно и перпендикулярно плоскости. Интерес к Т-структурам связан с возможным переключением намагниченности в слое с перпендикулярной магнитной анизотропией за счет спинового потока электронов, вызванного спин-зависимым рассеянием в слое с продольной магнитной анизотропией. Эти исследования могут быть полезны для создания энергонезависимой памяти с высокой плотностью записи информации.

Для того чтобы убедиться, что сплав CoPd обладает ферромагнитными свойствами, был изготовлен образец со структурой Si(111)/Cu(2.1 нм)/CoPd(≈ 4.7 нм)/Cu(3 нм). В образце наблюдалась плоскостная магнитная анизотропия. На рис. 1 представлены петли магнитного гистерезиса, полученные при ориентации магнитного поля перпендикулярно и параллельно плоскости образца. Поле анизотропии составило 387 мТл, а коэрцитивная сила – 14 мТл.

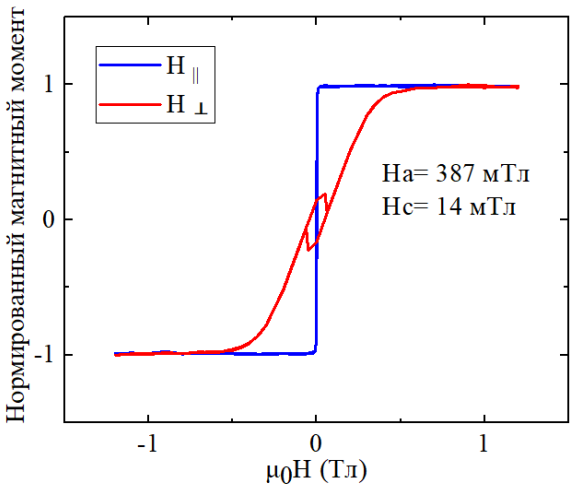


Рисунок 1 – Петли магнитного гистерезиса измеренные перпендикулярно (красная кривая) и параллельно (синяя кривая) плоскости образца

Для дальнейшего изучения свойств Т-структур был напылен образец Si(111)/Cu(2 нм)/CoPd(≈ 4.7 нм)/Cu(3 нм)/Pd(0.5 нм)/Co(0.6 нм)/Pd(3 нм). На рис. 2 (а) представлены петли магнитного гистерезиса данного образца. На рис. 2 (б) показано увеличенное в 50 раз изображение, полученное с помощью магнитооптического Керр микроскопа. На нем видны макроскопические домены, указывающие на сильную перпендикулярную магнитную анизотропию, которая подтверждается значением поля анизотропии в 370 мТл у тонкого слоя Co.

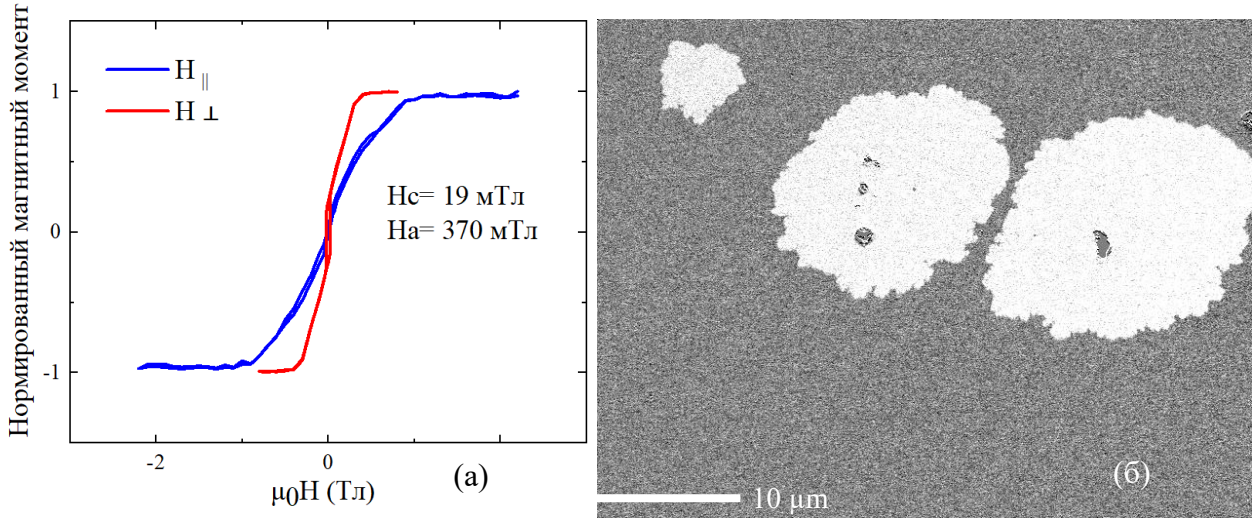


Рисунок 2 – (а) Петли магнитного гистерезиса измеренные перпендикулярно (красная кривая) и параллельно (синяя кривая) плоскости образца; (б) доменная структура образца

Для исследования спинового орбитального момента (SOT – Spin Orbit Torque) и переключения намагниченности были изготовлены Холл-структуры на основе образца с Т-структурой. Для проведения эксперимента использовались магнитооптический микроскоп Керра, электромагниты для создания магнитных полей, а также источник-измеритель Keithley 2440 для подачи импульсов тока и измерения напряжения. Для измерения влияния SOT-эффекта на петли аномального эффекта Холла применялся метод смещения петель под действием плоскостного магнитного поля и постоянного электрического тока.

В ходе проведения измерений, не было зарегистрировано эффекта переключения намагниченности под действием импульсов электрического тока.

Благодарность: Мы выражаем признательность за финансовую поддержку Фонду целевого капитала Дальневосточного федерального университета в виде персональных грантов имени лауреата Нобелевской премии по физике, академика И.Е. Тамма (приказ №12-132133 от 17.11.2022).

Черноусов Н.Н., Пашенко А.С., Турпак А.А.

ДИНАМИКА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНКАХ Pd/Co/Pd ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЛОСКОСТНЫХ И ПЕРПЕДИКУЛЯРНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.В. Давыденко

В этой работе исследуются зависимости скорости движения доменных границ (ДГ) от плоскостного магнитного поля $v(H_x)$ при разных значениях перпендикулярного магнитного поля H_z в эпитаксиальных пленках Si/Cu (2 нм)/Pd(3-15 нм)/Co (0.7 нм)/Pd(3 нм) с перпендикулярной магнитной анизотропией.

Вся серия образцов изготавливается методом молекулярно-лучевой эпитаксии с *in situ* контролем структуры всех слоев и интерфейсов методами сканирующей туннельной микроскопии и дифракции быстрых электронов на отражение. В этой системе меняется толщина только нижнего слоя Pd, что приводит к увеличению шероховатости интерфейсов Pd/Co и Co/Pd. В слое Co наведена перпендикулярная магнитная анизотропия со средним полем анизотропии равным 1.2 Тл. Поведение $v(H_x)$ при разных H_z изучалось с помощью магнитооптического Керр-микроскопа. Для каждого образца сначала строилась зависимость скорости движения ДГ от перпендикулярного поля $v(H_z)$ (рис. 1), а после строились зависимости скоростей левой и правой ДГ от плоскостного поля $v(H_x)$ при разных значениях H_z.

Кривую $v(H_z)$ можно разделить на 3 диапазона или режима по характеру зависимости скорости ДГ от H_z (рис.1): режимы ползучести, открепления и потока. Режим ползучести ДГ описывается экспоненциальным законом. В этом режиме движение ДГ происходит за счет тепловых флуктуаций в сочетании с приложенным перпендикулярным магнитным полем и закрепление ДГ происходит на неоднородностях структуры. В режиме потока скорость пропорциональна приложенному полю и определятся только величиной поля. Режим открепления описывается степенным законом и является промежуточным между ползучестью и потоком.

а) б)

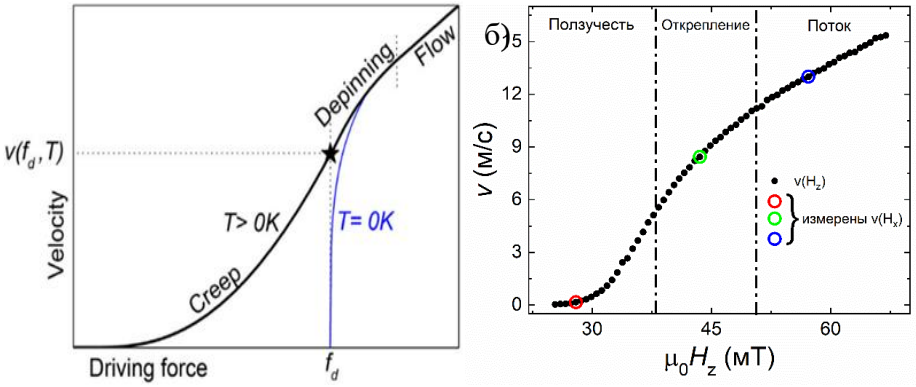


Рисунок 1 – а) Теоретическая [1] и б) экспериментально полученная зависимости $v(H_z)$ с тремя выделеными диапазонами (динамическими режимами) движения ДГ. Цветными кружочками на рисунке б) обозначены значения H_z, при которых проводились измерения $v(H_x)$

Сравнение $v(H_x)$ в режиме ползучести для пленок с разной толщиной Pd показывает, что с увеличением толщины нижнего слоя Pd (что увеличивает шероховатость Pd/Co и Co/Pd интерфейсов) увеличивается коэффициент асимметрии A (рис. 2б), который определяется как:

$$A = v_{левая\ ДГ}(H_x) / v_{правая\ ДГ}(H_x)$$

Стоит также отметить, что при увеличении H_z величина A уменьшается. Такое же поведение A наблюдается и в режиме открепления. В режиме потока зависимости $v(H_x)$ имеют параболическую форму с минимумом в поле, равному полю взаимодействия Дзялошинского-Мория (ВДМ) взятому с обратным знаком[2]. В этом режиме A не изменяется при разном H_z и имеет противоположный, по сравнению с асимметрией в других режимах, знак.

Такое поведение A можно было бы объяснить эффектом кирального затухания, однако константа кирального затухания есть и в уравнении, описывающим режим потока, и в законе ползучести. То есть, если бы A обуславливалась киральным затуханием, то она бы сохранялась и в режиме потока, а также не зависела от H_z. Это говорит о том, что причиной такого поведения A не является киральное затухание, а другой неизвестный эффект.

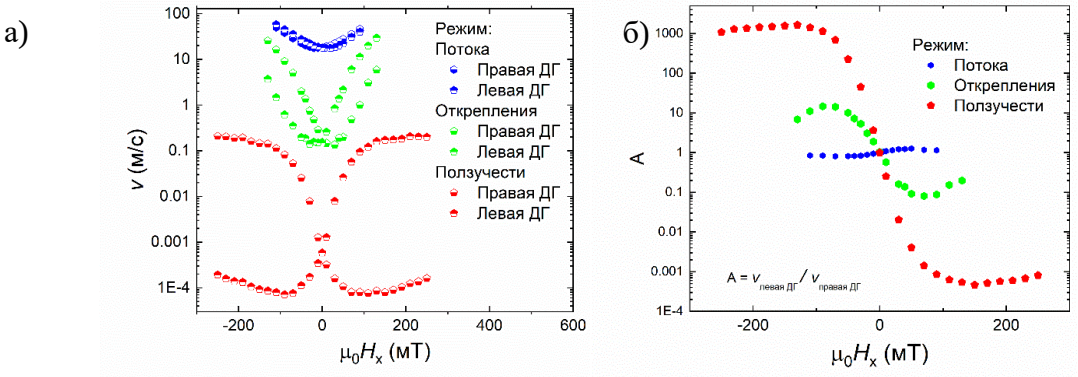


Рисунок 2 – Зависимости а) скорости ДГ от плоскостного поля $v(H_x)$ б) коэффициента асимметри от плоскостного поля $A(H_x)$ в разных динамических режимах

Благодарность: Мы выражаем признательность за финансовую поддержку Фонда целевого капитала Дальневосточного федерального университета в виде Персональнальных грантов имени лауреата Нобелевской премии по физике, академика И.Е. Тамма (приказ №12-132133 от 17.11.2022).

Список литературы

1. V. Jeudy. Universal Pinning Energy Barrier for Driven Domain Walls in Thin Ferromagnetic Films / V. Jeudy, A. Mougin, S. Bustingorry et al. // Phys. Rev. Lett. – 2016. – Vol. 117. – P. 057201.

2. Soong-Geun Je. Asymmetric magnetic domain-wall motion by the Dzyaloshinskii-Moriya interaction / Soong-Geun Je, Duck-Ho Kim, Sang-Cheol Yoo et al. // Phys. Rev. B. - 2013. – Vol. 88. – P. 214401.

Пашенко А.С.[1], Черноусов Н.Н.[1]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В РЕЖИМЕ ВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ.

[1]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

[1]Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.В. Давыденко

Магнитная память нового поколения использует доменные границы в качестве битов информации. Необходимо научиться контролируемо смещать границы с помощью импульсов тока или

поля. Недавно был обнаружен эффект хирального затухания [1], который заключается в различии подвижностей доменных границ разной хиральности. Этот эффект может влиять на работу сдвиговой магнитной памяти, поэтому необходимо исследовать его природу. В системе Pd/Co/Pd с большой шероховатостью интерфейсов было обнаружено большое значение эффекта хирального затухания [2]. Так как память нового поколения работает на сверхвысоких частотах, необходимо проверить, сохраняется ли эффект хирального затухания в режиме высокой скорости доменной границы.

Скорость измеряют следующим методом: на плёнку воздействуют импульсом магнитного поля известной амплитуды и длительности, далее с помощью магнитооптического микроскопа Керра измеряется расстояние, на которое сдвинулась доменная стенка за известное время действия на неё внешнего поля. После чего домены возвращаются в исходные состояния обратным импульсом поля.

Для того, чтобы доменная граница в системе Pd/Co/Pd двигалась с необходимой скоростью, а также была возможность измерить пройденное ею расстояние, ограниченное возможностями микроскопа, необходимо приложить к ней магнитной поле порядка 0.2 Тл, длительностью, не превышающей 10 микросекунд.

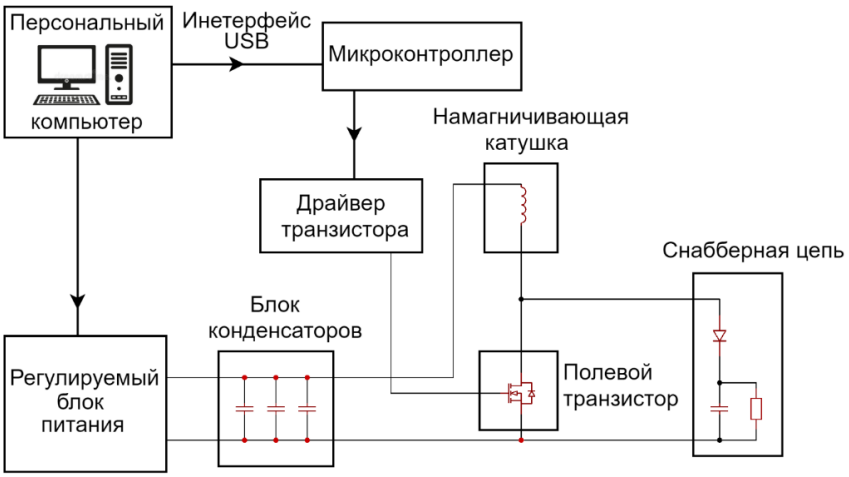


Рисунок 1 – Блок-схема устройства

В ходе этой работы был сделан электронной прибор со следующей схемой (рисунок 1), позволяющий решать вышепоставленную технологическую задачу по созданию импульсного магнитного поля. Намагничивающая катушка представляет из себея один виток провода, расположенного непосредственно над магнитной плёнкой. Регулируемый блок питания заряжает блок конденсаторов до установленного значения, получаемого от компьютера. Работает оно следующим образом. С компьютера измеряющая программа через интерфейс USB передаёт в микроконтроллер команду, по которой он с помощью драйвера открывает транзистор в течении определённого промежутока времени. В следствии чего блок конденсаторов разряжается через намагничивающую катушку до тех пор, пока не будет закрыт транзистор. Таким образом создаётся импульс магнитного поля необходимой амплитуды и длительности. Для защиты транзистора, между его стоком и истоком присутствует снабберная цепь для поглощающая обратной ЭДС индуктивности контура, по которому протекал ток.

Для установки коэффициента между напряжением зарядки конденсаторов и величиной создаваемого поля, была проведена калибровка значений среднего значения величины поля данного прибора по значениям скорости доменной стенки в экспоненциальном режиме, подчиняющемуся известной формуле, найденной по результатам измерения скорости в известных полях, создаваемых калиброванной катушкой.

Так же было изготовлено изделие в виде большой перемагничивающей катушки с жидкостно охлаждаемой площадкой для исключения влияния температурых факторов на полученные зависимости.

С помощью созданного устройства были проведены измерения над системой Si(111)/Cu(2,1 нм)/Pd(30 A)/Co(7 A)/Pd(30 A), которые выявили следующую зависимость скорости движения доменной стенки от усреднённой величины воздействующего поля, прикладываемого перпендикулярно к поверхности плёнки (рисунок 2). График состоит из трёх частей: крип – экспоненциальная часть в начале, депининг - переходный часть, и поток – линейный часть.

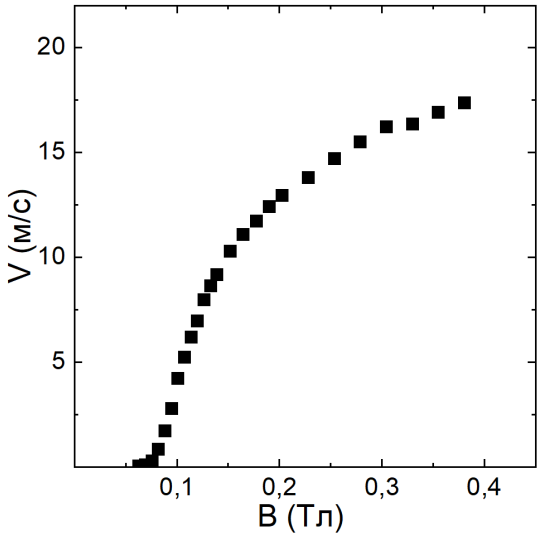


Рисунок 2 – График зависимости v(B).

В результате, благодаря достижении возможности измерения динамики магнитных плёнок при высоких скоростях, были расширены возможности для их исследования.

Список литературы

1. Jué, E. Chiral damping of magnetic domain walls/ Jué, E., Safeer, C., Drouard, M. et al. // Nature Mater. - 2016. - Vol. 15. - C. 272–277.
2. Davydenko, A.V. Dzyaloshinskii-Moriya interaction and chiral damping effect in symmetric epitaxial Pd/Co/Pd(111) trilayers / A.V. Davydenko et al. // Physical Review B. – 2021. – Vol. 9. – P. 094435

Пинчук К.Е.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СТРУКТУРНОЙ РЕЛАКСАЦИИ ВЫСОКО-ЭНТРОПИЙНОГО БЫСТРОЗАКАЛЁННОГО АМОРФНОГО СПЛАВА $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$

Институт наукоёмких технологий и передовых материалов
Научные руководители – к.ф-м.н. Г.С. Крайнова, д.ф.-м.н. В.С. Плотников

Аморфные металлические сплавы (АМС), полученные быстрой закалкой из расплава методом одновалкового спиннингования, являются перспективными материалами для современного материаловедения, обладают уникальным сочетанием физико-химических и механических свойств. Такие сплавы рассматриваются в качестве прекурсоров для получения аморфно-нанокристаллических и нанокристаллических материалов с контролируемой долей кристаллической фазы. Последние сочетают в себе преимущества свойств как аморфных, так и кристаллических материалов, а по многим параметрам и превосходят их.

В данной работе исследуется сплав состава Co-(B-Si)-(Ni-Fe), полученный при разных скоростях спиннингования (Edmund Buhler Melt-Spinning SC) (таблица 1). Давление аргона в камере для всех образцов одинаково. Эволюция структуры быстрозакаленных сплавов изучена методом дифференциальной сканирующей калориметрии (NETZSCH DSC 404 F1 Pegasus).

Таблица 1

Параметры плавок быстрозакаленного сплава $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$

№ плавки	T расплава (^{0}C)	ν частота/скорость вращения барабана-холодильника (Гц, м/с)	t, толщина образца (мкм)	H, ширина ленты (мм)
6	1430±2	40/25,1±0,1	22,9±1,0	10
7	1430±2	45/28,3±0,1	16,6±0,5	10
17	1420±2	50/37,7±0,1	55±1,0	5

В исходном состоянии все исследуемые сплавы рентгеноаморфны, рисунок 1. Термограммы быстрозакаленных сплавов $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$, полученные при скорости нагрева 10 К/мин показывают: для всех лент вне зависимости от скорости спиннингования до T~537°C наблюдается линейный участок на кривой выделяемой мощности при повышении температуры. Такой характер термокривой указывает на наличие процессов структурной релаксации в пределах аморфного состояния. При этом, энергия, выделенная при преобразовании структуры в пределах аморфного состояния (W_{as}) разная для каждой плавки (таблица 2). Скорость спиннингования ленты плавки 7 больше, чем у ленты плавки 6, поэтому её «степень аморфности» выше [1-3], на что и указывает большее значение W_{as}. Увеличение скорости спиннингования до 37,7 м/с (плавка 17) сопровождается уменьшением W_{as}=647.8 Дж/г. Это подтверждает факт наличия кристаллической фазы в данной ленте.

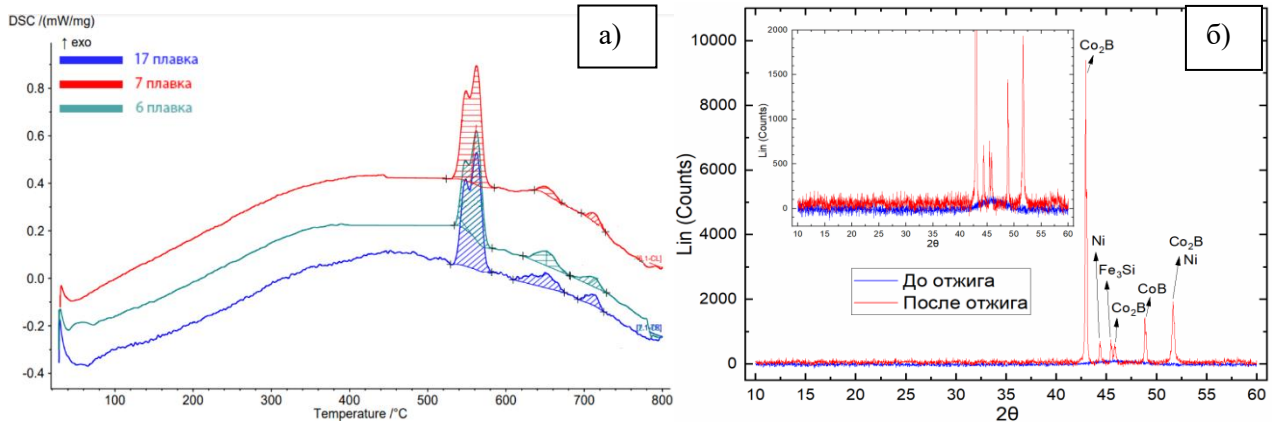


Рисунок 1 – а) -Термограммы образцов $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$;
б) – профиль рентгенограммы сплава до и после отжига.

Многоэтапный процесс перехода быстрозакаленных сплавов в равновесное состояние характеризует второй участок термокривой (таблица 2, W_{0-1} – энергия сдвоенного, W_2, W_3– энергия второго и третьего экзотермических пиков соответственно). Таким образом, в результате кристаллизации в аморфной матрице выделяется четыре фазы, причем, две из них имеют близкие температуры кристаллизации (рисунок 1 (а), таблица 2 (ΔT_{0-1}, ΔT_2, ΔT_3 – интервалы температур для сдвоенных пиков, второго пика и третьего пика соответственно; T_{0peak}, T_{1peak}, T_{2peak}, T_{3peak} – температурные максимумы для сдвоенных пиков, второго и третьего пиков соответственно)). Температуры этих фазовых переходов, а также интервалы кристаллизации отличаются незначительно, что связано с идентичным составом образцов. Отличие характеристик фазовых переходов для спиннингованной ленты плавки 7, видимо, связано с более сильной разупорядоченностью структуры в

исходном состоянии. На рисунке 1 (б) приведен профиль рентгенограммы быстрозакаленного сплава $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$, который подтверждает переход в аморфно-нанокристаллическое состояние: на аморфное гало наложены узкие кристаллические пики, соответствующие кристаллическим фазам: CoB, Co_2B, Ni, Fe_3Si.

Таблица 2

Основные характеристики термокривых образцов $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$.

Плавка	ν, Гц	$W_{0\text{-}1}$, Дж/г	W_2, Дж/г	W_3, Дж/г	W_{as}, Дж/г	T_{0peak}, °C	T_{1peak}, °C	T_{2peak}, °C	T_{3peak}, °C	$\Delta T_{0\text{-}1}$, °C	ΔT_2, °C	ΔT_3, °C
6	40	61.37	10.57	5.624	701.8	548.2	562	649.5	707.1	36.2	50.4	40
7	45	71.73	4.079	3.314	769.1	548.8	649.5	710.2	710.2	36.8	34.7	25.3
17	50	70.05	12.9	5.145	647.8	548.4	562.3	650.1	709.1	36.3	47.2	30.3

Выводы:

В результате проведенных исследований изучена эволюция структуры аморфных быстрозакаленных сплавов $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$, которая в пределах аморфного состояния сопровождается снятием напряжений прокатки, выходом свободного объёма, подготовкой прекурсора перед кристаллизацией. Установлена зависимость характеристик сценариев структурной релаксации быстрозакаленных сплавов $Fe_5Co_{58}Ni_{10}B_{16}Si_{11}$ в зависимости от скорости спиннингования.

Список литературы

1. Кекало, И.Б. Процессы структурной релаксации и физические свойства аморфных сплавов: монография. Т. 2 / И.Б. Кекало. — М.: Изд. Дом МИСиС, 2016. — 834 с.

2. Pustovalov, E.B. Effect of the Process Conditions for the Preparation of CoNiFeSiB Amorphous Alloys on Their Structure and Properties / Pustovalov, E.B. et al. // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. - 2019. - №4. - P. 600–608

3. Frolov, A.M. Effect of high-speed nonequilibrium on morphological and magnetic properties of melt-spun Co58Ni10Fe5Si11B16 alloy / Frolov, A.M. et al. // St. Petersburg Polytechnic University Journal. Physics and Mathematics. - 2022. - №3.1. - P. 155-161

Рахматуллаев Т.Р.[1], Саповский И.М. [1], Пинчук К.Е. [1], Ильин Н.В.[1], Плотников В.С.[2]

СТРУКТУРНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНЫХ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАСПЛАВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

[1]Институт наукоемких технологий и передовых материалов ДВФУ
[2]Институт математики и компьютерных технологий ДВФУ
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.С. Плотников

Быстрозакалённые сплавы на основе железа (Co-Ni-Fe-B-Si) получены методом спиннингования с использованием установки Melt Spinner SC (таблица 1). Сценарии перехода спиннингованных лент в равновесное состояние исследовались с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии (Netzsch DSC 404 F1Pegasus). Анализ структуры поверхностей раздела образцов проводился методом электронной микроскопии с использованием растрового электронного микроскопа Carl Zeiss Ultra 55+ и двухлучевой системы Carl Zeiss Crossbeam 1540XB. Структура быстрозакаленных сплавов на атомном уровне контролировалась с помощью рентгеновской дифрактометрии (Bourevestnik JSC Colibri).

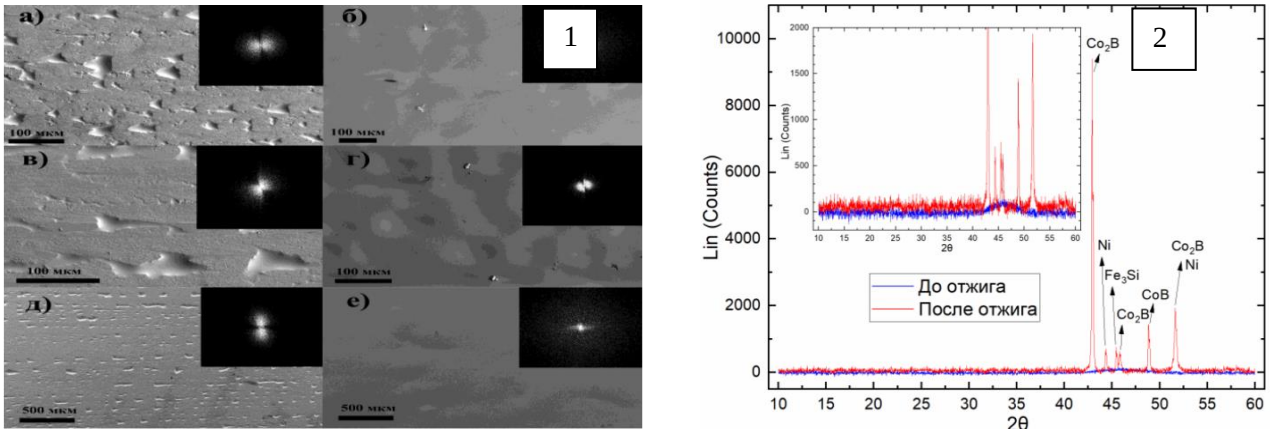


Рисунок – 1. 1) Электронно – микроскопические изображения контактной и свободной поверхностей спиннингованных лент вместе с Фурье анализом: а, б - плавка 1; в, г – плавка 2; д, е – плавка 3. 2) Профиль рентгенограмм для образца плавки №1 до и после отжига

Таблица

Таблица 1. Параметры спиннингования сплава $Co_{58}Ni_{10}Fe_5B_{11}Si_{16}$: ν/V – частота/скорость вращения барабана-холодильника; t – толщина ленты; H – ширина ленты, T – температура, h – зазор между тиглем и медным барабаном, P – давление в камере, ΔP – давление в газовой магистрали

№ плавки	T (°C)	h (мм)	ν (Гц)/V (м/с)	P (мбар)	ΔP (мбар)	t (мкм)	H (мм)
1	1430±2	0,15	40/25,1±0,1	50±5	200±5	22,9±1	10
2	1430±2	0,15	45/28,3±0,1	50±5	200±5	16,6±0,5	10
3	1420±2	0,15	50/37,7±0,1	50±5	200±5	55±1	5

Исследуемые в данной работе быстрозакаленные магнитомягкие (Hc ~ 0,02 Э) сплавы Co-Ni-Fe-B-Si в исходном состоянии рентгеноаморфны (рисунок 1.2.). Контактная поверхность спиннингованных лент, (рисунок 1.1 а, в, д,) представлена развитым рельефом в виде полос прокатки и каверн различной формы и размера. Спектральный анализ показал разную степенью анизотропии неоднородностей образцов в зависимости от скорости спиннингования. Свободная поверхность (рисунок 1.1 б, г, е) спиннингованных лент, характеризуется более ровным бугорковым рельефом с разной степенью анизотропии. Процессы структурной релаксации спиннингованных лент (метод DSC) сопровождаются уменьшением свободного объёма; температура кристаллизации в зависимости от скорости спиннингования ~ 540 °C, профиль рентгенограммы представлен на рисунке 1.2.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда целевого капитала ДВФУ Проект № 22-02- 03- 005.

Список литературы

1. A. Kotvitckii, G. Krainova, A. Frolov, V. Ivanov, V. Plotnikov. Structure evolution of Fe- and Co-based amorphous alloys studied by electrical resistivity measurements / Solid State Phenomena Vol. 215 (2014) pp.185-189.

2. Кекало, И. Б. Процессы структурной релаксации и физические свойства аморфных сплавов, в 2 т. / И. Б. Кекало; Москва: изд-во дом МИСиС , 2016. – Т.1. – 436 с., Т.2. – 834 с.

Саповский И.М.[1], Ильин Н.В.[1], Крайнова Г.С.[1], Рахматуллаев Т.Р.[1]

ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ Fe-Ni-Si-B

[1]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.ф.-м.н., профессор Г.С. Крайнова

Объектами исследования являются аморфные ферромагнитные сплавы Fe-Ni-Si-B, полученные методом быстрой закалки из расплава на базе государственного научного центра ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт имени И. П. Бардина», следующих марок: Fe_{78} Si_9B_{13}, 2HCP ($Fe_{76.4}Ni_{1.6}Si_9B_{13}$), 10HCP ($Fe_{69.8}Ni_{8.2}Si_9B_{13}$). Визуализация доменной структуры исследуемых образцов проводилась на Керр-оптическом микроскопе Evico magnetics GmbH. Изучение полевой зависимости намагниченности было проведено на вибромагнитометре уникальной конструкции.

Доменная структура быстрозакаленных сплавов Fe-Ni-Si-B в исходном состоянии имеет сложный характер, типичный для многих аморфных ферромагнитных материалов [2], рисунок 1.

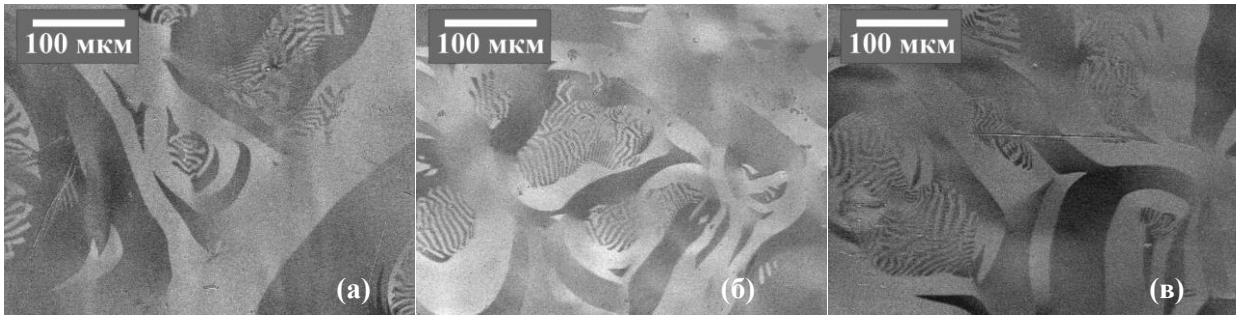


Рисунок 1 – Доменная структура аморфных сплавов: (а) – $Fe_{78}B_{12}Si_9$, (б) – 2HCP, (в) – 10HCP, в состоянии остаточной намагниченности.

В лентах аморфных сплавов Fe-Ni-Si-B доменная структура состоит из двух основных компонентов.

Первая компонента — это широкие домены со 180-градусными доменными границами, намагниченность которых направленна в плоскости ленты. Ширина таких доменов может составлять $(30 \div 150)$ мкм. Они направлены вдоль локальных осей лёгкого намагничивания, которые имеют случайное направление в плоскости ленты.

Вторая компонента — это лабиринтные структуры, которые связаны с наличием закалочных напряжений в объеме ленты, которые образовались в результате быстрой закалки. Намагниченность в таких структурах направлена перпендикулярно плоскости ленты и образует замыкающие 90-градусные домены. Направление их хаотично и связано с механическими дефектами структуры типа сжатие-растяжение.

Для уменьшения коэрцитивной силы и снятия остаточных механических напряжений образцы были подвержены отжигу в атмосфере аргона при температуре в 420ºС в течение 20 минут. Как можно наблюдать на рисунке 2 в результате отжига лабиринтные структуры полностью исчезли, что говорит о релаксации остаточных напряжений [1].

Также можно наблюдать увеличение размеров плоскостных доменов, при этом минимальная ширина составляет около 200 мкм.

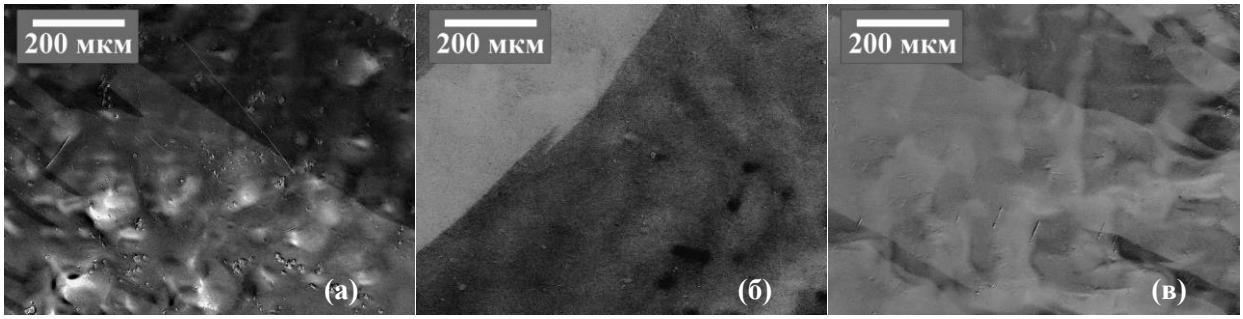


Рисунок 2 – Доменная структура сплавов: (а) – $Fe_{78}B_{12}Si_9$, (б) – 2HCP, (в) – 10HCP, в состоянии остаточной намагниченности после отжига при температуре в 420 ºС.

Помимо изменений доменной структуры при отжиге, на релаксацию остаточных механических напряжений указывает изменение коэрцитивной силы. Для этого была изучена полевая зависимость намагниченности образцов сплавов Fe-Ni-Si-B, и по полученным петлям гистерезиса, рисунок 3, была найдена коэрцитивная сила исходных сплавов и после термической обработки при температуре 420 ºС.

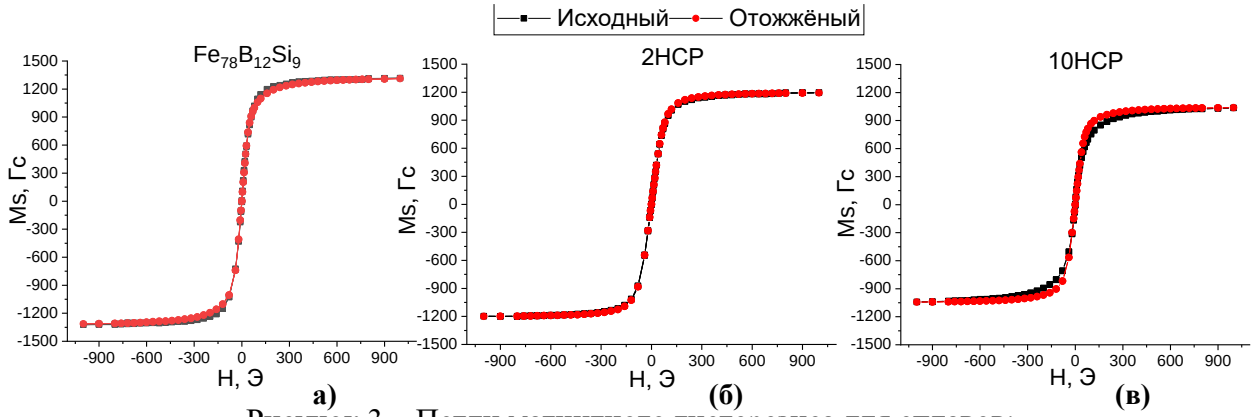


Рисунок 3 – Петли магнитного гистерезиса для сплавов:
(а) – $Fe_{78}B_{12}Si_9$, (б) – 2HCP, (в) – 10HCP.

Полученные зависимости, рисунки 3, указывают на то, что коэрцитивная сила H_C аморфных сплавов после изотермического отжига уменьшалась в $2 \div 8$ раз, таблица 1.

Таблица

Таблица 1. Коэрцитивная сила для аморфных сплавов Fe-Ni-Si-B.

Сплав	Коэрцитивная сила H_C, Э	
	Исходная	После отжига
$Fe_{78}B_{12}Si_9$	0,32±0.02	0,15±0.02
2HCP	0,25±0.02	0,07±0.03
10HCP	0,41±0.02	0,05±0.03

Список литературы

1. Characteristics of the magnetic microstructure of amorphous and nanocrystalline ferromagnets with a random anisotropy: Theoretical estimates and experiment / R. S. Iskhakov, S. V. Komogortsev, Z. M. Moroz, E. E. Shalygina // Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters. – 2000. – Vol. 72. – № 12. – P. 603-607.

2. Graham C. D. Magnetic Properties of Amorphous Alloys / C. D. Graham, T. Egami // Annual Review of Materials Science. – 1978. – Vol. 8. – № 1. – P. 423-457.

Шишелов А.Ф.[1], Кузнецова М.А.[1], Базров М.А.[1]

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МАССИВОВ НАНОДИСКОВ Ru-Co-Ru МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ЛИТОГРАФИИ

[1]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[1]Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент департамента ОиЭФ Козлов А.Г.

Ферромагнитные диски, покрытые плазмонными металлами, демонстрируют высокую эффективность фототермического преобразования в области плазмонного резонанса. Вместе с их магнитными свойствами, такими как вихревое магнитное состояние, эти структуры перспективны для биомедицинских приложений, где они используются для эффективной доставки лекарств, гипертермии, фототермальной терапии и магнитодинамического запуска апоптоза[1-4].

Для формировании нужной формы частиц были созданы рисунки на резисте PMMA495-A8 в виде шестиугольников с диаметром вписываемых окружностей 650-1700 нм методом электронно-лучевой литографии с сообщаемой дозой 990-1800 пКл/см^2. Методом магнетронного распыления получили дискообразные микро- и нанообъекты Ru(10 нм)-Co(50 нм)-Ru(10 нм) с использованием полученных из резиста шаблонов.

Полученные массивы дисков исследовались с использованием продольного магнитооптического эффекта Керра для регистрации петель магнитного гистерезиса. Петля для размера дисков 660 нм, показанная на Рисунке 1(а), имеет резкое уменьшение намагниченности, близкой к нулевому полю, и очень характерна для формирования конфигурации замыкания магнитного потока: простейшей из них является вихрь, в котором вектор намагниченности остается параллельным ближайшему краю диска. С уменьшением поля намагниченность из насыщенного состояния постепенно уменьшается, демонстрируя резкий скачок в поле зарождения вихря H_n. В этом поле внутри диска образуется магнитный вихрь, затем вихрь смещается к центру диска с уменьшением поля до нуля. Когда приложенное магнитное поле равно полю аннигиляции H_a, вихрь исчезает, и диск стабилизируется в квазиоднодоменном состоянии.

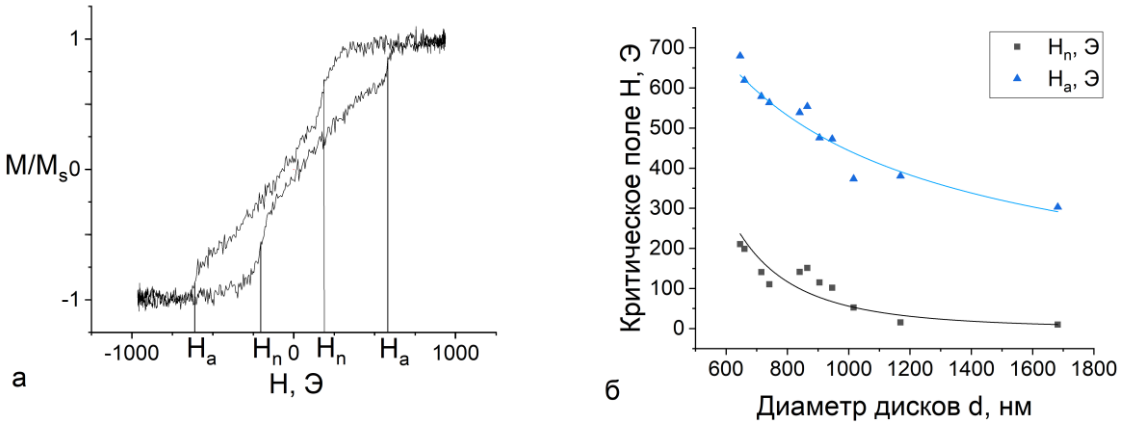


Рисунок 1 – (а)Петли гистерезиса, полученные с массива дисков диаметра 660 нм;
(б) Экспериментальные данные по полю зарождения H_n и аннигиляции H_a от диаметра дисков d

На Рисунке 1(б) приведены экспериментальные зависимости полей зарождения H_n и аннигиляции H_a от диаметра дисков d. Изменения H_n и H_a в зависимости от диаметра диска согласуются с опубликованными данными для пермаллоя [5]. Значения H_n и H_a, а также наклон линейной части петли гистерезиса зависят не только от диаметра диска, но и от расстояния между ними. Значение критических полей перемагничивания массива дисков может изменяться в два раза по сравнению с изолированным диском.

На Рисунке 2 приведены изображения поверхности дисков (а), магнитной структуры при приложении поля вдоль поверхности образца (б), магнитной структуры в малых полях соответствующих зарождению вихрей. В случае, когда диски намагничены достаточно большим внешним полем в x направлении на МСМ изображении отражено наличие полюсов (б). В остаточном состоянии наблюдается конфигурация с шестью доменами разделёнными 60-градусными доменными стенками, вектор намагниченности в доменах ориентирован вдоль ближайшей грани за счёт анизотропии формы (в).

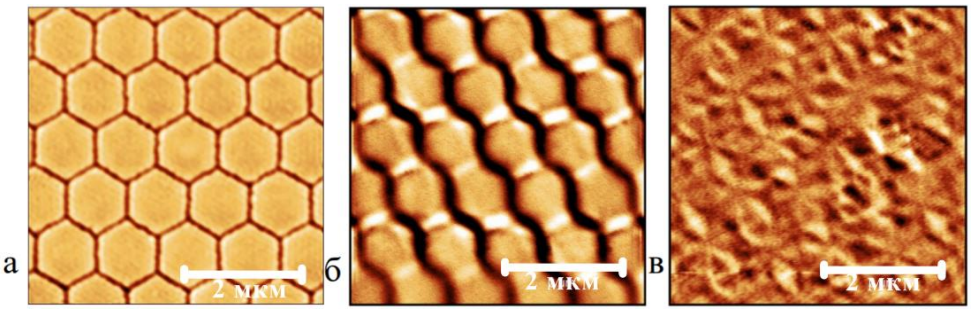


Рисунок 2 – (а) АСМ изображения магнитных дисков диаметра 960 нм. (б) МСМ изображения в случае однодоменной и (в) вихревой конфигурации намагниченности

Благодарность: Авторы выражают признательность за финансовую поддержку Фонду целевого капитала Дальневосточного федерального университета в виде персональных грантов имени лауреата Нобелевской премии по физике, академика И.Е. Тамма (ПРИКАЗ 12-13-2133 от 17.11.2022)

Список литературы

1. Zamay T. N. et al. Magnetic Nanodiscs—A New Promising Tool for Microsurgery of Malignant Neoplasms //Nanomaterials. – 2021. – Т. 11. – №. 6. – С. 1459.
2. Kim D. H. et al. Biofunctionalized magnetic-vortex microdiscs for targeted cancer-cell destruction //Nature materials. – 2010. – Т. 9. – №. 2. – С. 165-171.
3. Kim P. D. et al. The antitumor effect of magnetic nanodisks and DNA aptamer conjugates //Doklady Biochemistry and Biophysics. – Pleiades Publishing, 2016. – Т. 466. – С. 66-69.
4. Zamay T. N. et al. Noninvasive microsurgery using aptamer-functionalized magnetic microdisks for tumor cell eradication //Nucleic acid therapeutics. – 2017. – Т. 27. – №. 2. – С. 105-114.
5. Zhong Z. et al. Vortex chirality control in magnetic submicron dots with asymmetrical magnetic properties in lateral direction //Journal of magnetism and magnetic materials. – 2009. – Т. 321. – №. 15. – С. 2345-2349.

Шатилов В.С.[1], Тарасов Е.В.[1], Козлов А.Г.[1]

СКИРМИОННЫЕ РЕШЕТКИ В МУЛЬТИСЛОЯХ [Pd/Co/CoO]n

[1]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук доцент А.В. Огнев.

В данной работе демонстрируется получение скирмионной решетки посредством манипуляции магнитосиловой микроскопии, а также механизм получения стабильной скирмионной решетки при комнатной температуре в тонких магнитных пленках с оксидированным слоем $[Pd/Co/CoO]_n$. В таких пленках, при комнатной температуре, скирмионы можно наблюдать в виде наноразмерных круговых вихрей или своего рода магнитных солитонов. Эти спиновые структуры представляют интерес для

спинтроники, так как могут двигаться под действием электрического тока и в будущем могут быть использованы в устройствах хранения и обработки информации [1].

Эпитаксиальные сверхрешетки $[Pd/Co/CoO]_n$ были выращены на монокристаллических подложках Si(111) методом молекулярно-лучевой эпитаксии, при этом каждый ферромагнитный слой (Co) окисляли в атмосфере сухого кислорода для нарушения структурно-инверсионной симметрии системы. Такое нарушение способствовало проявлению эффекта взаимодействия Дзялошинского-Мории (ВДМ). Структура основного слоя пленки представлена в виде Pd(20Å)/Co(10Å)/CoO.

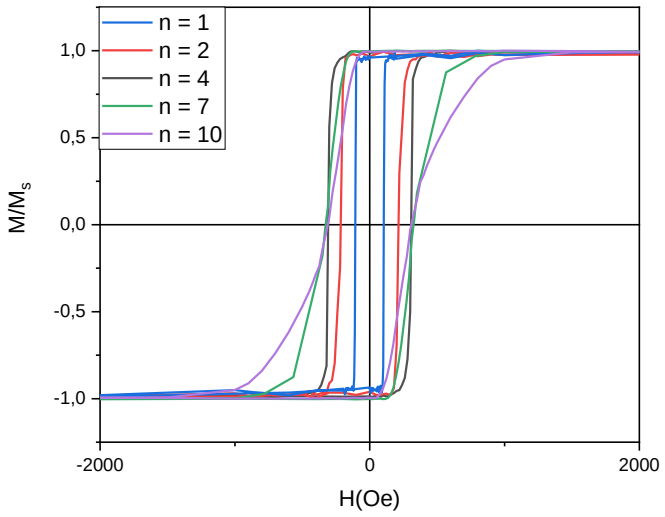


Рисунок. 1. Петли гистерезиса, измеренные во внешнем магнитном поле перпендикулярном для образцов с разным n, где n – количество повторений трехслоя [Pd/Co/CoO].

Полученные, с помощью вибрационного магнитометра (LakeShore VSM 7410), петли магнитного гистерезиса демонстрируют наличие перпендикулярной магнитной анизотропии, рис. 1. Кривизна петель при значениях приложенного магнитного поля (H), близких к насыщению, указывает на проявление диполь-дипольного взаимодействия между магнитными слоями. Это магнитостатическое взаимодействие способствует формированию лабиринтного упорядочения доменных стенок.

Хорошо известный метод разделения лабиринтных доменов на отдельные скирмионы заключается в использовании поля рассеяния зонда магнитно-силовой микроскопии (МСМ). Применение зонда МСМ для зарождения хиральной текстуры описано в работах [2–4]. Для в зарождения скирмионной решетки, в данных образцах, использовался двухпроходный метод, когда каждую линию сканирования дважды пропускали МСМ-зондом. При первом проходе в режиме постукивания сканировалась морфология поверхности. Затем зонд поднимают на определенное расстояние и делают второй проход по сканируемому профилю на некотором расстоянии от поверхности образца. В конце концов, параметры сканирования наконечника МСМ были установлены таким образом, чтобы можно было разрезать доменную структуру на отдельные сегменты, превращающиеся в скирмионы с последующим упорядочением решетки скирмионов (рис. 2).

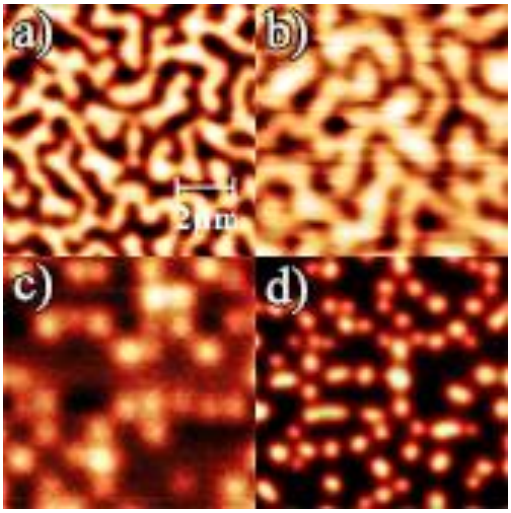


Рисунок. 2. Формирование скирмионных решеток (нижний ряд) из лабиринтной структуры (верхний ряд) образцов [Pd/Co/CoO/Pd]n, где n = 7 (левый столбец) и n = 10 (правый столбец).

Частичное окисление слоя Co нарушает структурно-инверсионную симметрию системы, способствуя существованию межфазного взаимодействия Дзялошинского-Мория. Конкурентные вклады ВДМ, ПМА и межслоевого диполь-дипольного взаимодействия создают благоприятные условия для возникновения хиральных доменов. Продемонстрировано, что двухпроходное сканирование зондом МСМ приводит к полному формированию скирмионной решетки. Размер и плотность скирмионов зависит от периодичности лабиринтной доменной структуры и от расстояния между двумя соседними линиями сканирования.

Благодарность: Авторы выражают признательность за государственную финансовую Министерству науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание № ФЗНС-2023-0012).

Список литературы

1. Fert, et al. Magnetic skyrmions: advances in physics and potential applications / A. Fert, et al. // Nature Rev. Mater. – 2017. – Vol. 2. – P. 17031.

2. A.V. Ognev, et al. Magnetic Direct-Write Skyrmion Nanolithography / A.V. Ognev, et al. // ACS Nano. – 2020. – Vol. 14. – P. 14960–14970.

3. F. Ajejas, et al., Densely packed skyrmions stabilized at zero magnetic field by indirect exchange coupling in multilayers / F. Ajejas, et al. // URL: https://arxiv.org/abs/2212.08920. – Publication date: 17.12.2022.

4. G. Temiryazev, et al. Formation of a domain structure in multilayer CoPt films using a magnetic probe of an atomic force microscope / A. G. Temiryazev, et al. // Physics of the Solid State. – 2018. – Vol. 60. – P. 2200–2206.

Раздел XVII ХИМИЯ

Будникова Ю.Б.[1,2], Васильева М.С.[1,2], Егоркин В.С.[2]

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Ti/TiO_2-WO_3-MWO_4 (M=Fe, Co) КОМПОЗИТОВ

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Институт химии ДВО РАН
[1]Научный руководитель – д.х.н., доцент М. С. Васильева

Материалы на основе TiO_2 являются одними из наиболее привлекательных фотокатализаторов благодаря сильному оптическому поглощению, высокой химической стабильности, экологичности и низкой стоимости. Однако широкое применение таких материалов ограничено поглощением TiO_2 только в УФ-диапазоне (E_g~3,2 эВ), низкой квантовой эффективностью и высокой скоростью рекомбинации фотогенерированных зарядов. Одним из наиболее эффективных способов повышения фотокаталитической активности TiO_2 является его комбинирование с другими полупроводниками, что может приводить к формированию между ними p-n- или n-n-гетероперехода и подавлению рекомбинации фотоиндуцированных пар e-/h+ за счет внутреннего электрического поля [1]. Информативным методом исследования процессов переноса заряда в полупроводниковых материалах является импедансная спектроскопия [2].

Целью настоящей работы являлось формирование пленочных композитов на основе оксидов титана, вольфрама, кобальта и/или железа плазменно-электролитическим оксидированием титана и исследование их электрохимических свойств с помощью метода электрохимической импедансной спектроскопии.

В данной работе пленочные композиты Ti/TiO_2-WO_3-MWO_4 (M=Fe(II), Co(II)) были сформированы методом плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) при плотности тока 0,1 А/см^2 в течение 10 минут в гомогенных электролитах, содержащих 0,15 М Na_2WO_4, 0,05 М ЭДТА, FeC_2O_4 и/или $Co(CH_3COO)_2$ в различных мольных соотношениях, равных 1:0, 1:1, 0:1 при их суммарной концентрации 0,05 М.

Электрохимические свойства покрытий исследовали методом электрохимической импедансной спектроскопии (ЭИС). Барьеры Мотта-Шоттки рассчитывали при значениях Z'' (мнимая часть импеданса) собранных на частоте 1000 Гц. Потенциал плоских зон определяли путем экстраполяции линейного участка на ось абсцисс зависимости $f(x)$=C^{-2}_{SC}(E). Для расчета числа носителей заряда использовали следующую формулу:

$$\frac{1}{C_{sc}^2} = \left(\frac{2}{\varepsilon\varepsilon_0 e N_D S^2}\right)\left(E - E_{fb} - \frac{kT}{e}\right),$$

где: C_{SC} (полученная из $C = -1/(2\pi f Z'')$) — дифференциальная емкость области пространственного заряда; f — частота; S — площадь; E — приложенный потенциал; E_{fb} — потенциал плоской зоны, k – постоянная Больцмана; $\mathcal{E}_0$ – диэлектрическая проницаемость вакуума; $\mathcal{E}$ – относительная диэлектрическая проницаемость TiO_2 ((принимается равной 57[3]); e – заряд электрона, N_D – концентрация доноров, T – температура.

Для изучения электрохимических свойств образцов использовали спектры электрохимического импеданса. Графики Найквиста, полученные на основе измерений образцов методом ЭИС, показаны на рисунке 1а. В высокочастотном диапазоне (вставка на рисунке 1а) электрод Ti/W/Co имеет меньший полукруг, что указывает на низкое межфазное сопротивление переноса заряда [4].

На рисунке 1б показаны графики Мотта-Шоттки для всех сформированных ПЭО-покрытий. Судя по положительному наклону линейных участков кривых, все композиты являются полупроводниками n-типа. Значения E_{fb} для Ti/TiO_2 и всех Fe-содержащих образцов отрицательны или слегка положительны (для образца Ti/W/Fe), в то время как для Ti/W и Ti/W/Co композитов они сильно сдвинуты в положительную сторону. Таким образом, E_{fb} зависит от состава ПЭО-покрытий.

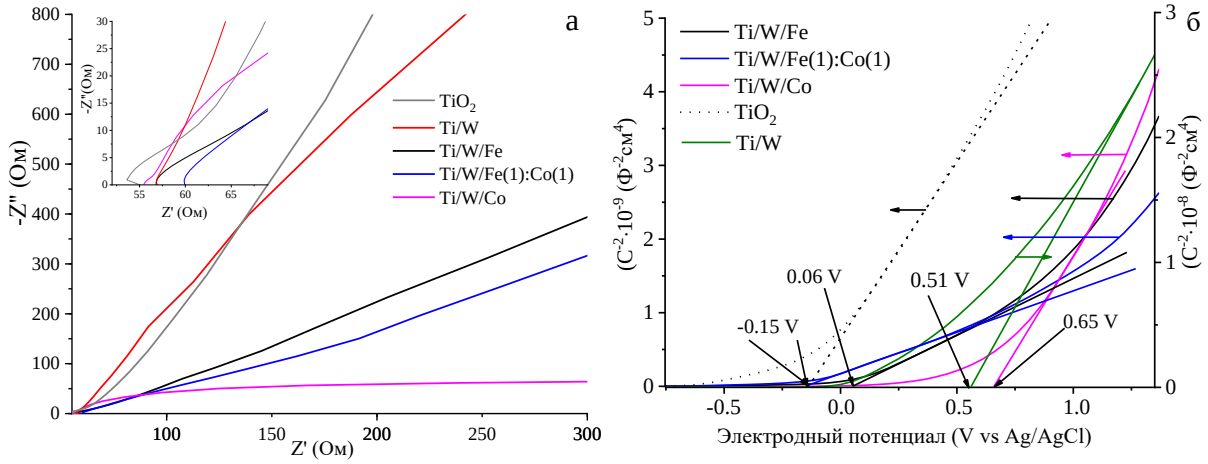


Рисунок 1 – а- Графики Найквиста образцов в 0,1 М Na_2SO_4 при 0,1 В в зависимости от Ag/AgCl
б - Графики Мотта-Шоттки при частоте 1 кГц пленочных композитов в 0,1 М Na_2SO_4

Полученные значения N_d приведены в таблице. Наибольшее число носителей заряда N_d=7,58·10^{21} $см^{-3}$ наблюдается в образце Ti/W. Введение железа и/или кобальта в Ti/W приводит к небольшому уменьшению числа носителей заряда. Образцы Ti/TiO_2 и Ti/W/Co имеют самые низкие значения N_d. В случае образца Ti/W/Co уменьшение N_d может быть связано как с изменением типа проводимости, так и с уменьшением степени отклонения от стехиометрии.

Таблица

Число носителей заряда N_d для всех пленочных композитов

Образец	N_d ($см^{-3}$)
Ti/TiO_2	4.71·10^{20}
Ti/W	7.58·10^{21}
Ti/W/Fe	1.43·10^{21}
Ti/W/Fe(1):Co(1)	2.05·10^{21}
Ti/W/Co	4.37·10^{20}

Таким образом, с помощью электрохимической импедансной спектроскопии исследованы процессы переноса в полученных пленочных композитах, определены тип их проводимости, потенциал плоских зон и число носителей заряда. На основании значений потенциала плоских зон и ширины запрещенной зоны можно построить энергетические диаграммы композитов и предположить механизм фотокаталитических реакций.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН (проект № FWFN -2022-0001)

Список литературы

1. Liu, J. 3D Flowerlike α-Fe2O3@TiO2 Core-Shell Nanostructures: General Synthesis and Enhanced Photocatalytic Performance / J. Liu, S. Yang, W. Wu, et al // ACS Sustain Chem Eng. – 2015. – Vol. 3. – P. 2975–2984.

2. Гнеденков, С. В. Импедансная спектроскопия в исследовании процессов переноса заряда / С. В. Гнеденков, С. Л. Синебрюхов // Вестник ДВО РАН. – 2006. – №5. – С. 6-16.

3. Linsebigler, A. L. Photocatalysis on TiO_2 Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results / A. L. Linsebigler, G. Lu, J. T. Yates // Chem. Rev. – 1995. – Vol. 95. – №3. – P.735–758.

4. Wang, G. A review of electrode materials for electrochemical supercapacitors / G. Wang, L. Zhang, J. Zhang // Chem. Soc. Rev. – 2012. – Vol. 41. – №2. – P.797–828.

Перваков К.А., Шапкин Н.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОДУКТОВ ПРИСОЕДИНЕНИЯ 3-ХЛОРСУЛЬФЕНИЛ-2,4-ПЕНТАНДИОНАТА ХРОМА(III) К ВИНИЛСИЛОКСАНОВЫМ ПОЛИМЕРАМ

Департамент химии и материалов ДВФУ
Научный руководитель – д.х.н., профессор Н.П. Шапкин

К металлоорганосилоксанам относят кремнийорганические соединения, в которых имеется фрагмент R-Si-O-M, содержащий атом кремния с органическим заместителем. В зависимости от природы металла меняется не только способ получения группировки, но и пространственное расположение структуры металлорганосилоксанов, на которую влияют координационные свойства металла. Это и объясняет огромное число вариаций построения таких молекул: они могут иметь разветвленную, лестничную, циклическую, каркасную, сетчатую структуры [1]. Особое внимание уделяется обладающим магнитными свойствами каркасным металлоорганосилоксанам, структуры которых изобилуют не малым разнообразием. Современной науке известны различные области применения таких соединений: они могут быть использованы для получения ПАВ, синтетических каучуков, термостойких компаундов [2], биомиметических материалов, изолирующего состава в нефтяной промышленности [3] и др.

В данной работе исследуется структура ПМОС на примере продуктов реакции присоединения *трис*(3-хлорсульфенил-2,4-пентандионата) хрома (1) к ненасыщенным поливинилсилсесквиоксану (2) и поливинил,-полидиметилсилоксану (3), согласно уравнениям химических реакций:

$$[SCl(acac)]_3Cr+3[ViSiO_{1.5}]_n=[ViSiO_{1.5}]_{3n}[SCl(acac)]_3Cr$$

$$[SCl(acac)]_3Cr+3[ViSiO_{1.5}]_x[(CH_3)_2SiO]_y=([ViSiO_{1.5}]_x[(CH_3)_2SiO]_y)_3[SCl(acac)]_3Cr$$

Состав и строение исходных и полученных соединений были установлены по результатам элементного анализа, данным ИК-спектроскопии, дифференциально-термического анализа, дифрактометрии и СЭМ.

При проведении реакции между (1) и (2) сначала образуется золь, с течением времени переходящий в гель, который при высушивании в условиях вакуума теряет растворитель и образует твёрдое вещество тёмно-фиолетового оттенка (4). Аналогичное превращение наблюдается между (1) и (3), приводящее к образованию вещества (5). Сополимер (3) был получен для того, чтобы оценить, повлияет ли структура исходного диметилсилоксана на структуру получающегося металлохелатного полимера (5) в сравнении с винилсилоксановым полимером (4).

Межцепочечное расстояние d_{001} поли-α(хромо-2,4-пентандионата-3-тио)-β-хлорэтилсилсесквиоксана (4) и [поли-α(хромо-2,4-пентандионата-3-тио)-β-хлорэтил],-полидиметилсилоксана (5), а также сополимера были определены согласно формуле Селякова-Шеррера и указаны в таблице 1 при соответствующих рефлексах.

Таблица 1

Данные рентгенофазового анализа

Формула вещества	2θ, °	FWHM, °	d_{001}, нм	S_b, $нм^2$	$l_{ОКР}$, нм	$V_{ОКР}$, $нм^3$
$[SCl(acac)]_3Cr$	9,49	0,23	0,93	0,71	34,95	24,77
$[ViSiO_{1.5}]_x[(CH_3)_2SiO]_y$	10,94	2,03	0,84	0,60	3,92	2,36
$[ViSiO_{1.5}]_{3n}[SCl(acac)]_3Cr$	9,81	6,37	0,90	0,67	1,25	0,84
$([ViSiO_{1.5}]_x[(CH_3)_2SiO]_y)_3[SCl(acac)]_3Cr$	11,42	6,20	0,77	0,52	1,29	0,67

В таблице также приведены значения области когерентного рассеяния и площади сечения полимерных цепей по методу Миллера-Бойера [4].

Усложнение структуры (1) и на винилсилоксановую, и на винилдиметилсилоксановую компоненты приводит к уменьшению межцепопчечного расстояния, площади сечения полимерной цепи и объёма основной плоскости, при этом размер ОКР для металлохелатных полимеров (4-5) меняется незначительно. Это позволяет сделать вывод, что сульфенилхлорид ацетилацетоната хрома (III) (1) оказывает весьма слабое влияние на межплоскостное расстояние. В полученных полимерах происходит стягивание цепей за счёт реакций присоединения. В частности, в полимере (5), вероятно, сказывается влияние диметилсилокси-группы, внедряющейся в фрагмент Si-O-Si. Предполагается, что её сечение намного меньше, чем сечение винилсилокси-фрагмента, о чём говорит резкое понижение d_{001} при переходе от (4) к (5). Существенная разница размера и объёма ОКР сульфенилхлорида ацетилацетоната хрома (III) и последующих веществ объясняется тем, что первый представляет кристаллическое вещество, в остальных же наблюдается значительная доля аморфности.

Данные ДТА показали наличие для веществ (3-5) экзоэффектов, наблюдающихся при определённой температуре (таблица 2).

Таблица 2

Данные дифференциально-термического анализа

Формула вещества	$T_{экз1}$, °C	$T_{экз2}$, °C	$\Delta m_{экз1}$,%	$\Delta m_{экз2}$, %
$[ViSiO_{1.5}]_x[(CH_3)_2SiO]_y$ (3)	302	484	2,4	16.6
$[ViSiO_{1.5}]_{3n}[SCl(acac)]_3Cr$ (4)	447	—	33,7	—
$([ViSiO_{1.5}]_x[(CH_3)_2SiO]_y)_3$ $[SCl(acac)]_3Cr$ (5)	450	—	24,5	—

Первый экзоэффект для вещества (3) может быть обусловен горением диметильной группы. Для веществ (4, 5) горение диметильной группы также не исключается, однако их экзоэффекты и потери масс можно объяснить в том числе окислением серы, которая начинает взаимодействовать с металлом-комплексообразователем с выделением окисленной формы – сульфата.

Таким образом, на основании полученных данных предложена структура пространственных полимеров, получающихся в результате присоединения (1) к (2) и (3).

Список литературы

1. Левицкий, М. М. Химия металлораносилоксанов. Современные тенденции развития и новые концепции / М. М. Левицкий, Б. Г. Завин, А. Н. Биляченко // Успехи химии. – 2007. – Т. 76. – С. 907-923.

2. Пат. 5643315 СССР, МПК C08G 77/06, C08G 77/28. Способ получения полиорганосилоксанов / Нанушьян С.Р., Симановская Е.И., Северный В.В., Савушкина В.И., Чернышев Е.А., Табенко Б.М.; заявитель предприятие П/Я Г/4236. – № 2305081/05; заявл. 29.12.75; опубл. 30.04.77. Бюл. №16. – 4 с.

3. Пат. 2068949 Российская Федерация МПК C09K 8/60 E21B 43/22. Состав для регулирования разработки нефтяных месторождений / Маляренко А.В., Городнов В.П., Рыскин А.Ю.; заявитель

СургутНИПИнефть. – 49212339/03; заявл. 18.02.1991; опубл. 10.11.1996. – 5 с.

4. Miller, R.L. Regularities in x-ray scattering patterns from amorphous polymers / R.L. Miller, R.F. Boyer // Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition. – 1984. – Vol. 22, N 12. – P. 2043-2050.

Ковач С.М.[1,2], Третьякова Г.О.[1,3], Пелагеев Д.Н.[2]

ТЕРМИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ МОНОАЗИДОНАФТАЗАРИНОВ И ИЗУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРОДУКТОВ

[1] Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

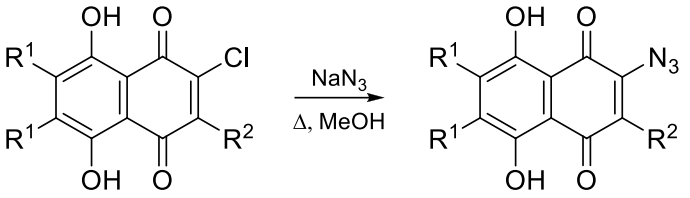
[2] Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН

[3]Институт химии ДВО РАН

Научные руководители – к.х.н., доцент Г.О. Третьякова, к.х.н., с.н.с. Д.Н. Пелагеев

Органические азиды представляют собой класс реакционноспособных синтетически полезных реагентов. Они являются относительно легко доступными и могут служить предшественниками для широкого круга других соединений, многие из которых сами являются представителями новых или относительно мало изученных классов соединений [1]. Целью работы являлось изучение термических превращений моноазидонафтазаринов. и изучение люминесцентных свойств образующихся продуктов.

Исходные азидонафтазарины **2**, используемые в данной работе были получены реакцией замещения атомов хлора в соответствующих 2-хлорпроизводных нафтазарина **1** при кипячении в метаноле с азидом натрия (рисунок 1).

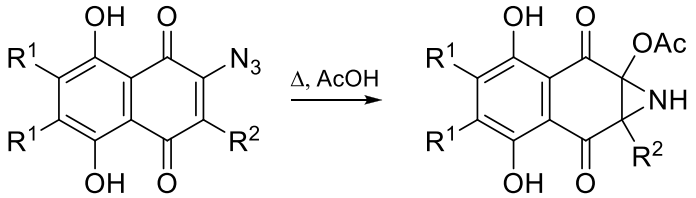


1 **2**

1,2: R_1=R_2=H (**a**); R_1=H, R_2=Me (**b**); R_1=H, R_2=Et (**c**); R_1=Me, R_2=H (**d**); R_1=R_2=Me (**e**); R_1=Me, R_2=Et (**f**); R_1=OMe, R_2=H (**g**); R_1=OMe, R_2=Me (**h**); R_1=OMe, R_2=Et (**i**).

Рисунок 1 - Синтез моноазидохинонов из хлорпроизводных нафтазаринов

Органические азиды, в том числе азидонафтохиноны, являются весьма реакционными термодинамически нестабильными соединениями. Установлено, что нагревание моноазидонафтазаринов **2** в растворе уксусной кислоты приводит к производным 1Н-нафто[2,3-b]азирин-2,7(1aH,7aH)-диона **3** (рисунок 2).



2 **3**

2,3: R_1=R_2=H (**a**); R_1=H, R_2=Me (**b**); R_1=H, R_2=Et (**c**); R_1=Me, R_2=H (**d**); R_1=R_2=Me (**e**); R_1=Me, R_2=Et (**f**); R_1=OMe, R_2=H (**g**); R_1=OMe, R_2=Me (**h**); R_1=OMe, R_2=Et (**i**).

Рисунок 2 – Конверсия моноазидохинонов **2** в нафтоазирины **3**

Строение продуктов реакций установлено на основании масс-, ИК-, ^{1}H и ^{13}C ЯМР спектров. Следует также отметить, что подобные превращения для азидопроизводных 1,4-бензо- и 1,4-нафтохинонов в литературе описаны не были.

Были исследованы спектрально люминесцентные свойства ряда нафтазаринов **3** в растворах и кристаллах, показана способность данного класса соединений к сольватохромизму (рисунок 3). Установлено, что спектры люминесценции и возбуждения люминесценции кристаллов исследуемых соединений батохромно смещены относительно спектров разбавленных растворов, что обусловлено процессами агрегации молекул.

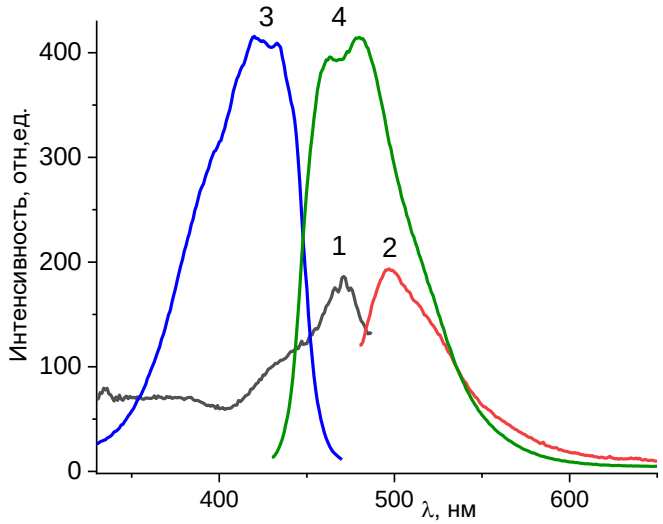


Рисунок 3 – Спектры люминесценции и возбуждения люминесценции разбавленных растворов (в ацетонитриле) и кристаллов соединения **3b**: 1 – спектр возбуждения люминесценции кристаллов, 2- спектр люминесценции кристаллов, 3 – спектр возбуждения люминесценции разбавленных растворов, 4- спектр люминесценции разбавленных растворов

Список литературы

1. A simple synthesis of natural spinazarins and their analogues / D. N. Pelageev, K. L. Borisova, S. M. Kovach, V. V. Makhankov, V. Ph. Anufriev // Mendeleev Commun. – 2023. – №33. – P. 231–233

Нестеренко Л.Е.[1,2], Гирич Е.В.[2], Юрченко А.Н.[2]

ВИСМИОН Е ИЗ МОРСКОГО ГРИБА *ASPERGILLUS* SP. 1901NT-1.2.2

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН
[2]Научный руководитель - к.б.н. Е. А. Юрченко

Ранее в ходе российско-вьетнамского совместного исследовательского проекта из морских губок залива Нячанг (Вьетнам) был выделен и идентифицирован ряд морских грибов [1]. Штамм гриба 1901NT-1.2.2, этилацетатный экстракт которого проявлял значительную цитотоксическую активность в отношении раковых клеток HeLa шейки матки и MCF-7 молочной железы человека, был идентифицирован как *Aspergillus* sp. со сходством с *A. europaeus* около 94% и *A. dimorphicus* около 86%.

В продолжении этих исследований этилацетатный экстракт гриба *Aspergillus* sp. 1901NT-1.2.2 был исследован методом ВЭЖХ-МС. На хроматограмме ВЭЖХ-МС было обнаружено более 20 пиков и только два из них были идентифицированы с помощью базы данных GNPS [2]. Пик с *m/z* 315.0504 ($[M+H]^+$) соответствовал антрахиноновому производному эндокроцину, а пик с *m/z* 317.1750 ($[M+H]^+$) был идентифицирован как 11a-гидрокси-4,4,9-триметил-9-винил-1,2,3,4,9,10,11,11a-октагидродибензо[c,e]оксепин-5,7-дион.

После фракционирования этого экстракта методом колоночной хроматографии было получено индивидуальное соединение висмион Е. Брутто-формула соединения была установлена на основании анализа данных HRESIMS и подтверждена данными спектров ^{13}C ЯМР. Химическая структура установлена на основании анализа спектров ^{1}H и ^{13}C ЯМР (при помощи экспериментов HSQC, HMBC, COSY). На основании анализа ROESY взаимодействий была предположена относительная стереоструктура висмиона Е, а его абсолютная стереохимия была впервые установлена (рисунок 1) с помощью квантово-химических расчетов (выполнено Бердышевым Д.В., ТИБОХ ДВО РАН). Ранее висмион Е был выделен только из растения *Psorospermum febrifugum*, произрастающего в Африке [3], и из морского гриба сейчас был выделен впервые. Наиболее интенсивный пик на ВЭЖХ-МС хроматограмме соответствует именно этому соединению, что позволяет рассматривать висмион Е как один из основных метаболитов гриба *Aspergillus* sp. 1901 NT-1.2.2.

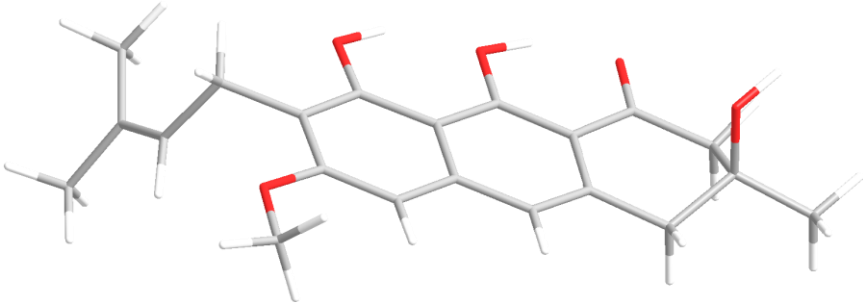


Рисунок 1 – Пространственная структура висмиона Е

Согласно предполагаемой схеме биогенеза, эндокроцин и висмион Е могут быть образованы от общего предшественника атрохризонкарбоновой кислоты (рисунок 2) [4]. Пик этого предшественника не был детектирован в экстракте методом ВЭЖХ-МС, вероятно, из-за его крайне низкого содержания.

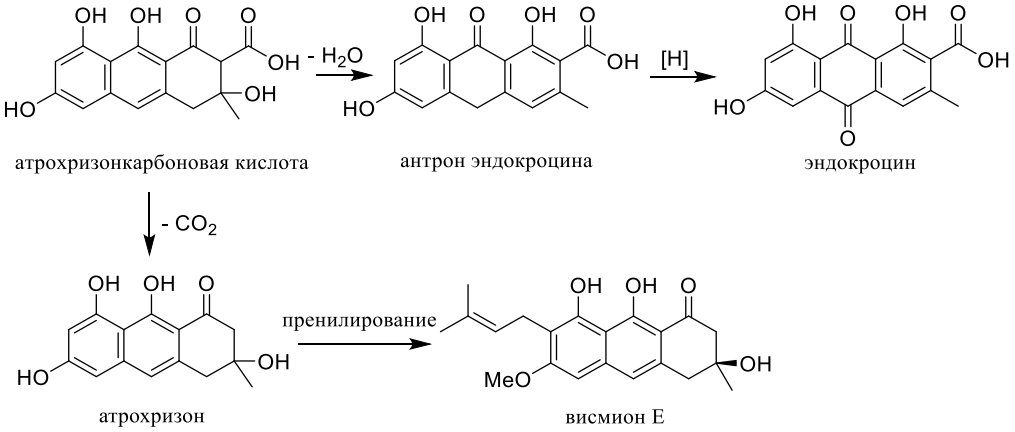


Рисунок 2 – Предполагаемая биогенетическая связь между висмионом Е и эндокроцином

Список литературы

1. Evaluation of cytotoxic activity of marine fungi isolated from sponges in Nha Trang bay / H.T. Phan Thi et al. // Vietnam J. Mar. Sci. Tech. – 2022. – Vol.22. – P. 51-57.

2. Global Natural Products Social Molecular Networking: электронная база данных: сайт. – URL: https://gnps.ucsd.edu/ProteoSAFe/static/gnps-splash.jsp?redirect=auth (дата обращения: 28.03.2023). Режим доступа: – для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

3. 3-Geranyloxy-6-methyl-1,8-dihydroxyanthraquinone and vismiones C, D and E from Psorospermum febrifugum / B. Botta, F. Delle Monache, G. Delle Monache, G.B. MariniBettolo, J.U. Oguakwa // Phytochemistry. – 1983. – Vol.22. – P. 539-542.

4. Romsdahl, J. Recent advances in the genome mining of: Aspergillus secondary metabolites (covering 2012-2018) / J. Romsdahl, C.C.C. Wang // Med. Chem. Commun. – 2019. – Vol.10. – P. 840-866.

Бежан А.Д., Соколова Л.И.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГРУППЫ АМФЕНИКОЛОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТРИЦ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., профессор Л.И. Соколова

Хлорамфеникол и тиамфеникол наиболее часто применяются для лечения инфекционных заболеваний не только людей, но и животных. Но стоит отметить, что остаточные количества обнаруживаются и в пищевых продуктах [1]. Содержание антибиотиков в пищевых продуктах нормируется соответствующими документами [2]. Мониторинг содержания антибиотиков в пищевых продуктах осуществляется с помощью различных аналитических методов: иммуноферментный, высокоэффективная жидкостная хроматография и с помощью относительно недорого и доступного метода – спектрофотометрического анализа [3]. Контроль содержания антибиотиков в пищевых продуктах помогает избежать потенциального риска для здоровья человека, поскольку пищевые продукты широко используются как в пищевых, так и в лечебных целях [4].

Актуальной задачей является разработка и внедрение простых воспроизводимых методик выделения и концентрирования антибиотиков из продуктов с различными матрицами.

Целью нашей работы является извлечение группы амфениколов из биологических матриц.

Объектом исследования являлся пищевой продукт с высоким содержанием белка (куриное яйцо) и с высоким содержанием углеводов (мёд).

Для извлечения группы амфениколов из белковой матрицы отделяли желток от белка, в желток вводили 5 мл спиртового раствора левомицетина концентрацией 0,012 мг/л (варьировали pH от 2 до 14) и оставляли на 10 минут. Смешивали желток с белком и механически гомогенизировали взбиванием. Экстрагировали антибиотик 10 мл ацетонитрила. Разрушение липидно-белковых связей в УЗ бане Bandelin SONOREX. В качестве сорбента использовалось углеродное волокно – актилен (марки Б). Сорбент с нанесенным антибиотиком промывали 10 мл ацетонитрила. Измеряли оптическую плотность раствора хлорамфеникола/тиамфеникола после проведения сорбции и после его концентрирования на УФ-спектрометре «UV-mini 1240» Shimadzu при диапазоне длин волн 200-400 нм, толщина кварцевой кюветы 1 см.

Для извлечения группы амфениколов из углеводной матрицы навески мёда массой 25 г добавляли по 1 мл раствора хлорамфеникола/тиамфеникола в спиртовом растворе, концентрацией 0,012 мг/мл. Растворяли навески в дистиллированной воде. Добавляли по 0,5 мл реактива Карреса. Смесь центрифугировали. Верхний слой экстрагировали этилацетатом, органический слой пропускали через безводный сульфат натрия. Упаривали досуха на роторном испарителе, перерастворяли остаток в дистиллированной воде. Полученные растворы анализировали на УФ-спектрофотометре и пропускали через колонку, заполненную актиленом марки Б. Смывали антибиотик с сорбента ацетонитрилом, элюат

фотометрировали. Элюаты упаривали досуха на роторном испарителе, перерастворяли в этаноле и анализировали на УФ-спектрофотометре при диапазоне длин волн 200-400 нм, толщина кварцевой кюветы 1 см. В дальнейшем извлечение левомицетина из пробы мёда проводили без стадии добавления левомицетина ввиду того, что данный антибиотик содержался в исследуемой пробе.

В случае с белковой матрицей после проведения процесса сорбции с помощью углеродного волокна в кислой и нейтральной среде (pH 3 и pH 7) и снятия УФ-спектров обнаружено полное поглощение хлорамфеникола сорбентом. Установлено, что углеродное волокно полностью поглощает хлорамфеникол при значениях pH 3 и 7, и сорбент в соответствующих средах может использоваться для поглощения изучаемого антибиотика из белковой матрицы. Однако при pH 13 не происходит полного поглощения антибиотика, что, по-видимому, связано со значением pH исходного меланжа, которое составляет 8,5. Процесс концентрирования хлорамфеникола происходит в лучшей мере в сильнощелочной среде. Также стоит отметить, что после промывки углеродного волокна ацетонитрилом остаточное количество левомицетина выделяется, но при этом происходит смещение максимума поглощения, это свидетельствует о изменении структуры самого антибиотика.

После проведения процесса сорбции с помощью углеродного волокна в кислой, нейтральной, щелочной среде (pH 2, pH 7, pH 13) и снятия УФ-спектров обнаружено полное поглощение тиамфеникола сорбентом. Установлено, что углеродное волокно полностью поглощает тиамфеникол при pH 2, pH 7, pH 13, а сорбент в соответствующих средах может использоваться для поглощения изучаемого антибиотика из белковой матрицы. По-видимому, связывание белковой матрицей с тиамфениколом выше, чем с хлорамфениколом ввиду того, что связывание с сульфогруппой, которая входит в структуру тиамфеникола более прочное, чем с нитрогруппой, которая входит в структуру хлорамфеникола.

В случае с углеводной матрицей показано, что концентрация хлорамфеникола в продажном образце мёда составила 2 мг/кг, а степень извлечения данного антибиотика из мёда с помощью углеродного волокна «Актилен Б» составила 56 %. Тиамфеникол в мёде не обнаружен.

Список литературы

1. Определение антибиотиков (левомицетина и тетрациклина) в пищевых продуктах с различными матрицами / Л. И. Соколова, К. О. Белюстова, Ю.О. Привар, Н.П. Шапкин и [др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т.38, № 3. – С. 146–152.

2. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) / разработан на основании законодательства государств-членов, а также с использованием международных документов в области безопасности пищевых продуктов. – Москва : Издательство стандартов, 2010. – 2347 с.

3. Бельтюкова, С.В. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах / С.В. Бельтюкова, Е.О. Ливенцова // Методы и объекты химического анализа. – 2013. – №1. – С. 4-5.

4. Determination of antibiotic residues in honey in relation to different poten-tial sources and relevance for food inspection / E. Bonerba, S. Panseri, F. Arioli [et al.]. – DOI 10.1016/j.foodchem.2020.127575 // Food Chemistry. – 2021. – Vol. 334, N 1. – P. 1-9.

Журавлёв И.А., Тутов М.В.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРИД-ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ДЕНДРИМЕРОВ ДЛЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., доцент М. В. Тутов

Использование эластомеров на основе силоксана в процессах аддитивного производства является перспективным направлением для применения в различных отраслях, включая промышленность и медицину. На данный момент этот процесс достаточно сложен и требует больших затрат на внедрение и производство.

Дендримеры являются гиперразветвленными макромолекулами с низкой степенью полидисперсности, а также с уникальной архитектурой, что делает их идеальными кандидатами в качестве добавок для силоксановых эластомеров. Они могут значительно улучшить механические, термические и химические свойства полимеров [1].

Контролируемый синтез дендримеров позволяет точно управлять их размерами, формой и функциональностью, что делает данный класс соединений универсальным и адаптируемым к широкому спектру приложений. Использование дендримерных добавок в силоксановых эластомерах является перспективным для создания новых материалов с заданными свойствами.

В данной работе было исследовано отверждение винилтерминированного полидиметилсилоксана с помощью дендримера первого поколения OVS-$(CH_2CH_2SiH_3)_8$

Синтез OVS-$(CH_2CH_2SiH_3)_8$ проводился в две стадии. К октавинилсилоксану добавляли избыток трихлорсилана в присутствии гексахлорплатиновой кислоты. Реакцию вели в диэтиловом эфире. Затем проводили восстановление $SiCl_3$ групп до SiH_3 при помощи $LiAlH_4$. Реакция протекала в гетерофазе без заметного энерговыделения.

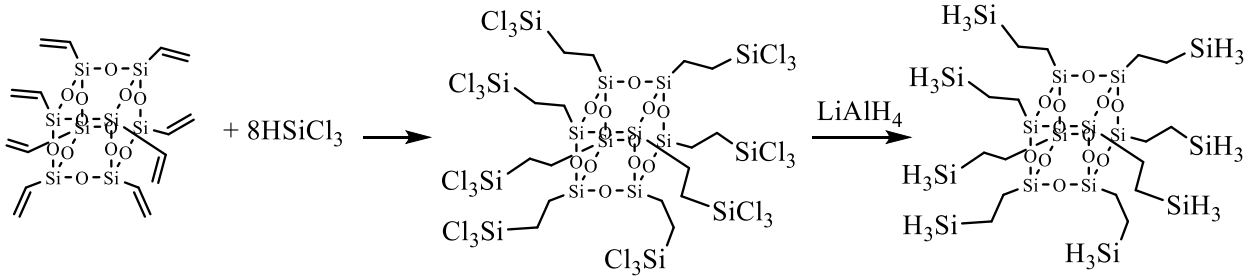


Рисунок 1 – Схема синтеза OVS-$(CH_2CH_2SiH_3)_8$

При получении силоксановых эластомеров в качестве сшивающего агента чаще используются смеси некоторых соединений, а не индивидуальные вещества. Отверждение силоксанов вели по реакции гидросилилирования в присутствии катализатора Карстедта. Полученный дендримерный гидрид-функционализированный сшивающий агент использовался как один из компонентов для отверждения.

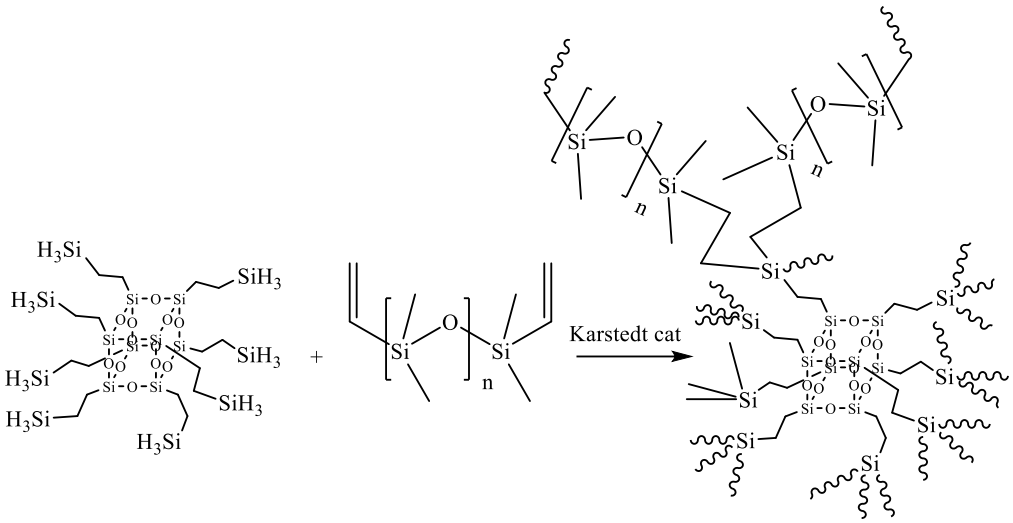


Рисунок 2 – Схема процесса отверждения ПДМС

Было установлено, что при добавлении его в смесь при фиксации прочих условий отверждение полидиметилсилоксана не происходит. Было выяснено, что при введении в смесь больше 0,18% по массе $OVS\text{-}(CH_2CH_2SiH_3)_8$ для протекания сшивки полимера требуется избыток катализатора.

Опытные образцы для исследования реологических свойств получаемых эластомеров находятся на этапе получения. Предполагается, что введение дендримера повысит жесткость и термостойкость получаемых эластомеров. При этом, варьируя размер дендримерной молекулы путем использования дендримеров разных поколений, существует возможность получать материалы с необходимыми свойствами.

Список литературы

1. Greatly improving thermal stability of silicone resins by modification with POSS / Y. Xu, J. Long, R. Zhang [et al.] // Polymer Degradation and Stability. – 2020. – Vol. 174. – P. 109082.

Рамм Н. А.[1], Дышловой С.А.[2], Жидков М.Е.[1]

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ 7-ТРЕТ-БУТИЛФАСКАПЛИЗИНА

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2] Институт биологии моря имени А. В. Жирмунского ДВО РАН
Научный руководитель - к.х.н., доцент М. Е. Жидков

Фаскаплизин **(1)** – природное органическое соединение, обладающее широким спектром биологической активности: противоопухолевая, антибактериальная, антиплазмодиальная, антиангиогенная, противомалярийная, а также является ингибитором циклинзависимой киназы-4 (рисунок 1). Однако данное соединение проявляет высокую цитотоксичность [1,2].

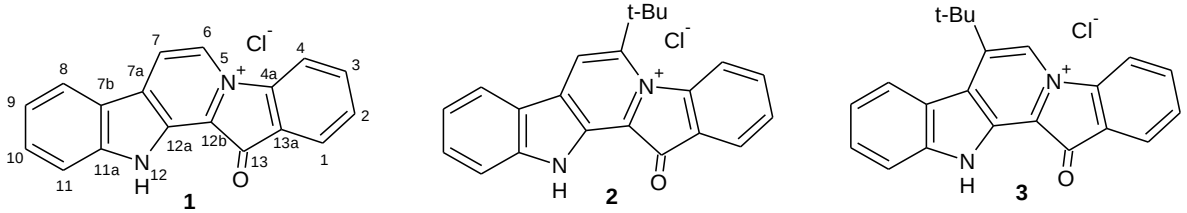


Рисунок 1 - Структурные формулы фаскаплизина **(1)**, 6-*трет*-бутилфаскапизина **(2)** и 7-*трет*-бутилфаскаплизина **(3)**

Для уменьшения цитотоксичности фаскаплизина были синтезированы его производные – 6-*трет*-бутилфаскаплизин **(2)** и 7-*трет*-бутилфаскаплизин **(3)** [3]. Для данных соединений были проведены испытания биологической активности по отношению к нескольким линиям клеток рака простаты (PC-3, 22Rv1, DU145, LNCaP, VCaP), по результатам которых было показано, что неплоские производные фаскаплизина не отличаются по значениям селективности от фаскаплизина, при этом цитотоксичность 6-*трет*-бутилфаскаплизина уменьшилась, а 7-*трет*-бутилфаскаплизина – увеличилась (таблица) [3].

Таблица

Средняя цитотоксичность фаскаплизина и его производных по отношению к опухолевым и неопухолевым линиям клеток простаты человека [3]

	Фаскаплизин **(1)**	6-трет-бутил-фаскаплизин **(2)**	7- трет-бутил-фаскаплизин **(3)**
Среднее IC50 по отношению к опухолевым клеткам	0,56	1,03	0,22
Среднее IC50 по отношению к неопухолевым клеткам	0,58	1,02	0,21
Селективность	1,03	0,99	0,95

Полученные результаты поставили задачу выявления механизмов действия 6-*трет*-бутилфаскаплизина и 7-*трет*-бутилфаскаплизина. В результате анализа было выявлено, что оба соединения индуцировали апоптоз опухолевых клеток, который частично носил касказа-зависимый характер и мог быть замедлен ингибитором каспаз z-VAD(OMe)-fmk. Исследование влияния наиболее активного 7-*трет*-бутилфаскаплизин на кином опухолевых клеток выявило активацию киназ, связанных с остановкой клеточного цикла как правило происходящего при повреждении ДНК. Последующая проверка данного факта с помощью Вестерн-блоттинга с использованием специфических антител выявила активацию киназ ATR, ATM, Chk1 и Chk2 в обработанных веществами клетках. В соответствии с этим в дальнейшем был показан арест клеточного цикла в нескольких линиях опухолевых клеток – 22Rv1, PC3 и DU145. Совместная обработка клеток 7-трет-бутилфаскаплизином и специфическими ингибиторами киназ ATR и Chk1 проводила к увеличению цитотоксической активности 7-*трет*-бутилфаскаплизина. Полученные данные свидетельствовали о способности производного вызывать повреждение ДНК, что приводило к остановке клеточного цикла (что в большей степени было опосредованно каскадом ATR - Chk1), во время которой производилась репарация ДНК. Таким образом, совместную обработку опухолевых клеток 7-*трет*-бутилфаскаплизином и ингибиторами различных ступеней процесса репарации ДНК следует рассматривать как одну из перспективных стратегий увеличения противоопухолевой активности 7-*трет*-бутилфаскаплизина и подобных ему соединений.

Список литературы

1. Roll, D. M. Fascaplysin, an Unusual Antimicrobial Pigment from the Marine Sponge Fascaplysinopsis sp. / D. M. Roll, C. M. Ireland // J. Org. Chem. – 1988. – Vol. 53, № 14. – P. 3276-3278.

2. Structures and cytotoxicities of fascaplysin and related alkaloids from two marine phyla—Fascaplysinopsis sponges and Didemnum tunicates / N. L. Segraves, S. Lopez, T. A. Johnsona, Sadri A. Said, Xiong Fu, Francis J. Schmitz, Halina Pietraszkiewicz, Frederick A. Valeriotec and Phillip Crews // Tetr. Lett. – 2003. – № 44. – P. 3471-3475.

3. Синтез и активность 6 и 7-трет-бутилфаскаплизина/ А.В. Кантемиров, Н.А. Рамм, Е.В. Кантемирова, М.Е. Жидков //Химия и химическое образование: VIII международный симпозиум, 4–6 октября 2021 г. – Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2021. – с. 22-23

Балацкий Д. В.[1,2], Будникова Ю. Б.[1,2], Васильева М.С.[1,2]

ЯГР- ИССЛЕДОВАНИЕ Fe, Co-СОДЕРЖАЩИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ТИТАНЕ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Институт химии ДВО РАН
[1]Научный руководитель – д.х.н., доцент М. С. Васильева

Одним из перспективных методов обработки поверхностей вентильных металлов и их сплавов является технология плазменно-электролитического (микродугового) оксидирования (ПЭО), позволяющая получать поверхностные оксидные слои с уникальным комплексом свойств на объектах практически любой геометрической формы [1]. Свойства получаемых оксидных покрытий зависят в большей степени от упорядочения, ближайшего окружения атомов, находящихся не только в поверхностном слое, но и в объеме покрытия [2]. В данной работе методом ЯГР- (ядерного гамма-резонанса) была исследована серия оксидных покрытий с различным содержанием Fe/Co в своем составе, сформированных на титане методом ПЭО. Оксидные слои на титане формировали в гальваностатическом режиме при плотности тока 0,1 А/см^2 в течение 10 мин в водных электролитах, содержащих 0,05 М Na_3PO_4, 0,05 М ЭДТА, FeC_2O_4 и $Co(CH_3COO)_2$ в различных мольных соотношениях, равных 1:0, 3:1, 1:1, 1:3. После обработки ПЭО образец с покрытием промывали водой и сушили на воздухе при 70 ^oC. Для получения ЯГР-спектров покрытие аккуратно удаляли с титановой основы и измельчали в порошок.

На рисунке 1 представлены ЯГР-спектры полученных оксидных порошков с различным отношением Fe/Co в своем составе.

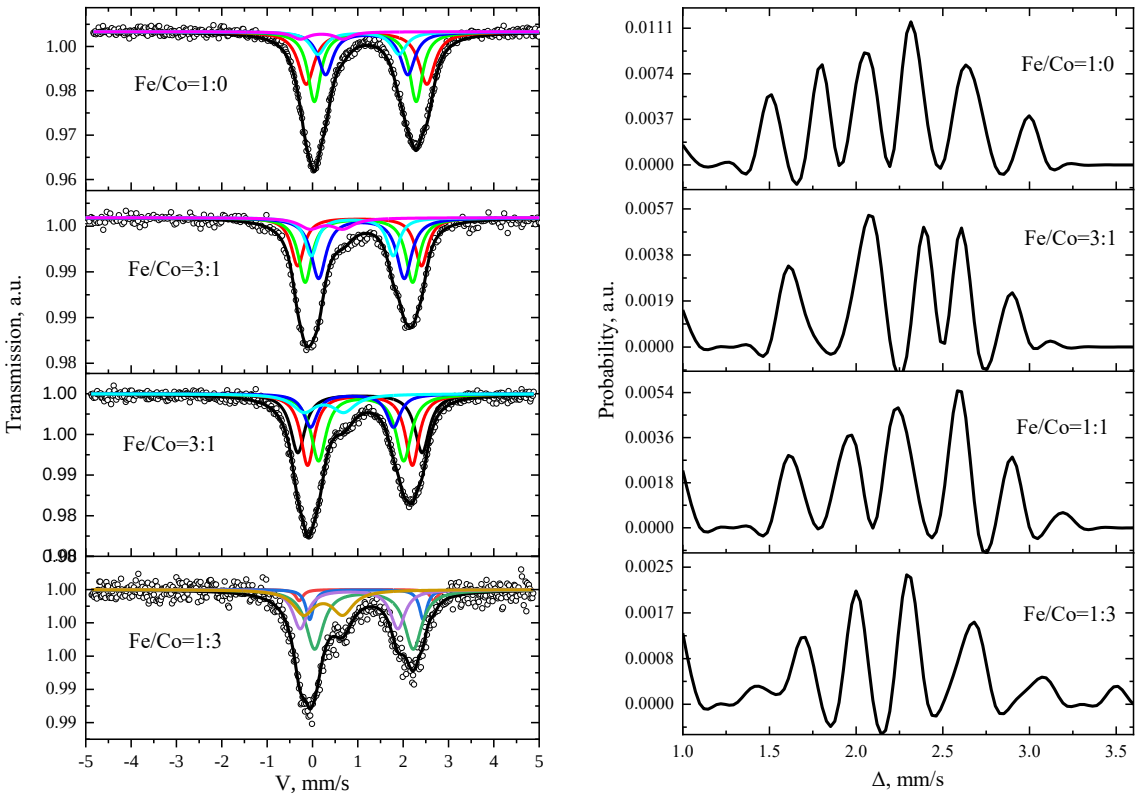


Рисунок 1 – ЯГР-спектры и спектры распределения квадрупольных расщеплений оксидных порошков с различным отношением Fe/Co в своем составе

ЯГР-спектры оксидных порошков получали при комнатной температуре в геометрии пропускания на спектрометре Wissel (Германия). В качестве источника γ-излучения использовался изотоп ^{57}Co в матрице родия (ОАО «РИТВЕРЦ», Россия). Калибровка скоростной шкалы спектрометра проводилась по спектру стандартного образца нитропруссида натрия с последующим пересчетом на металлическое железо (α-Fe).

Для математической обработки мессбауэровских спектров использовалась модель, состоящая из пяти парамагнитных дублетов: один для описания позиций трёхвалентного высокоспинового железа и четыре для двухвалентного высокоспинового железа.

С помощью ЯГР-метода было обнаружено уменьшение содержания высокоспинового Fe (II) от 95,3 до 73,1 % и увеличение содержания высокоспинового Fe (III) от 4,7 до 26,9 % при увеличении содержания в них кобальта.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХ ДВО РАН № FWFN-2022-0001.

Список литературы

1. Recent progress in surface modification of metals coated by plasma electrolytic oxidation: Principle, structure, and performance / M. Kaseem, S. Fatimah, N. Nashrah, Y. Gun Ko // Progress in Materials Science. – 2021. – Vol. 117. – P. 100735.

2. Magnetic properties of plasma electrolytic iron-containing oxide coatings on aluminum / V.S. Rudnev, A.Yu. Ustinov, I.V. Lukiyanchuk, P.V. Kharitonskii et.al. // Doklady Physical Chemistry. – 2009. – Vol. 428. – P. 189-192.

3. Фабричный, П. Б. Мессбауэровская спектроскопия и ее применение для химической диагностики неорганических материалов: конспект лекций для студентов старших курсов и аспирантов Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. / П. Б. Фабричный, К. В. Похолок – М. : ЗАО "Принт-Ателье", 2009. – 142 с.

Заводянский М.А.[1,2], Свистунова И.В.[1], Герасименко А.В.[2]

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА 1,5-БИС(БЕНЗИЛИДЕН)ПЕНТАН-2,4-ДИОНАТА ДИФТОРИДА БОРА

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Институт химии ДВО РАН
Научные руководители – к.х.н., доцент И.В. Свистунова и к.ф-м.н. А.В. Герасименко

β-Дикетонаты дифторида бора обладают интенсивной люминесценцией как в растворах, так и в кристаллах. Люминесцентные свойства кристаллов и растворов β-дикетонатов дифторида бора, в отличие от большинства известных люминофоров, значительно различаются и существенно зависят от концентрации раствора, что представляет уникальную возможность для управления оптическими свойствами функциональных материалов. В связи с наличием интересных фотофизических и фотохимических свойств β-дикетонатов дифторида бора постоянно расширяется область применения этого класса соединений. Среди этих свойств можно выделить механохромизм, термохромизм, сольватохромизм и фосфоресценцию при комнатной температуре [1]. Показанные характеристики излучения как растворами, так и кристаллами комплексов сильно зависят от их внутримолекулярного строения, а также от таких слабых межмолекулярных взаимодействий, как водородные связи, π-стэкинг, силы Ван-дер-Ваальса, обеспечивающие межмолекулярную самосборку, эксимеры и эксиплексы [2].

В связи с этим основополагающей идеей данной работы является синтез, проведение рентгеноструктурного и спектрального исследований красителя, полученного на основе борнодикетонатного комплекса. Схема синтеза исследуемого красителя представлена на рисунке 1. Выход продукта составил 24,4% от теоретического.

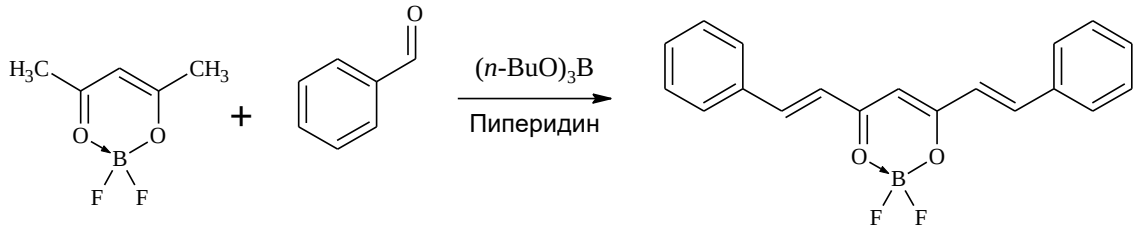


Рисунок 1 – Схема синтеза 1,5-бис(бензилиден)пентан-2,4-дионата дифторида бора

Структура полученного соединения была подтверждена с помощью ИК исследования, а также ЯМР на ядрах H^1 и C^{13}, после чего были выращены кристаллы полученного соединения из ацетонитрила при медленном охлаждении пересыщенного раствора. После проведения рентгеноструктурного исследования было установлено молекулярное строение исследуемого комплекса (рисунок 2), определена сингония – моноклинная с С-центрированной решеткой, установлены длины связей и величины валентных углов, а также за счет каких связей идет упаковка молекул в слои кристаллической решетки. Также было проведено исследование люминесцентных свойств красителя в различных растворителях, которое показало, что изменение растворителя в большинстве случаев не меняет максимумов поглощения, которые расположены в 422 и 446 нм. Лишь в диметилформамиде наблюдается небольшой батохромный сдвиг на 20 нм, из чего можно сделать вывод об отсутствии у анализируемого вещества сольватохромных свойств в большинстве используемых растворителей. Была также исследована концентрационная зависимость люминесценции раствора исследуемого комплекса бора. В качестве растворителя был выбран хлороформ. На рисунке 3 представлены спектры возбуждения и люминесценции раствора 1,5-бис(бензилиден)пентан-2,4-дионата дифторида бора при изменении концентрации от 10^{-3} до 10^{-7} моль/л. Данные показывают, что постепенное разбавление растворов приводит к наблюдаемому гипсохромному сдвигу и смещению цвета люминесценции в более коротковолновую область

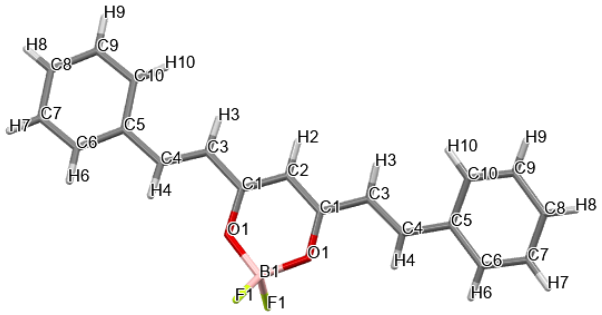


Рисунок 2 – Молекулярное строение 1,5-бис(бензилиден)пентан-2,4-дионата дифторида бора

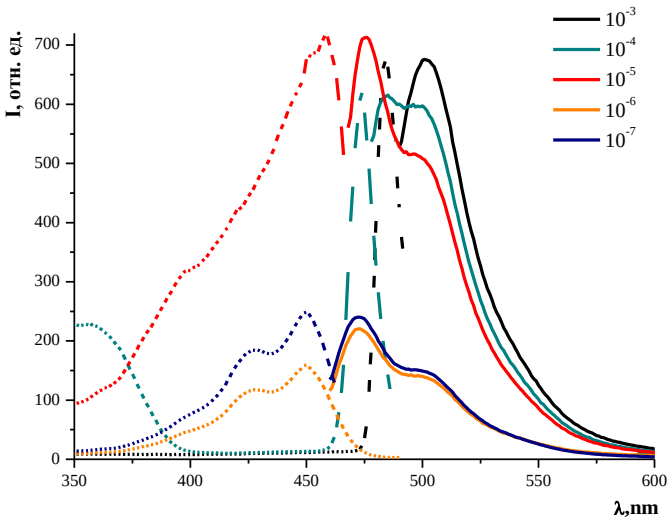


Рисунок 3 – Спектры поглощения и люминесценции растворов 1,5-бис(бензилиден)пентан-2,4-дионата дифторида бора разной концентрации

Таким образом, в ходе данной работы было установлено молекулярное строение красителя, содержащего хелатный фрагмент с дифторидом бора. Полученные данные в дальнейшем могут быть использованы для объяснения светотрансформирующих свойств соединения 1,5-бис(бензилиден)пентан-2,4-дионата дифторида бора.

Список литературы

1. Luminescence and Reversible Luminescence Thermochromism of Bulk and Microcrystals of Dibenzoylmethanatoboron Difluoride / A.G. Mirochnik, E.V. Fedorenko, V.G. Kuryavyi, B.V. Bukvetskii, V.E. Karasev // Journal of Fluorescence. – 2006. – Vol. 16. – P. 279-286.

2. Mechanochromic Luminescence and Aggregation Induced Emission of Dinaphthoylmethane β-Diketones and Their Boronated Counterparts / T. Butler, W.A. Morris, J. Samonina-Kosicka, C.L. Fraser // A.C.S. Appl, Mater. Interfaces. – 2016. – Vol. 8. – P. 1242-1251.

Шлык Н.П.[1,2], Боркунов Г.В.[1,2], Лещенко Е.В.[1]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДХОДА OSMAC (ОДИН ШТАММ – МНОГО СОЕДИНЕНИЙ) ДЛЯ ПОИСКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ «МОЛЕКУЛ-ЛИДЕРОВ» ИЗ МОРСКИХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ РОДА PENICILLIUM

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

[2] Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

[1]Научный руководитель - к.х.н. Е.В. Лещенко

Бактериальные инфекции являются причиной смерти миллионов человек ежегодно. Поэтому, поиск новых антибактериальных и антифунгальных препаратов является чрезвычайно актуальной научно-практической задачей. В настоящее время, поиск «молекул-лидеров», основы для создания лекарственных препаратов, проявляющих желаемую биологическую активность является одним из подходов к созданию новых лекарственных препаратов [1]. Известно, что морские микроскопические грибы зарекомендовали себя как перспективный источник вторичных метаболитов [2, 3]. Согласно литературным данным, из морских грибов выделено большое количество новых соединений с широким спектром биологической активности. Однако, существует теория о спящих генах и нераскрытом

потенциале грибов, культивированных на средах состав которых максимально приближен к природным условиям [1]. В результате возникает необходимость разрабатывать подходящие стратегии для поиска новых биологически активных соединений, что ложится в основу стратегии OSMAC (один штамм – много соединений). В рамках проведения данной научно-исследовательской работы нами был исследован биотехнологический потенциал ранее изученных морских грибов рода *Penicillium* КММ 4645 [4], КММ 4667 [5], КММ 4674 [6] и КММ 4675 [7] при культивировании в условиях осмотического стресса и добавления металл-содержащих добавок.

Вышеуказанные штаммы морских грибов были культивированы на агаризованном пивном сусле и на «стандартной» рисовой среде с добавлением морской соли в концентрациях 10 г/л, 20 г/л, 30 г/л, 40 г/л, 50 г/л, включая контроль среды, а также с добавлением солей металлов Fe^{3+}, Zn^{2+}, Cu^{2+} и Ni^{2+} в концентрации 100 мкМ к каждому типу среды. Полученные культуры были экстрагированы этилацетатом, профильтрованы через бумажный фильтр, высушены при пониженном давлении на роторном испарителе и взвешены. Аликвоты первичных экстрактов были проанализированы методом ТСХ. Отобранные фракции были очищены при помощи хроматографии с использованием обращенно-фазового сорбента силикагеля С-18 и проанализированы методом ВЭЖХ-УФ на обращенно-фазной аналитической колонке Agilent Poroshell 120 EC-C18 в градиенте растворителей метанол-вода, от 0% до 100% метанола в течение 60 минут, при длинах волн 220 и 290 нм. По результатам анализа полученных хроматографических данных некоторые фракции были дополнительно проанализированы на обращенно-фазовой колонке YMC-Pack ODS-AM в градиенте растворителей ацетонитрил:вода, от 0% до 100% ацетонитрила в течение 60 минут, при длинах волн 220 и 290 нм (рисунок 1). В результате, для дальнейшего исследования были отобраны экстракты гриба *P. velufinum* КММ 4674 культивированные с добавлением солей металлов. Для этих экстрактов было выполнено ВЭЖХ-MS и было показано, что MS и MS/MS профили (по искомым, ранее выделенным соединениям) экстракта гриба *P. velufinum* КММ 4674 культивированного при стандартных условиях соответствуют ранее опубликованным данным, а профиль экстракта гриба *P. velufinum* КММ 4674 культивированного с добавлением 100 мкМ катиона Fe^{3+} значительно отличался от контроля и других экстрактов, культивированных с металлами. Таким образом, для дальнейшего препаративного культивирования в количестве 100 колб Эрленмеера был отобран *P. velufinum* КММ 4674 на «стандартной» рисовой среде с добавлением 100 мкМ катиона Fe^{3+}. В результате, из этилацетатного экстракта гриба *P. velufinum* КММ 4674 впервые выделен (4*S*,5*R*,7*S*)-4,11-дигидрокси-гвайа-1(2),9(10)-диен **(1)** (рисунок 2). Структура соединения **1** была установлена при помощи сравнения полученных данных ^{1}H и ^{13}C ЯМР с литературными [8, 9].

Рисунок 1 – ВЭЖХ-УФ хроматограмма экстрактов гриба *P. velufinum* КММ 4674

47 (синий) – контроль гриба на «стандартной» рисовой среде; 77 (зеленый) – с катионами Mg^{2+}; 78 (красный) – с катионами Fe^{3+}; 79 (оранжевый) – с катионами Zn^{2+}; 80 (пурпурный) – с катионами Ni^{2+}

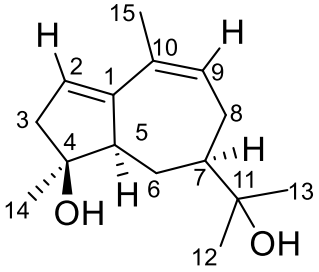


Рисунок 2 – (4*S*,5*R*,7*S*)-4,11-дигидрокси-гвайа-1(2), 9(10)-диен **(1)** из гриба *P. velufinum* КММ 4674

Исследование поддержано грантом РНФ № 22-73-00190 (https://rscf.ru/project/22-73- 00190).

Список литературы

1. Pinedo-Rivilla, C. Cryptic metabolites from marine-derived microorganisms using OSMAC and epigenetic approaches / C. Pinedo-Rivilla, J. Aleu, R. Durán-Patrón // Mar. Drugs. – 2022. – V. 20, No. 2. – P. 84.

2. Marine natural products / A.R. Carroll, B.R. Copp, R.A. Davis, R.A. Keyzers, M.R. Prinsep // Nat. Prod. Rep. – 2021. – V. 38, No. 2. – P. 362-413.

3. Rateb, M. E. Secondary metabolites of fungi from marine habitats / M.E. Rateb, R. Ebel // Nat. Prod. Rep. – 2011. – V. 28, No. 2. – P. 290-344.

4. Meroterpenoids from the alga-derived fungi *Penicillium thomii* maire and *Penicillium lividum* westling / O.I. Zhuravleva, M.P. Sobolevskaya, E.V. Leshchenko, N.N. Kirichuk, V.A. Denisenko, P.S. Dmitrenok, S.A. Dyshlovoy, A.M. Zakharenko, N.Y. Kim, S.S. Afiyatullov // J. Nat. Prod. – 2014. – V. 77, No. 6. – P. 1390 - 1395.

5. New eudesmane sesquiterpenes from the marine-derived fungus *Penicillium thomii* / S.S. Afiyatullov, E.V. Leshchenko, M.P. Sobolevskaya, V.A. Denisenko, N.N. Kirichuk, Y.V. Khudyakova, T.P.T. Hoai, P.S. Dmitrenok, E.S. Menchinskaya, E.A. Pislyagin, D.V. Berdyshev // Phytochem. Lett. – 2015. – V. 14. – P. 209-214.

6. Zosteropenillines: polyketides from the marine-derived fungus *Penicillium thomii* / S.S. Afiyatullov, E.V. Leshchenko, D.V. Berdyshev, M.P. Sobolevskaya, A.S. Antonov, V.A. Denisenko, R.S. Popov, M.V. Pivkin, A.A. Udovenko, E.A. Pislyagin, G. Von Amsberg, S.A. Dyshlovoy // Mar. Drugs. – 2017. – V. 15, No. 2. – P. 46.

7. Pallidopenillines: polyketides from the alga-derived fungus *Penicillium thomii* Maire KMM 4675 / M.P. Sobolevskaya, E.V. Leshchenko, T.P.T. Hoai, V.A. Denisenko, S.A. Dyshlovoy, N.N. Kirichuk, Y.V. Khudyakova, N.Y. Kim, D.V. Berdyshev, E.A. Pislyagin, A.S. Kuzmich, R.S. Popov, A.S. Antonov, S.S. Afiyatullov // J. Nat. Prod. – 2016. – V. 79, No. 12. – P. 3031-3038.

8. Sesquiterpenes and lignans from the flower buds of *Daphne genkwa* and their nitric oxide inhibitory activities / C.-Y. Zhang, L. Luo, J. Xia, Y.-N. Song, L.-J. Zhang, M. Zhang, K. Rahman, Y. Ye, H. Zhang, J.-Y. Zhu // Nat. Prod. Res. – 2018. – V. 32, No. 24. – P. 2893-2899.

9. Enantiomeric neolignans and a sesquiterpene from *Solanumerianthum* and their absolute configuration assignment / H. Li, S.Y. Peng, D.P. Yang, B. Bai, L.P. Zhu, C.Y. Mu, Y.J. Tian, D.M. Wang, Z.M. Zhao // Chirality. – 2016. – V. 28, No. 3. – P. 259-263.

Кожемякина Е. К., Свистунова И.В.

СИНТЕЗ И ВОЗМОЖНОСТЬ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ НА ОСНОВЕ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., доцент И. В. Свистунова

Функционализированные 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения (ТКС), содержащие в своем составе несколько реакционных центров, могут служить перспективной основой для создания разнообразных биологически активных веществ [1]. Тетракетоны с алкильными и арильными заместителями обладают противомикробной, противоопухолевой и противотуберкулёзной активностью, близкой к действию препаратов сравнения [1]. А производное ТКС – 4,4’-бис(6,6’-дифенил)-2,2-дифторо-1,3,2-диоксаборин, содержащий BF_2-группы, может выступать в качестве токопроводящей компоненты воздухостабильного органического полевого транзистора (рисунок 1) [2].

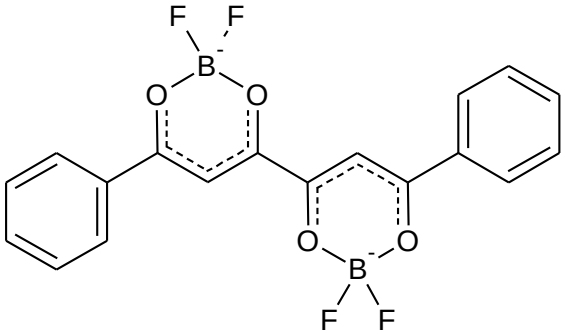


Рисунок 1 – 4,4’- бис(6,6’- дифенил)-2,2-дифторо-1,3,2-диоксаборин

В ходе работы методом сложноэфирной конденсации были получены гомо- и смешанно-замещенные натриевые производные ТКС на основе диэтилоксалата (ДЭО) и ацетофенона (R_1=R_2=Ph), а также ДЭО с ацетофеноном и ацетоном (R_1=Ph, R_2=CH_3) (рисунок 2). Структура полученных продуктов подтверждена методами ИК- и ЯМР ^{13}C спектроскопии.

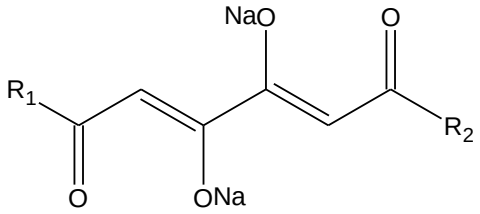


Рисунок 2 – Производные ТКС с R_1=R_2=Ph и R_1=Ph, R_2=CH_3

Перевод в тетракетонную форму гомозамещенного производного и дальнейшее хелатирование эфиратом трифторида бора (BF_3OEt_2) привели к образованию люминесцентного соединения – 4,4’-бис(6,6’-дифенил)-2,2-дифторо-1,3,2-диоксаборина. Строение подтверждено методом ИК-спектроскопии.

Аналогичный перевод в кето-форму смешанно-замещенного соединения, динатрий-1-метил-6-фенил-1,6-диоксогекса-2,4-диен-3,4-диолята, с дальнейшим хелатированием не удались в силу ряда причин. Одной из возможных причин может являться образование оксофурановой формы, которая плохо экстрагируется и не подвергается хелатированию. Также нельзя исключать факторы наличия значительного количества полузамещенной соли, продуктов её распада, осмоления реакционной смеси при комнатной температуре и неподходящих экстрагентов.

Удаление примесей с дальнейшей экстракцией при охлаждении и хелатированием продукта реакции привели к образованию большого количества борной кислоты. Образование целевого продукта не произошло.

Чтобы избежать влияния растворителей, было проведено хелатирование непосредственно смешанно-замещенной натриевой соли без выделения 1,3,4,6-тетракарбонильного соединения. Механохимическая активация соли с тетрафтороборатом калия, перемешивание при комнатной температуре соли с эфиратом трифторида бора и растворение соли в большом объеме растворителя при охлаждении с прибавлением BF_3OEt_2 также не привели к желаемому результату.

Список литературы

1. Муковоз, П.П. 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения и их производные. Синтез, строение и биологическая активность: диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук 02.00.03 / Ивановский государственный химико-технологический университет. – Иваново, 2021. – 697 с.

2. A novel air-stable n-type organic semiconductor: 4,49-bis[(6,69-diphenyl)-2,2-difluoro-1,3,2-dioxaborine] and its application in organic ambipolar field-effect transistors / Y. Sun, D. Rohde, Y. Liu [et. al.]. – DOI 10.1039/B608840F // J. Mater. Chem. – 2006. – Vol. 16. – P. 4499-4503. – URL: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2006/JM/B608840F

Капустина О.В., Корнакова З.Э., Грибанова С.С., Шичалин О.О.

СРАВНЕНИЕ КИНЕТИКИ ВЫМЫВАНИЯ 5-ФТОРУРАЦИЛА ИЗ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДАМИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ И МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., н.с. О. О. Шичалин

Системы направленной доставки лекарственных средств являются одним из перспективных направлений развития биоматериалов. Они позволяют добиться целенаправленного лечения патологии при минимальном ущербе для организма. В частности, использование неорганических матриц в

качестве носителей позволяет значительно снизить вводимую дозу, снижая побочные явления.

5-Фторурацил (5-ФУ) является распространенным противоопухолевым препаратом. Период полувыведения составляет 8–22 минуты, поэтому дозы и время внутривенного введения 5-ФУ увеличивают с целью повышения накопления препарата в месте опухоли. Системы направленной доставки лекарственных средств на основе неорганических матриц позволяют увеличить время действия препарата, и, как следствие, его терапевтическую эффективность.

Применение силиката кальция в качестве матрицы обусловлено его высокой биосовместимостью и размером пор, соизмеримым с размером 5-ФУ, что обуславливает возможность сорбции препарата с последующим контролируемым высвобождением [1].

Силикат кальция был синтезирован методом осаждения из раствора с последующей микроволновой обработкой в течение 30 минут при температуре 150 ºС (МВ-$CaSiO_3$) и гидротермальной обработкой в течение 6 часов при температуре 150 ºС (ГТ-$CaSiO_3$). Сорбция проводилась в статических условиях из раствора с исходной концентрацией 5-ФУ 20 мг/л в течение 48 ч. Изучение кинетики вымывания препарата осуществлялось в растворе с pH=5 и при температуре 37 ºС пробы отбирались через каждые 0,08, 0,33, 0,66, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 45, 96, 264 ч. Остаточное содержание 5-ФУ определяли спектрофотометрически при максимуме длины волны светопоглощения 265 нм.

Полученные данные представлены на рисунке 1.

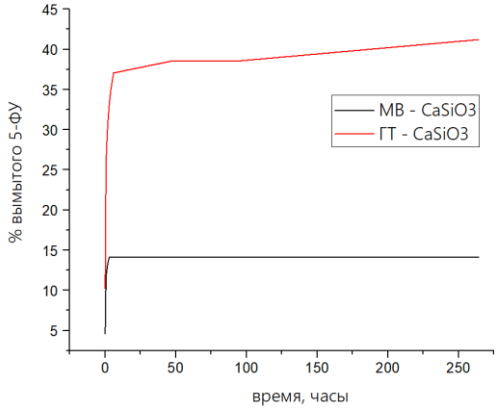


Рисунок 1 – Кинетика вымывания 5-ФУ

Вымывание 5-ФУ из образца, полученного методом микроволновой обработки, составило 4 часа, гидротермальной – 11 дней.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 18-73-10107).

Список литературы

1. Sol-gel (template) synthesis of osteoplastic CaSiO3/HAp powder biocomposite: “In vitro” and “in vivo” biocompatibility assessment / Papynov E. K. [et al.] // Powder Technology. – 2020. – (367). – P. 762–773.

Мищихина Е. С., Акимова Т.И.

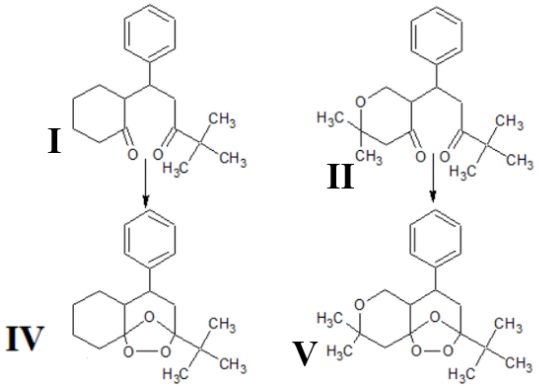
ЗАВИСИМОСТЬ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ 1,5-ДИКЕТОНОВ В РЕАКЦИИ С ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА ОТ СТРУКТУРЫ ДИКЕТОНА

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – д.х.н., профессор Т. И. Акимова

1,2,4-Триоксоланы (озониды) впервые были получены более ста лет назад взаимодействием непредельных соединений с озоном. Известны они были как неустойчивые вещества, легко

разлагающиеся до карбонильных соединений. В 90-х годах прошлого века был разработан метод Грисбаума [1], позволивший получать устойчивые спироозониды, что явилось большой неожиданностью для научной общественности. К тому же оказалось, что эти соединения имеют широкий спектр биологической активности и прежде всего противомалярийной. В 2012 г на основе спироозонида индийская фирма выпустила коммерческий противомалярийный препарат СинриамТМ, который стал широко использоваться в странах приэкваториальной зоны. До этого времени главным противомалярийным препаратом был артемизинин и его полусинтетические аналоги, за разработку и внедрение которых китайскому ученому Ту Юю была присуждена Нобелевская премия 2015 года. Озониды и артемизинин относятся к одному типу пероксидных соединений и имеют один и тот же механизм биологического действия.

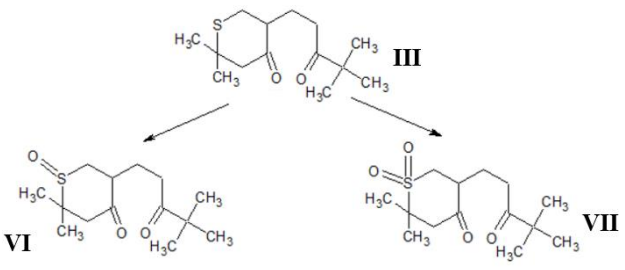
Несколько лет назад был разработан новый способ получения спироозонидов [2] – реакцией алициклических 1,5-дикетонов с пероксидом водорода. Оригинальность метода, в отличие от первых двух, состоит в том, что озониды получают без применения озона. К настоящему времени в эту реакцию введены как алициклические 1,5-дикетоны, содержащие пяти-, шести-, семичленные карбоциклы, так и семициклические. В данной работе мы продолжили изучение этого метода, подключив 1,5-дикетоны с гетероциклическими фрагментами. Целью нашей работы было расширение круга 1,5-дикетонов, вводимых в реакцию с пероксидом водорода, и сравнение их реакционной способности.



Раннее были изучены дикетоны (**I, II**), содержащие в себе с одной стороны шестичленный цикл, с другой — трет-бутильный фрагмент. В случае дикетона **II** шестичленный цикл содержит гетероатом — кислород.

Как показали опыты, дикетон **I** легко вступает в реакцию с пероксидом водорода в этаноле и в уксусной кислоте с образованием озонида **IV** с выходом 80% [3]. Дикетон **II** образует озонид **V** в более жестких условиях – только в уксусной кислоте с выходом 40%, что говорит о пониженной реакционной способности дикетона **II** по сравнению с дикетоном **I**.

В нашей работе мы взяли дикетон **III**, отличный от предыдущих тем, что гетероциклический фрагмент содержит в себе атом серы, которая, как известно, сама способна взаимодействовать с пероксидом водорода с образованием сульфоксида или сульфона. Используемый в реакции большой избыток пероксида водорода должен был обеспечить возможность протекания реакции как по атому серы, так и по карбонильным группам.



Опыты проводили в присутствии минеральной кислоты (HCl или $HClO_4$) в трёх растворителях – эфире, этаноле и уксусной кислоте (без минеральной кислоты). В эфире при комнатной температуре через сутки с момента начала реакции при соотношении 1:3:5 — *дикетон:минеральная кислота:пероксид водорода* — образуется соединение **VI**, содержащее сульфоксидную группу >S=O. В этаноле при всех тех же условиях (но через час с момента начала реакции) получали тот же сульфоксид **VI**. В уксусной кислоте при комнатной температуре при соотношении 1:5 — *дикетон:пероксид водорода* — образовывался сульфоксид **VI**, а при соотношении 1:15 — смесь сульфоксида **VI** и сульфона **VII,** содержащего сульфоновую группу $>SO_2$.

Структура соединений **VI, VII** была доказана с помощью ИК и ЯМР ^1H, ^{13}C спектроскопии и ВЭЖХ с масс-детектированием. В ИК-спектре соединения **VI, VII** имеют полосы поглощения карбонильных групп 1703 $см^{-1}$, 1716 $см^{-1}$, сульфоксидная группа (**VI)** — 1031 $см^{-1}$, сульфоновая (**VII)** — 1116 $см^{-1}$ и 1276 $см^{-1}$. В спектре ЯМР ^1H сигналы протонов, находящихся вблизи >S=O, $>SO_2$ групп, смещены в сторону слабого поля в отличие от сигналов тех же протонов исходного дикетона. В спектре ЯМР ^{13}C у обоих соединений присутствуют сигналы двух карбонильных углеродов, что говорит о сохранении функциональных групп >C=O — в районе 204-207 и 214 -215 м.д. На масс-спектре для соединения **VI** пик 273 соответствует [M+1] (молекулярная масса соединения 272), для **VII** пик 289 соответствует также [M+1] (молекулярная масса 288).

Таким образом, на основе проведенных исследований можно заключить, что с введением в структуру семициклического 1,5-дикетона гетероатома (O, S) реакционная способность к образованию озонида снижается и особенно это характерно для S-содержащих 1,5-дикетонов, например, как **III**.

Список литературы

1. Griesbaum, K. Diozonides from coozonolyses of suitable O-metyl oximes and ketones / K. Griesbaum, X. Liu, Y. Dong // Tetrahedron. – 1997. – V. 53. – P. 5463-5470.

2. Патент 25 8609 Российская Федерация, МПК C07D 323/06. Способ получения 1,2,4 триоксоланов / Т. И. Акимова, О. А. Солдаткина; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО Дальневосточный Федеральный университет. – 21 с. – № 2014144246/04; заявл. 31.10.2014; опубл. 27.03.2016.

3. Дудинова, Н. А. Изучение реакции алициклических и семициклических 1,5-дикетонов с пероксидом водорода: выпускная квалификационная работа / Н. А. Дудинова. – Владивосток, 2021. – 92 с.

Боярникова В. А., Хальченко И.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СОЕДИНЕНИЯМИ МЕДИ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент И. Г. Хальченко

Природные и синтетические слоистые алюмосиликаты, в том числе и вермикулит, в настоящее время применяются в различных областях промышленности, в частности в составе сорбентов, предназначенных для извлечения тяжелых металлов и радионуклидов [1, 2]. В данной работе в качестве основы для сорбента используется активированный кислотой вермикулит Красноярского (вермикулит 1) и Ковдорского (вермикулит 2) месторождений, а в качестве модификаторов выступают рицинолеат меди (II) и гексацианоферрат (II) меди (II) [2].

Сорбенты получали путем активации на первой стадии вермикулитов 1 и 2 раствором 12%-ной соляной кислоты и последующей их обработкой рицинолеатом меди (II); гексацианоферратом (II) меди (II). Определены адсорбционные характеристики полученных материалов в отношении ионов стронция из водного раствора и получены изотермы низкотемпературной адсорбции/десорбции азота. Физико-химические характеристики поверхности полученных образцов, такие как размер пор и площадь поверхности, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые физико-химические характеристики поверхности полученных сорбентов

№	Образец	Площадь поверхности по БЭТ, $м^2/г$	Средний объем пор, $см^3/г$	Средний диаметр пор, нм
1	Вермикулит 1	11,08	0,047	2,99
2	Вермикулит 1 +12% HCl	86,6	0,065	3,13
3	Вермикулит 1 + 12%HCl + рицинолеат меди	2,28	0,0085	4,20
4	Вермикулит 1 + 12% HCl + $Cu_2[Fe(CN)_6]$	75,7	0,054	2,98
5	Вермикулит 2	8,8	0,0082	2,99
6	Вермикулит 2 + 12% HCl	82,6	0,015	3,33
7	Вермикулит 2 + 12%HCl + рицинолеат меди	4,6	0,054	3,13
8	Вермикулит 2 + 12% HCl + $Cu_2[Fe(CN)_6]$	77,3	0,071	3,12

По данным таблицы 1 наблюдается увеличение площади поверхности при обработке кислотой обоих вермикулитов, что согласуется с литературными данными [1], также увеличиваются объём и диаметр пор. Дальнейшая модификация рицинолеатом меди приводит к резкому уменьшению площади поверхности, однако для Ковдорского вермикулита при этом увеличивается внутренний объём пор, что положительно сказывается на сорбционной способности этого образца. Обработка вермикулита гексацианоферратом меди незначительно уменьшает площадь поверхности и средний диаметр пор, для Ковдорского вермикулита также идёт увеличение объёма пор почти в пять раз по сравнению с вермикулитом, обработанным кислотой.

Для исследования адсорбционных характеристик полученных сорбентов был взят раствор соли стронция с исходной концентрацией 134 мг/л. Показано, что при различных модификациях вермикулита сорбционные свойства композитов существенно изменяются в зависимости от природы модификатора (таблица 2).

Таблица 2

Данные сорбции ионов стронция из водного раствора в статических условиях

№	Образец	$C_р$, мг/л	Г, г/г	Степень очистки, %
1	Вермикулит 1 +12% HCl	86,8	4,74	35,2
2	Вермикулит 1 + 12%HCl + рицинолеат меди	47,1	8,69	64,9
3	Вермикулит 1 + 12% HCl + $Cu_2[Fe(CN)_6]$	71,4	6,26	46,7
4	Вермикулит 2 + 12% HCl	71,3	6,27	46,8
5	Вермикулит 2 + 12%HCl + рицинолеат меди	11,8	12,22	91,2
6	Вермикулит 2 + 12% HCl + $Cu_2[Fe(CN)_6]$	66,5	6,75	50,4

Данные сорбции ионов стронция из водных растворов полученными сорбентами показывают, что максимальные значения адсорбции и, соответственно, степень очистки характерна для Ковдорского и Красноярского вермикулита, модифицированных рицинолеатом меди. Так как для этих

сорбентов характерны невысокие значения площади поверхности, следовательно в процессах сорбции ионов стронция большую роль играет природа модификатора. Таким образом, данные сорбенты представляют интерес для дальнейшего исследования процессов адсорбции.

Список литературы

1. Химическая модификация вермикулита и исследование его физико – химических свойств / И. Г. Хальченко, Н. П. Шапкин, И. В. Свистунова, Э. А. Токарь // Бутлеровские сообщения. – 2015. – Т. 41, № 1. – С. 74–82.

2. Метод модифицирования вермикулита ферроцианидом меди для селективного извлечения ^{137}Cs из жидких солевых сред / Н. П. Шапкин, И. Г. Хальченко, А. И. Мацкевич, И. Г. Тананаев. – DOI: 10.31857/S0033831121030096 // Радиохимия. – 2021. – Т. 63, № 3. – С. 268–275.

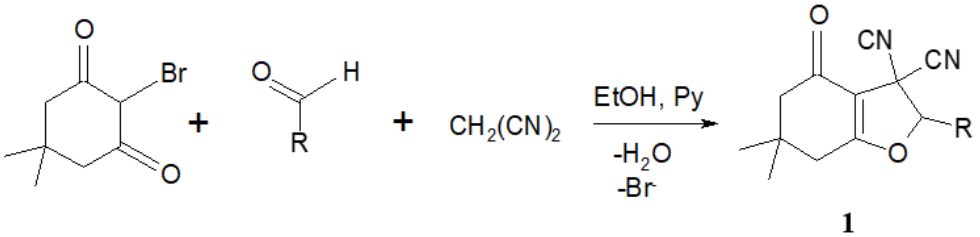
Ващенко М. В., Андин А.Н.

ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2,3,4,5,6,7-ГЕКСАГИДРОБЕНЗОФУРАНА МЕТОДОМ ТРЁХКОМПОНЕНТНОЙ КОНДЕНСАЦИИ И ИХ НЕКОТОРЫЕ РЕАКЦИИ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н, доцент А.Н. Андин

Функциональные производные дигидрофурана и его конденсированных аналогов важны и с исследовательской точки зрения, так как изучение химических свойств предоставляет широкие возможности модификации структуры [1,2], и с точки зрения получения продуктов с практически полезными свойствами, в первую очередь с потенциальной биологической активностью. Дигидрофурановый фрагмент содержится во многих природных соединениях, таких как *адсуринон*, *денудацин*, *обтусафуран*, *конокарпан*, проявляющие широкий спектр биологической активности, включая инсектицидные, противогрибковые и антитрипаносомные свойства. Кроме того, дигидрофураны являются субъединицами ряда биологически активных соединений, которые, как сообщается, действуют как противораковые агенты, антиангиогенные агенты и ингибиторы циклооксигеназы, липоксигеназы и агрегации тромбоцитов [3].

Нами была изучена трехкомпонентная конденсация 2-бромдимедона, ароматических альдегидов и малононитрила (рисунок 1). В результате была получена серия из семи функциональных производных 2,3,4,5,6,7-гексагидробензофурана 1.

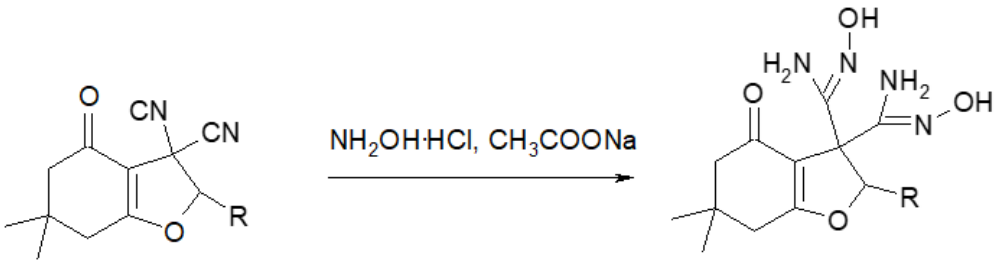


1

Рисунок 1 – Схема реакции образования соединений 1
1 а R=Ph, б R=2,4-$Cl_2C_6H_3$, в R=4-FC_6H_4, г R=3-$NO_2C_6H_4$,
д R=2-$NO_2C_6H_4$, е R=4-$CH_3OC_6H_4$, ж R=2-тиенил

Далее нами были изучены реакции полученных продуктов с рядом N-нуклеофилов – солянокислым гидроксиламином, гидразингидратом и ацетатом аммония. Показано, что при

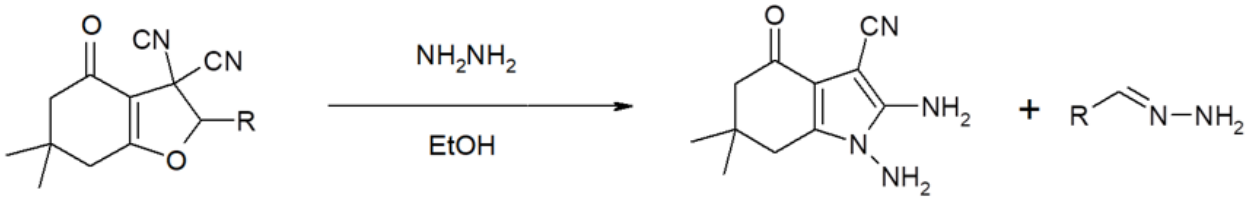
взаимодействии соединений 1б и 1в с избытком солянокислого гидроксиламина (рисунок 2) образуются соответствующие 3,3-дикарбоксамидоксимы 2.



2

Рисунок 2 – Схема реакции образования соединений 2 (2 б R=2,4-$Cl_2C_6H_3$, в R=4-FC_6H_4)

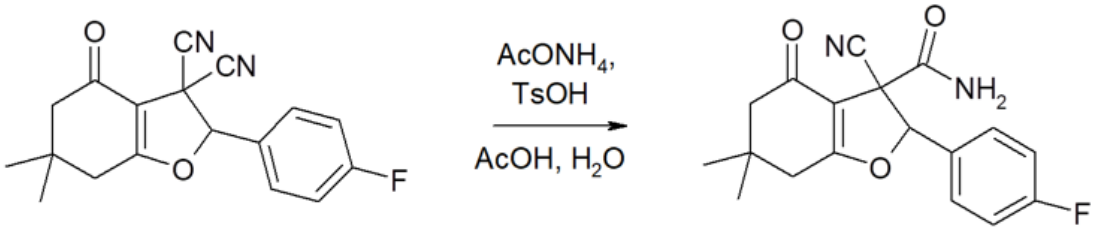
В ходе изучения взаимодействия 1б и 1в с гидразингидратом неожиданно был выделен один и тот же продукт - производное 4,5,6,7-тетрагидроиндола 3. Предполагается, что в ходе реакции происходит рециклизация, сопровождаемая фрагментацией с отщеплением остатка ароматического альдегида (рисунок 3).



3

Рисунок 3 – Схема реакции образования соединения 3 (2 б R=2,4-$Cl_2C_6H_3$, в R=4-FC_6H_4)

Также нами была проведена реакция 1в с ацетатом аммония (рисунок 4). В этом случае происходит гидролиз одной из цианогрупп, что, вероятно, объясняется пространственной затруднённостью подхода второй молекулы ацетата аммония.



4

Рисунок 4 – Схема реакции образования соединения 4

Список литературы

1. A Mild and Efficient Method for Semmler-Wolff Aromatization; A Versatile Route to m-Alkoxy-, m-Halogeno-, and m-Thiocyanato-acetanilides / Tamura Y., Yoshimoto Y., Sakai K., Haruta J.-I., Kita Y. – DOI 10.1055/ s-1980-29253 // Synthesis. – 1980. – №11. – P. 887-889

2. Unexpected ring-opening of 3-aroylbenzo[b]furans at room temperature: a new route for the construction of phenol-substituted pyrazoles / Hatem A. Abdel-Aziz, Pervez Ahmad, Adnan Kadi [et al]. – DOI 10.1016/j.tetlet.2013.04.085 // Tetrahedron Letters. – 2013. – Vol. 54. – P. 3424-3426

3. Molecular-Iodine-Promoted Synthesis of Dihydrobenzofuran-3,3-dicarbonitriles through a Novel Rearrangement / N. Medishetti [et al]. – DOI: 10.1055/s-0037-1611706 // Synlett – 2019. – Vol. 30. – P. A-F

Емельянова В. Г.,[1,2] Щитовская Е. В.,[1,2] Колзунова Л.Г.[2]

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИМЕТИЛОЛАКРИЛАМИД/AuNPs-TiO_2

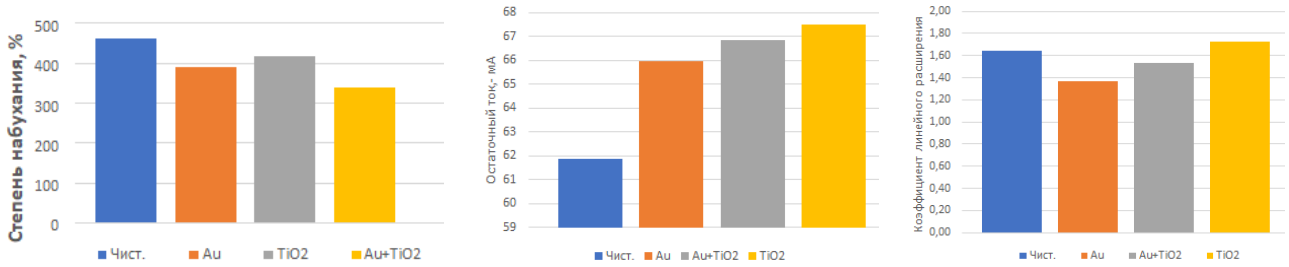
[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Институт химии ДВО РАН
Научные руководители – к.х.н., доцент Е.В. Щитовская[1], д.х.н., с.н.с. Л.Г. Колзунова[2]

В настоящее время активно развивается нанохимия. Наноматериалы благодаря своим уникальным свойствам находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Например, полимерные нанокомпозиты могут использоваться в качестве антикоррозионных покрытий [1], антисептических материалов [2], фотокатализаторов [3].

Целью данной работы является разработка и изучение особенностей одностадийного метода формирования композитов на основе полимеров с включением наночастиц золота (AuNPs) и диоксида титана, а также исследование их физико-химических свойств.

Формирование композитных полимерных пленок проводили в режиме потенциостатического электролиза из водного раствора базового электролита, содержащего акриламид, формальдегид, N, N'-метиленбисакриламид и хлорид цинка [4], с добавкой наночастиц диоксида титана (2,5 г/л), золотохлористоводородной кислоты (1мМ) и Glucopon 650 EC (0,01 г/л). Рабочим электродом (катод) служила пластина из нержавеющей стали марки **AISI304**, вспомогательным (анод) – Pt пластина. В качестве электрода сравнения использовали насыщенный хлоридсеребряный электрод ЭВЛ-1М3.

Проведено исследование набухаемости и коэффициента линейного расширения композитных полимерных пленок. Установлено, что включение наночастиц как TiO_2, так и AuNPs снижает набухаемость пленок (рисунок 1а). Наибольшее влияние на набухаемость оказывает совместное добавление наночастиц TiO_2 и AuNPs. В этом случае набухаемость снижается более чем на 120% по сравнению с полиметилолакриламидной (ПМАА) пленкой без добавок и с индивидуальными добавками наночастиц золота и диоксида титана. Такой эффект связан с увеличением доли ненабухающих неорганических компонентов в пористой полимерной матрице.



а б в

Рисунок 1 – Зависимость степени набухания – (а), остаточного тока – (б) и коэффициента линейного расширения полимеров – (в) от состава композита

Изменение остаточного тока формирования покрытий (плотность тока при окончании формирования композита) представлено на (рисунке 1б). Как следует из рисунка наибольшая изолирующая способность характерна для ПМАА пленки. Включение в пленку электропроводящих наночастиц AuNPs закономерно увеличивает остаточный ток. Однако, как видно из диаграммы, наибольшая величина остаточного тока характерна для композитной пленки с добавлением наночастиц TiO_2, которые не обладают высокой электропроводностью, либо смеси AuNPs и TiO_2. Такой неожиданный эффект может быть обусловлен тем, что включение TiO_2 в композит приводит к разрыхлению объемной структуры полимерной матрицы и, как следствие, к увеличению количества

сорбированного пленкой проводящего электролита. Такой механизм хорошо согласуется с данными по набухаемости (рисунок 1а).

Более того, предложенный механизм подтверждается и данными по изменению коэффициента линейного расширения композитов (рисунок 1в), который является максимальным в присутствии ПМАА/TiO_2. Тогда как в присутствии AuNPs в композите этот показатель минимальный. Совместное же присутствие AuNPs и TiO_2 повышает коэффициент линейного расширения на 0,16%, по сравнению с композитом, содержащим только AuNPs.

Исследована динамика влагопоглощения для всех композитов (рисунок 2).

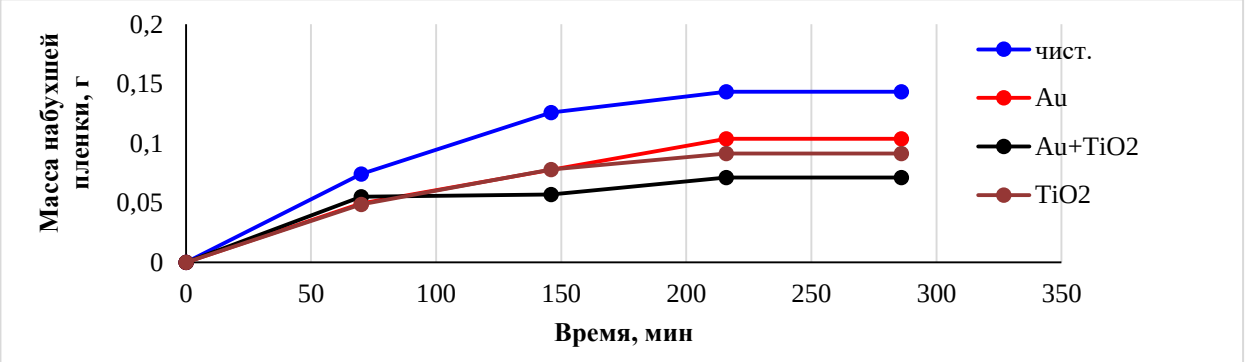
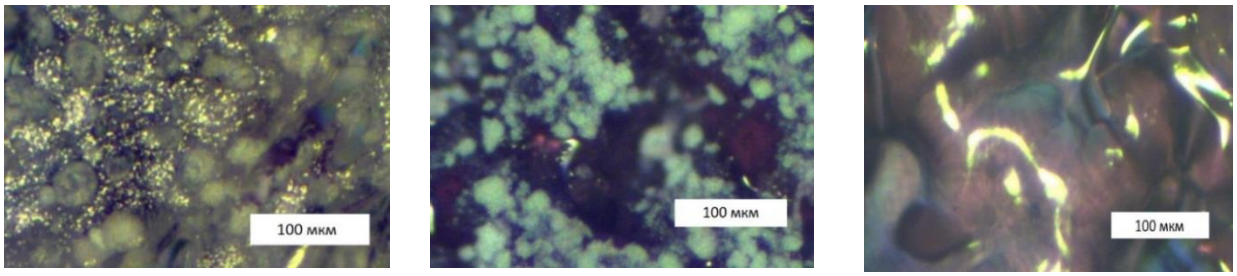


Рисунок 2 – Зависимость массы пленки от времени набухания

Как видно из графика, в начальный момент времени (1 мин) зависимость линейна. С увеличением времени набухания происходит увеличение массы пленок. Однако уже через 3–3,5 мин процесс выходит на стационар и набухание полимера прекращается, а его масса не изменяется. Совместное введение в пленку наночастиц TiO_2 и Au значительно снижает набухаемость полимера.

С помощью микроскопа Микроскоп Carl Zeiss Axiovert 40 MAT проведено исследование микроструктуры полимерных нанопленок.

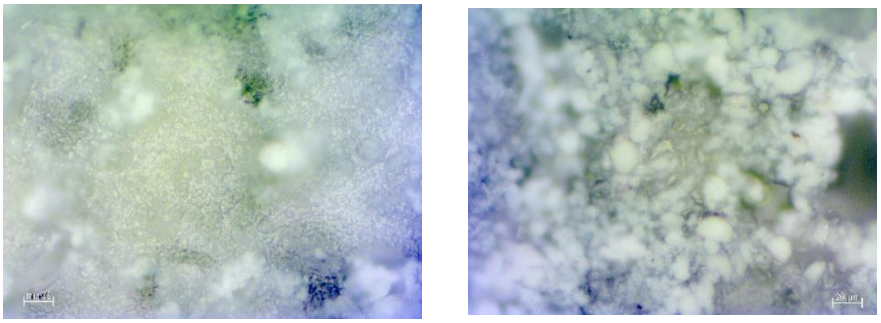
Как видно из рисунка 3, пленки имеют пористую структуру. При набухании размеры пор увеличиваются. На снимках видно, что происходит включение наночастиц золота и диоксида титана в полимерную матрицу, но наночастицы TiO_2 распределены неравномерно в объеме композита.



а б в

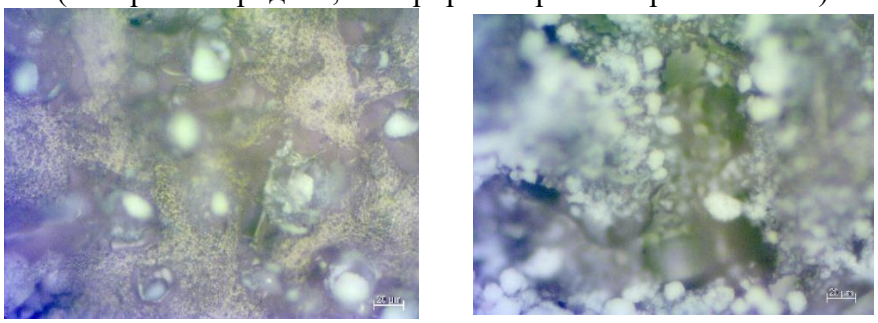
Рисунок 3 – Снимки микроструктуры нанопленок с добавками наночастиц диоксида титана (а), золота и диоксида титана (б), золота (в) (прирастворная сторона пленки)

Для более равномерного распределения наночастиц диоксида титана был применен метод смешивания наночастиц TiO_2 с Glucopon 650 EC в агатовой ступке перед введением в раствор мономеров. Это способствовало более равномерному распределению наночастиц в полимере (рисунок 4, 5).



а б

Рисунок 4 – Снимки микроструктуры полимеров с добавкой наночастиц диоксида титана (а – приэлектродная, б – прирастворная сторона пленки)



а б

Рисунок 5 – Снимки микроструктуры полимеров с совместным добавлением наночастиц золота и диоксида титана (а – приэлектродная, б – прирастворная сторона пленки)

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что предварительное растирание наночастиц TiO_2 с Glucopon 650 EC приводит к более равномерному распределению наночастиц в полимерной матрице.

Список литературы

1. Шаповал, Г. С. Электрохимическое инициирование полимеризации / Г. С. Шаповал, А. В. Городыский // Успехи химии – 1973. – Т. 42. – С. 854-880.

2. Kolzunova, L. Antibacterial Effect and Biodegradation of Electrosynthesized Polymethylolacrylamide Films / L. Kolzunova // Polymer Engineering and science – 2017. – V. 57– P. 716-721.

3. Колзунова, Л. Г. Электрохимический синтез и свойства композита полиметилолакриламид/TiO_2 / Л. Г. Колзунова, А. К. Рунов // Вестник ДВО РАН. – 2018. – № 5. – С. 41-48.

4. Колзунова, Л. Г. Инициирование электрополимеризации акриламида и формальдегида металлическим цинком в водной среде / Л. Г. Колзунова, М. А. Карпенко //Электрохимия. – 2011. – Т. 47. – № 10. – С. 1170–1175.

Чаплыгина Д.А., Патрушева О.В., Штарёв Д.С.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДНОГО ПЕРОВСКИТА НА ОСНОВЕ 2-МЕТИЛПИРИДИНА НА ЕГО КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., доцент О.В. Патрушева
Соруководитель – д.ф.-м.н., профессор Д.С. Штарёв

В настоящее время активно проводятся исследования, посвященные получению гибридных органо-неорганических перовскитов и изучению их особых электрических и нелинейно-оптических

свойств, с целью применения в качестве полупроводниковых материалов [1]. Это даёт возможность их широкого применения в оптоэлектронике и сверхбыстрой фотонике [2], в том числе в качестве материалов в солнечных элементах, люминесценции и фотоприемниках [3].

Целью работы является изучение влияния условий получения гибридных перовскитов на основе 2-метилпиридина и бромида свинца на их кристаллическую структуру.

В большинстве известных методик кристаллы перовскита получают взаимодействием органического вещества и галогенида свинца в эквимолярном соотношении [1, 2]. В данной работе соотношение органического и неорганического агентов варьировалось как в сторону увеличения органической, так и в сторону увеличения неорганической составляющей. Перовскиты получали смешением растворов 2-метилпиридина и бромида свинца в HBr.

В ИК-спектрах полученных образцов наблюдаются полосы поглощения, отвечающие валентным колебаниям связей C=C, C=N ароматического кольца в области 1614–1468 $см^{-1}$ и характерных для 2-метилпиридина полос поглощения валентных и деформационных колебаний связи C–H в области 3136-3076 и 1043-1036 $см^{-1}$ соответственно. Таким образом, данные ИК-спектроскопии подтверждают присутствие 2-метилпиридина в составе анализируемых соединений.

Полученные перовскиты исследовали методом рентгенофазового анализа. Из рисунка 1 видно, что все образцы имеют кристаллическую структуру, отличную от бромида свинца. Дифрактограммы образцов, полученных при избытке бромида свинца, характеризуются одинаковым расположением рефлексов в сравнении с образцом, полученным при эквимолярном соотношении компонентов. Все рефлексы, характерные для кристаллической структуры перовскита, хорошо разрешены, узкие и не имеют расщепления. Это означает, что кристаллическая решетка не деформирована. Для образцов с преобладанием 2-метилпиридина в реакционной смеси наблюдается изменение положения рефлексов, что указывает на формирование кристаллической решетки с другими межплоскостными расстояниями (рисунок 1). Расщепление отдельных пиков может вызываться искажением кристаллической решетки [4].

По результатам ЭДС-анализа образцов 2-метилпиридин:$PbBr_2$–1:1 и 2-метилпиридин:$PbBr_2$–2:1 соотношение азота к свинцу в перовскитах соответствует соотношению реагирующих компонентов, что позволяет предположить наличие в структуре монокатиона 2-метилпиридина для первого образца и бикатиона – для второго.

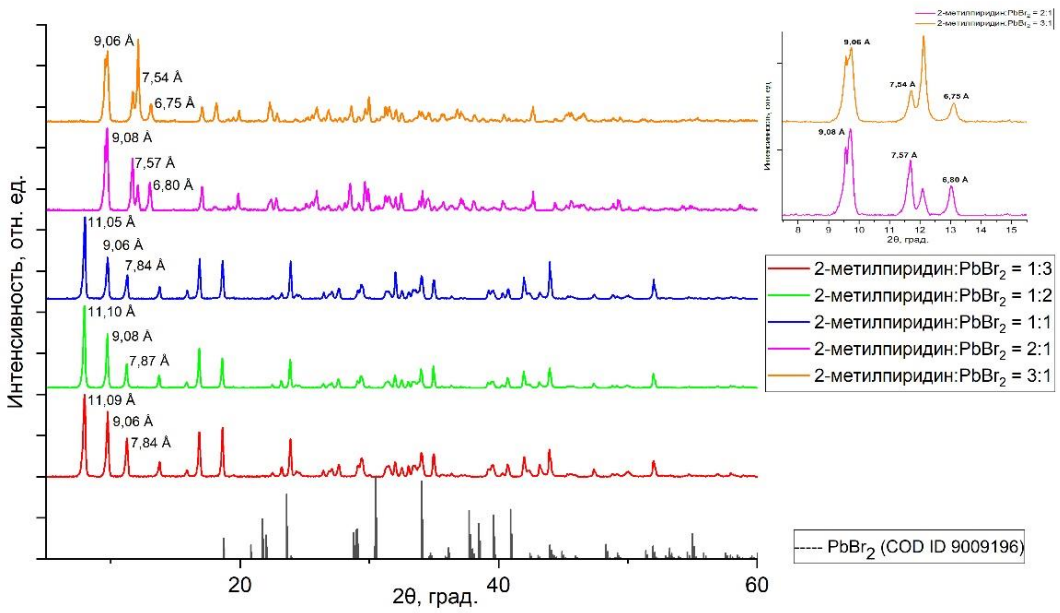
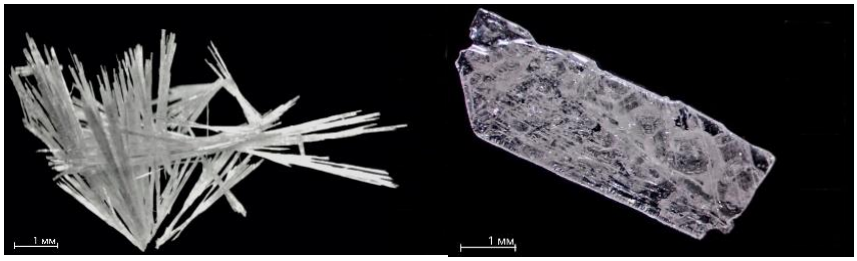


Рисунок 1 – Дифрактограммы кристаллов перовскитов, полученных взаимодействием 2-метилпиридина и бромида свинца в различных соотношениях

Различия в кристаллических решетках отражаются на форме кристаллов: перовскиты имеют игольчатую или пластинчатую структуру (рисунок 2).



а) б)

Рисунок 2 – Фотографии полученных перовскитов

а) 2-метилпиридин : $PbBr_2$ – 1:3; б) 2-метилпиридин : $PbBr_2$ – 2:1

Таким образом, изменением соотношения 2-метилпиридина и бромида свинца были получены кристаллы перовскитов с различающейся структурой. Избыток бромида свинца по отношению к 2-метилпиридину не влияет на кристаллическую структуру образующегося перовскита, однако при избыточном содержании 2-метилпиридина происходит её изменение.

Список литературы

1. Peng, X.-L. 1D Chiral Lead Bromide Perovskite with Superior Second-Order Optical Nonlinearity, Photoluminescence, and High-Temperature Reversible Phase Transition / X.-L. Peng and et. al. – DOI 10.1002/asia.202201206 // Chem Asian J. – 2023. – №18. – P. e202201206.

2. Xu, J. Halide Perovskites for Nonlinear Optics / J. Xu and et. al. – DOI 10.1002/adma.201806736 // Adv. Mater. – 2020. – №23. – P. 1806736.

3. Wei, T.-Ch. Nonlinear Absorption Applications of CH3NH3PbBr3 Perovskite Crystals / Tzu-Chiao Wei and et. al. – DOI 10.1002/adfm.201707175// Adv. Funct. Mater. – 2018. – №28. – P. 1707175.

4. Gao, Y. Electro-Optic Modulation Using Metal-Free Perovskites / Gao Yuan and et. al. – DOI 10.1021/acsami.1c03406 // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2021. – №13. – P. 19042−19047.

Калинин А.И., Мягчилов А. В.

ВЫДЕЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *PICRIS KOREANA* (KITAM.) VOROSCH

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Мягчилов

Возрастающий интерес к лекарственным препаратам природного происхождения стимулирует поиск растений, богатых биологически активными соединениями.

Территория Дальнего Востока России отличается уникальной и своеобразной флорой, имеющей высокий потенциал применения её представителей в фармакологии, однако фактическое использование её видового состава невелико, вследствие относительно небольшой изученности. В народной медицине широко используются растения семейства Asteraceae в качестве отхаркивающих, противовоспалительных, ранозаживляющих, диуретических средств. Растения семейства Asteraceae используются для получения многих фармацевтических препаратов: фламин, алантон, ротокан, алором и др. [1].

Однако, химический состав большинства растений семейства Asteraceae недостаточно изучен, что ограничивает их использование в медицине. Одним из таких растений является *Picris koreana*

(Kitam.) Vorosch. *Picris koreana* используется в народной медицине как слабительное, седативное средство, а в тибетской медицине как потогонное средство при лихорадочных заболеваниях [2]. Таким образом, изучение химического состава растения *Picris koreana* является актуальным.

Целью работы являлось исследование состава флавоноидов в *Picris koreana* (Kitam.) Vorosch.

Методами жидкостной экстракции и хроматографии из надземной части (листья, соцветия) растения *Picris koreana* (Kitam.) Vorosch. впервые выделены флавоноиды: изоетин-2′-O-α-L-арабинопиранозид **1**, изоетин-2′-O-β-D-галактопиранозид **2**, изоетин-2′-O-(6′′-O-ацетил)-β-D-галактопиранозид **3**, лютеолин-4′-O-β-D-глюкопиранозид **4** (рисунок 1).

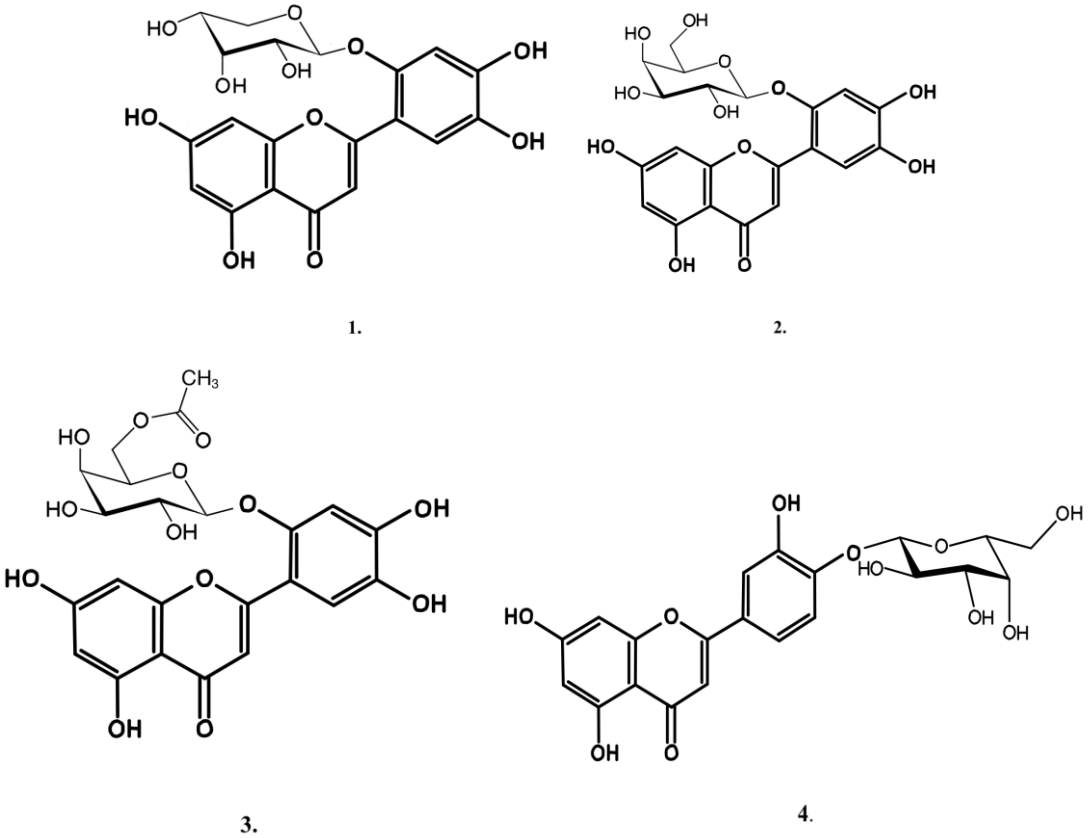


Рисунок 1 – Структурные формулы флавоноидов: 1 – изоетин-2′-O-α-L-арабинопиранозид, 2 – изоетин-2′-O-β-D-галактопиранозид, 3 – изоетин-2′-O-(6′′-O-ацетил)-β-D-галактопиранозид, 4 – лютеолин-4′-O-β-D-глюкопиранозид

Флавоноиды изоетин-2′-O-β-D-галактопиранозид, изоетин-2′-O-(6′′-O-ацетил)-β-D-галактопиранозид являются новыми ранее не описанными в литературе соединениями, структура которых установлена методами ЯМР-спектроскопии.

Список литературы

1. Георгиевский, В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений/ В.П. Георгиевский, Н.Ф. Комиссаренко, С.Е. Дмитрук. – Новосибирск: Наука, 1990. – 333 с.

2. Лукьянчикова, Г. И. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья / Г. И. Лукьянчикова // Фармация. - 1985. - Т. 35, Вып. 6. - С. 60–61.

Громыко А. А., Третьякова Г.О.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ СПИРОБОРАТНЫХ БЕТА-ДИКЕТОНОВ И КЕТОИМИНОВ

Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., доцент Г. О. Третьякова

β-Дикетонаты бора – интересный класс соединений, обладающих интенсивной люминесценцией как в растворах, так и в кристаллическом состоянии [1]. В настоящее время соединения данного типа имеют обширную область применения: в составе композитов для фотоэлектрических преобразователей солнечных батарей [2]; для определения бензола, толуола, ксилола и стирола в воздухе [3], применяются в качестве эффективных антибактериальных, противораковых и антивирусных средств [4]. β-Кетоиминаты, являясь электронными аналогами дикетонатов, слабо люминесцируют в растворах, но обладают яркой люминесценцией в кристаллах, вследствие агрегационно-индукционной эмиссии [5]. Поэтому они представляют особый интерес для исследования фотоиндуцированных процессов в полимерах [6]. Спироборатами называются тетракоординированные комплексы бора с различными лигандами. В настоящее время спироборатные комплексы применяются в различных областях: в качестве красителей для лазеров с циркулярной поляризацией [7]; известны так же лекарственные препараты на основе спироборатов [8].

Целью работы является синтез и исследование люминесцентных свойств ряда спирборатных комплексов: дибензоилметаната (**1**), 3-амино-1,3-дифенил-2-пропен-1-оната (**2**) и 3-метиламино-1,3-дифенил-2-пропен-1-оната (**3**) бора с солигандом малоновой кислотой.

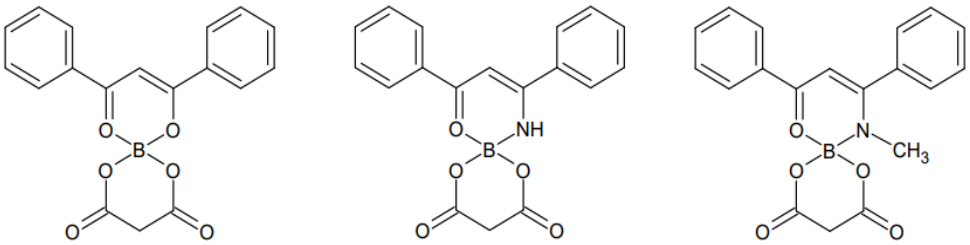


Рисунок 18 – Структурные формулы полученных соединений

Для синтеза соединений **1-3** была подобрана методика: кипячение при перемешивании лигандов (**L_{1-3}**) с малоновой и борной кислотами в ксилоле с ловушкой Дина-Старка (рисунок 2). Выход составил от 70 до 94%.

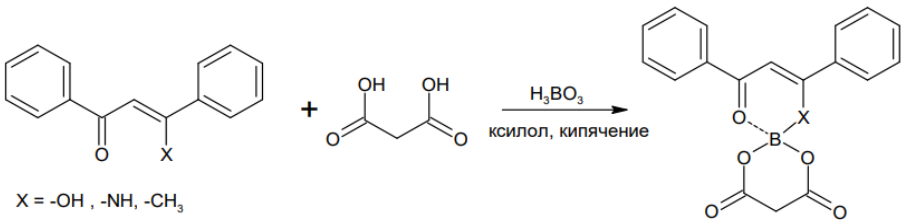


Рисунок 19 – Схема реакции получения спироборатных комплексов

Были изучены спектрально-люминесцентные свойства соединений **1–3**. Установлено, что все исследуемые комплексы обладают интенсивной люминесценцией в растворах и в кристаллах. Показано, что замена атома кислорода на аминогруппу приводит к небольшому гипсохромному смещению спектров люминесценции и возбуждения люминесценции растворов и кристаллов исследуемых соединений.

Список литературы

1. Ilge, H.D. Zum Absorbtions- und Fluorezezverhalten substituierter 1,3-Diketoborate / H.D. Ilge, D. Fabler, H. Hartmann – DOI 10.1002/zfch.19840240615 // Zeitschrift für Chemie. – 1984. – Vol. 24, № 6. – P. 218-219.

2. Патент 2469295 Российская Федерация, МПК G01N 21/64 (2006.01). Способ определения бензола, толуола и ксилола в воздухе / В. А. Сажников, В. М. Аристархов, А. Г. Мирочник, Е. В. Федоренко, М. В. Алфимов ; заявитель Учреждение Российской академии наук Центр фотохимии РАН. – 12 с. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002469295_20121210_C1_RU/ (дата обращения: 29.11.2022).

3. Патент 2747603 Российская Федерация, МПК C09K11/06 (2006.01). Полимерная люминесцентная композиция для увеличения эффективности работы фотоэлектрического преобразователя / А. А. Хребтов, Е. В. Федоренко, Л. А. Лим, А. Г. Мирочник ; заявитель ФГБУН Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 12 с. – URL: https://patenton.ru/patent/RU2747603C2 (дата обращения: 29.11.2022).

4. Meerwein, H. Synthesen von ketonen und β-diketonen mit hilfe von borfluorid / H. Meerwein, F. Vossen – DOI 10.1002/prac.19341410503 // J. für Prakt. Chemie – 1934. – Vol. 141, № 5-8. – P. 149-166.

5. Synthesis and fluorescence properties of novel pyrazine–boron complexes bearing a β-iminoketone ligand / Y. Kubota, H. Hara, S. Tanaka [et al.] – DOI 10.1021/ol202819w // Organic Letters. – 2011. – Vol. 13, N. 24. – P. 6544-6547.

6. Люминесценция и фотохимическое поведение кетоиминатов дифторида бора / А. Г. Мирочник, А. В. Трифонов, Е. В. Федоренко [и др.] – DOI 10.7868/S003040341712011X // Оптика и спектроскопия. – 2017. – Т. 123, № 6. – с. 866-870.

7. Axially chiral propeller-shaped spiroborates with aggregation-modulated circularly polarized luminescence / W. Duan, K. Li, Y. Huo [et al.]. – DOI 10.1016/j.dyepig.2021.109538 // Dyes and Pigments. – 2021. – Vol. 193, Art. 109538. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720821004046?pes=vor (дата обращения: 29.11.2022).

8. Kilic, A. Design, spectroscopic properties and effects of novel catechol spiroborates derived from Schiff bases in the antioxidant, antibacterial and DNA binding activity /A. Kilic, R. Söylemez, V. Okumuş // J. Org. Chem. – 2022. – Vol. 960 Art. 122228. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022328X21005490?pes=vor (дата обращения: 29.11.2022).

Ван Хайян, Белозерова Л. А., Штарев Д.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ CuO-MoO_3 В ОБЛАСТИ 10-50 МОЛ. % MoO_3

Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - д. ф.-м. н., доцент Д.С. Штарев

Как новый класс фотокаталитических материалов, молибдатные материалы имеют структурные характеристики, позволяющие им проявлять хорошую фотокаталитическую активность даже в видимой области, и в последние годы являются актуальной темой исследований [1]. По мере развития исследований молибдат показал отличные результаты в фотокаталитической деградации сточных вод,

поэтому исследователи провели ряд исследований структуры и фотокаталитических свойств молибдатных материалов.

Известно, что молибдат меди $CuMoO_4$ может выступать в качестве эффективного катализатора для окисления [2] или восстановления различных органических соединений, также может участвовать в электрохимических реакциях с выделением кислорода или восстановлением CO_2.

В данной работе были получены образцы молибдата меди различного фазового состава. После исследована фотокаталитическая активность разложения метиленового синего в водном растворе под действием системы $CuO–MoO_3$ (таблица).

Таблица

Деградация метиленового синего

Состав гетероструктуры	Доля CuO, мол. %	Температура синтеза, °C	Степень деструкции
Без катализатора	-	-	5,36
CuO/Cu_2MoO_5	10	700	4,38
Cu_2MoO_5/CuO	20	700	7,18
Cu_2MoO_5/CuO	30	700	8,61
Cu_2MoO_5/CuO	40	700	6,14
$CuMoO_4/MoO_3$	50	675	73,6
$Cu_2MoO_5/CuMoO_4$	50	700	57,3
$Cu_2MoO_5/CuMoO_4$	50	725	53,9
$Cu_2MoO_5/CuMoO_4$	50	750	52,4

Отдельное внимание акцентировали на механизме каталитической реакции, для этого была проведена серия экспериментов с различными поглотителями радикалов. В качестве селективных поглотителей использовались: изопропиловый спирт, оксалат аммония, диметилсульфоксид, аргон и бутанол. Полученные результаты позволили определить механизм и выявить активные частицы ответственные за кинетическое разложение органической составляющей.

Список литературы

1. In-situ fabrication of $AgI/Ag_nMo_xO_{3x+n/2}/g\text{-}C_3N_4$ ternary composite photocatalysts for benzotriazole degradation: Tuning the heterostructure, photocatalytic activity and photostability by the degree of molybdate polymerization / Hao Huang, Hui-Long Wang, Shao-Bo Shi, Wen-Feng Jiang // Separation and Purification Technology. – 2023. – Vol. 307. – P. 122874.

2. Enhanced photocatalytic performance of pebble stone like $CuMoO_4$ photocatalyst for the degradation of organic pollutant / Lalitha Kamarasu, Ezhaveni Sathiyamoorthi, Satya Sree Nannapaneni, Saravanavadivu Arunachalam, Muthuraj Arunpandian, Jintae Lee, PadmaPriya Arumugam, Naresh Kumar Katari // Physica B: Condensed Matter. – 2023. – Vol. 650. – P. 414544.

Белозерова Л. А., Ван Хайян, Штарев Д.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУР CuO-MoO_3 (БОЛЕЕ 50 МОЛ. % CuO)

Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель - д. ф.-м. н., доцент Д.С. Штарев

Одной из активно развивающихся областей современной физической химии является фотокатализ. Фотокаталитические реакции находят широкое применение в различных сферах, таких как

медицина, электрохимия, химия окружающей среды. Многие катализаторы полупроводниковой природы способны разлагать стойкие органические загрязнители (красители, синтетические моющие средства, пестициды и др.) под действием светового излучения в видимой и УФ-областях.

В последние годы в качестве катализаторов находят применение молибдаты переходных металлов. Так, например, молибдат меди $CuMoO_4$ выступает в качестве эффективного катализатора для дожигания сажи [1], проявляет свойства электрокатализатора в реакции выделения кислорода [2] или восстановления углекислого газа. Данный катализатор применяется также для деструкции органических соединений, в частности, химических красителей.

В настоящей работе были получены твердофазным синтезом гетероструктуры системы CuO-MoO_3 различного состава. Далее исследована кинетика фотокаталитического разложения метиленового синего в водном растворе под действием системы CuO–MoO_3 в области концентраций CuO 60–90 мол. % (таблица).

Таблица

Деструкция метиленового синего в зависимости от состава каталитической системы

Состав гетероструктуры	Доля CuO, мол. %	Температура синтеза, °C	Степень деструкции
Без катализатора	-	-	5,36
$CuMoO_4/MoO_3$	60	700	84,5
$MoO_3/CuMoO_4$	70	700	34,3
$MoO_3/CuMoO_4$	80	700	68,1
$MoO_3/CuMoO_4$	90	700	18,0

Особое внимание уделили механизму каталитической реакции, для чего была проведена серия экспериментов с различными селективными поглотителями радикалов. В качестве селективных поглотителей использовались: изопропиловый спирт, оксалат аммония, диметилсульфоксид, аргон и бутанол. Они использовались для поглощения частиц. Полученные результаты позволили определить механизм и выявить активные частицы ответственные за кинетическое разложение органической составляющей.

Список литературы

1. Chigrin, P. G., Kinetics of soot oxidation catalyzed by CuMoO4 / P. G. Chigrin, N. V. Lebukhova, A. Y. Ustinov // Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. – 2014. – Т. 113. – P. 1–17.

2. Yadav, A. A., Chemical synthesis of a microsphere-like copper molybdate electrode for oxygen evolution reaction / A. A. Yadav, Y.M. Hunge, S.-W. Kang. // Surfaces and Interfaces. – 2021. – Т. 26. – P. 1–23.

Ким Кван Хёк, Жидков М.Е.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ КОНДЕНСАЦИИ ИНДИГО С МЕТИЛАЦЕТОУКСУСНЫМ ЭФИРОМ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – к.х.н., доцент М.Е. Жидков

На сегодняшний день онкологические заболевания являются основной причиной смерти во многих странах. Этот факт свидетельствует о недостаточной эффективности существующих способов их лечения и определяет потребность в разработке новых химиотерапевтических препаратов. На данный момент целенаправленный синтез и модификация природных соединений, в частности

алкалоидов, получаемых из морских беспозвоночных, являются одними из ключевых направлений при разработке подобных препаратов. К подобным соединениям относится алкалоид фаскаплизин, выделенный из губки *Fascaplysinopsis* sp. в 1988 году [1]. Данный алкалоид проявляет широкий спектр биологической активности, прежде всего, противоопухолевую. Однако сам фаскаплизин обладает высокой токсичностью, поэтому его невозможно применять в качестве лекарственного средства [2]. Таким образом, актуальной задачей является разработка путей синтеза производных фаскаплизина, обладающих сходной или большей активностью, но меньшей токсичностью. В ходе воспроизведения двухстадийного метода синтеза 7-метилфаскаплизина [3] исходя из индиго (**1**) при замене метилмалонового эфира на метилацетоуксусный эфир неожиданно было обнаружено, что продукт конденсации по хроматографическому поведению отличается от целевого. В рамках данной работы показано, что реакция индиго с метилацетоуксусным эфиром протекает путем деметилирования промежуточного продукта конденсации индиго с метилацетоуксусным эфиром **(4)** по механизму нуклеофильного замещения гидроксид-анионом, присутствующим в реакционной смеси (рисунок 1).

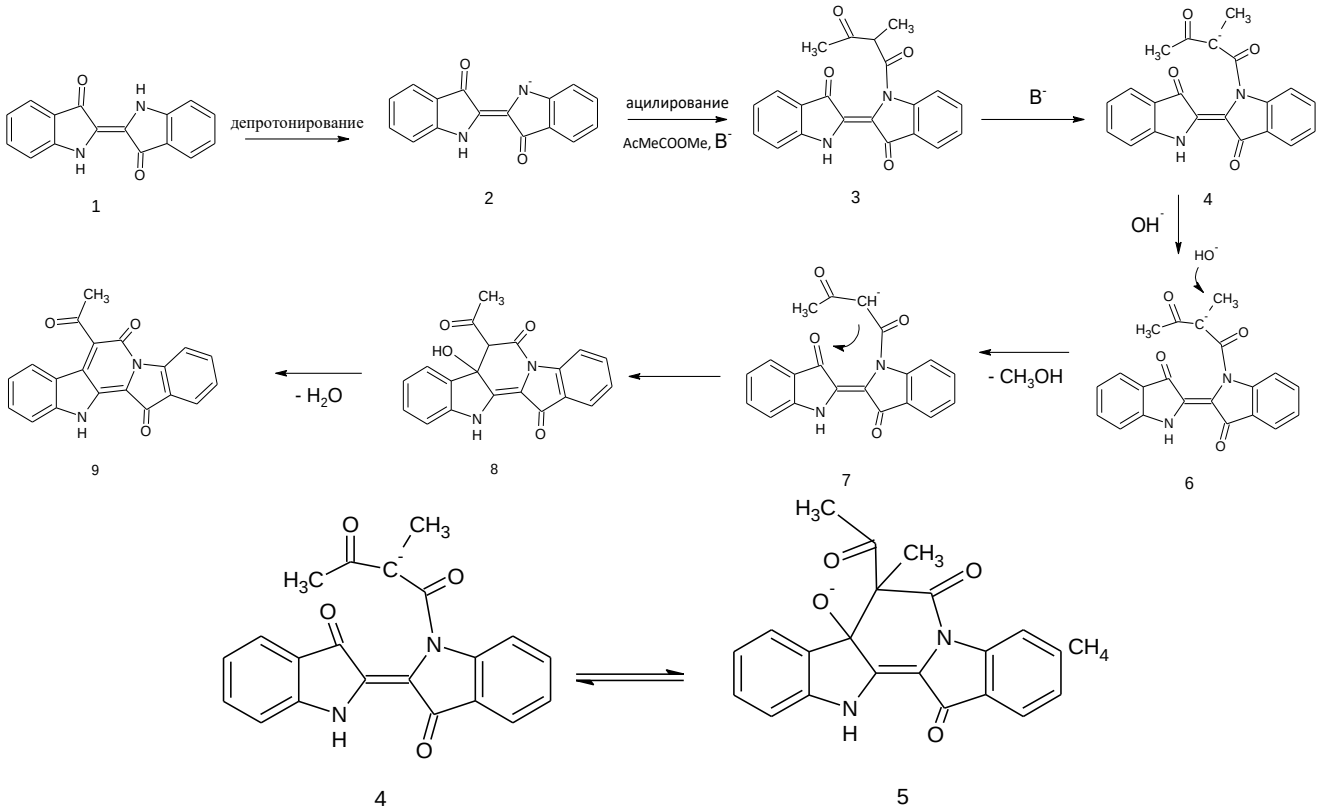


Рисунок 1 – Механизм реакции индиго с метилацетоуксусным эфиром

Список литературы

1. Fascaplysin, an unusual antimicrobial pigment from the marine sponge *Fascaplysinopsis* sp. / D. M. Roll, C. M. Ireland, H. S. M. Lu, J. Clardy // J. Org. Chem. – 1988. – V. 53, No 14. – P. 3276-3278.

2. A biomimetic synthesis of homofascaplysin C from ditryptophans / X. Mei, A. Ru, H. Tao, H. Xiao-jiang, L. Sheng // Tetrahedron Lett. – 2016. – V. 57, No 11. – P. 1247-1249.

3. Study of Structure-Activity Relationships of the Marine Alkaloid Fascaplysin and Its Derivatives as Potent Anticancer Agents / Maxim E Zhidkov, Moritz Kaune, Alexey V Kantemirov, Polina A Smirnova, Pavel V Spirin, Maria A Sidorova, Sergey A Stadnik, Elena Y Shyrokova , Dmitry N Kaluzhny, Oleg A Tryapkin, Tobias Busenbender, Jessica Hauschild, Tina Rohlfing[et al.]. doi: 10.3390/md20030185.

Авдеев Ф.С., Гольц А.А., Третьякова Г.О., Свистунова И.В.

СИНТЕЗ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА 3-АМИНО-1,5-ДИФЕНИЛПЕНТА-4-ЕН-1-ОНАТА ДИФТОРИДА БОРА

Департамент химии и материалов ИНТиМП ДВФУ
Научные руководители – к.х.н., доцент Г.О. Третьякова, к.х.н., доцент И.В. Свистунова

Интерес к люминофорам на основе дикетонатных комплексов дифторида бора обусловлен их уникальными фотофизическими свойствами, такими как высокий квантовый выход люминесценции, хорошая химическая и фотохимическая стабильность, длительное время жизни в возбужденном состоянии и хорошая растворимость [1]. Замена атома кислорода в дикетонатах дифторида бора на аминогруппу приводит к существенному изменению спектрально-люминесцентных свойств этих соединений [2]. Интерес к изучению кетоиминатов дифторида бора в основном связан со способностью этого класса соединений к агрегационно- и кристаллизационно-индуцированной эмиссии, что делает их перспективными твердотельными люминофорами [3].

Целью работы был синтез 3-амино-1,5-дифенилпента-4-ен-1-оната дифторида бора (**1**) и изучение его люминесцентных свойств.

Соединение **1** было синтезировано действием аммиака на соответствующий дикетон с последующим хелатированием эфиратом трифторида бора (рисунок 1).

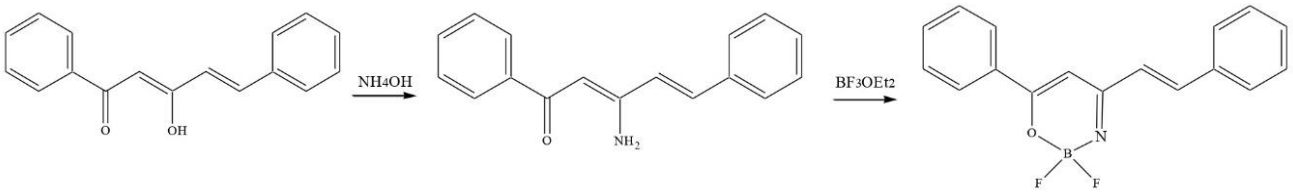


Рисунок 1 – Схема синтеза **1**

Замещение атома кислорода на аминогруппу действием амина на дикетонатный полиметиновый краситель не привело к количественному выходу ожидаемого кетоиминатного комплекса. Другой подход к синтезу, заключающийся во взаимодействии кетоиминатного производного бензоилацетоната дифторида бора с бензальдегидом также, не привел к получению кетоиминатного красителя **1**.

Соединение **1** обладает интенсивной люминесценцией как в растворах, так и в кристаллах. Установлено, что для кристаллов **1** характерен механохромизм: при растирании цвет люминесценции меняется с оранжевого на зеленый. Показано наличие сольватохромизма в растворах **1**: при увеличении полярности растворителя цвет люминесценции изменяется с синей (в толуоле) на голубую (в хлороформе).

Список литературы

1. Low-dimensional nanostructures fabricated from bis(dioxaborine)carbazole derivatives as fluorescent chemosensors for detecting organic amine vapors / X. Liu, X. Zhang, R. Lu, P. Xue, H. Zhou - DOI: 10.1039/c0jm04274a // J. Mater. Chem. – 2011. – V. 21. – P. 8756–8765.

2. Третьякова, Г. О. β-кетоиминаты дифторида бора: синтез, молекулярный дизайн и люминесценция: дис. … канд. хим. наук. / Г. О. Третьякова. – Владивосток, 2018. – 200 с.

Удовикин Т.Р.[1] , Черняев А.П.[2] , Цыганков В.Ю.[1,3]

ИГЛОКОЖИЕ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

[1] Международная кафедра ЮНЕСКО "Морская экология" ИМО ДВФУ
[2]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[3] Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем ПИШ ДВФУ,
Научный руководитель – В.Ю. Цыганков

Сегодня факторами антропогенного воздействия на залив Петра Великого являются три компонента: железнодорожный и автомобильный транспорт [1], деятельность промышленных предприятий (особенно энергетических) [2], а также наличие и деятельность торгового и каботажного флотов [3]. С другой стороны, источником поступления полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в окружающую среду является не только антропогенная деятельность, но и естественные природные процессы, наиболее актуальными из которых, для Приморского края, являются пожары, возникающие по различным причинам [2].

Сами по себе ПАУ образуют класс химических соединений, обладающих токсическими, мутагенными и канцерогенными свойствами. Молекулы ПАУ состоят из бензольных колец, сконденсированных при помощи двух или более общих соседних углеродных атомов [4]. Все ПАУ крайне устойчивы в окружающей среде, гидрофобны, имеют тенденцию накапливаться в природных объектах, продуктах питания и в человеческом организме, вызывая в дальнейшем нарушения его функционирования. Среди ПАУ наиболее токсичным соединением является бенз(а)пирен [5].

На данный момент распространенным и общепринятым методом оценки состояния прибрежных вод является биотестирование на различных стадиях жизненного цикла морского ежа [6]. Также, в некоторых странах, включая Россию, существуют стандартные процедуры, использующие эту методику [7]. Методы биоиндикации и биотестрирования характеризуют интегральное состояние водных экосистем, в отличие от аналитических методов, которые дают только дифференциальную картину загрязнения, однако с использованием методов биоиндикации и биотестрирования влияние конкретно ПАУ установить не представляется возможным. В то же время морские ежи активно используются учеными в качестве индикаторов загрязнения морской среды при непосредственном анализе ПАУ как с помощью методов газовой [8], так и жидкостной хроматографии [9].

Методика анализа. Навеску 2 г сухого и измельченного образца помещают в колбу, добавляют 10 см^3 дихлорметана и экстрагируют на ультразвуковой бане в течение 15 мин. После экстракции фильтруют через бумажный фильтр, и повторяют экстракцию. После объединения экстрактов их упаривают досуха под вакуумом на ротационном испарителе, масляный остаток омыляют 2 см^3 2 % раствора гидроксида натрия в этиловом спирте в течение 24 часов. Затем сухой остаток перерастворяют в воде, и экстрагируют 10 см^3 дихлорметана. Для лучшего разделения добавляют хлорид натрия. После разделения фаз органическую фракцию осушают безводным сульфатом натрия и пропускают через колонку с флорисилом (100-200 меш) (5 см^3). Полученный экстракт упаривают досуха под вакуумом. Сухой остаток растворяют в 1 см^3 ацетонитрила и анализируют методом ОФ ВЭЖХ с применением стандартных растворов индивидуальных ПАУ (MERCK, USA). Анализ проводят на колонке с фазой С18, размер частиц 3-20 мкм. Температура колонки поддерживается при температуре 23,5±0,1°С. Состав подвижной фазы градиентный – первые 0,5 мин метанол:вода 30:70, затем до 5 мин увеличивают содержание метанола до 80%, с 5 по 62 минуту содержание метанола поднимают до 100% и удерживают так ещё 1 мин.

Всего обработано 28 проб с 5 станций: 1 – бухта Сухопутная (Тихая); 2 – прибрежная часть скалы, разделяющая бухты Соболь и Сухопутную; 3 – бухта Патрокл; 4 – бухта Аякс; 5 – бухта Перевозная.

Суммарная концентрация ПАУ в исследованных объектах варьировалась от 0,66 до 22,27 нг/кг сухой массы. Концентрация бенз[а]пирена, в пробах, где он был обнаружен, варьировалась от 0,047 до 1,305 нг/кг сухой массы.

Для целей определения источников поступления ПАУ существуют специальные индексы петро- и пирогенности, которые указывают на нефтяную природу ПАУ и на поступление ПАУ вследствие горения биомассы соответственно. Также существует индекс, с помощью которого можно определить загрязнённость объектов за счёт подвижных источников (транспорта). Полученные данные обработаны при помощи 5 индексов:

- Антрацен/(Фенантрен+Антрацен), петрогенные – 0,1 – пирогенные [10].
- Флуорантен/(Флуорантен+Пирен), петрогенные – 0,4 – пирогенные [10].
- Флуорантен/пирен, петрогенные – 1 – пирогенные [11].
- Фенантрен/антрацен, пирогенные – 10 – петрогенные [12].
- Бенз(а)пирен/бенз(g,h,i)перилен, иные источники – 0,6 – подвижные источники (транспорт) [13].

Обнаружено, что ПАУ в гидробионтах, собранных непосредственно в бухтах г. Владивостока, имеют пирогенную природу, на некоторые станции значительное влияние оказывают подвижные источники ПАУ (таблица).

Таблица

Коэффициенты по станциям
оранжевый – пирогенная природа, голубой – петрогенная, зелёный – транспорт,
фиолетовый – загрязнение не транспортной природы.

Коэффи-циенты	Флуорантен/ (Флуорантен+ Пирен)	Фенантрен/ антрацен	Флуорантен /пирен	Антрацен/ (Фенантрен+ Антрацен)	Бенз(а)пирен/ бенз(g,h,i)перилен
Сухопутная	0,751	8,866	3,011	0,101	0,109
Скала	0,693	7,098	2,257	0,124	1,092
Патрокл	0,784	7,335	3,630	0,120	0,877
Аякс	0,560	5,899	1,271	0,145	0,523
Перевозная	0,848	18,143	5,594	0,052	0,000

Список литературы

1. Трудовишникова, Д. А. Влияние транспорта на окружающую среду Приморского края / Д. А. Трудовишникова, Е. Д. Карева //Современное общество: глобальные и региональные процессы. – 2020. – С. 38–42.

2. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Dalian soils: distribution and toxicity assessment / Z. Wang, J. Chen, P. Yang, X. Qiao, F. Tian //Journal of Environmental Monitoring. – 2007. – Т. 9, №. 2. – P. 199–204.

3. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface water of the southeastern Japan Sea / K. Hayakawa, F. Makino, M. Yasuma, S. Yoshida, Y. Chondo, A. Toriba, T. Kameda, N. Tang, M. Kunugi, H. Nakase, C. Kinoshita, T. Kawanishi, Z. Zhou, W. Qing, V. Mishukov, P. Tishenko, V. B. Lobanov, T. Chizhova, Y. koudryashova //Chemical and Pharmaceutical Bulletin. – 2016. – Т. 64, №. 6. – P. 625–631.

4. Arey, J. Photochemical reactions of PAHs in the atmosphere / J. Arey, R. Atkinson //PAHs: an ecotoxicological perspective. – 2003. – P. 47–63.

5. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the non-bleached and bleached corals and their ambient environment: The role of suspended particulate matter, mucus, and positive matrix factorization model for identifying contributions to the carcinogenicity of PAH sources / A. R. Jafarabadi, E. Raudonytė-Svirbutavičienė, A. R. Bakhtiari, A. Kareiva //Science of The Total Environment. – 2021. – Т. 787. – P. 147688.

6. Sutherland, J. B. Detoxification of polycyclic aromatic hydrocarbons by fungi / J. B. Sutherland //Journal of industrial microbiology and biotechnology. – 1992. – Т. 9, №. 1. – P. 53–61.

7. EPA U. S. Estuarine and coastal marine waters: Bioassessment and biocriteria technical guidance //Technology. – 2000.

8. GC–ITMS analysis of PAH contamination levels in the marine sea urchin Paracentrotus lividus in Sardinia / A. Angioni, A. Cau, M. Secci, P. Addis // Marine pollution bulletin. – 2014. – Т. 82, №. 1-2. – P. 201–207.

9. Bioaccumulation and biomarkers in the sea star Asterias rubens (Echinodermata: Asteroidea): a North Sea field study / P. J. Den Besten, S. Valk, E. Van Weerlee, R. F. Nolting, J. F. Postma, J. M. Everaarts //Marine environmental research. – 2001. – V. 51, No. 4. – P. 365–387.

10. Occurrence and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of San Diego Bay marinas / C. Neira, J. Cossaboon, G. Mendoza, E. Hoh, L. A. Levin //Marine pollution bulletin. – 2017. – Т. 114, №. 1. – P. 466–479.

11. Nature, distribution and origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediments of Olbia harbor (Northern Sardinia, Italy) / G. De Luca, A. Furesi, G. Micera, A. Pazanelli, P. C. Piu, m. I. Pilo, N. Spano, G. Sanna //Marine Pollution Bulletin. – 2005. – Т. 50, №. 11. – P. 1223–1232.

12. Жилин, А. Ю. Состав, источники и токсикологический потенциал ПАУ в донных осадках Кольского залива Баренцева моря / А. Ю. Жилин, Н. Ф. Плотицына //Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2009. – Т. 156. – С. 247–253.

13. Katsoyiannis, A. On the use of PAH molecular diagnostic ratios in sewage sludge for the understanding of the PAH sources. Is this use appropriate? / A. Katsoyiannis, E. Terzi, Q. Y. Cai //Chemosphere. – 2007. – Т. 69, №. 8. – P. 1337–1339.

Балыбина В. А., Драньков А. Н., Савельева Н.Ю., Кокорина Н.Г., Куулар Ж.С.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НАК ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ

Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель – к. х. н. Папынов Е. К

В работе представлен синтез серии сорбционных материалов на основе слоистых двойных гидроксидов (СДГ) Co-Fe, Ni-Fe, Zn-Ti, полученных наиболее воспроизводимым и экологичным методом гомогенного соосаждения. Использование подобного сочетания переходных металлов позволит получить соединения механически и химически устойчивые в агрессивных средах, которые будут активны в окислительно-восстановительных реакциях в жидкой фазе.

Изучены физико-химические и сорбционные свойства полученных материалов относительно извлечения U(VI) из водных сред, в том числе, в присутствии широкого ряда конкурирующих ионов.

По результатам РФА было установлено, что исследуемые образцы характеризуются высокоорганизованной кристаллической фазовой структурой, о чем свидетельствует наличие пиков на рентгенограммах исследуемых образцов (рисунок 1).

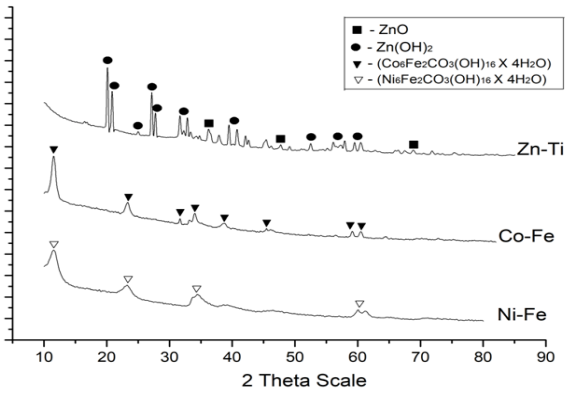


Рисунок 1 – Рентгенограмма исследуемых образцов на основе СДГ

Фазовый состав образцов на основе СДГ Co-Fe и Ni-Fe (рисунок 1) соответствует общеизвестной формуле СДГ $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_{x}(OH)_2]^{x+}(A^{n-})_{x\backslash n}\cdot mH_2O$, а на рентгенограмме присутствуют типичные для данной системы рефлексы.

На основании изображений поверхности (рисунок 2) исследуемых образцов, полученных методом электронной микроскопии, установлено, что морфология поверхности образцов СДГ Co-Fe и Ni-Fe характеризуется рыхлой упорядоченной микроструктурой. Методом соосаждения достигается высокая дисперсность материалов, что подтверждается небольшим размером кристаллитов. Кристаллиты образца СДГ Co-Fe представляют собой слоистые зерна пластинчатой формы, которые являются характерными для структуры СДГ.

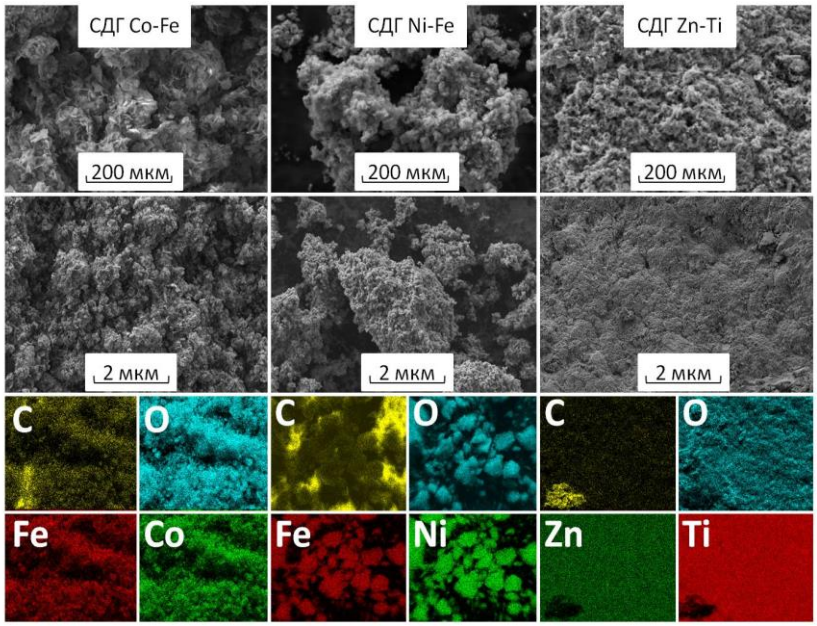


Рисунок 2 – РЭМ-изображения исследуемых образцов на основе СДГ

Характер сорбционного процесса оценивали с помощью изотерм сорбции, полученных с использованием растворов различной концентрации $UO_2(NO_3)_2$ в дистиллированной и морской водах (Амурский залив, г. Владивосток). Концентрация уранил-ионов в исходных растворах варьировалась от 30 до 150 мг/л, т:ж=1:1000, время сорбции 24 часа.

Выявлено, что наибольшим значением предельной сорбции (G_{max}) характеризуется образец СДГ Co-Fe (101,6 мг/г в морской воде и в 114,1 мг/г в дистиллированной), а образцы СДГ Ni-Fe и Zn-Ti значительно уступают в этой величине. Присутствие в исследуемых растворах различных солей, входящих в состав морской воды и содержащих конкурирующие ионы, способно снижать показатели сорбционной эффективности на 10-40 %.

Для оценки влияния конкурирующих ионов в растворе на эффективность сорбционного извлечения уранил-ионов была приготовлена серия растворов, содержащих заданную концентрацию уранил-ионов и ряда солей, содержащих конкурирующие ионы: Na_2CO_3, Na_2SO_4, KNO_3, NaCl, K_3PO_4, $NaHCO_3$. Концентрация уранил-ионов составляла 100 мг/л, концентрация конкурирующих ионов варьировалась от 0,01М до 0,1М. Значение pH исследуемых растворов достигало 6.

Наиболее высокими показателями степени извлечения уранил-ионов из растворов солей характеризуется образец СДГ Ni-Fe, что свидетельствует о перспективности применения данного образца в растворах аналогичного состава.

Представленные исследования позволяют сделать вывод о перспективности применения полученных материалов на основе СДГ Co-Fe, Ni-Fe, Zn-Ti для сорбционного извлечения U (VI) из высокосолевых водных сред.

Драньков А.Н., Балыбина В.А., Савельева Н.Ю., Кокорина Н.Г., Куулар Ж.С.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА СТРУКТУРУ И СОРБЦИЮ ИОНОВ ЦЕЗИЯ НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КОМПОЗИТАХ

Департамент ядерных технологий ИНТиПМ ДВФУ

Проблема загрязнения воды долгоживущими радионуклидами цезия и стронция является актуальной экологической проблемой. Перспективой селективного удаления радионуклидов является разработка простых и эффективных технологий на основе наноструктурированных адсорбентов. В связи с этим текущая работа была направлена на получение наноструктурированных магнитных цеолитных композитов с высокими адсорбционными характеристиками по отношению к ионам цезия и стронция.

В ходе гидротермального синтеза были получены порошки магнитного композита при различной температуре, фазовый состав которых представлен на рисунке 1. Согласно данным РФА основной кристаллической фазой всех образцов является магнетит (Fe_3O_4). Кристаллическая фаза алюмосиликата проявляется на рентгенограмме только для образца, полученного при 180 °C (рисунок 1a). Данная фаза идентифицирована как карбонатная форма каркасного алюмосиликата нозеана $Na_8[AlSiO_4]_6(CO_3)$ (Gesing and Buhl, 1998). При детальном сравнении результатов рентгеновской дифракции для образца, полученного при 180 °C с дифрактограммами эталонных кристаллических фаз видно, что основные дифракционные максимумы 2θ 13,9°, 24,2° и 34,5° соответствуют $Na_8[AlSiO_4]_6(CO_3)$, наряду с остальными, которые сопоставимы с дифракционной картиной Fe_3O_4 (рисунок 1b).

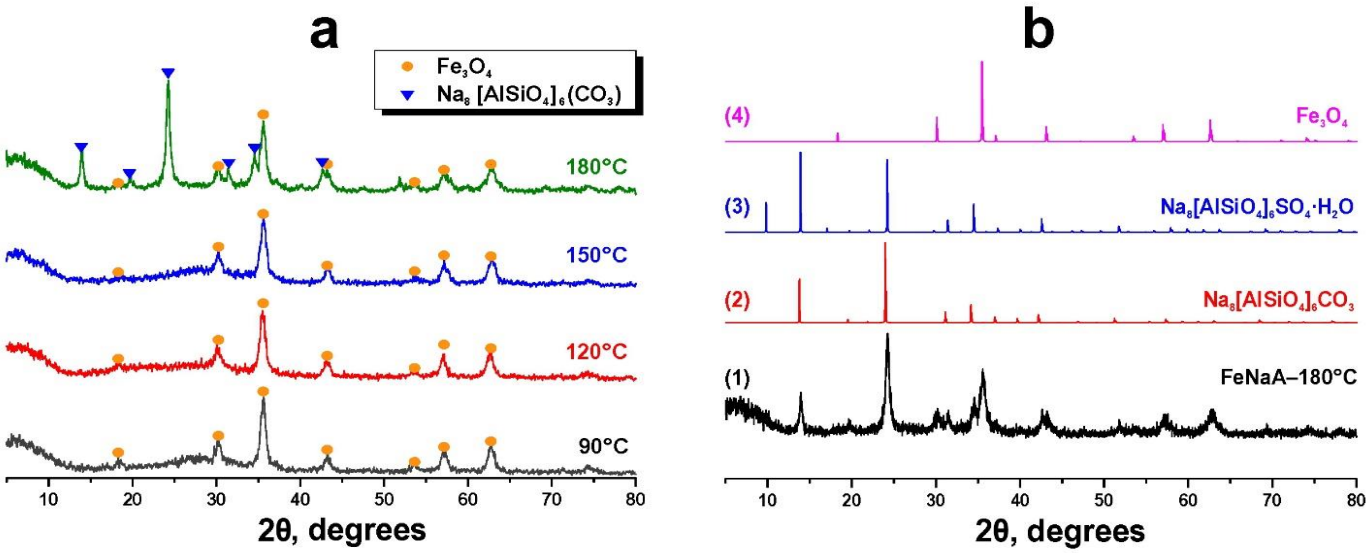


Рисунок 1 - Дифрактограммы образцов наноструктурированных магнитных композитов: (a) образцы, полученные при различных температурах гидротермального синтеза; (b) сравнение экспериментального образца, полученного при 180 °C, с соответствующими эталонными структурами

По данным элементного анализа, проведенного методами РФС и ЭДС (таблица 1) было установлено, что количественное отношение Al_2O_3/SiO_2 варьируется в пределах 1,4-1,9, что соответствует структуре цеолита типа А. Соотношение магнетита и алюмосиликата сохраняется в пределах 1:3.

Таблица 1

Содержание оксидных фаз магнитных композитов, полученных гидротермальным методом при различных температурах

$T_{синтеза}$, °C	Рентгенофлуоресцентный анализ, масс. %				ЭДС анализ, масс. %			
	Fe_3O_4	Na_2O	SiO_2	Al_2O_3	Fe_3O_4	Na_2O	SiO_2	Al_2O_3
90	25.9	13. 3	36.0	24.8	22.5	15.8	39.9	21.8
120	25.0	15.7	34.8	24.6	24.3	15.6	38.7	21.4
150	24.6	15.7	35.1	24.6	25.5	15.5	37.8	21.2
180	23.0	18.9	34.8	23.3	24.4	18.7	36.3	20.5

В таблице 2 приведены соответствующие значения констант адсорбционного равновесия (K_l) и предельной сорбции (G_{max}). На основании высоких значений коэффициентов корреляции (R^2) и соответствия рассчитанных и экспериментальных значений сорбционной емкости, можно сделать вывод, что экспериментальные данные достоверно описываются уравнением Ленгмюра. Это свидетельствует о протекании преимущественно мономолекулярной адсорбции, что характерно для ионообменного механизма сорбции. Показано, что наибольшей сорбционной ёмкостью обладает образец, полученный при 90 °C, что вероятно связано с его химическим составом (таблица 2) и наибольшим количеством активных ионообменных (сорбционных) центров на поверхности магнитного композита.

Таблица 2

Параметры уравнений Ленгмюра, Фрейндлиха и Ленгмюра-Фрейндлиха, рассчитанные после аппроксимации экспериментальных данных сорбции ионов цезия

Уравнение	Параметр	Температура гидротермального синтеза, °С			
		90	120	150	180
Ленгмюра	G_{max}	229,6	139,9	139,9	18,18
	K_l	0,08	0,05	0,05	2,61
	R^2	0,92	0,99	0,99	0,74
Фрейндлиха	K_l	24,20	15,73	15,29	14,46
	n	0,60	0,49	0,50	0,08
	R^2	0,88	0,99	0,99	0,73
Ленгмюра-Фрейндлиха	G_{max}	192,41	96,35	96,67	17,03
	K_l	0,95	0,95	1,02	0,68
	R^2	0,99	0,83	0,84	0,49

По сорбционной емкости стабильных ионов цезия и стронция образцы располагаются в ряд 90 °С > 120 °С ≈ 150 °С >> 180 °С. Это обусловлено снижением удельной поверхности композитов со схожим составом (90-150 °С) и существенным изменением химического состава адсорбента, полученного при 180 °С, что приводит к увеличению количества ионообменных центров. Максимальная емкость G_{max} по отношению к ионам цезия 229,6 мг/г. Сорбционные характеристики данного материала по отношению к радионуклиду ^{137}Cs превосходят сорбционные материалы схожего типа (NaA и клиноптилолита) только в морской воде, где значение (K_d) по цезию могут достигать $1{,}7\times10^3$ мл/г, что указывает на перспективность их применения для очистки морской воды от радиоактивного цезия.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ тема № FZNS-2023-0003.

Чуракова Д. Д.[1], Прокудина В.А.[1], Маслов К.В.[1], Токарь Э.А.[1,2]

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И СОРБЦИОННО-СЕЛЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К УРАНУ, КОМПОЗИТНЫХ Se-ПРОИЗВОДНЫХ АМИДОКСИМОВ ОТ ТИПА МАТРИЦЫ

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Институт химии ДВО РАН
Научный руководитель - к.х.н. Э.А. Токарь

Композитные сорбенты на основе амидоксимных функциональных групп широко используются для селективного удаления ионов тяжелых металлов из водных, моно- и многокомпонентных сред. Эффективность сорбентов данной группы зависит от выбора опорной матрицы, на которой иммобилизованы функциональные группы. Химический состав и структурные особенности матрицы могут существенно влиять на сорбционно-селективные характеристики амидоксимных сорбентов.

Ранее, нами было показано, что Se-производное 4-аминофуразан-3-карбоксамидоксима (Se-init) обладает значительно повышенными сорбционно-селективными характеристиками по отношению к урану (VI) в жидких средах. Однако, при получении данного адсорбента, размер его единичного зерна составляет не более 0,1 мм, что осложняет процесс использования Se-init в динамических условиях

извлечения урана.

Ввиду этого в работе была получена серия композитных материалов на основе Se-init, с использованием в качестве основания силикагеля, хитозана и ионообменных смол торговых марок КУ-2-8 и АВ-17-8. Сорбенты получали путём реакции поликонденсации 4-аминофуразан-3-карбоксиамидоксим и SeO_2, в присутствии используемого основания в среде органического растворителя. В таблице, представлены параметры получения материалов, а также значения размера зёрен. В качестве образца сравнения использовали чистый Se-производный амидоксим Se-init.

Таблица

Параметры получения композитных материалов

Название образца	Матрица	Размер зёрен, мм	Соотношение			
			Se-init / SiO	Se-init / хитозан	Se-init / КУ-2-8	Se-init / АВ-17-8
Se-init	-	≤0,1	100	100	100	100
Se-35	SiO_2	0,1-0,3	35/65	-	-	-
Se-50			50/50	-	-	-
Se-65			65/35	-	-	-
Хит 2/1	хитозан	0,1-0,4	-	2/1	-	-
Хит 1/1			-	1/1	-	-
Хит 1/2			-	1/2	-	-
Se-кат	КУ-2-8	0,2-2,5	-	-	1/1	
Se-ан	АВ-17-8	0,2-2,5	-	-		1/1

С помощью различных методов, таких как, РФА, ИК-, РФЭ-, масс-, ЯМР 13С, 1Н спектроскопии, были изучены физико-химические свойства полученных материалов. С помощью низкотемпературной адсорбции жидкого азота и криптона, методом БЭТ, были установлены и рассчитаны значения удельной поверхности и размера пор композитов.

С использованием СЭМ и ЭДС, была изучена морфология поверхности материалов. Установлена зависимость особенностей формирования поверхности, распределения пор, их размера и элементного состава от метода синтеза композитов. Показано, что все композиты обладают повышенной механической прочностью и химической устойчивостью в большинстве распространённых органических и минеральных растворителях.

В статических условиях извлечения урана (VI) из жидких сред различного состава были установлены сорбционно-селективные характеристики сорбентов. Показано, что полученные материалы, обладают повышенной избирательностью к урану (VI) в широком диапазоне pH. Значения коэффициентов распределения (Кр) урана в диапазоне pH 4-9, для всех материалов составляет порядка 10^4 – 10^6 $см^3/г$. Установлено, что наибольшие значения статической обменной ёмкости (СОЕ) в растворах с pH ≤ 6 достигаются с использованием композитов на основе хитозана и АВ-17-8, порядок значений составляет 400-600 мг/г. В растворах с pH ≥ 7, для извлечения урана предпочтительным является использование композитов на основе силикагеля и КУ-2-8, при этом значение СОЕ варьируется в пределах 600–800 мг/г. Показано, что иммобилизация Se-init в структуру неорганических и органических матриц, способствует повышению сорбционно-селективных характеристик, что подтверждается увеличением значений СОЕ в 2-4 раза относительно Se-init. При этом зависимость эффективности извлечения урана от pH раствора и типа композита, обосновывается особенностями ионных форм урана и молекулярной структуры, связывающей радионуклид, что требует проведения дополнительных исследований.

В динамических условия, проведена количественная оценка сорбции урана (VI). Установлены

значения полной динамической обменной ёмкости в монокомпонентных растворах, а также зависимость полученных величин от типа матрицы. Проведено исследование сорбции урана из растворов имитаторов природного и техногенного происхождения, которое позволяет рекомендовать полученные материалы, для использования в целях извлечения и концентрирования урана из слабощелочных вод с высокой минерализацией.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Государственный заказ № 0265-2019-0002 Института химии ДВО РАН.

Прокудина В.А.[1], Чуракова Д. Д.[1], Маслов К.В.[1], Токарь Э.А.[1,2]

КОМПОЗИТНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ АМИДОКСИМОВ И ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ ИЗ ЖИДКИХ СРЕД

[1]Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
[2]Институт химии ДВО РАН
Научный руководитель – к.х.н. Э.А. Токарь

С каждым годом повышается востребованность атомной промышленности [1], что способствует пропорциональному увеличению масштаба загрязнения окружающей среды. В частности, в результате добычи и переработки уран-ториевых руд, сбросу загрязнённых шахтных вод, происходит обильное загрязнение водных ресурсов, которые в свою очередь служат аккумуляторами и миграционными путями для радионуклидов. Ввиду этого, важной технологической и научной задачей является извлечение и концентрирование радионуклидов урана и тория из жидких сред, в целях предотвращения загрязнения водных ресурсов, а также для возврата ценных компонентов сырья.

Среди способов извлечения и концентрирования урана и тория особый интерес представляют сорбционные методы благодаря ряду преимуществ: высокая эффективность извлечения элементов, относительно простой метод получения сорбционных материалов, низкие экономические затраты, обеспечивающиеся за счёт повышенной селективности и возможности повторного использования сорбентов в циклах, сорбция-десорбция-регенерация.

В работе были получены композитные сорбционные материалы, путём реакции поликонденсации 4-аминофуразана-3-карбоксомидоксима и оксида селена (IV), с использованием в качестве матрицы носителя, сильнокислотного катионо-обменника КУ-2-8 (Se-кат) и сильноосновного анионно-обменника АВ-17-8 (Se-ан). В результате, с выходами 45–70%, были получены материалы, содержащие Se-производные амидоксимы, имеющие сферическую и неправильную форму зёрен фиолетового цвета. Также, в качестве образца сравнения в работе был получен чистый Se-производный 4-аминофуразана-3-карбоксомидоксим. С помощью энергодисперсионного, а также рентгенофлуоресцентного анализов был установлен элементный состав полученных материалов. С использованием ИК, РФА, ТГА, СЭМ, ЯМР и ренгенофотоэлектронной спектроскопии были установлены основные физико-химические свойства материалов, в том числе предложена молекулярная структура полученных соединений.

Сорбционно-селективные свойства материалов по отношению к урану и торию были изучены в статических условиях. Установлено, что полученные материалы обладают повышенной избирательностью к урану в растворах с pH 2-9. Эффективность извлечения радионуклида во всём диапазоне pH составляет более 95 %, а максимальное значение коэффициентов распределения (K_d) достигают порядка $10^4 – 10^5$ $см^3/г$. При этом наибольшие значения предельной сорбционной ёмкости, достигаются на композитных материалах и составляют 300-600 мг/г (pH-6) и 500-700 мг/г (pH-8).

Установлено, что при извлечении тория из многокомпонентных растворов с pH 2–4, значение статической обменной ёмкости достигают порядка 60-200 мг/г для Se-кат и 300-500 мг/г для Se-ан, что свидетельствует о повышенной селективности к сорбируемому радионуклиду. Поскольку уран и торий в жидких средах имеют множество ионных форм, которые зависят от химического состава среды, в работе была установлена зависимость эффективности извлечения радионуклидов от типа конкурирующих ионов. В частности, было установлено, что селективность сорбционных материалов нивелируется присутствием в растворе карбонат- и сульфат-ионов. Однако, несмотря на это, эффективность извлечения урана и тория не снижается ниже 80%, вплоть до повышения концентрации конкурирующих анионов 0,1 моль/л.

Таким образом, полученные материалы потенциально могут быть использованы в целях извлечения и концентрирования урана и тория из технологических и природных вод с высокой минерализацией, в широком диапазоне pH.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Государственный заказ № 0265-2019-0002 Института химии ДВО РАН.

Список литературы

1. Жучкова, Т.А. Развитие атомной энергетики в мире/ Т.А. Жучкова // Инновации и инвестиции. – 2018. – №10. – С. 122–125.

Раздел XVIII ЭКОЛОГИЯ

Барботько У.Д., Лемешко П.В., Пикалова Н.А.

СИНАНТРОПНЫЕ ВИДЫ ВО ФЛОРЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА

Кафедра геоэкологии и природопользования КубГУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент Н.А. Пикалова

Урбанофлора города Краснодара характеризуется слабой степенью формирования растительных сообществ в городских экотопах. Территория Краснодарского края густо заселена и испытывает высокую антропогенную нагрузку, которая оказывает существенное влияние на растительный покров.

Цель исследования – выявить синантропный компонент урбанофлоры города Краснодара. Маршрутными исследованиями были охвачены разнообразные экотопы города. Материалами исследования являются гербарные образцы, собранные с территории парка «Солнечный остров», лесопарка «Краснодарский», урочища «Красный Кут», городского парка «Старая Кубань» и прибрежных зон оз. Карасун (рисунок 1).Также точками сбора материала были жилые кварталы многоэтажных зданий и частного сектора микрорайонов «Черемушки» и «Гидростроителей».

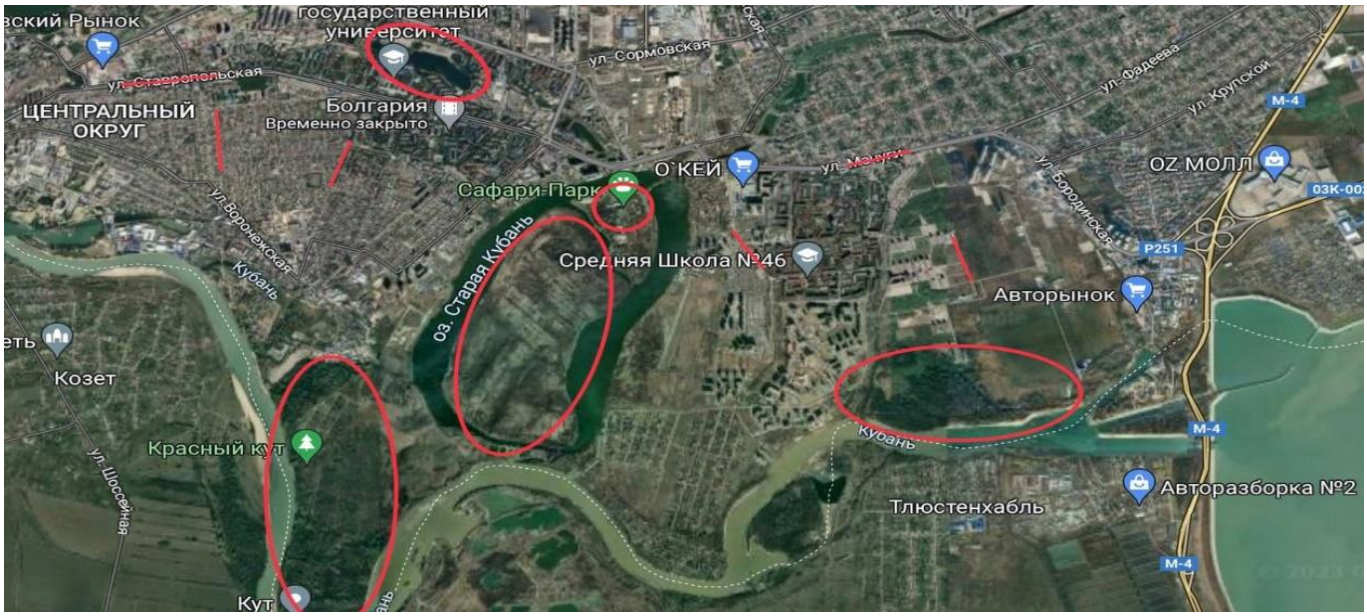


Рисунок 1 – Точки сбора гербарных образцов в г. Краснодаре

В результате анализа гербарного материала было определено 312 видов травянистой растительности, которые относятся к 46 семействам, 183 родам [1]. Также был обнаружен редкий вид, занесенный в Красную книгу Краснодарского края – кендырь сарматский *(Trachomitum sarmatiense Woodson)*.

Анализ спектра семейств флоры показал, что 10 ведущих семейств включают 75 % видового разнообразия флоры (рисунок 2).

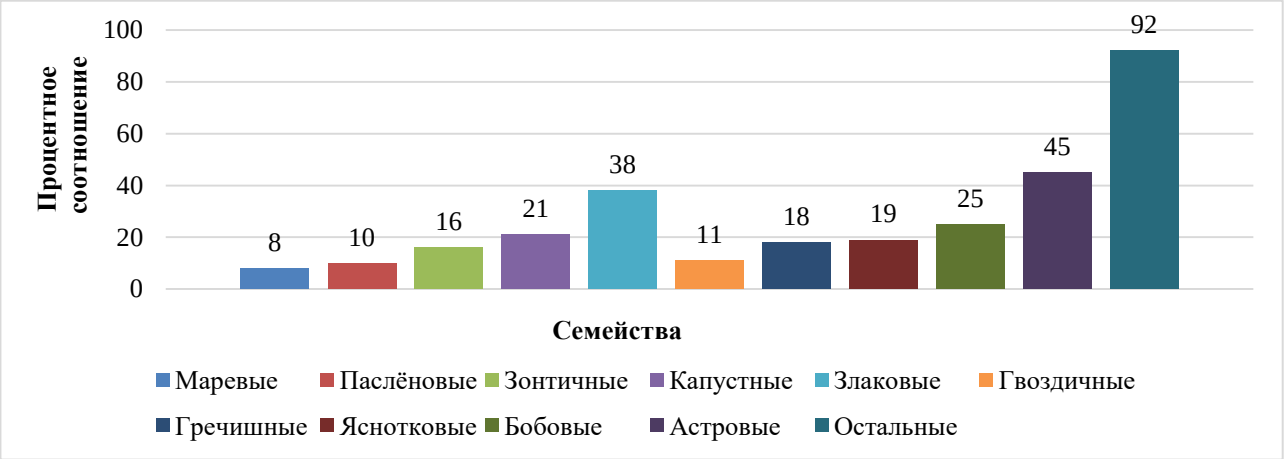


Рисунок 2 – Ведущие семейства урбанофлоры города Краснодара

В ходе работы, из зарегистрированных 312 видов травянистых растений, 214 отнесли к синантропофитам, что составило 73% от всей зарегистрированной флоры, а к индигеннофитам относится 98 видов или 27%. Следовательно, высокая доля синантропофитов во флоре города подтверждает факт влияния города на биоразнообразие местной флоры.

Исходя из анализа имеющихся данных, растительность города Краснодара включает в себя 62% гелиофитов, 24% сциогелиофитов, 8% сциофитов и 6% гелиосциофитов. При рассмотрении синантропного компонента флоры заметно увеличение доли гелиофитов до 71%и уменьшение доли гелиосциофитов и сциофитов до 4% и 1% соответственно. Доля сциогелиофитов осталась неизменной – 24%.

При исследовании флоры города Краснодара нам встретились следующие жизненные формы по Раункиеру: хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты и терофиты; лидирующее место занимают терофиты: 55% и 65% в общем компоненте флоры и синантропном компоненте флоры соответственно (рисунок 3).

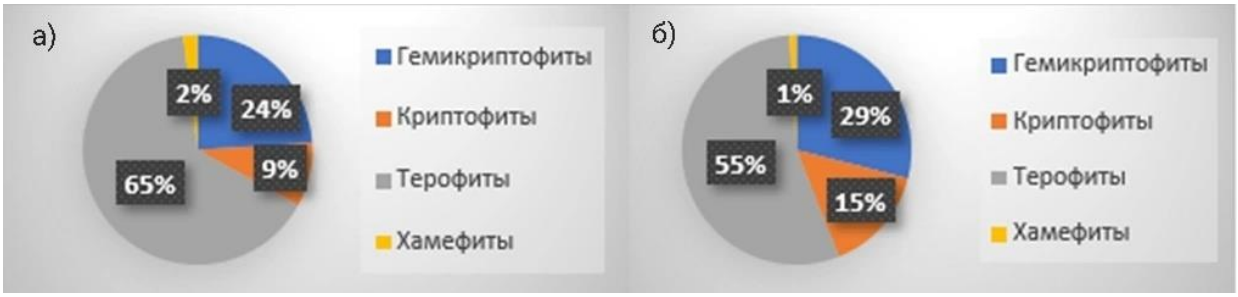


Рисунок 3 – Процентное соотношение жизненных форм
а) синантропный компонент флоры; б) общий компонент флоры

Анализ соотношения зарегистрированных нами видов по гидроморфе показал преобладание мезофитов – 41%, ксеромезофитов – 38%, гигромезофитов – 11%, мезоксерофитов – 5%, ксерофитов – 4% и гигрофитов – 1%. В синантропном компоненте флоры увеличивается доля ксеромезофитов до 44 %, мезоксерофитов до 9%, ксерофитов до 7%, а доля мезофитов и гигромезофитов уменьшается до 34% и 6%. Соотношение видов по гидроморфе свидетельствует о процессе ксерофитизации городской флоры, вследствие специфического микроклимата города.

В застроенной части городского округа наблюдается большая концентрация синантропофитов из-за чрезмерной трансформации ландшафта. Первое место по количеству видов принадлежит семейству *Asteraceae* 15%, что соответствует главенствующему положению этого семейства в таксономическом спектре аборигенных фракций флор умеренной зоны Евразии [2].

Таким образом, анализ видов синантропного компонента флоры города Краснодара показал изменение соотношения видов растений в пользу наиболее приспособленных видов с увеличением антропогенного пресса.

Список литературы

1. Эколого-биологические особенности Vitexagnus-castus L. (Verbenaceae) в условиях Северо-Западного Кавказа: монография / Л. Н. Середа, С. Б. Криворотов. – Краснодар: КубГАУ, 2013 – 170 с.

2. Чичев, А.В. Синантропная флора города Пущина // Экология малого города. – Пущино, 1981. – С. 18 – 42.

Беланов М.А.[1]

ПЕРЬЯ ПТИЦ КАК НЕРАЗРУШАЕМЫЙ БИОМАТЕРИАЛ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

[1]Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
[2]Департамент комплексных проектов ПИШ ДВФУ
[1,2]Научный руководитель – д.б.н., профессор В.Ю. Цыганков

Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) являются химическими соединениями с чрезвычайной стойкостью и токсичностью, которые присутствуют в разных количествах практически во всех матрицах окружающей среды. Птицы, обитающие в загрязненной среде, могут содержать высокие уровни СОЗ из-за биоаккумуляции и биомагнификации в пищевой сети, что может привести к целому ряду негативных нарушений в организме [8].

Многие исследователи предполагают, что птицы способны выполнять функцию как объект для мониторинга окружающей среды, хотя также отмечают недостатки использования определенных видов и этические возражения [5]. Традиционные методы отбора проб, применяемые при изучении СОЗ в птицах, такие как взятие образцов печени или жира, являются деструктивными и нежелательными с этической точки зрения. Менее разрушительным методом является использование перьев. В связи с этим, целью настоящей работы является обзор литературных данных о потенциале использования перьев для мониторинга стойких органических загрязняющих веществ.

В последние годы многие исследовательские группы изучали возможность использования перьев как неразрушаемого биоматериала для мониторинга СОЗ. Наиболее часто изучаемыми соединениями являются полихлорированные бифенилы (ПХБ), хлорорганические пестициды (ХОП) и полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ). Эти органические токсиканты зарегистрированы в перьях во многих странах Европы, Ближнего Востока, Азии, Северной и Южной Америк [5, 7], а также в России [1, 8].

Осаждение органических токсикантов в перьях может быть как внутренним, так и внешним. Внутреннее, вероятно, происходит во время роста пера, когда оно соединено с кровотоком. Это означает, что особенно высокие уровни СОЗ во вновь отросших перьях взрослых птиц и птенцов связаны с концентрациями в крови [9]. Уровни в мышечной ткани и жире также коррелируют с концентрациями в перьях. Кроме того, в некоторых исследованиях наблюдалась корреляция между СОЗ в перьях и тканях печени [4].

Однако Мейер и др. [6] обнаружили корреляцию между концентрациями в перьях и ткани печени только тогда, когда были объединены пять видов птиц с разным трофическим уровнем, но не для отдельных видов птиц, вероятно, из-за небольшого размера выборки. Таким образом, несмотря на

некоторые исключения, делается вывод, что особенно недавно выросшие перья взрослых птиц и птенцов могут отражать профиль внутреннего загрязнения.

После того, как перо полностью отрастет, оно отсоединяется от кровотока, и, следовательно, внутреннее загрязнение в меньшей степени влияет на концентрацию СОЗ в перьях [3]. Профили загрязнения полностью выращенных перьев, по-видимому, остаются довольно стабильными, поскольку удалось проанализировать уровни СОЗ в перьях чучел птиц более чем через 10 лет после их сбора [2].

Многие исследования подтвердили эффективность использования перьев для мониторинга органических токсикантов, но также отмечали необходимость учета различных факторов, таких как возраст птицы, ареал и состояние популяции. Учет всех этих факторов позволит получить более точные результаты мониторинга.

Список литературы

1. Беланов, М.А. и др. Уровни хлорорганических пестицидов в органах кряквы (Anas platyrhynchos) Приханкайской низменности. Экология и управление природопользованием: сборник научных трудов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Томск: Литературное бюро, 2022. – С. 12-14.

2. Behrooz, R.D. et al. Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in feathers of birds from different trophic levels of South-West Iran // Environment International. 2009. Vol. 35, № 2. P. 285–290.

3. Dauwe, T. et al. Feathers as a nondestructive biomonitor for persistent organic pollutants // Environmental Toxicology and Chemistry. 2005. Vol. 24, № 2. P. 442–449.

4. Eulaers, I. et al. Legacy and current-use brominated flame retardants in the Barn Owl // Science of The Total Environment. 2014. Vol. 472. P. 454–462.

5. Furness, R.W., Camphuysen K. (C. J.). Seabirds as monitors of the marine environment // ICES Journal of Marine Science. 1997. Vol. 54, № 4. P. 726–737.

6. Meyer, J. et al. The relationship between perfluorinated chemical levels in the feathers and livers of birds from different trophic levels // Science of The Total Environment. 2009. Vol. 407, № 22. P. 5894–5900.

7. Michielsen, R.J. et al. A Nondestructive Method to Identify POP Contamination Sources in Omnivorous Seabirds // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 246 / ed. de Voogt P. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 65–89.

8. Tsygankov,V.Yu., Lukyanova O.N., Boyarova M.D. Organochlorine pesticide accumulation in seabirds and marine mammals from the Northwest Pacific // Marine Pollution Bulletin. 2018. Vol. 128. P. 208–213.

9. Van den Steen, E. et al. Experimental evaluation of the usefulness of feathers as a non-destructive biomonitor for polychlorinated biphenyls (PCBs) using silastic implants as a novel method of exposure // Environment International. 2007. Vol. 33, № 2. P. 257–264.

Боровкова А. Д.[1], Миронова Е. К.[1]

УРОВНИ ГХЦГ И ДДТ В ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКАХ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

[1]Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
[2]Департамент комплексных проектов ПИШ ДВФУ
[1,2]Научный руководитель – д.б.н., профессор В.Ю. Цыганков

Хлорорганические пестициды (ХОП) считаются наиболее опасным классом пестицидов. ХОП характеризуются высокой стойкостью к химическим, физическим и биологическим факторам, способностью накапливаться в жировых тканях живых организмов и передаваться выше по пищевым цепям. Кроме того, ксенобиотики являются объектом трансграничного переноса, что позволяет поллютантам мигрировать на большие расстояния посредством водных и воздушных масс [1]. К ХОП относятся токсафен, ДДТ, гексахлорбензол, изомеры гексахлорциклогексана, а также хлорпроизводные карбоновых кислот, галогенопроизводные фенола и некоторые другие [2].

Хотя на сегодняшний день существует большое количество исследований, посвященных изучению содержания ХОП в морских экосистемах Мирового океана, проблема загрязнения пестицидами прибрежных акваторий дальневосточных морей России изучена мало и является актуальной. Цель нашей работы заключается в оценке уровней хлорорганических пестицидов в двустворчатых моллюсках семейства *Mytilidae* зал. Петра Великого (Японское море).

Индикаторами загрязнения служили три вида двустворчатых моллюсков семейства *Mytilidae* (*Crenomytilus grayanus, Mytilus trossulus, Modiolus modiolus*), отобранные в разных частях зал. Петра Великого в летний период 2017-2018 гг. (рисунок 1).

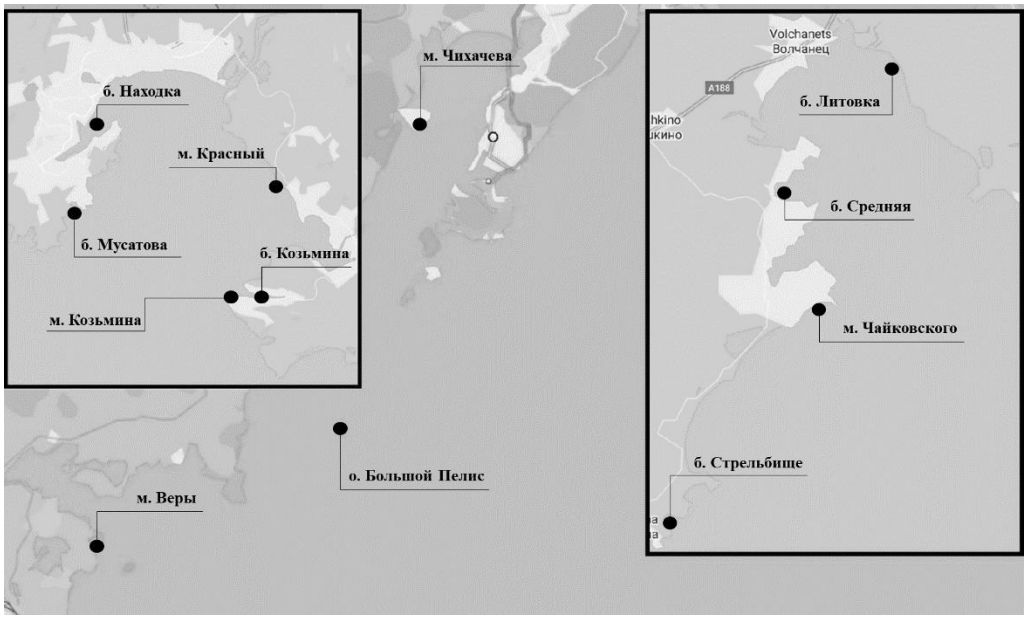


Рисунок 1 – Карта мест отбора проб

Массовое содержание хлорорганических соединений в биологических образцах определяли методом газовой хроматографии. Липиды экстрагировали из гомогенатов мягких тканей индивидуальных особей, используя смесь н-гексана и ацетона, с последующим разрушением жировых компонентов концентрированной серной кислотой. Полученный экстракт разделяли на полярную и неполярную фазы [3]. Среди ХОП в исследованных образцах определяли α-, β-, γ-и δ-ГХЦГ, 4,4’- ДДТ, 2,4’-ДДТ, 4,4’-ДДД, 2,4’-ДДД, 4,4’-ДДЕ и 2,4’-ДДЕ.

ХОП обнаружены во всех образцах мягких тканей моллюсков в диапазоне от 0,6 до 2769,7 нг/г липидов. Концентрации пестицидов группы ДДТ превышали таковые ГХЦГ. Основной метаболит –

4,4-ДДЕ, свидетельствующий о давнем поступлении поллютанта в акваторию. Среди ГХЦГ преобладал β-изомер, также указывающий на длительное пребывание токсиканта в среде. Наиболее высокие уровни ХОП обнаружены в моллюсках, отобранных в пункте м. Красный. Такие результаты могут быть обусловлены оказываемой на район высокой антропогенной нагрузкой – на территории близ мыса располагается несколько баз отдыха людей. Кроме того, недалеко от м. Красный в зал. Находка впадает р. Партизанская, несущая стоки с полей, где ранее в Приморском крае активно применялись пестициды в сельском хозяйстве. Наиболее низкие показатели отмечаются в пунктах м. Козьмина и о. Большой Пелис (рисунок 2).

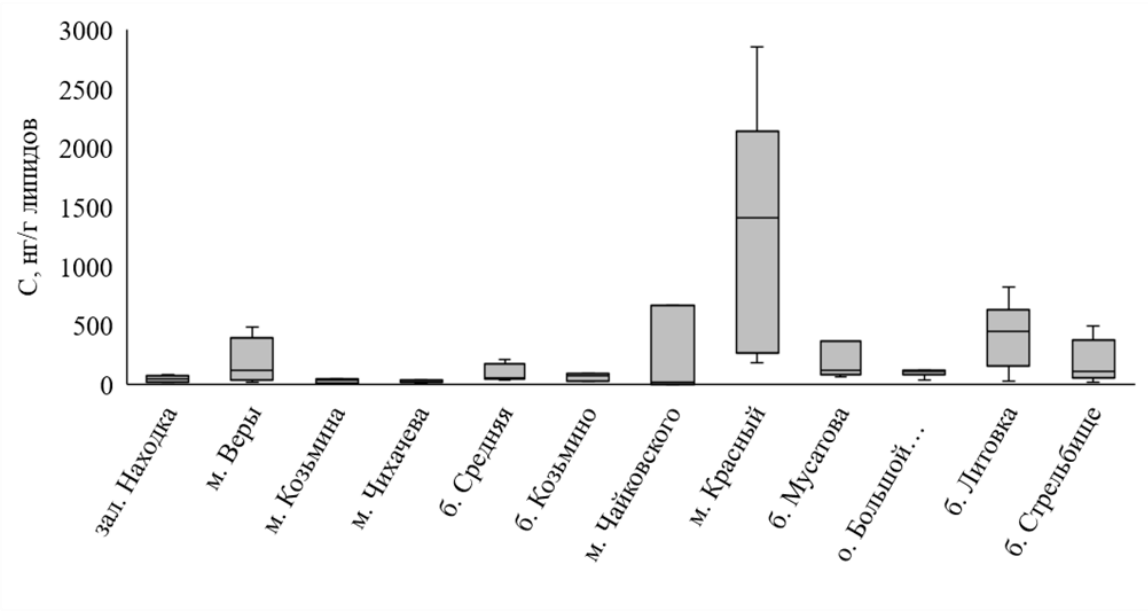


Рисунок 2 – Средние уровни ΣХОП в исследованных районах

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о продолжающемся загрязнении зал. Петра Великого хлорорганическими пестицидами. Тем не менее, среди исследованных групп пестицидов преобладали формы распада исходных соединений, что указывает на эффективность предпринимаемых мер по снижению поступления токсикантов в прибрежные акватории дальневосточных морей России.

Список литературы

1. Боярова, М. Д. «Современные уровни содержания хлорорганических пестицидов в водных организмах залива Петра Великого (Японское море) и озера Ханка»/ М. Д. Боярова. – В.: Дальневосточный государственный университет, 2008. – 24 с.

2. Трегер, Ю. А. Стойкие органические загрязнители. Проблемы и пути их решения/ Ю.А. Трегер. – Вестник МИТХТ, 2011. – С. 87-97.

3. Tsygankov, V.Yu. Sample Preparation Method for the Determination of Organochlorine Pesticides in Aquatic Organisms by Gas Chromatography/ V.Yu. Tsygankov, M.D. Boyarova. – Achievements in the Life Sciences, 2015. – С. 4.

Воронина Е. В., Дроздовская О.А.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД О. РУССКИЙ

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н., доцент О.А. Дроздовская

Двустворчатые моллюски – донные малоподвижные или прикрепленные животные. Обитая в подверженных антропогенному влиянию районах и отфильтровывая большие объемы воды, они накапливают в своих тканях тяжелые металлы и стойкие органические соединения, что дает возможность их использовать в качестве индикаторов качества окружающей среды [1]. Наряду с органическими и минеральными загрязнителями, моллюски концентрируют и накапливают бактерий, в том числе патогенных.

Двустворчатые моллюски являются ценным пищевым продуктом, богатым витаминами, аминокислотами и минеральными веществами. Однако употребление их в пищу, часто в сыром виде, может представлять реальную угрозу для здоровья человека. Поэтому важной проблемой становится санитарный контроль этих животных.

В связи с этим, цель данной работы: провести санитарно-микробиологическую оценку качества двустворчатых моллюсков прибрежных вод о. Русский.

Для исследования были взяты мидия тихоокеанская *Mytilus trossulus* и гребешок японский *Azumapecten farreri* , использующиеся как источник пищевого сырья и имеющие большое практическое значение. Отбор образцов моллюсков проводили в районе поселка Поспелово в октябре 2022 года. Микроорганизмы выделяли прямым высевом гомогената тканей моллюсков на плотную среду СММ (среда для морских микроорганизмов) [2] и среду Эндо для выделения бактерий группы кишечной палочки.

Для оценки качества двустворчатых моллюсков использовали два микробиологических показателя: общее микробное число, дающее представление о степени контаминации моллюсков сапрофитной микрофлорой и численность бактерий группы кишечной палочки.

Результаты исследований показали, что 10 образцов гребешка японского были обсеменены бактериями группы кишечной палочки, численность которой варьировала в пределах 10^2 -10^4 КОЕ/мл. Из 8 образцов была выделена *E.coli* в количестве от 10^2 до 10^3 КОЕ/мл. Общая обсемененность гребешка сапрофитной микрофлорой составляла 10^5 -10^7 КОЕ/мл (таблица).

Таблица

Численность микроорганизмов в тканях двустворчатых моллюсков

№ образца	Бактериологические показатели, КОЕ/мл		
	ОМЧ	БГКП	*E.coli*
1	$(8{,}02 \pm 1{,}41) \cdot 10^6$	$(3{,}55 \pm 0{,}78) \cdot 10^2$	0
2	$(1{,}07 \pm 0{,}2) \cdot 10^5$	$(3{,}65 \pm 0{,}70) \cdot 10^4$	$(1{,}00 \pm 0{,}21) \cdot 10^3$
3	$(2{,}023 \pm 0{,}32) \cdot 10^6$	$(1{,}90 \pm 0{,}41) \cdot 10^3$	$(1{,}00 \pm 0{,}11) \cdot 10^3$
4	$(2{,}00 \pm 0{,}85) \cdot 10^6$	$(4{,}15 \pm 0{,}82) \cdot 10^2$	$(1{,}50 \pm 0{,}12) \cdot 10^2$
5	$(1{,}16 \pm 0{,}04) \cdot 10^5$	$(9{,}00 \pm 1{,}17) \cdot 10^3$	0
6	$(1{,}83 \pm 0{,}43) \cdot 10^6$	$(6{,}00 \pm 1{,}21) \cdot 10^4$	$(3{,}00 \pm 0{,}24) \cdot 10^3$
7	$(1{,}018 \pm 0{,}02) \cdot 10^7$	$(2{,}02 \pm 0{,}41) \cdot 10^4$	$(7{,}60 \pm 1{,}05) \cdot 10^3$
8	$(6{,}24 \pm 0{,}93) \cdot 10^6$	$(1{,}28 \pm 0{,}21) \cdot 10^3$	$(7{,}50 \pm 1{,}26) \cdot 10^3$
9	$(4{,}14 \pm 0{,}82) \cdot 10^6$	$(3{,}13 \pm 0{,}41) \cdot 10^4$	$(3{,}00 \pm 0{,}32) \cdot 10^3$

10	$(2,70 \pm 0,33) *10^6$	$(1,21 \pm 029) *10^4$	$(3,50 \pm 0,65) *10^3$
11	$(3,62 \pm 0,87) *10^5$	$(8,00 \pm 1,83) *10^2$	0
12	$(4,38 \pm 0,96) *10^6$	$(2,00\pm 1,33) *10^2$	$(5,00 \pm 0,97) *10^1$
13	$(1,19 \pm 0,11) *10^6$	$(3,00 \pm 0,54) *10^2$	0
14	$(3,55 \pm 0,37) *10^6$	$(8,51 \pm 1,20) *10^3$	$(8,20 \pm 1,62) *10^3$
15	$(6,20 \pm 1,06) *10^5$	0	0

Примечание: ОМЧ – общее микробное число; БГКП – бактерии группы кишечной палочки;
1-10 – образцы тканей гребешка японского *Azumapecten farreri;*
11-15 – образцы тканей мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus*

Обсемененность тканей мидии была в среднем на порядок ниже. Бактерии группы кишечной палочки в количестве от 10^2 до 10^3 КОЕ/мл были обнаружены в четырех из пяти образцов. *E.coli* была высеяна из двух проб, ее численность составляла 10^1-10^3 КОЕ/мл. Общая обсемененность сапрофитной микрофлорой составила 10^5 -10^6 КОЕ/мл (таблица).

Таким образом, результаты исследований показали, что ткани двустворчатых моллюсков, обитающих в водах, омывающих остров Русский, в значительной степени контаминированы как сапрофитной микрофлорой, так и бактериями группы кишечной палочки. Выделение *E.coli,* может свидетельствовать о возможном присутствии в тканях моллюсков патогенной микрофлоры, и употребление в пищу данных морепродуктов в термически необработанном виде может быть опасно в эпидемиологическом отношении.

Список литературы

1. Burns, K. A.; Smith, J. *L.* Biological monitoring of ambient water quality: the case for using bivalves as sentinel organisms for monitoring petroleum pollution in coastal waters // Estuarine, Coastal and Shelf Science : journal. — 1981. — Vol. 30, no. 4. — P. 433—443.

2. Joushimizu, M., Kimura, T. Study of intestinal microflora of Salmonids // M. Joushimizu, T. Kimura. - Fish. Pahol, 1976. Vol. 10, № 2. - P. 243-259.

Демченко В.И.[1]

МЕЖПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ РАЗМЕРОВ ОСНОВНЫХ ОТДЕЛОВ КИШЕЧНИКА У ДВУХ ВИДОВ МЫШЕЙ РОДА *APODEMUS*

[1]Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
[2]ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН
[2]Научный руководитель – к.б.н., ст. н. с. лаб. эволюционной зоологии и генетики ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН И.Н. Шереметьева

Сосуществование экологически сходных видов в числе важнейших проблем современной экологии в связи с вопросом о роли межвидовой конкуренции, в особенности за трофические ресурсы [1]. И успех в трофической конкуренции в виде сохранения или доминирования в сообществах, вероятно, зависит от эффективности добывания и усвоения пищи. Поэтому сравнительное изучение адаптаций пищеварительной системы является одним из необходимых элементов выяснения закономерностей формирования структуры сообществ экологически сходных видов.

На юге Дальнего Востока обитает более 20 видов грызунов [4], многие из которых характеризуются существенным сходством в распространении, выборе местообитаний и кормовых объектов, формируя невероятное разнообразие сообществ. Объекты этого исследования – грызуны из

рода *Apodemus,* полевая *A. agrarius* Pallas, 1771 и восточноазиатская *A. peninsulae* Thomas, 1907 мыши, наиболее широко распространенные на юге Дальнего Востока [4]. Эти два систематически, размерно и морфологически сходных вида существенно перекрываются в использовании местообитаний и трофических ресурсов, существенную часть которых составляют растения [3]. И значительный интерес представляет роль анатомических адаптаций пищеварительной системы этих видов к содержащей большое количество клетчатки пище в динамике их популяций и сообществ грызунов. Эти адаптации состоят в соотношении основных отделов кишечника, в т.ч. влияющих на переваривание растительной массы, по размеру, но уровень полового диморфизма в их развитии неизвестен [2]. Поэтому цель представляемой работы – изучить межполовые различия у полевой и восточноазиатской мышей по развитию основных отделов кишечника в связи с оценкой эффективности потребления ресурсов.

Материал представлен двумя выборками взрослых особей, отловленных в Южном Приморье с июля по октябрь 2022 г. Оцениваемые параметры: SI – длина тонкой кишки; 2A– длина слепого отростка; LI–длина толстой кишки (таблица). Кишечник, изъятый из брюшной полости, разложен в свободном состоянии на плоской увлажненной поверхности и измерен с помощью фотокамеры Panasonic DMC-FZ50 с масштабной линейкой, оцифровка измерений выполнена в программе tpsDig2.31. Оцениваемые параметры сравнивались в абсолютном и относительном (к длине тела) выражении. Сравнение основывалось на коэффициенте Краскела–Уоллиса, значения которого признаны достоверными при $p<0.01$. Все расчеты выполнены в Statistica 13.

Результаты показывают, что длина почти всех отделов кишечника самок больше чем у самцов, хотя по абсолютной длине нет достоверных различий. Относительная длина всех отделов у самок больше, чем у самцов. У полевой мыши достоверного уровня достигают различия по тонкому кишечнику, у восточноазиатской – еще и по толстому (таблица).

Очевидно, что оценивать межполовые различия в развитии отделов кишечника можно только учетом различий в размере тела, т.е. относительных показателей. Большая относительная длина тонкого кишечника самок у полевой мыши показывает, что самцы этого вида больше самок адаптированы растительной пище. Такой же вывод можно было сделать по тонкому кишечнику восточноазиатской мыши. Однако и толстый кишечник самок этого вида длиннее, чем у самцов, причем различия по этому параметру больше. Поэтому можно заключить, что уровень адаптации самок восточноазиатской мыши к растительной пище выше, чем у самцов.

Таким образом, у полевой мыши к растительной пище значительно больше адаптированы самцы, у восточноазиатской – самки. В анализе роли трофической конкуренции в динамике популяций, по крайней мере, этих видов и включающих их сообществ требуется учитывать межполовые различия в эффективности усвоения разных типов пищи.

Таблица

Промеры (мм) основных отделов кишечника и значимость различий у самок и самцов двух видов мышей рода *Apodemus*

Параметры	*Apodemus agrarius*			*Apodemus peninsulae*		
	♂ (n=18)	♀ (n=14)	H	♂ (n=14)	♀ (n=18)	H
A_ SI	382,3-254,3 317,9±7,87	443,5-252 351,6±15,9	4,21	392,4-246,7 330,79±10,06	416,5-305,6 365,07±9,05	4,49
A_ A	67,32-36,74 48,60±2,05	64,71-31,64 47,5±2,70	0,05	65,82-34,83 47,74±1,96	67,4-38,53 55,07±2,54	3,82
A_ LI	151,4-91,9 113,02±4,12	148,3-84,4 115,9±5,67	0,09	160,01-84,9 126,96±5,03	162,7-114,2 141,73±3,40	4,15

O_ SI	4,91-2,42 3,01±0,14	4,14-2,56 3,58±0,12	8,56*	3,94-2,47 3,16±0,09	4,14-3,00 3,58±0,10	7,30*
O_ A	0,66-0,35 0,46±0,02	0,64-0,32 0,48±0,02	1,05	0,65-0,35 0,46±0,02	0,68-0,38 0,54±0,03	4,67
O_ LI	1,48-0,86 1,06±0,04	1,45-0,91 1,18±0,04	4,37	1,63-0,85 1,21±0,05	1,62-1,15 1,39±0,04	7,30*

Примечание: Над чертой пределы изменчивости, под чертой среднее и ошибка средней. Уровень значимости *- $p<0,01$.

Список литературы

1. Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2-х т. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.

2. Воронцов Н. Н. Эволюция пищеварительной системы грызунов: (Мышеобразные) / Н. Н. Воронцов; Отв. ред. А. В. Яблоков. - Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1967. - 234 с.

3. Костенко, В. А. Грызуны (Rodentia) Дальнего Востока России / В. А. Костенко; РАН, Дальневосточное отд-ние. Биолого-почвенный ин-т; Отв. ред. М. П. Тиунов. - Владивосток: Дальнаука, 2000. - 207 с.

4. Наземные млекопитающие Дальнего Востока СССР: Определитель / АН СССР, Дальневост. науч. центр, Биол.-почв. ин-т; [М. В. Охотина и др.]. - Москва: Наука, 1984. - 358 с.

Дюрдеева А. А.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ г. ЧЕЛЯБИНСКА МЕТОДАМИ БИОМОНИТОРИНГА

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
Научный руководитель – ст. преподаватель А. Д. Пелех

Челябинск входит в приоритетный список городов России с самым высоким уровнем загрязненности атмосферного воздуха. В настоящее время источники выбросов многих предприятий города оснащены системами автоматического контроля компонентного состава, однако наблюдение ведется лишь за физико-химическими параметрами, реакция биоты на изменение качества среды не учитывается. Именно поэтому дополнительное применение методов биомониторинга позволит дать комплексную оценку качества среды г. Челябинска.

Для оценки величины флуктуирующей асимметрии (ФА) использовались листовые пластины березы плосколистной *(Betula platyphylla),* собранные в июле-августе (после завершения роста) 2021 г. Сбор материала проводился на придорожных газонах оживленных улиц или на урбанизированных территориях вблизи промышленных объектов на 10 участках (рисунок 1) согласно методике Захарова [3]. На основе промеров листовой пластины рассчитывался индекс ФА по этой же методике.

Рисунок 1 - Карта отбора проб

1 – шлаковый отвал; 2 – г. Лысая;3 - Челябинский завод по производству коксохимической продукции; 4 - Челябинский электродный завод; 5 - Челябинская городская свалка в процессе рекультивации; 6 - Пересечение ул. Чайковского и Комсомольского проспекта; 7 - Дворец спорта «Юность»; 8 - Городской бор; 9 –Южно-Уральский Государственный университет; 10 - Челябинский трубопрокатный завод.

Для сравнения полученных результатов параллельно отбирались пробы почвы [1], из которых готовили водные вытяжки для определения их влияния на прорастание семян кресс-салата (*Lepidium sativum*) и овса посевного (*Avena sativa*). После измерения длины главного корня и проростков вычислялся фитоэффект (ФЭ). Уровень фитотоксичности почвы оценивался в соответствии со стандартами [2, 4].

Величина ФА листовой пластины березы плосколистной (таблица 1) варьировала от 0,047 (ст. 8) до 0,081 (ст. 4). Практически для всех станций (за исключением ст.8) показатель ФА характеризует качество среды как критическое, что говорит об угнетённом состоянии растений на территории. Максимальное значение показателя ФА отмечено у листовых пластин, собранных вблизи Челябинского электродного завода. Помимо данного предприятия рядом с местом отбора находятся Челябинский машиностроительный завод, завод металлообработки, предприятие углеграфитовой отрасли, завод углеродных и композиционных материалов, завод бетонных изделий, и др. которые также оказывают влияние. Наиболее низкие результаты ФА характерны для листовых пластин, собранных в Челябинском городском бору, который находится на удалении от источников загрязнения: предприятий, автотранспортных дорог и т. д.

Таблица 1

Величина флуктуирующей асимметрии листовой пластины березы плосколистной

Станции	ФА (ср.±ст.откл.)	Балл	Качество среды
1	0,063 ± 0,017	5	Критическое состояние (очень грязно)
2	0,058 ± 0,029	5	Критическое состояние (очень грязно)
3	0,073 ± 0,018	5	Критическое состояние (очень грязно)
4	0,081 ± 0,025	5	Критическое состояние (очень грязно)
5	0,062 ± 0,041	5	Критическое состояние (очень грязно)
6	0,068 ± 0,025	5	Критическое состояние (очень грязно)
7	0,070 ± 0,032	5	Критическое состояние (очень грязно)
8	0,047 ± 0,012	3	Средний уровень отклонений от нормы (загрязнено)
9	0,061 ± 0,013	5	Критическое состояние (очень грязно)
10	0,071 ± 0,037	5	Критическое состояние (очень грязно)

Сравнительная оценка качества среды с использованием разных методов биомониторинга (таблица 2) показывает, что для всех станций в пределах г. Челябинска характерно загрязнение среды. Самой загрязненной станцией является территория Челябинского завода по производству коксохимической продукции (ст. 3): уровень флуктуирующей асимметрии березы свидетельствует о критическом состоянии среды, а значение фитоэффекта для главного корня кресс-салата и овса – о среднем и сильном токсическом воздействии вытяжки из почвы.

Таблица 2

Сравнение результатов биомониторинга среды г. Челябинска и прилегающей территории с использованием *B. platyphylla, A. sativa* и *L. sativum*

Станции	Качество среды по уровню ФА *B. platyphylla*	Уровень токсичности, ФЭ для главного корня *L. sativum*	Уровень токсичности, ФЭ для главного корня *A. sativa*
1	Критическое состояние	Средняя токсичность	Не токсичен
2	Критическое состояние	Слабая токсичность	Токсический эффект
3	Критическое состояние	Средняя токсичность	Сильная токсичность
4	Критическое состояние	Не токсичен	Токсический эффект
5	Критическое состояние	Не токсичен	Токсический эффект
6	Критическое состояние	Слабая токсичность	Токсический эффект
7	Критическое состояние	Не токсичен	Токсический эффект
8	Средний уровень отклонений от нормы	Токсический эффект	Токсический эффект
9	Критическое состояние	Слабая токсичность	Токсический эффект
10	Критическое состояние	Не токсичен	Токсический эффект

Список литературы

1. ГОСТ 17.4.4.02-82 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, биологического и гельминтологического анализа», и методическими указаниями МУ 2.1.7.730–99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.

2. ГОСТ ИСО 22030–2009, 2010 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.

3. Захаров, В.М. Здоровье среды: практика оценки / В. М. Захаров, А.Т. Чубинишвили и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

4. ISO 11269-1 Soil quality — Determination of the effects of pollutants on soil flora — Part 1: Method for the measurement of inhibition of root growth. – 2012. –16 p.

Морозова Т. С.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ И ПАЛТУСОВИДНОЙ КАМБАЛЫ ОХОТСКОГО МОРЯ

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
Научный руководитель – д.б.н., профессор Л. Т. Ковековдова

Поступления в морскую экосистему токсичных элементов приводит к неблагоприятным последствиям для жизнедеятельности биоты. Многие токсические вещества, особенно стойкие, могут длительно сохраняться в воде, аккумулироваться в донных отложениях и гидробионтах, мигрировать

по пищевой цепи, накапливаясь в возрастающих количествах от низшего к высшему звену [0]. Поэтому сведения о содержании и распределении микроэлементов в органах рыб, интересны как для понимания закономерностей аккумуляции и переноса микроэлементов в водной среде, так и с точки зрения их роли в процессе жизнедеятельности организмов [2]. По данным ФГБУ ЦСМС в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне вылов тихоокеанской сельди вырос – на 0,8 тыс. тонн, до 82,3 тыс. тонн, палтусовидной камбалы бассейна – на 2 тыс. тонн, до 15 тыс. тонн [0].

Цель работы: Оценка содержания токсичных элементов в органах тихоокеанской сельди *(Clupea pallasii)* и палтусовидной камбалы *(Hippoglossoides elassodon)* Охотского моря.

Объектами исследования были промысловые рыбы тихоокеанская сельдь *(Clupea pallasii)* и палтусовидная камбала *(Hippoglossoides elassodon),* выловленные в Камчатско-курильской подзоне Охотского моря в июле 2020 г. Отбирали половозрелые особи не менее 25 рыб каждого вида. Образцы рыб препарировали на мышцы и печень. До определения элементов пробы органов рыб хранили в замороженном виде.

Концентрации кадмия, мышьяка и свинца определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu» AA–6800, где атомизатором служила графитовая кювета, корректор фона – дейтериевая лампа. Концентрацию ртути определяли на прямом анализаторе ртути DMA-80 «Milestone». В качестве стандартного образца использовали государственный стандартный образец ртути ГСО 8004-93. Все полученные результаты были обработаны статистически с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты определения токсичных элементов в органах рыб представлены в таблице.

Таблица

Диапазоны концентраций элементов в органах тихоокеанской сельди и палтусовидной камбалы, в мг/кг сыр. массы

Орган	Тихоокеанская сельдь				Палтусовидная камбала			
	Элементы							
	As	Cd	Pb	Hg	As	Cd	Pb	Hg
Мышцы	1,08-1,68	0,010-0,024	0,02-0,04	0,028-0,057	2,80-10,10	0,003-0,047	0,08-0,61	0,027-0,095
Среднее значение	1,30	0,016	0,03	0,044	4,70	0,025	0,21	0,065
Печень	0,18-1,58	0,050-1,390	0,01-0,03	0,051-0,101	3,50-13,80	1,100-10,210	0,04-2,08	0,024-0,056
Среднее значение	0,94	0,380	0,02	0,084	8,98	3,550	0,42	0,467

Порядок убывания концентраций токсичных элементов в тихоокеанской сельди: As>Hg>Pb>Cd –мышцы; As>Cd>Hg>Pb – печень. Порядок убывания концентраций металлов в камбале палтусовидной: As>Pb>Hg>Cd – мышцы; As>Cd>Pb>Hg– печень. На первом месте в ряду убывания концентраций элементов стоит As, который является также биологически активным элементом и его содержание в морской воде превышает содержание Cd, Hg, Pb. В печени рыб концентрируются максимальные количества большинства элементов по сравнению с мышцами рыб. Известно, что органы, играющие большую роль в процессах секреции, экскреции и депонирования в организме рыб, характеризуются повышенными концентрациями микроэлементов [0, 0]. Уровень содержания As в органах камбал был выше, чем в органах сельди, что обусловлено придонным образом жизни и типом питания.

В съедобных тканях рыб контролю подлежат уровни содержания ртути, свинца, кадмия и мышьяка. Согласно нормативным документам, допустимые уровни содержания токсичных элементов

(ПДУ) в морских рыбах составляют: для Pb – 1,0; As – 5,0; Cd – 0,2 (0,7-печень); Hg – 0,5 мг/кг сырой массы (ТРТС 021/2011 г. № 880) [0]. Отмечено превышение ПДУ мышьяка в органах единичных особей камбал. Концентрации токсичных элементов кадмия, свинца, мышьяка и ртути в мышцах и печени большинства обследованных морских рыб не превышали ПДУ.

Список литературы

1. Моисеенко, Т.И. воздействие токсичного загрязнения на популяции рыб и механизмы поддержания численности // Экология – 2010. – №3. – С. 199 – 206.

2. Патин, С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Пищ. пром-сть, 2003. 153 с.

3. Федеральное агентство по рыболовству. [Электронный ресурс]. https://fish.gov.ru/news/2023/03/17/rossijskie-rybaki-k-seredine-marta-dobyli-bolee-11-mln-tonn-ryby-i-moreproduktov-na-105-bolshe-urovnya-2022-goda/

4. Ковековдова, Л.Т., Симоконь, М.В. Тяжёлые металлы в тканях промысловых рыб Амурского залива Японского моря // Биология моря. – 2002. Т. 28. – № 2. – С. 125–130.

5. Jonathan, M.P., Aurioles-Gamboa, David, Campos Villegas L. E. Metal concentrations in demersal fish species from Santa Maria Bay, Baja California Sur, Mexico (Pacific coast) // Marine Pollution Bulletin. – 2015. – Vol. 99. – P. 356 – 361.

6. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 021/2011) от 9 декабря 2011 г. № 880: утвержден решением Комиссии Таможенного союза.

Нгуен Т. К.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПИРОЛИЗЕ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В БИОУГЛЕ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н., доцент О. В. Нестерова

Биоуголь — это тип древесного угля, который производится путем нагревания органических материалов в среде с низким содержанием кислорода. Этот процесс называется пиролизом. На свойства биоугля могут влиять несколько факторов, в том числе температура, при которой он производится.

Температура горения оказывает существенное влияние на физические свойства биоугля. По мере повышения температуры пористость и площадь поверхности биоугля уменьшаются. Это связано с тем, что при высокой температуре часть органического вещества превращается в газы и жидкости, оставляя после себя меньше твердого материала. Кроме того, при высоких температурах поры в биоугле могут разрушаться, уменьшая общую пористость и площадь поверхности [1].

Температура горения также влияет на химические свойства биоугля. При более высоких температурах большая часть органического вещества превращается в газы, такие как углекислый газ и метан, в результате чего в биоугле остается более высокая концентрация углерода. Это может сделать биоуголь более стабильным и устойчивым к деградации.

Однако высокие температуры также могут вызывать образование токсичных соединений, таких как полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые могут быть вредны для растений и животных. Поэтому важно оптимизировать температуру горения, чтобы свести к минимуму образование этих вредных соединений [2].

Биоуголь часто используется в качестве добавки к почве для улучшения плодородия почвы и удержания питательных веществ. Температура горения может повлиять на способность биоугля удерживать питательные вещества. При более низких температурах биоуголь может иметь более высокую концентрацию органических веществ, что может увеличить его способность удерживать питательные вещества. Однако высокотемпературный биоуголь может иметь более стабильную структуру, что также может улучшить его свойства удержания питательных веществ [3].

В целом, температура горения оказывает значительное влияние на физические, химические свойства биоугля и способность удерживать питательные вещества. Оптимизация температуры может помочь максимизировать преимущества биоугля в качестве добавки к почве, сводя к минимуму образование вредных соединений.

Чтобы проверить влияние температуры на питательный состав биоугля, мы провели пиролиз сырья при разных температурах.

Эксперименты по проверке содержания питательных веществ в биоугле при пиролизе при разных температурах дали следующие результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Содержание питательных веществ в Биоугле из рисовой шелухи при разных температурах

Температура нагрева	**C (%)**	**N (%)**	**P_2O_5 (%)**	**K_2O (%)**	**CaO (%)**	**MgO (%)**	**SiO_2 (%)**
250^{o}C	41.7	0.58	0.43	1.41	0.28	0.24	45.2
350^{o}C	38.9	0.51	0.33	1.37	0.26	0.19	48.4
450^{o}C	42.8	0.57	0.15	0.53	0.18	0.09	44.5

Наши исследования доказали, что оптимальной для содержания элементов питания в конечном продукте была температура нагрева 250 ^{0}C.

Список литературы

1. Brown, R. Biochar production technology / Lehmann, J., Joseph, S. (eds.) // Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London - 2005, pp. 127-146.

2. Lehmann. Biochar for environmental management: an introduction / J. & Joseph // Biochar for Environmental Management - Science and Technology. Earthscan, London - 2008, pp. 111-139.

3. Lehmann. Biochar effects on soil biota–a review / J. Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D // Soil Biology and Biochemistry - 2011, pp. 1810-1839.

Нгуен Т. К.

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИОУГЛЯ ВО ВЬЕТНАМЕ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.б.н., доцент О. В. Нестерова

Сельскохозяйственное производство Вьетнама достигает сотен миллионов тонн в год и остается стабильным на протяжении многих лет. Побочные продукты сельского хозяйства являются отходами, которые образуются в результате сельскохозяйственной деятельности [1]. Исследование решений по полному использованию побочных продуктов сельского хозяйства является достаточно перспективным. В современном мире отходы сельскохозяйственного производства широко

применяются и в других областях, таких как производство биоспирта в качестве топлива, производство материалов для очистки окружающей среды. "Биоуголь" - продукт анаэробного пиролиза органических материалов, активно используется в качестве сорбента и является экологически чистым [2]. Переработка отходов сельскохозяйственного производства Использование отходов сельского хозяйства для производства биоугля может быть достаточно перспективным для Вьетнама, что подтверждается урожайностью основных культур за последние несколько лет (таблица 1).

Таблица 1

Урожайность некоторых культур в период 2016-2021 гг. [3]

Год	**Пэдди, тыс. тонн**	**Кукуруза, тыс. тонн**	**Арахис, тыс. тонн**	**Соя, тыс. тонн**
2016	43165	5246	427	160
2017	42738	5109	459	101
2018	44046	4874	457	80
2019	43495	4731	442	77
2020	42760	4559	425	65
2021	43860	4430	416	57

По данным Главного статистического управления, общий объем отходов сельскохозяйственного производства во Вьетнаме в 2021 году составил более 156,8 млн тонн, в том числе: 88,9 млн тонн отходов после уборки урожая и переработки сельскохозяйственной продукции (отходы растениеводства составили 56,7%, животноводства –39,1%); 5,5 млн тонн приходится на лесной сектор (что составляет 3,5%) и около 1 млн тонн на рыбный сектор (10,6%) (таблица 2).

Таблица 2

Потенциал отходов сельского хозяйства во Вьетнаме [3]

Типы отходов	**Производительность (млн т/год)**
Рисовая шелуха и солома	40,8
Листья сахарного тростника и жмых	15,6
Древесина	14,07
Кукурузные стебли и початки	9,2
Отходы промышленных предприятий	2,0
Отходы садоводства	0,41

Образующиеся сельскохозяйственные отходы очень разнообразны как по составу, так и по свойствам. Наибольший объем имеют отходы производства растительных культур, таких как рис, кукуруза, картофель и т. д. и составляет примерно 100 миллионов тонн в год. Наиболее потенциальными являются рисовая шелуха, листья и жмых, кокосовое волокно, стебли бобовых.

Большинство растительных отходов имеют очень высокое содержание клетчатки (таблица 3). Например, солома содержит 34 % клетчатки, листья сахарного тростника — 43 %. Основными компонентами гидратированного углерода в отходах сельского хозяйства являются целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин (на долю которых приходится 90% по объему).

Таблица 3

Состав органических соединений в некоторых отходах сельского хозяйства [4-5]

Ингредиент	**Целлюлоза (%)**	**Гемицеллюлоза (%)**	**Лигнин (%)**
Рисовая шелуха	25 - 35	18 – 21	26 – 31
Бамбуковые листья	45 – 50	20 – 25	20 – 30
Солома	39,2	23,5	36,1
Опилки	45,1	28,1	24,1
Листья сахарного тростника	35 – 45	26,2 – 35,8	11,4 – 25,2
Кукурузные листья	61,2	19,3	6,9
Початок	41,5	13	35,2

Список литературы

1. Ministry of Agriculture and Rural Development of Vietnam - Statistics for the years 2016-2021.

2. Lehmann. Biochar for environmental management: an introduction / J. & Joseph // Biochar for Environmental Management - Science and Technology. Earthscan, London - 2008, pp. 111-139.

3. General Statistics Office of Vietnam - Agricultural statistics for the period 2016-2021.

4. Haiqing, Yang. Characterization of Biochar Properties Affected by Different Pyrolysis Temperatures Using Visible- Near-Infrared Spectroscopy / Kuichuan Sheng // International Scholarly Research Network – 2012. doi:10.5402/2012/712837.

5. Kiran, R. Garadimani. Study on Mechanical Properties of Corn Cob Particle and E-Glass Fiber Reinforced Hybrid Polymer Composites / G. U. Raju , K. G. Kodancha // American Journal of Materials Science. 2015; № 5(3C). p. 86-91.

Нгуен Т. К.

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ВХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ БИОУГЛЯ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ
Научный руководитель - к.б.н., доцент О. В. Нестерова

Биоуголь — это тип древесного угля, который производится путем нагревания органических материалов в среде с низким содержанием кислорода. На свойства биоугля могут влиять несколько факторов, в том числе тип и качество используемых исходных материалов.

Состав сырья или органического материала, используемого для производства биоугля, может оказать существенное влияние на свойства полученного биоугля. Различные виды сырья, такие как древесина, растительные остатки и навоз, могут иметь разный химический состав, что может влиять на физические и химические свойства биоугля [1].

Например, из сырья с высоким содержанием лигнина, такого как древесина и кора, получается биоуголь более устойчивый к разложению. С другой стороны, сырье с высоким содержанием азота, такое как навоз животных и птичий помет, может стать источником для производства биоугля с более высоким содержанием питательных веществ. Сырье с высоким содержанием влаги или высокой

зольностью менее желательно, поскольку получаемый из него биоуголь может иметь более низкое содержание углерода и плохо храниться [2].

Кроме того, сырье, загрязненное тяжелыми металлами или другими токсичными соединениями, не подходит для производства биоугля, так как может представлять риск для здоровья человека и окружающей среды.

Условия обработки, используемые для производства биоугля, такие как температура, время пребывания и уровень кислорода, также могут влиять на свойства получаемого продукта. Различные условия обработки сырья могут способствовать производству различных типов биоугля в зависимости от используемого сырья [3].

Например, более высокие температуры и более длительное время пребывания могут способствовать производству биоугля, который является более стабильным и устойчивым к разложению, в то время как более низкие температуры и более короткое время пребывания могут способствовать производству биоугля, который содержит больше питательных веществ и более эффективен в качестве улучшителя почвы.

В заключение, тип и качество сырья, используемого для производства биоугля, могут оказать существенное влияние на свойства полученного биоугля. Оптимизация выбора сырья и условий обработки может помочь максимизировать преимущества биоугля в качестве добавки к почве или другого применения, сводя к минимуму потенциальные негативные последствия.

Чтобы проверить влияние соотношения исходных материалов на химический состав биоугля, мы провели пиролиз с разной скоростью при 250^{o} C. Результаты анализа качества биоугля из стеблей койры и сои представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа качества биоугля из стеблей кокосовой пальмы и сои

Состав сырья	**C (%)**	**N (%)**	**P_2O_5 (%)**	**K_2O (%)**	**CaO (%)**	**MgO (%)**	**SiO_2 (%)**
Соотношение 5:1 (5 койра - 1 соя)	69,83	0,84	0,38	4,50	0,53	0,54	2,25
Соотношение 4:1 (4 койра - 1 соя)	67,35	0,86	0,37	4,49	0,53	0,53	2,25
Соотношение 3:1 (3 койра - 1 соя)	62,27	0,91	0,38	4,48	0,53	0,53	2,23
Соотношение 2:1 (2 койра - 1 соя)	61,82	0,93	0,38	4,52	0,52	0,52	2,26

Список литературы

1. McElligott, K., Dumroese, D. Bioenergy production systems and biochar application in forests: Potential for renewable energy, soil enhancement, and carbon sequestration // Research Note RMRS-RN-46. 2011.

2. Mukherjee, A. Physical and chemical properties of a range of laboratory-produced fresh and aged biochars // Doctoral dissertation, University of Florida – 2011. Solid Earth, 5, 693–704, 2014.

3. Rajkovich, S. Biochar as an amendment to improve soil fertility – 2010. https://hdl.handle.net/1813/17306.

Потапова Д. Е.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология», ИМО, ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент Е.В.Журавель

В результате многолетних наблюдений было выявлено, что внутренняя и примыкающая к городу Владивостоку части Амурского залива наиболее загрязнены [5]. Источники его загрязнения – терригенный сток природного и антропогенного происхождения, в результате залив является зоной накопления органики, что регистрируется как по показателям качества воды, так и по содержанию органических веществ в донных осадках [2].

Загрязнение морской воды является комплексным и, следовательно, оценку его характера и биологического действия можно провести только с помощью биотестирования, которое является средством получения принципиально новой информации о загрязнении [9]. С помощью биотестирования можно получить интегральную характеристику качества среды и определить степень совместного влияния загрязняющих веществ на гидробионтов [4,6].

Цель работы – оценить состояние прибрежных вод Амурского залива по результатам биотестирования и определения гидрохимических показателей.

Пробы воды отбирали вдоль западного побережья г. Владивостока 17 сентября 2021 г. (осенний отбор) и 14 мая 2022 г. (весенний отбор) с шести станций – устье р. Богатая (1), пляж на ст. Санаторная (2), пляж на ст. Чайка (3), устье Второй речки (4), Спортивная Гавань (5), м. Токаревского (6). Параллельно с помощью стандартных методов проводился гидрохимический анализ прибрежных вод Амурского залива [7]. В качестве тест-объекта использовали альгологически чистую культуру микроводоросли *Phaeodactilum tricornutum* Bohlin, которая рекомендована для тестирования морских вод [6]. *P. tricornutum* имеет высокую устойчивость к изменению солености, что является важнейшим свойством для тест-организма, так как при биотестировании он реагирует на загрязняющие вещества, присутствующие в воде [3].

Проведенное исследование показало, что количество клеток *P. tricornutum* в опыте отклонялось от контрольного. Выявлена значительная стимуляция (в 1,5-4 раза по сравнению с контролем) роста культуры микроводоросли *P. tricornutum* в пробах воды из Амурского залива в осенний период 2021 г. В весенний период 2022 г., напротив, наблюдалось угнетение роста численности микроводорослей (рисунок).

На основе вычисления коэффициента корреляции Спирмена показана прямая сильная связь между ростом численности культуры и содержанием фосфора в тестируемых водах. В осенний сезон по содержанию фосфатов (53-229 мкг/л) воды были отнесены к категории мезотрофных и эвтрофных. Весной содержание фосфатов варьировало от 24 до 180 мкг/л в приустьевой части Второй речки, испытывающей постоянный приток биогенов. По $БПК_5$(0,93-2,81 мг/л) воды можно отнести к чистым и умеренно загрязненным.

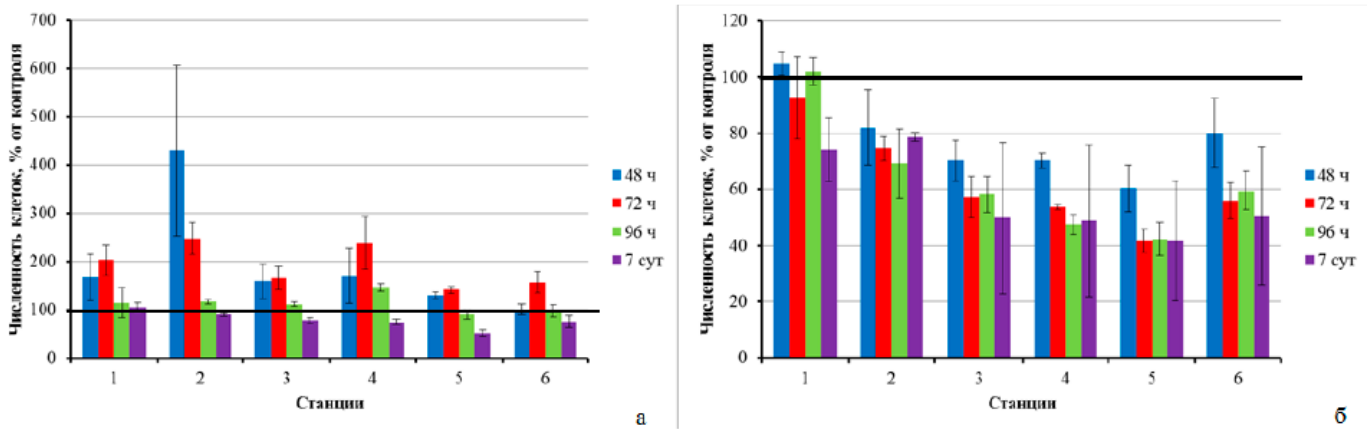


Рисунок - Численность клеток микроводоросли *P. tricornutum* в воде, отобранной в Амурском заливе а – сентябрь 2021г., б – май 2022 г.

Значительный рост численности культуры микроводоросли можно объяснить тем, что многие диатомовые водоросли являются индикаторами органического загрязнения и активно реагируют на приток биогенных веществ [1,8]. Таким образом, рост численности *P. tricornutum* в пробах воды с повышенным содержанием фосфатов и органических веществ в лабораторных условиях подтверждает возможность массового развития микроводорослей в воде Амурского залива.

Список литературы

1. Бегун, А. А., Звягинцев, А. Ю., Мощенко, А. В. Состав, обилие и динамика диатомовых водорослей эпибиозов в прибрежных водах некоторых акваторий залива Петра Великого Японского моря // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 164. – С. 229-257.

2. Галышева, Ю. А. Биологические последствия органического загрязнения прибрежных морских экосистем российской части Японского моря // Известия ТИНРО – 2009. – Т. 158. – С. 209-227.

3. Дятлов, С.Е, Петросян, А.Г. *Phaeodactylumtricornutum*Bohl. (Chrysophyta) как тест-объект. Диапазон соленостнойрезистенции // Альгология. 2001. Т. 11, №2. С. 259-264.

4. Жмур, Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. М.: Международный дом сотрудничества. 1997. 117 с.

5. Маркина, Ж. В., Айздайчер, Н. А. Оценка качества вод Амурского залива Японского моря на основе биотестирования с применением одноклеточной водоросли *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin //Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 1. – С. 99-105.

6. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М: РЭФИА, НИА – Природа, 2002. – 118 с.

7. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. – М.: ВНИРО, 2003. – 202 с.

8. Стоник, И. В. Качественный и количественный состав фитопланктона бухты Золотой Рог Японского моря // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 194. – С. 167-174.

9. Флеров, Б. А. Биотестирование: терминология, задачи, перспективы / Б. А. Флеров // Теоретические вопросы биотестирования / Институт биологии внутренних вод АН СССР. – Волгоград: Волгоградская правда, 1983. – С. 13-20.

Сторожева Ю.П.[1], Доценко А.А.[2]

ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: МЕТОДЫ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ — КЛЮЧ К ПОИСКУ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

[1]Кафедра кораблестроения и океанотехники ПИ ДВФУ
[2]Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ
[2]Научный руководитель - к.ф.-м.н., А.А. Доценко

Развитие «зеленой» энергетики и сокращение объема потребления нефтепродуктов обуславливает активное развитие технологий и методов поиска новых материалов для получения «зеленого» водорода и аммиака.

Водород рассматривается сегодня в качестве перспективного энергоносителя для развития низкоуглеродной и бескарбоновой экономики снижающей до минимума антропогенное влияние на природу, а аммиак же выступает в качестве некоего хранилища водорода [1].

Основным преимуществом водорода является возможность его получения из различных источников, например, из воды, углеводородов и органических материалов, и использования его в качестве судовых топливных элементов. Разложение аммиака для получения более теплоемкого водорода требует специального механизма смешения с воздухом и присутствия катализаторов, контроля за давлением, образованием оксидов азота, поддержания стабильными всех параметров, что трудно реализовать в рамках переменной мощности и от возобновляемых источников [2].

Данную задачу, возможно, решить, если использовать совершенно другие подходы, новые катализаторы и молекулярные инструменты, которые ускорили бы реакцию. Основная сложность заключается в том, что для каждого изучаемого катализатора необходимо создать свою индивидуальную реакционную среду. Методы квантово-химического моделирования позволяют создавать подобные среды, подбирать катализаторы к реакциям и реакции к катализаторам, а также рассматривать начальные стадий реакций с помощью энергетических диаграмм, давать четкое понимание реакции, электронной структуры и её взаимосвязи с физико-химическими свойствами [3]. В данных методах химическая реакция рассматривается как изменение координат ядер реагирующих молекул вдоль координаты реакции от стационарной точки – реагента реакции (R) к точке, соответствующей продукту реакции (P), через седловую точку, представляющую собой переходное состояние.

В описании химических систем и реакций, могут так же учитываться и физические явления: движения электронов в поле ядер, взаимодействия электронов между собой, релятивистские и квантовые эффекты неопределенности положения и импульса, спиновые и другие эффекты [4].

Список литературы

1. 'Green' ammonia is the key to meeting the twin challenges of the 21st century [Электронный источник] – URL: https://www.siemens-energy.com/uk/en/offerings-uk/green-ammonia.html.

2. Appl, M. The Haber–Bosch Process and the Development of Chemical Engineering // A Century of Chemical Engineering. – 1982. – P. 29–54.

3. Цирельсон, В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела / В.Г. Цирельсон. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 495 с.

4. Dotsenko, A.A., Vovna V.I, Korochentsev V.V., Mirochnik A.G., Shcheka O.L., Sedakova T.V., Sergienko V.I. Halide Perovskite-Derived Compounds Rb_2TeX_6 (X = Cl, Br, and I): Electronic Structure of the Ground and First Excited States // Inorganic Chemistry. – 2019. –№58 – P. 6796–6803.

Тегай В.В., Ковековдова Л.Т.

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ (Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn) В ПОЧВАХ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ Г. УССУРИЙСКА

Международная кафедра ЮНЕСКО ИМО ДВФУ
Научный руководитель – д.б.н., профессор Л.Т. Ковековдова

Город Уссурийск, являясь третьим по значению городом Приморского края, испытывает влияние процессов урбанизации. В городскую экосистему поступают токсичные вещества различных химических свойств. В том числе и тяжелые металлы, высокие концентрации которых могут подавлять нормальную жизнедеятельность живых организмов[1]. Основными источниками тяжелых металлов в г. Уссурийске являются автомобильный и железнодорожный транспорт, предприятия по выработке тепла (котельные).

Объектами анализа служили пробы почв, отобранные вблизи школьных учреждений (районы Центр, Ж/д слободка, Междуречье, Посёлок сахарного завода, 5-й километр), и в районе, подвергающемся техногенной нагрузке (Ж/д вокзал) в 2021 (осень) и 2022 (весна) гг.

Выбор мест отбора проб обусловлен возможностью влияния токсичных элементов в почве на здоровье детей, ежедневно посещающих учебные заведения. Выбор района, подверженного техногенной нагрузке (Ж/д вокзал), позволил дать сравнительную оценку качества почв.

Пробы отбирали в соответствии с ПНД Ф 16.2.2.:2.3.71-2011 методом «конверта» на каждой из пробных площадок в пяти точках [2].Средством измерений был атомно-абсорбционный спектрометр АА-7000 (Shimadzu), атомизатором служило пламя ацетилен/воздух. Стандартизацию проводили с использованием государственных стандартных образцов металлов (ГСО). Относительная погрешность определения элементов составляла не более 10%.

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения была проведена с помощью расчета суммарного показателя загрязнения почвы (Zc) в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [3]. Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Zc = \Sigma (Kci + ... + Kcn) - (n-1),$$

где: n - число определяемых суммируемых вещества; Ксi - коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения. Кс определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (Сi) в мг/кг почвы к региональному фоновому (Сфi).

В соответствии с ориентировочной шкалой опасности загрязнения почв [4] по суммарному показателю (Zc), загрязнение почв в районах всех пяти школ г. Уссурийска было допустимым - Zc менее 16 (таблица 1). На станции «Ж/д вокзал» отмечалось умеренно опасное загрязнение почв - Zc более 16 и менее 32, что свидетельствует о возможности увеличения общей заболеваемости людей.

Таблица 1

Значение суммарного показателя загрязнения (Zc) по данным 2021 г.

№ станции	Район	Значение показателя
1	Центр (шк. №29)	9,39
2	Ж/д слободка (шк. №130)	7,46
3	Междуречье (шк. №32)	6,36
4	Посёлок сахарного завода (шк. №28)	5,40
5	5-й километр (шк. №30)	7,13
6	Ж/д вокзал	22,28

Результаты исследования качества почв по суммарному показателю загрязнения (Zc) за 2022 г. представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значение суммарного показателя загрязнения (Zc) по данным 2022 г.

№ станции	Район	Значение показателя
1	Центр (шк. №29)	6,93
2	Ж/д слободка (шк. №130)	3,08
3	Междуречье (шк. №32)	3,87
4	Посёлок сахарного завода (шк. №28)	3,61
5	5-й километр (шк. №30)	3,08
6	Ж/д вокзал	46,36

Загрязнение почв в районах всех пяти школ г. Уссурийска по сравнению с 2021 г.осталось допустимым - Zc менее 16. На станции «Ж/д вокзал» отмечено увеличение показателя Zcв 2 раза. Загрязнение почв в этом районе оценивается как опасное - Zc более 32 и менее 128, что свидетельствует о возможности увеличения общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Список литературы

1. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – Москва: Наука, 1985. – 264 с.

2. ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами. – Москва, 2011. – 43 с.

3. СанПиН 1.2.3685-21 «Санитарные правила и нормы Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – Москва, 2021. – 469 с.

4. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». – Москва, 2021. – 45 с.

Ткаченко О.А.

МИКРБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ Г.ВЛАДИВОСТОКА

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент О.А. Дроздовская

Почва является одной из главных составляющих компонентов окружающей среды, от которого зависят качество жизни и здоровья населения. Она обеспечивает человека работой, продуктами питания и формирует здоровую среду обитания. Загрязнение почв вызывает целый ряд негативных процессов, прямо или косвенно влияющих на здоровье людей. Почва может быть фактором передачи возбудителей таких инфекционных заболеваний как брюшной тиф, дизентерия, гепатит А, холера, сальмонеллез и других кишечных инфекций. Наиболее часто загрязнение почв патогенными

микроорганизмами обнаруживается на территориях жилых дворов, детских образовательных учреждений, в местах выгула домашних животных.

Игровые площадки детских дошкольных учреждений относятся к наиболее значимым территориям (объектам повышенного риска). Для профилактики инфекционных заболеваний у детей большое значение имеет исследование санитарного состояния почвы.

В связи с этим цель данной работы: микробиологическое исследование санитарного состояния почв игровых площадок детских садов г. Владивостока.

Для исследования были выбраны 5 детских дошкольных учреждений, находящихся в разных микрорайонах г. Владивостока: 1- детский сад №145 (Луговая, 61), 2 – детский сад №138 (Шошина, 7), 3 – детский сад № 184 (Чайковского, 2), 4 – детский сад № 17 (Леонова, 5), 5 – детский сад № 67 (Океанский проспект, 96). Почвенные образцы отбирали в октябре 2022 года. Отбор проб осуществляли согласно ГОСТу 17.4.4.02-2017 [2].

Оценку санитарного состояния почв проводили по косвенным санитарно – бактериологическим показателям, которые характеризуют интенсивность биологической нагрузки на почву: санитарно-показательные организмы группы кишечной палочки (БГКП и коли индекс). Их наличие свидетельствует о загрязнении объекта исследования выделениями человека и животных, так как они постоянно обитают в тех же органах, что и возбудители заболеваний, и имеют общий путь выделения в окружающую среду.

В крупных городах с высокой плотностью населения биологическая нагрузка на почву, как правило, очень велика, и как следствие, высоки индексы санитарно-показательных организмов. К бактериям группы кишечной палочки относятся *Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, Eschericia*. Все они являются условно-патогенными микроорганизмам, но при ослабленном иммунитете могут вызывать пищевые отравления, мочеполовые инфекции и др. Согласно санитарно- гигиеническим нормам почву по санитарно-эпидемиологическим показателям можно расценивать как чистую, если индекс БГКП в 1 г почвы меньше 10, умеренно-опасную – 10-100, опасную 100-1000, чрезвычайно опасную - 1000 и выше [1]. Исследования показали, что численность бактерий группы кишечной палочки в почвах всех обследованных почвах превышала показатель 10^3 КОЕ/ г, что свидетельствует о высокой биологической нагрузке данных территорий (таблица.).

В почве игровых площадок двух детских садов № 145 (Луговая, 61) и № 184 (Чайковского, 2) была обнаружена *E. coli*, в количестве $(1\pm0)\cdot10^1$ и $(1,4\ \pm0)\cdot10^2$ соответственно. Наличие кишечной палочки свидетельствует о фекальном загрязнении, попадающем в почву с испражнениями человека и животных и может быть индикатором присутствия патогенных бактерий.

Таблица

Санитарное состояние почв игровых площадок детских садов г. Владивостока (бактериологические показатели)

№ станции	Количество микробов в 1 г почвы, КОЕ		Категория загрязнения почв
	БГКП	E.coli	
1	$(13,5\pm0,7)\cdot10^3$	$(1\pm0)\cdot10^1$	Чрезвычайно опасная
2	-	0	
3	$(1,2\pm0)\cdot10^5$	$(1,\ 4\ \pm0)\cdot10^2$	Чрезвычайно опасная
4	$(2,8\pm1,2)\cdot10^5$	0	Чрезвычайно опасная
5	$(5,22\pm3,7)\cdot10^5$	0	Чрезвычайно опасная

Примечание:1 – детский сад № 145 (Луговая, 61); 2 – детский сад № 138 (Шошина, 7), 3 – детский сад № 184 (Чайковского, 2), 4 – детский сад № 17 (Леонова, 5), 5 – детский сад № 67 (Океанский проспект, 96); «-» данные отсутствуют

Таким образом, почвы детских дошкольных учреждений г. Владивостока не соответствуют нормам СанПина и могут представлять опасность в эпидемиологическом отношении. В связи с этим, необходим регулярный контроль за санитарным состоянием территорий детских садов и усиление просветительской работы среди детей и их родителей, а также педагогических работников в области гигиены и санитарной охраны почв.

Список литературы

1. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов // Постановление от 17 апреля 2003. №53 // Зарегистрировано в Минюстре РФ 5 мая 2003. № 4500. – 9 с.

2. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (введен в действие приказом Росстандарта от 17.04.2018 № 202 ст.)

Удовикин Т.Р.[1] , Черняев А.П.[2] , Цыганков В.Ю.[1,3]

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ ЕЖЕЙ (*MESOCENTROTUSNUDUS*): ПОЛИЯДЕРНЫЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

[1]Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

[2] Институт наукоемких технологий и перспективных материалов ДВФУ

[3] Департамент комплексных проектов ПИШ ДВФУ

[1,3]Научный руководитель – д.б.н., профессор В.Ю. Цыганков

Mesocentrotus nudus Agassiz, 1863 или чёрный морской ёж – классический объект, используемый в целях биоиндикации и биотестирования [19,14,11,10,17,8,7]. В то же время он включён в список водных биологических ресурсов, в отношении которых ведётся промысловый лов [2]. Помимо промышленного лова, чёрный морской ёж интересен как любителям, так и браконьерам [4].

Способность ПАУ к биоаккумуляции [9], а также наличие их в списке приоритетных поллютантов Женевской Конвенции обуславливает необходимость изучения количества этих веществ в пищевой продукции. В России контролю подлежит только концентрация бенз[a]пирена в пищевой продукции [5], тогда как некоторыми странами (США, Канада, страны ЕС) принято постановление об ограничении и регулировании концентраций ПАУ в воздухе, воде, почве, и товаров народного потребления [16,12], в котором установлен список из 16 ПАУ, подлежащих регулярному мониторингу (антрацен, аценафтен, аценафтилен, бенз[a]антрацен, бенз[b]флуорантен, бенз[k]флуорантен, бенз[g,h,i]перилен, бенз[a]пирен, дибенз[a,h]антрацен, индено[1,2,3-c,d]пирен, нафталин, пирен, фенантрен, флуорантен, флуорен, хризен) [1]. ПАУ представляют класс химических соединений, которые обладают токсическим, мутагенным и канцерогенным эффектом. Среди ПАУ наиболее токсичным соединением является бенз(а)пирен, который можно обнаружить в табачном дыме, питьевой воде и продуктах питания [15].

Методика анализа. Навеску 2 г сухой и измельченной образца тканей биологического объекта помещают в колбу, добавляют 10 см3 дихлорметана и экстрагируют на ультразвуковой бане в течение 15 мин. После экстракции фильтруют через бумажный фильтр, и повторяют экстракцию с новой порцией растворителя. После объединения экстрактов их упаривают досуха под вакуумом на ротационном испарителе, масляный остаток омыляют 2 $см^3$ 2 % раствора гидроксида натрия в этиловом спирте в течение 24 часов. Затем сухой остаток перерастворяют в воде, и экстрагируют 10 $см^3$

дихлорметана. Для лучшего разделения в образовавшуюся эмульсию добавляют хлорид натрия. После разделения фаз органическую фракцию осушают безводным сульфатом натрия и пропускают через колонку с флорисилом (100-200 меш) (5 см^3). Полученный экстракт упаривают досуха под вакуумом на ротационном испарителе. Сухой остаток растворяют в 1 см3 ацетонитрила и анализируют методом ОФ ВЭЖХ с применением стандартных растворов индивидуальных ПАУ производства фирмы MERCK (USA). Анализ на жидкостном хроматографе проводят на колонке с неподвижной фазой С18 и размером частиц 3-20 мкм. Температура колонки в процессе хроматографирования поддерживается при температуре 23,5±0,1°С. Состав подвижной фазы градиентный – первые 0,5 мин метанол:вода 30:70, затем до 5 мин увеличивают содержание метанола до 80%, с 5 по 62 минуту содержание метанола поднимают до 100% и удерживают так ещё 1 мин.

Всего обработано 28 проб. Суммарная концентрация ПАУ в исследованных объектах варьировалась от 0,66 до 22,27 нг/кг сухой массы. Концентрация бенз[а]пирена, в пробах, где он был обнаружен, варьировалась от 0,047 до 1,305 нг/кг сухой массы. С целью оценки риска для здоровья населения от употребления морских ежей, загрязнённых ПАУ рассчитывали коэффициент потенциального риска развития рака в течение жизни (*ILCR*) согласно международным стандартным методикам [13,20] для женщин и для мужчин.

Среднесуточное употребление (*EDI*) рассчитывали следующим образом [18]:

$$EDI = \frac{C_{food} * IR_{food} * AF_{GIT} * D_d * D_y}{BW * 365 * LE}$$

где: C_{food} — концентрация токсиканта в пище, мг/кг; IR_{food} — среднее употребление контаминированной пищи, кг/день (согласно данным Росстата [6] на 2020 год жители Приморского края потребляли 28,9 кг морепродуктов в год); AF_{GIT} — фактор адсорбции токсиканта в желудочно-кишечном тракте (принимается равным 1, если отсутствуют другие данные); D_d — количество дней, в которые происходит употребление загрязненной пищи; D_y — количество лет употребления загрязненной пищи (меньше средней продолжительности жизни на 5 лет); *BW* — средний вес тела человека, кг (по данным кг); *LE* — средняя продолжительность жизни (согласно данным Роспотребнадзора [3] принимается равной 59,8годам для мужчин и 71,7 для женщин).

ILCR рассчитывали по формуле:

$$ILCR = SF_{oral} * EDI$$

где, SF_{oral} — коэффициент, отражающий степень повышения риска развития рака при поглощении токсиканта *per os*, килограмм в день/мг. Если *ILCR*>1*10^{-5}, существует потенциальный риск развития рака [18]. Данный коэффициент установлен для 5 из 16 приоритетных ПАУ (таблица).

Таблица

Коэффициент потенциального риска развития рака в течение жизни - *ILCR*

ПАУ	Бенз(а)антрацен	Бенз(а)антрацен	Бенз(b)флуорантен	Бенз(b)флуорантен	Бенз(k)флуорантен	Бенз(k)флуорантен	Бенз(а)перен	Бенз(а)перен	Дибенз(a,h)антрацен	Дибенз(a,h)антрацен
SForal	0,73	0,73	0,73	0,73	0,073	0,073	0,73	0,73	7,3	7,3
Пол	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
EDIcp	1,332* 10^{-6}	1,427* 10^{-6}	4,374* 10^{-7}	4,684* 10^{-7}	3,187* 10^{-8}	3,413* 10^{-8}	8,526* 10^{-8}	9,132* 10^{-8}	7,399* 10^{-8}	7,925* 10^{-8}
ILCR	9,726* 10^{-7}	1,042* 10^{-6}	3,193* 10^{-7}	3,420* 10^{-7}	2,327* 10^{-9}	2,492* 10^{-9}	6,224* 10^{-8}	6,666* 10^{-8}	5,401* 10^{-7}	5,785* 10^{-7}

Представленные выше коэффициенты рассчитаны индивидуально для каждого ПАУ. Учитывая то, что при потреблении икры в организм человека поступает полный спектр ПАУ, то суммарный ILCR составляет $1{,}961*10^{-6}$ для мужчин и $2{,}100*10^{-6}$, что свидетельствует об отсутствии потенциального риска развития рака для обеих групп населения.

Список литературы:

1. Агапкина, Г. И. и др. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Москвы //Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2007. – №. 3. – С. 38-47.

2. Бадаев, О. З. и др. Особенности освоения водных биологических ресурсов в подзоне Приморье Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна //Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования. – 2019. – С. 272-277.

3. Здоровье и возраст // Официальный сайт Роспотребнадзора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/33vVRn (дата обращения 30.03.2023).

4. Кафанов, А. И., Павлючков, В. А. Экология промысловых морских ежей рода Strongylocentrotus материкового япономорского побережья России //Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2001. – Т. 128. – №. 1-2. – С. 349-373.

5. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения 30.03.2023).

6. Федеральная служба государственной статистики - потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2021 году по итогам Выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств Москва, 2022 г.

7. ASTM. American Society for Testing and Materials Standard guide for conducting static acute toxicity tests with echinoid embryos. E 1563-95 Annual book of ASTM standards, T. 11.05 (1995), C. 1029-1046 Philadelphia, PA

8. Chapman, G. A., Denton, D. L., Lazorchak, J. M. (ed.). Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms. – 1995.

9. Culotta, L. The PAH composition of surface sediments from Stagnone coastal lagoon, Marsala (Italy) / L. Culotta, C. De Stefano, A. Gianguzza, M. R. Mannino, S. Orecchio // Marine Chemistry. – 2006. – V. 99. – No. 1–4. – P. 117–127.

10. Environment Canada. Biological test method: fertilization assay using echinoids (sea urchins and sand dollars). – 1992.

11. EPA U. S. Estuarine and coastal marine waters: Bioassessment and biocriteria technical guidance //Technology. – 2000.

12. European Commission. Commission Regulation (EU) No. 1272/2013 of 6 December 2013 Amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as Regards Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. – 2013.

13. Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada, Part II: Health Canada Toxicological Reference Values (TRVs) and Chemical-Specific Factors, Version 2.0 // Canada.ca [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.canada.ca/en/health-canada.html (дата обращения 30.03.2023).

14. ICES. International Council for the Exploitation of the Sea, Report of the ICES Advisory Committee on the Marine Environment. 1997.

15. Jafarabadi, A. R. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the non-bleached and bleached corals and their ambient environment: The role of suspended particulate matter, mucus, and positive matrix

factorization model for identifying contributions to the carcinogenicity of PAH sources //Science of The Total Environment. – 2021. – Т. 787. – С. 147688.

16. Kim, K. H. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects / K. H. Kim, S. A. Jahan, E. Kabir, R. J. Brown // Environment international. – 2013. –V. 60. – P. 71–80.

17. Klemm, D. J. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving water to marine and estuarine organisms. – US Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring Systems Laboratory, 1994.

18. Persistent Organic Pollutants Toolkit // Popstoolkit.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pop-stoolkit.com/ (дата обращения 30.03.2023).

19. Sutherland, J. B. Detoxification of polycyclic aromatic hydrocarbons by fungi //Journal of industrial microbiology and biotechnology. – 1992. – Т. 9. – №. 1. – С. 53-61.

20. United States Environment Protection Agency (USEPA). IRIS Assessments // Cfpub.epa.gov [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/AtoZ.cfm (дата обращения 30.03.2023).

Фам Т. Т. [1]

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПАТОГЕННЫЕМИКРООРГАНИЗМЫ ПОЧВ ПРИ ДООЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НА ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ

[1]Департамент морских арктических технологий ПИ ДВФУ

[2]АО Дальневосточный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

[1,2]Научный руководитель - к.т.н., профессор В.Л. Головин

В последние годы в мировой экологической практике одним из главных направлений считается развитие приемов снижения экологической нагрузки на природные объекты, в частности, на водные. При этом известно, что почва в отношении микрофлоры является самой обитаемой природной средой (количество микроорганизмов в почве иногда на несколько порядков превышает численность их в водных объектах) [1, 2]. Именно благодаря высокой численности, разнообразию и устойчивости микробиома почвы можно считать более надежным и относительно безопасным приемником даже неочищенных или недоочищенных сточных вод. Тщательная доочистка таких стоков оказывается не только сложной в технологическом плане и дорогостоящей, но и не всегда в полной мере отвечает ужесточающимся требованиям современной экологии.

В этой связи в последние годы активно развивается сельскохозяйственное орошение стоками на земледельческих полях орошения (ЗПО), где приемником сточных вод является почвенная среда. Развитие этого направления во многих странах все чаще связано уже не с дефицитом пресных вод для орошения, а с необходимостью утилизации недоочищенных стоков при упрощенной их третичной обработке и снижении экологических рисков. Однако многие вопросы, связанные, в частности, с видовой конкуренцией и с влиянием ее на активность почвообразовательных процессов остаются еще недостаточно изученными [3].

Достаточно известно, что патогенные микроорганизмы, присутствующие в сточных водах, часто удаляются или значительно сокращаются в результате процессов почвенной очистки сточных вод, но некоторые бактерии и вирусы все еще могут присутствовать в очищенных сточных водах. В процессе доочистки сточных вод на ЗПО, микроорганизмы могут выживать или инактивироваться (гибнуть) в результате естественных физико-химических процессов в почве, а также в результате конкурентной

борьбы видов при участии и численном превосходстве почвенных организмов. Это может привести к загрязнению воды, почвы и создавать угрозу распространения болезней, поражающих людей [4, 5]. Поэтому для предотвращения распространения этих возбудителей в окружающей среде необходимо выявить факторы, влияющие на почвообразовательные процессы и на роль микроорганизмов в почве.

Целью данного исследования является определение факторов, влияющих на патогенные микроорганизмы в почве при доочистке сточных вод на ЗПО. С этой целью проанализированы результаты исследований разных авторов, рассматривающих влияние физико-химических процессов на почвенные бактерии. Все ссылки, используемые в этой работе, были тщательно отобраны. Результаты исследования показывают, что роль и активность почвенных патогенных микроорганизмов в почве при доочистке сточных вод на ЗПО зависит от многих факторов, что показано на рисунке. Понимание экологической судьбы переносимых через почву патогенов необходимо для разработки эффективных и безопасных мер доочистка сточных вод, а также для защиты здоровья человека и окружающей среды.

Рисунок - Факторы, влияющие на патогенные микроорганизмы в почве при доочистке сточных вод на ЗПО

Список литературы

1. Гендугов, В.М., Глазунов, Г.П., Евдокимова, М.В. Макрокинетика роста и отмирания микробов в почве // Микробиология. 2011. Т. 80, № 4, с.508-512.

2. Круглов, Ю.В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования* (обзор) // Сельскохозяйственная биология, 2016, том 51. с. 46-59.

3. Головин, В.Л., Гулюк, Г.Г., Фам, Т. Т. Аспекты экологической безопасности орошения сточными водами // Мелиорация и Экология. 2022, № 3, с.10-16.

4. Abu–Ashour, J., Joy, D.M., Lee, H., Whiteley, H.R., Zelin, S. Transport of Microorganisms Through Soil. Water, Air, and Soil Pollution 1994; 75(1–2) 141–158.

5. Gerba, C.P., Bitton, G. Microbial Pollutants: Their Survival and Transport Pattern to Groundwater. In: Bitton G., Gerba C.P. (eds.) Groundwater Pollution Microbiology. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 1984. p. 65–88.

Хокканен С. Н.[1]

БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ ОТ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯПОНСКОГО МОРЯ

[1] Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. лаборатории комплексных исследований окружающей среды и минеральных ресурсов ТОИ ДВО РАН А.Л. Пономарева

На сегодняшний день существует достаточное количество исследований [1], подтверждающих крайне негативные последствия попадания различных фракций нефти в почву. Нефтяное загрязнение является серьезной нагрузкой для экосистемы почвы, при котором, в случае большого количества поступивших углеводородов, естественные процессы самоочищения почвы не эффективны. В этой связи есть необходимость дополнительного очищения почвы, в том числе, с помощью биоремедиации. Целью данного исследования являлась оценка пригодности углеводородокисляющих штаммов, выделенных из донных отложений Японского моря, для использования в качестве основы для создания биопрепарата-ремедианта.

В качестве объектов исследования были выбраны следующие штаммы: *Stenotrophomonas maltophilia* POIOP54-42/37-3, *Psychrobacter glacincola* POILV81-51/330-3 (1), *Pseudomonas* sp. POILV81-57/379-1 (3) и *Brevibacillus nitrificans* POILV81-19/135. Исследуемые штаммы проверяли на способность расти в условиях наземно-воздушной среды в верхнем слое почвы, загрязненной нефтью. Исследование проводили на полигоне на территории нефтебазы в г. Артем в августе-сентябре 2022 года.

Исследовали численность органотрофных микроорганизмов на среде СММ, а углеводородокисляющих на среде Ворошиловой-Дианової [2] с добавлением 2% сырой нефти методом Коха [3]. Убыль нефтепродуктов оценивали с помощью весового метода [4].

По результатам проведенных исследований видно, что для почвенного консорциума, в который был внесен штамм *S. maltophilia* POIOP54-42/37-3 характерно преобладание углеводородокисляющих микроорганизмов (далее УВОБ) над органотрофами в течение всего эксперимента, при этом число УВОБ снижается со временем. Очевидно, это происходит из-за деградации нефти, которая является основным источником углерода для них. При этом консорциум может утилизировать до 92,16% нефти за 42 дня, а максимальная эффективность достигается на 26-й день – утилизируется 90,98%.

В случае штаммов *Ps.* sp. POILV81-57/379-1 (3) и *Brb.nitrificans*POILV81-19/135 характерна обратная ситуация – преобладание органотрофов над УВОБ в течение всего периода исследований. При этом данные консорциумы также показывают хорошие способности к деструкции углеводородов, но темпы биодеградации гораздо ниже, чем в случае с *S. maltophilia* POIOP54-42/37-3 (52,16% и 27,06% соответственно на 26-й день и 91,37% и 85,10% на 42-й день соответственно).

Для консорциума со штаммом *Psych. glacincola* POILV81-51/330-3 (1) число органотрофов сначала повышается к середине эксперимента, а к концу эксперимента снижается практически до исходного уровня, число УВОБ также снижается к концу эксперимента, что может свидетельствовать

о недостатке органики для питания микроорганизмов в почве. *Psych. glacincola* POILV81-51/330-3 (1) показывает достаточно хорошую способность к биодеградации углеводородов (73,72 % на 26-й день и 89,41 % на 42-й день). Все данные, полученные в ходе эксперимента, представлены в таблице.

Таблица

Способность штаммов, выделенных из донных отложений Японского моря к деструкции углеводородов в условиях наземно-воздушной среды

	Штамм	*S. maltophilia* POI OP54-42/37-3	*Psych. glacincola* POI LV81-51/330-3 (1)	*Ps. sp.* POI LV81-57/379-1 (3)	*Brb. nitrificans* POI LV81-19/135
Исходная проба	Начальная концентрация нефти, мл/кг почвы	0,0255	0,0255	0,0255	0,0255
	Исходная численность органотрофов	1×10^3	9×10^2	1×10^6	1×10^7
	Исходная численность УВОБ	1×10^8	1×10^8	$1{,}1\times10^3$	1×10^5
На 26-е сутки	Кол-во утилизированной нефти на 26 день, г/кг почвы	0,0023	0,0067	0,0122	0,0186
	Численность органотрофов	8×10^1	$3{,}8\times10^3$	1×10^5	1×10^9
	Численность УВОБ	1×10^4	нет данных	1×10^4	1×10^8
	% Утилизированной нефти на 26 день	90,98%	73,72%	52,16%	27,06%
На 42-е сутки	Кол-во утилизированной нефти на 42 день, г/кг почвы	0,002	0,0027	0,0022	0,0038
	Численность органотрофов	$1{,}4\times10^3$	1×10^3	9×10^2	$3{,}1\times10^3$
	Численность УВОБ	$1{,}4\times10^3$	4×10^2	5×10^2	2×10^3
	% Утилизированной нефти на 42 день	92,16%	89,41%	91,37%	85,10%

Таким образом, все штаммы пригодны для культивирования в лабораторных условиях. Они дают достаточно быстрый рост на средах СММ и Ворошиловой-Дианową с добавлением нефти. Наиболее перспективным штаммом для применения в промышленности и дальнейших исследованиях является *S.maltophilia* POIOP54-42/37-3.

Список литературы:

1. Коршунова, Т.Ю., Четвериков, С.П., Бакаева, М.Д. и др. Микроорганизмы в ликвидации последствий нефтяного загрязнения // Прикладная биохимия и микробиология – 2019 –№4 – с.338-349

2. Микробиологическая оценка качества природных вод, летняя учебная полевая практика: учебное пособие по летней полевой практике студентов/ Л.С. Бузолева. – Владивосток. – 88 с.

3. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; Под ред. А. И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

4. Природоохранный нормативный документ федеративный №16.1.41-04от 23.03.2004 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом» // Минприроды РФ. М.: 2004 . – 13 с.

Шестёра А.А.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕСНЫХ ВОДОТОКОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ П-ВА КАМЧАТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОРГАНИЗМА *SCENEDESMUS QUADRICAUDA*

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
Научный руководитель – старший преподаватель А.Д. Пелех

Речной сток является одним из источников выноса различных веществ, в том числе и загрязняющих, в прибрежную морскую зону. Именно поэтому при выявлении основных причин вредоносного цветения микроводорослей в Авачинском заливе, приведшего к массовой гибели гидробионтов в сентябре 2020 г., необходимо оценивать также и экологическое состояние рек п-ва Камчатка. С данной целью была проведена оценка токсичности донных отложений водных объектов южной части полуострова Камчатка.

Отбор проб донных отложений проводился в сентябре 2022 г. на 18 станциях, находящихся на реках Авача, Паратунка, Мутнушка, Кирпичная, Халактырка, Плотникова, Камчатка, Андриановка, ручье Козельский, озере Халактырское.

Биотестирование с использованием микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* проводилось в соответствии с ФР 1.39.2007.03223 [1]. Согласно данной методике, водные вытяжки из донных отложений признавались токсичными, если они стимулировали или ингибировали рост сценедесмуса более чем на 30% по сравнению с контролем. Результаты эксперимента обрабатывались с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица

Результаты биотестирования проб донных отложений пресных водотоков южной части полуострова Камчатка с использованием *S. quadricauda*

№станции	Название станции	Отклонение численности от контроля при экспозиции, %		
		72 ч	96 ч	168 ч
1	р. Авача, в районе п. Северные Коряки	28,81	*-33,33*	**37,57**
2	р. Авача, у Кеткинского моста	-36,44	-15,69	-26,59
3	р. Авача, Тринадцатый кордон	12,29	-27,45	*-38,87*
4	р. Паратунка, у моста на Вилючинский перевал	-26,55	*-32,35*	14,88
5	р. Паратунка, перекат	41,67	0,12	**38,24**
6	р. Мутнушка (приток р. Паратунка)	45,83	**64,90**	**108,82**
7	р. Паратунка, база отдыха в 7 км от п. Николаевка	1,69	*-56,86*	2,02
8	р. Кирпичная, мкрн. Кирпичики	-92,59	*-90,82*	*-83,87*
9	оз. Халактырское	-93,12	*-75,51*	*-92,58*
10	р. Халактырка, устье	83,33	**73,73**	-16,18
11	р. Козельский, у Родыгинского полигона	-18,08	*-51,96*	*-44,80*
12	р. Козельский, на 4 км ниже Родыгинского полигона	-88,36	*-89,80*	*-92,90*
13	р. Плотникова, у с. Начики	16,67	**73,73**	-2,94
14	р. Плотникова, после п. Сокоч	79,17	**159,13**	**100,74**
15	р. Плотникова, дорога на Усть-Большерецк	-83,33	-23,44	-11,76
16	р. Камчатка, у с. Шаромы	-88,36	*-88,27*	*-92,74*
17	р. Камчатка, верхнее течение, у моста	-81,48	*-88,27*	*-88,71*
18	р. Андриановка (приток р. Камчатка)	-92,59	*-87,76*	*-84,19*

Примечание: полужирным шрифтом отмечена стимуляция роста численности более 30% при хроническом эксперименте, курсивом – ингибирование роста более 30% при хроническом эксперименте

По результатам проведенных экспериментов (таблица) видно, что в остром эксперименте (72 часа) отклонение численности микроводорослей от контроля для всех станций варьирует от -93% до 83%. Наибольшая стимуляция роста численности оказывают донные отложения рек Плотникова и Халактырка. В длительном хроническом эксперименте (168 часов) отклонение численности клеток *S. quadricauda* от контроля для исследуемых станций изменяется в диапазоне от -93% до 159%. Максимальный стимулирующий эффект на рост микроводорослей оказывают донные отложения рек Мутнушка, Плотникова и Халактырка. Полученные высокие значения косвенно свидетельствуют о наличии в этих реках биогенных и органических веществ. Данные о наличии органики в реках и озерах Камчатки подтверждаются и в других исследованиях [2,3].

Наибольший ингибирующий эффект на рост сценедесмуса при 72-часовой экспозиции оказывают донные отложения рек Кирпичная, Плотникова, Камчатка, ручья Козельский, озера Халактырское. При 96 и 168-часовой экспозиции максимальное ингибирование роста численности сценедесмуса отмечено для проб донных отложений рек Кирпичная, Камчатка, ручья Козельский и озера Халактырское. Это свидетельствует о хроническом загрязнении этих водотоков токсичными веществами. В работах Т.Л. Введенской [4] и А.Е. Голованевой [5] отмечается, что воды озера Халактырское являются загрязненными за счет атмосферных осадков, поступления смыва вод с дорог, окружающих ландшафтов и неочищенных сточных вод хозяйственно-бытового использования, экологическое состояние самого озера оценено как неудовлетворительное.

Необходимо также отметить, что в хроническом эксперименте вытяжки из донных отложений рек Мутнушка, Плотникова и озера Халактырское вызывают стимуляцию роста численности сценедесмуса более 50%, поэтому их можно признать остро токсичными, а рек Авача и Паратунка-токсичными (стимуляция роста более 30%) [1].

Таким образом, на основании биотестирования водных вытяжек грунтов рек и озер п-ва Камчатка с использованием микроводоросли *S. quadricauda* можно предположить, что донные отложения рек Кирпичная, Камчатка, ручья Козельский и озера Халактырское загрязнены токсичными веществами, а рек Плотникова, Мутнушка, Халактырка, Паратунка и Авача – органическими веществами в значительных концентрациях.

Список литературы

1. ФР 1.39.2007.03223 Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. – 2007. – 47 с.

2. Бортин, Н.Н. Оценка экологического состояния водных объектов полуострова Камчатка по гидрохимическим показателям. //Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение.– 2016. – №5. – С. 50-74.

3. Пелех, А.Д., Бойченко Т.В. Оценка экологического состояния пресных водотоков южной части п-ва Камчатка методами биомониторинга // X Чтения памяти профессора В.Я. Леванидова. – 2023. – С. 68.

4. Введенская, Т.Л. Река Кирпичная-Халактырка (Камчатка), исследованная В.Я. Леванидовым: современное экологическое состояние. // VЧтения памяти профессора В.Я. Леванидова. – 2011. – С. 86-91.

5. Голованева, А.Е. Оценка степени сапробности вод озера Халактырского (Камчатский край). // Актуальные вопросы науки. – 2017. – №32. – С. 99-102.

Юнусова А.Д., Дроздовская О.А.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛЯЖНЫХ ЗОН УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент О.А. Дроздовская

Проблема загрязнения Мирового океана в настоящее время является одной из приоритетных проблем современности. Наиболее загрязненными акваториями являются прибрежные территории, испытывающие наибольший антропогенный пресс. Особую тревогу вызывает загрязнение пляжных зон, так как рекреационное водопользование традиционно считается важным фактором укрепления здоровья и благополучия человека.

Уссурийский залив – излюбленное место летнего времяпровождения жителей и гостей г. Владивостока. Вдоль всего западного побережья тянется многокилометровая полоса, освоенная индустрией отдыха. Здесь расположены летние и круглогодичные базы отдыха, пансионаты, санатории, детские лагеря. Экологическое состояние пляжных зон Уссурийского залива определяется в большей степени выносом в них вместе с бытовыми и промышленными стоками загрязняющих веществ химической и биологической природы. Кроме того, большую тревогу вызывает загрязнение городских пляжей мусором, твердыми отходами, а также экскрементами животных и людей, с которыми в воду попадают условно-патогенные и патогенные бактерии, являющиеся возбудителями дизентерии, паратифа, холеры и других кишечных инфекций. В связи с этим необходим регулярный мониторинг экологического состояния водных акваторий, предназначенных для отдыха.

Цель данного исследования: с помощью методов микробной индикации оценить качество вод пляжных зон Уссурийского залива.

Для исследования были выбраны шесть пляжей, находящихся в непосредственной близости к г. Владивостоку: 1,2 – пляжи б. Лазурная, 3 – б. Стеклянная, 4 – б. Щитовая, 5,6 – б. Соболь. Отбор проб воды проводили в октябре 2022 года.

Для оценки экологического состояния вод использовали следующий набор контролируемых эколого-трофических групп микроорганизмов: общее число гетеротрофных микроорганизмов, дающее представление о валовом содержании органических веществ в воде, численность нефтеустойчивых и фенолрезистентных бактерий микроорганизмов, являющихся показателями нефтяного и фенольного загрязнений, а также количество бактерий группы кишечной палочки, свидетельствующее о биологическом загрязнении, в том числе и фекальном, поступающем с коммунально - бытовыми стоками.

Обогащение прибрежных вод органическими веществами, поступающими со стоками, ведет за собой вспышку развития микрофлоры. Анализ общей численности гетеротрофов позволил выявить зоны с повышенным содержанием легкоокисляемых органических веществ. К таким зонам были отнесены б. Стеклянная, б Щитовая и пляж №2 б. Соболь, где общее число гетеротрофных бактерий составляло $(3,2\pm0,2)\cdot10^5$ КОЕ/мл, $(2,7\pm0,2)\cdot10^4$ КОЕ/мл и $(1,65\pm0,6)\cdot10^5$ КОЕ/мл соответственно (таблица). Такие показатели численности бактерий характерны для мезосапробных вод.

На всех исследованных станциях выделялись бактерии группы кишечной палочки, являющиеся показателем биологического загрязнения.

Таблица

Численность микроорганизмов, выделенных из прибрежных вод пляжных зон Уссурийского залива

№ станции	Эколого- трофические группы микроорганизмов, КОЕ/мл			
	КГМ	БГКП	НД	ФД
Октябрь 2022				
1	$(4,5\pm2,1)\cdot10^2$	$(5\pm1,4)\cdot10^2$	$(4,5\pm2,1)\cdot10^4$	$(1,7\pm0,1)\cdot10^3$
2	Нет данных	E. coli $(1\pm0,1)\cdot10^1$	$(1,05\pm0,2)\cdot10^4$	$(1,1\pm0,1)\cdot10^3$
3	$(3,2\pm0,2)\cdot10^5$	$(2,55\pm0,5)\cdot10^2$	$(4\pm1,4)\cdot10^{\backslash3}$	$(7,75\pm0,9)\cdot10^2$
4	$(2,7\pm0,2)\cdot10^4$	$(1,85\pm1,1)\cdot10^2$	$(8,5\pm2,1)\cdot10^4$	$(2,7\pm0,3)\cdot10^3$
5	$(2\pm0,1)\cdot10^2$	$(5,25\pm0,9)\cdot10^2$	$(4,35\pm1,2)\cdot10^4$	$(9,25\pm1,2)\cdot10^3$
6	$(1,65\pm0,6)\cdot10^3$	$(1,55\pm0,1)\cdot10^2$	$(3,95\pm0,4)\cdot10^5$	$(6,2\pm0,4)\cdot10^2$

Примечание: КГМ – колониеобразующие гетеротрофные микроорганизмы; БГКП – бактерии группы кишечной палочки; НД – индикаторы нефтяного загрязнения; ФД – индикаторы фенольного загрязнения

Осенние температуры (средняя температура воды составляла 11,5 ºС) являются неблагоприятными для данной физиологической группы. Численность БГКП, превышающая 10^2 КОЕ/мл, свидетельствует о том, что все пляжные зоны испытывают хроническое влияние хозяйственно- бытовых стоков. Более того, в водах б. Лазурная (пляж № 2) была обнаружена *E. coli*, присутствие которой является показателем фекального загрязнения.

Численность микроорганизмов, устойчивых к нефти, была распределена относительно равномерно и составляла на разных станциях от 10^3 – 10^5 КОЕ/ мл. Согласно литературным данным, воды, в которых численность нефтедеструкторов не превышает 10^4 КОЕ/ мл, относятся к категории «малозагрязненные» [1,2]. К таким водам можно отнести только одну станцию – б. Стеклянная, на всех других численность нефтедеструкторов превышала данный показатель, в связи с чем, можно сделать вывод, что большая часть пляжных зон залива подвержена нефтяному загрязнению.

Также на всем протяжении побережья залива выделялись фенолрезистентные бактерии в количестве 10^2 – 10^3 КОЕ/ мл, что является показателем значительного фенольного загрязнения [1], которое может быть следствием как опосредованного (нефтяного), так и прямого (фекальные стеролы) влияния.

Таким образом, с помощью методов микробной индикации установлено, что пляжные зоны Уссурийского залива испытывают значительную антропогенную нагрузку, как техногенного, так и хозяйственно-бытового характера и купание в таких водах может быть небезопасно для здоровья населения.

Список литературы

1. Димитриева, Г.Ю. Планктонные и эпифитные микроорганизмы: индикация и стабилизация состояния прибрежных морских экосистем. - Дисс. докт. биол. наук. Владивосток, 1999. – 408 с.

2. Студеникина, Е.И., Толоконникова, Л.И., Воловик, С.П. Микробиологическое сообщество в Азовском море и его роль в продукционных процессах. Изд-во Нацрыбресурсы.- 2002.- 170 с.

Юрикова Е.А.[1,2]

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ МОРСКОГО ЛЬДА В МИРЕ И ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

[1]Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ
[2]Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН
[2]Научный руководитель – к.б.н., доцент Орлова Т.Ю.

Актуальность изучения льда с биологической точки зрения в настоящее время представляется специалистам в этой области очевидной. Однако долгое время лед не рассматривался как вероятное место обитания живых организмов. Сейчас же известно, что лед является не только субстратом для прикрепляющихся форм водорослей, но и полноценным биотопом, где условия обитания носят около экстремальный характер.

По некоторым данным флористические сообщества морских льдов дают в среднем около 20-30% от общей первичной продукции акватории, но встречаются районы, где эти значения достигают 60–70 %[2]. Ледовые микроводоросли выступают основным ресурсом биомолекул и практически единственным источником связанного углерода для пелагических потребителей в течение сезона, когда море покрыто льдом [1]. Микроводоросли способны связывать углерод посредством преобразования солнечной энергии в процессе фотосинтеза, что делает солнечный свет важнейшим лимитирующим фактором, влияющим на общее функционирование экосистемы. В случаях, когда на поверхность морского льда выпадает снег и свет практически не проникает сквозь него, таким фактором становится доступность азота.

Почти во всех видовых списках, характеризующих флору морского льда, доминирующее положение как по таксономическому разнообразию, так и по плотности клеток, занимают диатомовые водоросли. На сегодняшний день для ледовой флоры насчитывается около 500 видов только для этой группы, а их доминирование в ледовом сообществе может достигать 100 % [5].

Впервые комплексное криобиологическое исследование в регионе проводилось нами в бухтах о. Русский в 2020 и 2021 гг. [4].

В течение двух зимних периодов – 2020-2021 и 2021-2022 гг. – нами была проведена работа по изучению флористического сообщества морского льда Амурского залива, в ходе которой было отобрано 334 пробы морского льда и 50 проб подледной воды. В обоих биотопах всего идентифицировано 166 видов (рисунок). К числу видов, встреченных только во льду, относятся 76 видов; только в подледной воде – 33 вида.

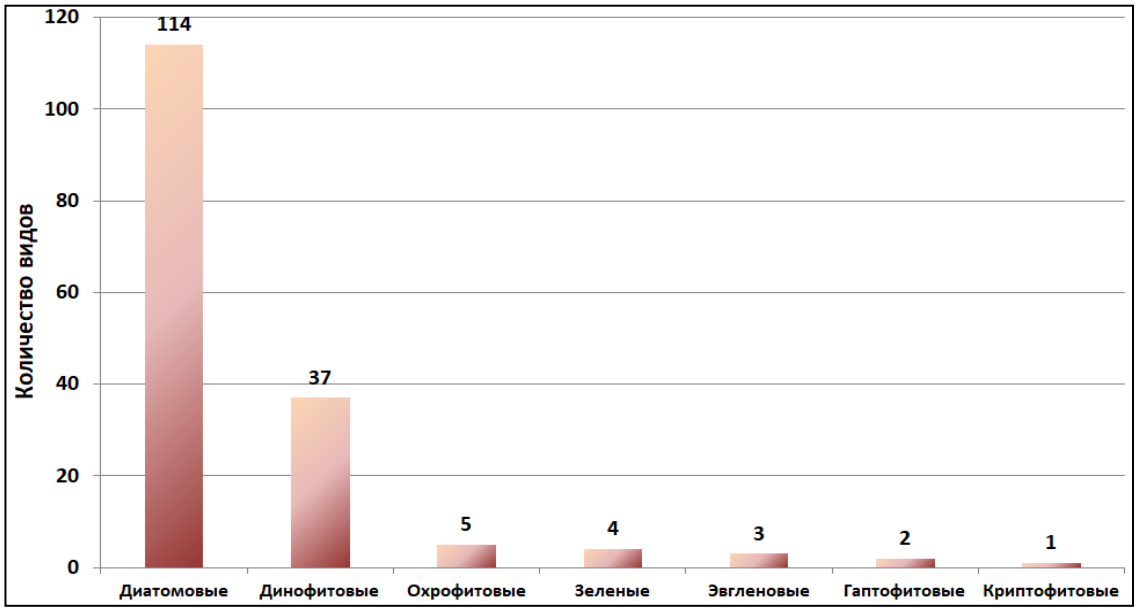


Рисунок – Таксономическая структура флористического сообщества морского льда в Амурском заливе в зимние периоды 2021 и 2022 гг.

В морском льду максимальными численностями отличались виды *Detonulacon fervacea* (37 млн. кл/л), *Navicula granii/septentrionalis* (23 млн. кл/л), *Chaetoceros socialis f. Radians* (15 млн. кл/л), *Sceletonema spp. complex* (5,6 млн. кл/л); в подледной воде – *Pseudohaptolina sp.* (10^4 млн. кл/л), *Carteria sp.* (2 млн. кл/л), *Thalassiosira nordenskioldii* (1,3 млн кл/л).

Полученные результаты позволяют подтвердить предположение о предрасположенности определенных видов к обитанию в толще морского льда, т.к. встреченные в ходе исследования виды часто упоминаются в других криобиологических работах [1, 2, 3, 5]. Морской лед Амурского залива характеризуется высоким таксономическим разнообразием флористического сообщества, а также высокой плотностью клеток, которые в период таяния льда будут выступать основным источником питательных веществ для организмов более высоких трофических уровней, что обуславливает важность изучения льда с биологической точки зрения.

Авторы выражают признательность Лазарюку А.Ю. за помощь в отборе проб и научную консультацию.

Список литературы

1. Arrigo, K.R. Sea ice as a habitat for primary producers. Sea ice (3d edition) / edited by D.N. Thomas // Blackwell. – 2017. – P. 370-393.

2. Fernández-Méndez, M. Photosynthetic production in the central Arctic Ocean during the record sea-ice minimum in 2012 / M. Fernández-Méndez et al. // Biogeosciences. – 12(11). – 2015. – P. 3525-3549.

3. Horner, R. Sea Ice Biota / R. Horner // Blackwell, 1985. – 215 p.

4. Юрикова, Е.А. Количественная структура сообщества микроводорослей морского льда (остров Русский, залив Петра Великого, Японское море) / Е.А. Юрикова, А.А. Бегун // Морской биологический журнал. – 2022. – Том 7. – №2. – С. 98–112.

5. Мельников, И.А. Экосистема Арктического морского льда / И.А. Мельников // М.: Наука, 1989. – 194 с.

Раздел XIX МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ

Хромова С. В.[1], Чудовская Е. М.[2]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ Mg^{2+} В БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ДОБАВКАХ

[1]МБОУ "СОШ № 13" (г. Владивосток),
[2]ИНТиПМ ДВФУ

Современному человеку необходимо поддерживать в своём организме требуемое количество нутриентов. Их важность заключается в том, что они участвуют в обменных процессах и именно благодаря им человек получает необходимую для жизнедеятельности энергию из потребляемых калорий [1].

Нутриенты делятся на две группы: макронутриенты (белки, жиры, углеводы) и микронутриенты (минеральные вещества (минералы), витамины, антиоксиданты) [1].

В данной работе более подробно рассматриваются минеральные вещества (минералы), а именно магний Mg^{2+}.

В соответствии с Приложением 2 к ТР ТС 022/2011 среднесуточная потребность (ССП) взрослого человека составляет 400 мг магния Mg^{2+}. По данным Национального Института Здравоохранения ежедневная доза магния Mg^{2+} составляет 400 мг для мужчин и 310 мг для женщин.

При недостаточном поступлении магния Mg^{2+} в организм наблюдается его дефицит, который может приводить к мышечным спазмам или судорогам, нарушениям работы сердца и нервной системы, слабости, проблемам со сном [2]. Именно поэтому, поддержание необходимого уровня магния Mg^{2+} в организме является актуальной задачей для современного человека, особенно при активном образе жизни, высоком уровне стресса и т.д. [2]. Также, магний Mg^{2+} необходимо и особенно важно принимать женщинам при планировании и во время беременности, так как он играет важную роль в поддержании стабильного состояния матери и формировании мозга и костных тканей ребёнка [2].

Основным источником получения нутриентов является пища, употребляемая человеком. В случае несформированной культуры питания, когда люди не заботятся или мало заботятся о своём рационе, его разнообразии и полноте, в их организме возникает дефицит необходимых микронутриентов, что ведёт к неблагоприятным последствиям [1]. Помимо корректировки рациона, решению данной проблемы может способствовать принятие биологически-активных добавок (БАД). БАДы можно приобрести в торговых сетях, в том числе аптечных, хотя они и не являются лекарственными препаратами.

Одной из важных проблем является фальсификация таких препаратов. Эффект от применения фальсифицированных препаратов в лучшем случае не наблюдается, в худшем – приводит к негативному результату.

Так, информация, указанная на упаковке, и фактическое содержание магния Mg^{2+} могут отличаться, что приводит к недостижению желаемого эффекта от препарата (БАД).

Нами спланировано по технологии SMART и проведено исследование товарных образцов БАД магния, цель которого – определение фактического содержания магния Mg^{2+} и его соответствие информации, указанной производителем.

В качестве объектов исследования были выбраны 4 товарных образца биологически-активных добавок, содержащих магний Mg^{2+}. Выборку образцов проводили по следующим признакам: форма выпуска, действующее вещество, содержание Mg^{2+}, производитель, ценовая категория.

Все товарные образцы приобретены через торговую аптечную сеть "Монастырев.РФ" (г. Владивосток).

Определение содержания магния Mg^{2+} в исследуемых товарных образцах БАД проводили методом комплексонометрического титрования в соответствии с общей фармакопейной статьей ОФС.1.2.3.0015.15 [3].

Результаты определения содержания магния в товарных образцах БАДов, их описание и характеристики представлены в таблице.

Таблица

№	Торговое наименование	Форма выпуска	Состав			Производитель, страна	Цена за упаковку
			Действующее вещество	Масса Mg^{2+} (на 1 таб./пакет), мг			Цена за единицу
				по инф. на упаковке	фактическое содержание		
1	Магний Актив	Жидкость в стик-пакетах по 10 мл	Магния бесглицинат	100	100	Solopharm, Россия	524.00 руб./ 10 стиков 52,4 руб.
2	Магний + В6	Таблетки, покрытые оболочкой	Магния цитрат	60 +/- 15 % (51 - 69)	56	Vitamir, Россия	120.00 руб./ 30 таблеток 4,0 руб.
3	Магне В6	Таблетки, покрытые оболочкой	Магния лактата дигидрат	48	48	Хиноин, Венгрия	1514.00 руб./ 180 таблеток 8,4 руб.
4	Магний Арнебия	Шипучие таблетки	Карбонат магния	187,5 мг*	195*	Нутрило ГмбХ, Германия	174.00 руб./ 20 таблеток 8,7 руб.

*по информации производителя прием в рекомендуемой дозе: 2 шипучие таблетки в день обеспечивает суточную потребность в магнии на 94 % (375 мг), таким образом, полученные экспериментальные соотносятся с информацией производителя.

Таким образом, методом комплексонометрического титрования в соответствии с общей фармакопейной статьей определено содержание магния Mg^{2+} в 4 товарных образцах препаратов магния.

Показано, что фактическое содержание магния Mg^{2+} во всех 4 товарных образцах биологически-активных добавок соответствует информации производителя, заявленной на упаковке.

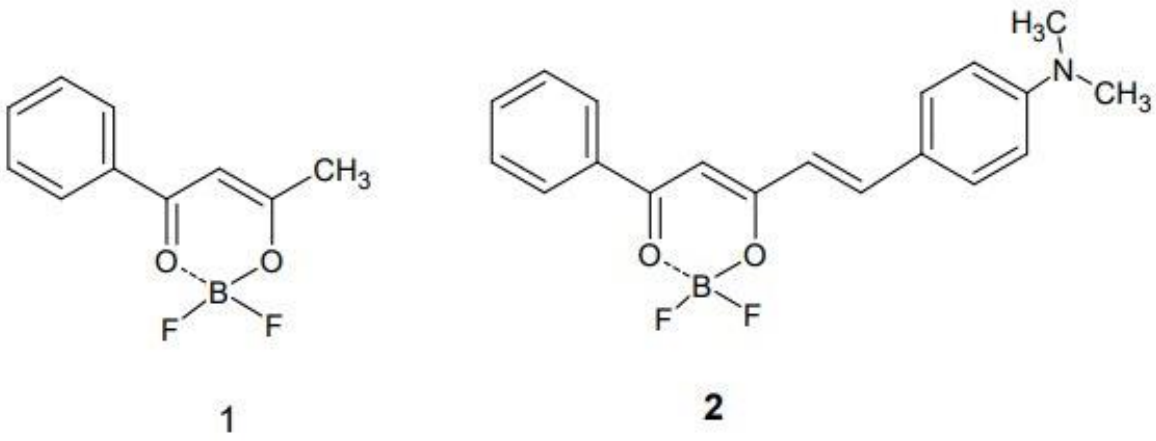
Седышева П.А.[1], Громыко А.А.[2]

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ФОТОЛЮМИНОФОРОВ

[1]Факультет довузовской подготовки ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава России
[2]Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ
[2]Научный руководитель – к.х.н., доцент Г. О. Третьякова

В настоящее время люминофоры находят все более-широкое применение в науке. В связи с этим интерес к ним специалистов разных отраслей знаний непрерывно растет. Люминофоры применяются в различных сферах деятельности человека. [1] Это могут быть светящиеся лаки, краски, картины, циферблаты часов, принадлежности для рыбалки и охоты, дорожная разметка, специальная одежда и обувь, украшения, типографская краска, краска для обоев, подсветка для театрализованных и цирковых представлений, ночные светильники, уличная подсветка и т. д. [2] Таким образом, поиск новых фотолюминофоров является весьма интересной задачей.

Целью работы является получение ряда фотолюминофоров на основе бета-дикетнатных комплексов дифторида бора: бензоилацетоната дифторида бора (**1**) и 5-[4-диметиламинофенил]-1-фенилпента-4ен-1,3-дионата дифторида бора (**2**) (Рисунок 1).



1 2

Рисунок 20. – Структурные формулы люминофоров 1 и 2.

В ходе работы были синтезированы два люминофора в кристаллическом состоянии, обладающие люминесцентными свойствами при воздействии на них УФ-излучения. Для синтеза люминофора **1** были использованы: бензоилацетон, эфират трифторида бора в толуоле. Получены кристаллы белого цвета, люминесцирующие в УФ-свете голубым цветом.

Для синтеза люминфора **2** были использованы: бензоилацетонат дифторида бора, пара-диметиламинбензальдегид в присутствии бутиламина (катализатор) и борнобутилового эфира (водоотнимающее средство) в этилацетате. Получен порошок темно-серого цвета, слабо люминесцирующий при УФ-облучении оранжевым цветом.

Полученные соединения были нанесены на различные материалы методами: втирание, напыление диффузором и пропитывание в растворе. Материалы для исследования: фетровая ткань, копировальная бумага, полиэтилен, купюра денежная, ткань, фотобумага, экобумага, дерево. Так же проверяли растворимость с жидким и твердым клеем, лаком прозрачным.

В результате работы уставлено, что люминофор **1** хорошо люминесцирует в кристаллах при УФ-облучении, но плохо в растворе, при нанесении на материалы следов не оставляет. Люминофор **2** слабо люминесцирует в кристаллах, но ярко окрашивает растворы в розовый цвет. Оставляет на материалах яркие следы, хорошо заметные в видимом свете, но при их УФ-облучении люминесцируют слабо.

Список литературы:

1. Химия. Люминофоры // Химия. Секреты химии : [официальный сайт] – 2019. – URL: https://himya.ru/lyuminofory.html (дата обращения: 29.03.2023).

2. Красовицкий, Б. М. Органический люминофоры / Б. М. Красовицкий, Б. М. Болотин ; под общей редакцией докт. хим. наук Б. М. Красовицкого. – 2-е изд., перераб. И доп. – Ленинград : Химия. Ленингр. отд-ние, 1976. – 344 с.

3. Карасев, В. Е. Спектрально-люминесцентные свойства фторидо-β-дикетонатов дифторида бора / В. Е. Карасев, О. А. Коротких // Журн. неорг. химии. – 1986. – Т. 31, № 4. – С. 869-872.

4. Reynolds, G. A. Synthesis of chromones / G.A. Reynolds, J.A. Van Allan, A.K. Seidel – DOI 10.1002/jhet.5570160234 // J. Heterocyclic Chem. – 1979. – V. 16, №. 2. – P. 369-370.

Стафиевская М. С.[1], Громыко А.А.[2]

ЛЮМИНОФОРЫ В КРИМИНАЛИСТИКЕ

[1]МБОУ СОШ №22 г. Владивостока
[2]Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ
[2]Научный руководитель – к.х.н, доцент Г. О. Третьякова

В настоящее время в криминалистике активно используются люминофоры для различного рода анализов, но не все имеют подходящие характеристики. Большинство известных люминофоров обладают голубым свечением, которое не подходит для криминалистических целей. [1] Вызывают особый интерес люминофоры, которые способны светиться только в человеческой крови и не светиться в животной. [2] Нередко в криминалистической практике встречается проблема определения идентичности контрольного образца люминофора с уже нанесенным, так как существует нехватка базовых сведений о веществе.

Целью работы является синтез и исследование люминесцентных свойств ряда дикетонатов дифторида бора: дибензоилметанат дифторида бора (**1**) и 1,5-дифенилпента-4-ен-1,3-дионат дифторида бора (**2**) (Рисунок 1).

Для синтеза **1** были использованы дибензоилметан, эфират трифторида бора и борнобутиловый эфир в толуоле. Получен порошок ярко-жёлтого цвета, имеющий в УФ-свете жёлтое свечение. [3]

Люминофор **2** получен из бензоилцетоната дифторида бора и бензальдегида в присутствии бутиламина (катализатор) и третбутилобората (водоотнимающее средство) в этилацетате. Получен порошок ярко-жёлтого цвета со слабым жёлтым свечением в УФ [4].

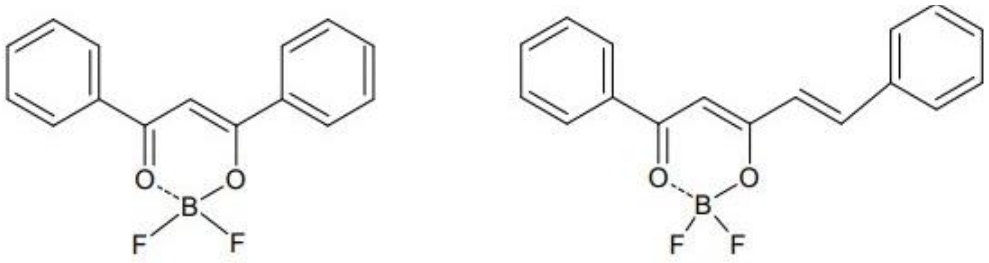


Рисунок 21. Структурные формулы люминофоров 1 и 2.

Оба вещества были нанесены на материалы различными методами: втирание, напыление и пропитывание. Были использованы следующие материалы: фетровая бумага (белая, серая и зеленая), копировальная бумага, полиэтилен, купюра денежная, ткань хлопчатобумажная, вельветовая и атласная, экобумага и фотобумага, камни. Так же проверяли растворимость люминофоров в двух видах клея и одном виде лака.

После нанесения обоих веществ на разные материалы был проведён анализ их характеристик. Люминофор **1** ярко люминесцировал при УФ-облучении на большем количестве материалов и в тоже время имел не яркий цвет под действием видимого света, при втирании оставляло еле заметные желтоватые пятна. Люминофор **2** не проявил себя так хорошо, во всех вариантах втирания он был ярко заметен при видимом свете, оставлял пятня, при УФ-облучении имел слабое свечение в кристаллах и яркое – в растворе.

В результате работы было установлено, что наиболее подходящим для криминалистических целей является люминофор **1.**

Список литературы:

1. Тулегенова, А. Т. Люминесценция промышленных ИАГ люминофоров для светодиодов : специальность 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / А. Т. Тулегенова – Томск, 2018. – 141 с.

2. Бронникова, М. А. Особенности судебно-биологической экспертизы следов крови малой величины / М. А. Бронникова, М. В. Кисин, Т. В. Стегнова. - Москва : ВНИИ МВД СССР, 1982. - 79 с.

3. Карасев, В. Е. Спектрально-люминесцентные свойства фторидо-β-дикетонатов дифторида бора / В. Е. Карасев, О. А. Коротких // Журн. неорг. химии. – 1986. – Т. 31, № 4. – С. 869-872.

4. Reynolds, G. A. Synthesis of chromones / G.A. Reynolds, J.A. Van Allan, A.K. Seidel – DOI 10.1002/jhet.5570160234 // J. Heterocyclic Chem. – 1979. – V. 16, №. 2. – P. 369-370.

Ходорова Я.А.[1]

ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА УРОВЕНЬ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПО ОКОНЧАНИИ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

11 класс, МБОУ СОШ №11, г. Артем, Приморский край

Научный руководитель: Ходорова Вероника Валерьевна, учитель химии МБОУ СОШ № 17 г. Артема.

На современном этапе уделяется большое внимание такой проблеме, как глобальное потепление. Согласно широко распространённой точке зрения, изменение климата связано с антропогенной деятельностью человека. Самая популярная версия потепления – это углеродный след от предприятий, связанных с добычей и переработкой углеродсодержащих полезных ископаемых. Вопрос о прямом влиянии угольной отрасли на изменение концентрации парниковых газов в атмосфере до сих пор остается открытым. Актуальность работы, определяется необходимостью изучения состава рудничной атмосферы, как на этапе добычи полезного ископаемого, так и после консервации отработанного пространства, необходимость введения автоматизированного мониторинга загрязняющих веществ в данной отрасли.

Целью работы является исследование количественного состава атмосферного и рудничного воздуха на содержание углекислого газа и метана.

Хроматографический анализ отобранных проб проводился в соответствии с ГОСТ 12.1.016-79 (ССБТ. «Воздух рабочей зоны», требования к методикам измерения концентраций вредных веществ[1]) по МВИ № 050.03.00280-2009.2012 объемных долей оксида и диоксида углерода, водорода, кислорода, метана, ацетилена, этилена, этана, пропана, изобутана, нормального бутана в рудничном воздухе методом газовой хроматографии на аппаратно-программном комплексе «Хроматэк- Кристалл 5000» (СКБ Хроматек, Россия) с колонкой с колонкой НР-1 (100 м × 0,25 мм × 0,5 мкм). Условия анализа: температура испарителя - 75°С; скорость потока газа носителя - 3 мл/мин; рабочая температура детекторов 200ºС, температура метанатора 325º С. Полученная информация обрабатывается программой «Хроматек Аналитик 2.6».

Полученные данные перевели в ppm, с помощью онлайн конвертера.

В результате обработки данных, было установлено, что концентрация углекислого газа в атмосфере составила 0,0469 % об. (469 ppm) что, по нашему мнению, свидетельствует о устойчивом росте количества данного компонента в составе воздуха (справочные данные о современном содержании CO_2 составляют 0,03-0,04 % [2]). Анализ рудничного воздуха свидетельствует о том, что из шахты происходит выброс углекислого газа в 6 раз превышающий фоновые концентрации.

Содержание метана в свежем атмосферном воздухе определяется в следовых концентрациях и составляет 2 ppm, но на выходе из шахты наблюдалось значительное увеличение концентрации данного компонента. Концентрация метана в исходящем воздухе прошедшим через угольные выработки увеличивается минимум в 600 раз.

Было установлено, что рудничный воздух на выходе из отработанного пространства содержит повышенные концентрации «парниковых газов», но имеют локальный характер.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.016-79 Электронный ресурс: (ССБТ. «Воздух рабочей зоны», требования к методикам измерения концентраций вредных веществ URL: https://docs.cntd.ru/document/5200319

2. Галюжин С.Д. Проблемы изменения климата., [Электронный ресурс]/ Научная электронная библиотека «КиберЛенинка», 2013 г. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-izmeneniya-klimat.

Утимишева В.Н.

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ БУМАГИ

МБОУ Гимназия №1, г. Владивосток

Научный руководитель: Клышевская С. В., н.с. ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, педагог дополнительного образования МАУ ДО ВГ ДДТ ДТ Кванториум г. Владивосток.

Численность населения Земли очень большая. Людям требуется бумага, и ее потребление постоянно растет. В последнее время потребление бумаги увеличивается и из-за большого количества упаковочного материала и товаров для одноразового использования. Необходимость в бумаге растет и из-за борьбы с пластиком.

Актуальность работы состоит в том, что с каждым годом потребность в бумаге увеличивается, а запасы древесины для ее получения – уменьшаются. Поэтому вторичная переработка – одно из важнейших решений данной проблемы.

Цель работы – привлечь внимание детей и взрослых к проблеме вырубки лесов, убедить бережнее и экономнее обращаться с бумагой, попробовать переработать макулатуру и сделать из нее новую бумагу.

Гипотеза – в домашних условиях можно переработать бумагу.

Задачи:

- изучить литературные источники по теме,
- изучить процесс производства бумаги,
- освоить методику переработки макулатуры в домашних условиях,
- провести отбеливание разными способами, сравнить результаты,
- доказать, что вторичная переработка и разумное потребление бумаги необходимы для сохранения деревьев на нашей планете.

Краткий обзор работы.

Вырубка лесов на планете происходит непрерывно. Можно уменьшить вырубку деревьев, сдавая бумагу на вторичную переработку. Перерабатывать бумагу люди научились более 100 лет назад, но до сих пор объем переработки составляет около 30% от объема мусора на свалках. Большинство людей даже не задумываются, сколько бумаги они используют, и сколько деревьев можно было бы спасти, подходя к этому вопросу осознанно. В работе подробно описан процесс первичного

производства бумаги из целлюлозы и процесс изготовления бумаги из вторичного сырья. Так же в работе сформулированы рекомендации по рациональному потреблению бумаги.

Во второй части работы приведена методика переработки бумаги в домашних условиях. При изготовлении бумаги использованы два вида отбеливателей: гипохлорит натрия и пероксид водорода. Также добавлен крахмал. Произведено сравнение полученных образцов и образца бумаги, переработанной без использования отбеливателя и других веществ.

Выводы.

В ходе исследовательской работы было изучено, как производят бумагу и вторично перерабатывают для получения новой. Стало понятно, какую бумагу можно переработать, а какую – нет. Возможно перерабатывать большую часть бумаги (как в Европе, где дошли уже до 70%), но для этого необходимо желание людей – сдача макулатуры или организация раздельного сбора мусора. В результате эксперимента получилось создать бумагу самостоятельно, в домашних условиях. При сравнении образцов видно, что для создания качественной бумаги необходимо использовать различные дополнительные вещества, такие как отбеливатели, клей, крахмал, каолин, мел. Переработка макулатуры позволяет сохранить жизнь деревьям, но, как и первичное производство бумаги, требует больших затрат воды, электроэнергии, использования различных химических веществ. Поэтому важно не только сдавать бумагу на вторичную переработку, но рационально подходить к ее использованию.

Черепанова М.В.[1], Патрушев Д.К.[2], Кондратюк А.В.[3], Чуйко Е.Ю.[4]

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

[1] МБОУ СОШ им. Власова В.В. №3, г. Артем
[2] МБОУ СОШ №54, г. Владивосток
[3] МБОУ «Гимназия №1» г. Владивосток
[4] Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ
Научный руководитель - к.х.н., доцент В.В. Грибова

В нынешние время остро стоит проблема непрерывного попадания в окружающую среду органических высокомолекулярных соединений через сточные воды. В основном это вещества из класса ароматических соединений, использующиеся в медицине, текстильной промышленности и других сферах. Данные загрязнители постепенно накапливаются в микродозах, представляя большую опасность для людей.

Один из перспективных способов обработки сточных вод является применение окислительных процессов, при которых образуются гидроксильные радикалы. Наиболее эффективными являются процессы окисления органических соединений пероксидом водорода в присутствии ионов металлов переменной валентности (Fe^{2+}, Ni^{2+}, VO^{2+}, Co^{2+}, Cr^{3+}, Al^{3+}). Основным преимуществом процессов фотокаталитического окисления заключается в протекании реакций окисления при комнатной температуре и возможности использования электромагнитного излучения в видимой или ультрафиолетовой части спектра, что может помочь значительно снизить издержки очистных процедур [1].

Идеальный фотокаталитический материал должен оставаться стабильным в водной среде во время реакционных процессов [2]. В качестве носителя активных компонентов широко применяют аморфный диоксид кремния, который характеризуется высокой удельной поверхностью, химической стойкостью по отношению к нанесенным каталитическим частицам и не токсичности.

Цель нашей работы – исследование фотокаталитических свойств ацетилацетонатов металлов (алюминий, железо, никель, кобальт, ванадий, хром) с матрицей из биогенного кремнезема, полученного из рисовой шелухи, в реакции деградации метилоранжевого (МО) и выявление ацетилацетоната с лучшими фотакалитическими свойствами.

Для достижения поставленной цели были получены фотокатализаторы выбранных металлов с матрицей из биогенного кремнезема, полученного из рисовой шелухи (РШ). Синтез фотокатализаторов состоял из 3 этапов: извлечение силиката натрия из РШ, осаждение кремнезёма и получение фотокатализаторов методом пропитки матрицы ацетилацетонатами металлов. Все три этапа для получения всех фотокатализаторов были одинаковые.

В дальнейшем для оценки фотокаталитической активность полученных образцов, применяли метод фотокаталитической деградации солнечным светом. Процесс проводили в стеклянном стакане при постоянном перемешивании в течении 3 часов на магнитной мешалке (650 об/мин) при первом измерении и при простаивании смеси под солнечным светом в одинаковых условиях в солнечные дни в течении следующих 2 дней. Объем раствора МО составлял 50 мл, концентрации – 10 мг/л. Загрузку катализатора определяли из расчета 1 г катализатора на 1 л раствора. Реакцию разложения МО с использованием образцов проводили в присутствии пероксида водорода с концентрацией 0,02 моль/л. После перемешивания катализатор удаляли фильтрованием и растворы оставались на солнечном свете. Через определенные временные промежутки определяли оптическую плотность.

Оптическую плотность МО определяли фотоколориметрически на спектрофотометре при длине волны 460 нм. Степень разрушения МО (χ, %) вычисляли по формуле:

$$\chi = \frac{A_0 - A}{A_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где: A_0 и A – оптические плотности раствора МО до и после фоторазложения.

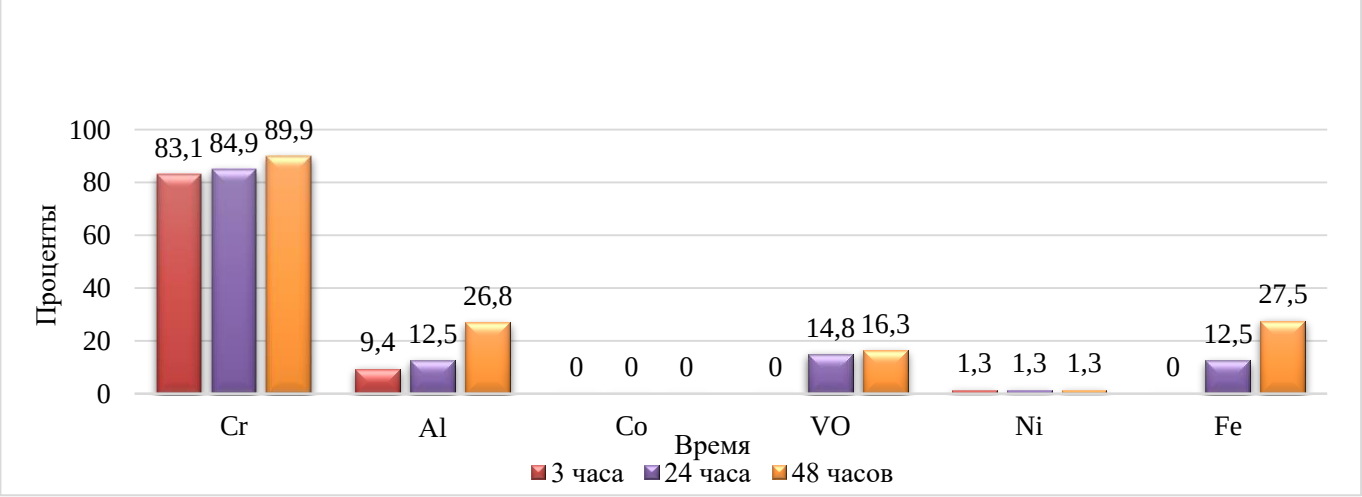


Рисунок 1 - Изменение оптической плотности растворов в сравнении с оптической плотностью исходного МО (100%)

Видно, что ацетилацетонат хрома (III) показал наибольшую эффективность в краткосрочном опыте (рис. 1). Ацетилацетонаты алюминия(III) и железа(III) проявили схожие результаты и потенциально могут с высокой скоростью разлагать органические молекулы именно в стоячей воде под действием солнечного света, пусть и не так эффективно, как ацетилацетонат хрома. Образец с ванадилом даже после фильтрации имел мелкий осадок взвеси, из-за чего значения в измерении через 3 часа были выше корректных, в дальнейшем смесь была очищена и значения выдавались действительные. Наихудшие же результаты имелись у образцов с кобальтом(II) и никелем(II).

Ацетилацетонат никеля(II) по истечение 3 часов перестал проявлять химическую активность, а ацетилацетонат кобальта(II) показал рост оптической плотности, что говорит о том, что-либо композит с кобальтом(II) вступил в реакцию с МО, либо он растворим в органических растворителях, данная проблема будет рассмотрена в дальнейшем исследовании.

Список литературы

1. Желовицкая А.В., Дресвянников А.Ф., Чудакова О.Г. (2015). Применение перспективных окислительных процессов для очистки сточных вод, содержащих фармацевтические препараты https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-perspektivnyh-okislitelnyh-protsessov-dlya-ochistki-stochnyh-vod-soderzhaschih-farmatsevticheskie-preparaty-obzor.(5

2. Принципы и механизмы зеленого фотокатализа: Зеленые фотокатализаторы / Д. Дурга Лакшми, Р. А. Раккеш, С. Раджендран, М. Наушад. – Швейцария: Springer International Publishing, 2020. – 282 с. – ISBN 978-3-030-15607-7.(3)

Степанченко М.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИБИОТИКА ЛЕВОМИЦЕТИНА В МЕДЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – инженер эколого-аналитического центра ДВФУ А.Б. Гацанюк

В настоящее время антибиотики широко применяются в медицине, ветеринарии, пищевой промышленности, сельском хозяйстве и пчеловодстве. В последние годы пчеловоды стали широко применять антибиотики не только для лечения пчел при возникновении различных заболеваний, но и с целью профилактики гнильцовых заболеваний расплода. Необоснованное и чрезмерное применение антибиотиков при лечении сельскохозяйственных животных имеет серьезные последствия для общественного здравоохранения, так как способствует появлению устойчивых к антибиотикам микроорганизмов. Остаточные количества антибиотиков через продукты пчеловодства могут попадать в организм человека, что может приводить к ослаблению иммунной системы, аллергическим реакциям, антибиотикорезистентности [1].

Целью нашей работы является исследование образцов меда на предмет содержания антибиотика левомицетина.

Объектом исследования являлся мёд двух видов: липовый и цветочный, приобретённый в сети продовольственных магазинов города Владивостока.

Количественное определение левомицетина в меде проводилось методом спектрофотометрии. Анализ проводился на спектрофотометре Shimadzu UVmini-1240 (Япония), в диапазоне длин волн 200 – 400 нм, толщина кварцевой кюветы 1 см.

На первом этапе проводили установление длины волны максимума поглощения антибиотика левомицетина. В результате был получен спектр поглощения раствора левомицетина в УФ-области, выраженный в виде графической зависимости оптической плотности А от длины волны λ, представленный на рисунке 1.

Рисунок 1 – спектр поглощения раствора левомицетина

Длина волны максимума поглощения для левомицетина λ_{max} составила: 277,5 нм.

Для проведения последующего спектрофотометрического определения исследуемого антибиотика готовили модельные системы образцов мёда без добавки и с добавкой антибиотика. Экстракцию исследуемого антибиотика из приготовленных модельных систем образцов мёда проводили этилацетатом [2].

Значения оптической плотности экстрактов измеряли при установленной длине волны при которой наблюдался максимум поглощения раствора левомицетина. В качестве раствора сравнения использовали этилацетат. Количественное содержание левомицетина в образцах мёда определяли по градуировочному графику. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Результаты количественного определения антибиотика

Исследуемый образец	Значение оптической плотности	Содержание левомицетина, мг/г
Мёд липовый **без** добавки левомицетина	1,148	0,018
Мёд липовый **с** добавкой левомицетина	1,956	0,030
Мёд цветочный **без** добавки левомицетина	0,823	0,013
Мёд цветочный **с** добавкой левомицетина	1,520	0,024

В результате данной работы показано, что в исследуемых образцах мёда было обнаружено присутствие антибиотика левомицетина, количество которого составило: в липовом мёде - 0,018 мг/г, в цветочном - 0,013 мг/г.

Степень извлечения левомицетина из образцов мёда оценена методом «введено-найдено» которая составила для липового мёда – 31 %, для цветочного – 27 %.

Список литературы

1. Применение антибиотиков в пчеловодстве [Электронный источник] – URL: https://fermer.ru/sovet/pchelovodstvo/15670

2. Соколова, Л.И. Определение антибиотиков (левомицетина и тетрациклина) в пищевых продуктах с различными матрицами / Л.И. Соколова, К.О. Белюстова, Ю.О. Привар, Н.П. Шапкин, В.И. Разов. // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38. – № 3. – С. 146-152.

Морозенко Егор Антонович

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ В СЛУЧАЕ ПОЛНОГО ТАЯНИЯ МИРОВЫХ ЛЕДНИКОВ

9 «Б» (технологический) класс, МБОУ «Гимназия №1 г. Владивостока»
Научный руководитель — Боровик Алексей Игоревич, с.н.с. ИПМТ ДВО РАН

Все мы знаем про глобальное потепление, которое стало следствием деятельности человека. Ежегодно в атмосферу выбрасывается огромное количество газов, тепла, пыли и т.п. За последний век средняя температура поднялась приблизительно на 0.74°C, глобальное потепление вызвало таяние ледников. По данным National Geographic потребуется 5000 лет, чтобы полностью растопить весь лёд на планете, в результате чего затонут такие города как Лондон, Санкт-Петербург, Венеция, Флорида, Бангладеш. Нас, как жителей Приморского края, в этой связи интересует судьба нашего места жительства. Я предлагаю узнать, что ждёт Приморье в случае, если все ледники на планете растают.

Актуальность и проблема: проблема глобального потепления и затопления территорий действительно важна для всего человечества. Если мы не найдём способ уменьшить интенсивность роста глобального потепления, то ледники продолжат таяние с еще большей скоростью, что нанесет колоссальный ущерб всему миру. Чтобы знать, что можно предпринять в случае возникновения описанной выше угрозы, необходимо понимать, как произойдут изменения. Наиболее остро это скажется на прибрежных территориях, частью которых является и Приморский край.

Цель: узнать, как изменится территория Приморского края при затоплении территории вследствие полного таяния мировых ледников.

Задачи:

1. Рассчитать объём воды, которая попадет в Мировой Океан при таянии всего льда на планете и последующее изменение уровня моря.

2. Внести полученные данные на 3D-модель рельефа Приморского края;

3. Составить трехмерную карту рельефа Приморья после описываемой катастрофы

4. Проанализировать изменения: определить уровень затопления городов, сел и иных населенных пунктов края.

Полученный продукт исследования (карта) будет полезен для всех жителей Приморского края, Правительства Приморского края, инженеров, экологов, биологов, географов, геологов, исследователей Арктики, Антарктиды, моря и территорий Приморья, СМИ, строителей. Подобные карты выпускали NASA и National Geographic, однако представленные ими материалы относились ко всей планете в целом. Продукт моего исследования направлен именно на Приморский край.

В ходе теоретических расчётов я получил, что объём воды, которая попадет в океан в случае таяния всех льдов на планете, составит $27{,}669844*10^6$ км^3. Из этой величины получил, что уровень моря поднимется на 76,65м.

Затем, используя программу для моделирования и анализа поверхностей, визуализации ландшафта и разработки трехмерных карт Surfer Golden Software, а также базу спутниковых 3D-снимков SRTM3, составил карту изменения прибрежных территорий для каждого участка Приморья (в указанных данных SRTM3 даются снимки территории размером 1° на 1°). Объединив все снимки вместе, создал карту Приморья с затопленными территориями.

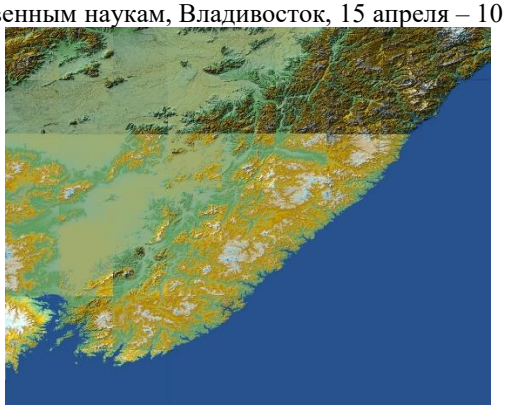


Рисунок 1. Карта затопленного Приморского края

Анализ полученных данных показал, что полуостров Муравьева-Амурского станет островом, южное побережье Владивостока затонет, архипелаг Императрицы Евгении потеряет многие острова. Территории ПГТ Славянка, Хасана не претерпят больших изменений, а район населённых пунктов Тавричанка, Нежино, Кипарисово, Вольно-Надеждинское практически полностью уйдет под воду. В ПГТ Дунай очертания территории практически не изменятся, а округ города Находка обретёт минимум два больших залива. Далее по направлению к северу края будут наблюдаться многочисленные подтопления прибрежных территорий и поселений (Преображение, Валентин, Моряк-Рыболов, Ольга и др), а также образование больших заливов и протоков. Предположительно в крае появится огромное количество рек.

В результате анализа полученной карты можно сделать такие выводы:

1. при таянии ледников выделится огромное количество воды (27,669844*10^6 км^3 кубических); Уровень моря поднимется приблизительно на 76,65 метров;
2. современная карта Приморья и полученная карта сильно отличаются по побережью края;
3. при данном теоретическом развитии событий территория Приморья очень сильно изменится. Ущерб будет нанесён практически всем прибрежным поселениям, появятся новые географические объекты (заливы, реки и др) или изменится их современное состояние (полуостров станет островом, остров полностью уйдёт под воду).

Список лмтературы

1. Сайт Россия4D: «Данные SRTM3 (v.2.1) на территорию России и сопредельные территории»;
2. Статья «Динамика массы льда в Антарктиде в эпоху потепления» 2017г. А. Ф. Глазовский, В. М. Котляков, М. Ю. Москалевский;
3. Статья «Climate Change 2001: The Scientific Basis» J.T. Houghton, M. Noguer, Y. Ding, P.J. van der Linden, D.J. Griggs, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson:
4. Яндекс карты, Google maps.

Тон Т.А.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИГАРЕТЫ – НОВАЯ УГРОЗА ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ

МБОУ «Лицей № 41» г. Владивостока
Научный руководитель: Бондарович Е. Д., учитель химии МБОУ «Лицей №41»

В современном обществе стало очень популярно употреблять электронные сигареты как взрослым людям, так и детям, подросткам. Ведь вопреки всеобщему заблуждению, что электронные сигареты нужны для того, чтобы бросить курение, несложно понять, что на самом деле они направлены

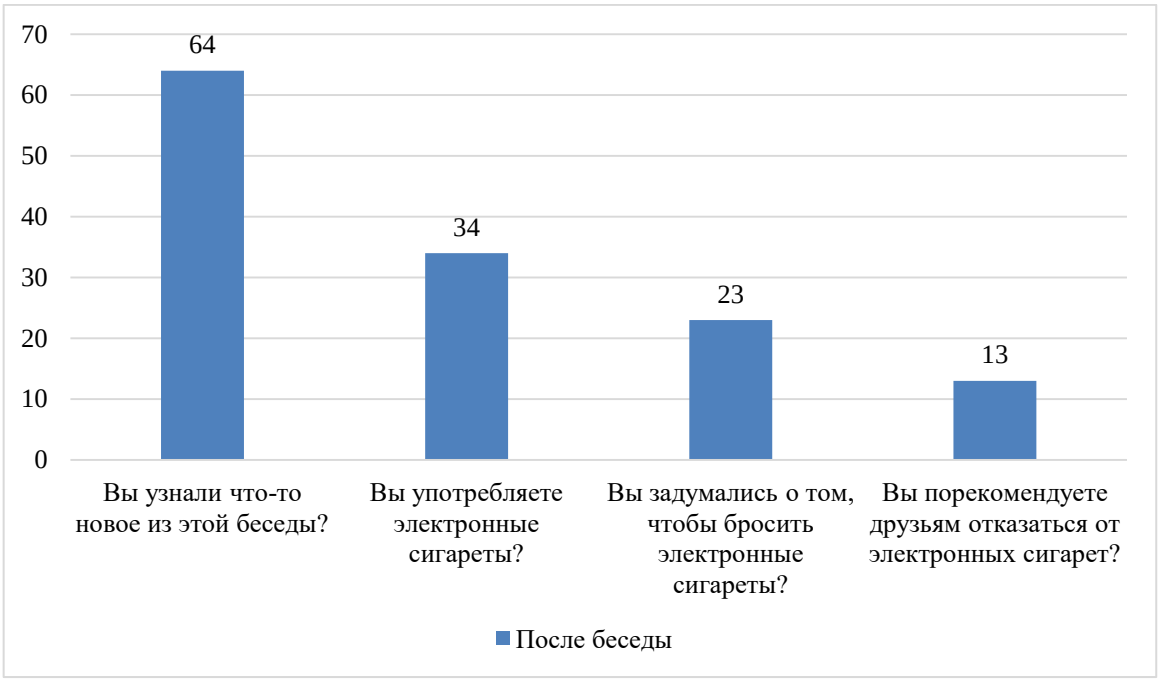
на подростков и детей, от 12 до 18 лет. Продавцы электронных сигарет продают устройства детям и подросткам, потому что нет четкого контроля над продажей электронных сигарет. Все озабочены этой проблемой, но им не хватает знаний, чтобы исправить ситуацию. Ведь исследований все еще недостаточно, чтобы точно доказать все аспекты вреда электронных сигарет. Многие не подозревают, что их дети, внуки, друзья, знакомые уже глубоко увязли в этой маркетинговой ловушке. Они платят деньги за разрушение собственного здоровья. Я считаю, что так продолжаться дальше не может. Я не хочу, чтобы будущее было за этой болезнью. В этом актуальность моей научно-исследовательской работы. я провел беседы среди учеников своей школы, с целью снизить количество подростков, употребляющих электронные сигареты в своей школе. Это стало первым шагом к отказу от вейпа всеми подростками. В будущем я планирую провести больше бесед с детьми, а также их родителями с целью снижения употребления электронных сигарет среди детей и подростков.

Моей целью в данной работе стало узнать больше информации о вейпе и его вреде от врачей, подростков и средств массовой информации, провести беседы среди детей, подростков и их родителей, распространить информацию о вреде парения вейпа, добиться ужесточения контроля над продажей электронных сигарет и снизить количество подростков, употребляющих электронные сигареты, начиная с МБОУ «Лицея № 41».

В ходе исследования я изучил теоретический материал по теме: узнал, что такое вейп, его историю создания и влияние на организм человека. Также я провел опрос среди учеников МБОУ «Лицей № 41» г. Владивостока [1], проконсультировался с ведущими врачами нашего города – лором-онкологом, детским психологом, рефлексотерапевтом, психиатром-наркологом, а также с самими подростками.

В рамках выполнения моей работы, я провел агитационные беседы с учениками 9-х классов, в ходе них дети узнали о истории никотиносодержащей продукции, возможных последствиях ее употребления, а также о методах избавления от никотиновой зависимости.

Результаты вы можете видеть на диаграмме.



В результате анкетирования было установлено, что 68% подростков, употребляющих электронные сигареты, задумались о том, чтобы отказаться от них. Это доказывает действенность моей проделанной работы. Но это еще не конец. Я написал заявление в администрацию города, где сейчас уже решается вопрос о ужесточении контроля над продажей никотиносодержащей продукции и

проведении проверок магазинов, продающих никотиносодержащую продукцию. Также в апреле я буду проводить больше бесед среди 8-х классов, и в будущем планирую провести их и среди родителей, ведь в основном здоровье детей лежит на плечах их родителей.

Выражаем благодарность научным консультантам: Детский психолог Анна Баянкина, лор-онколог Краснов Иван Владимирович, рефлексотерапевт Леонтьева Наталья Ивановна, заведующий амбулаторным отделением краевого наркологического диспансера Ковалев Игорь Анатольевич

Списоклитературы:

1. Опрос // Google docs URL: https://docs.google.com/forms/d/11GPOfxVjoqqFD1jYkWnZYPqc5- (дата обращения: 12.03.23)

Каташук Е. Е.

ТРЕНИНГ ПО ПОВЫШЕНИЮ САМООЦЕНКИ КАК СПОСОБ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ ОТНОШЕНИЙ

МБОУ «Лицей № 41»
Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ
Научный руководитель: Лысенко Ольга Сергеевна, магистрант 2 курс
Консультант: к.х.н., доцент С.Г. Красицкая

Экология отношений – это комплекс понятий, установок, навыков и практик, направленных на сохранение и развитие отношений в разных контекстах жизни. В современном обществе нам приходится контактировать с огромным количеством людей, имеющих свои особенности в поведении и речи. Каждый человек может по-разному реагировать на одну и ту же фразу, соответственно каждые их реакции и фразы приносят нам различные эмоции и чувства. И если некоторые из этих эмоций, например, положительные, мы разделяем с собеседником, получая удовольствие, то другие могут приносит нам обратные положительным эмоции, например, грусть, гнев, обиду, усталость. Во втором случае такие отношения не просто считают неэкологичными, но они и могут нести в себе психологическую вредоносность и понижать самооценку. Чаще всего именно такие взаимоотношения возникают между подростками, имеющими низкую и высокую самооценку. Создание тренинга по повышению самооценки у подростков и формирование у участников адекватного самовосприятия позволит развить способность создавать экологичные отношения в обществе.

В рамках выполнения проекта мы поставили своей целью разработать ранее не описанные упражнения для проведения тренинга по повышению самооценки членов проектных команд, в том числе для естественно-научных направлений. Эта цель была выбрана потому, что в связи с введением в программы общеобразовательных школ обязательных элементов проектной деятельности, перед наставниками остро встал вопрос формирования эффективных коллективов проектных групп. Успешная работа проектной группы напрямую связана с личностными качествами каждого члена команды.

Нашей командой было создано тестирование для входной и выходной проверки уровня самооценки, разработан тренинг, включающий не описанные ранее упражнения по повышению самооценки, был проведен анализ влияния тренинга на самооценку после его проведения, был создан буклет с практическими рекомендациями для наставников, учителей, родителей и других взрослых по формированию адекватной самооценки у подростков.

Рисунок 1 – Результаты тестирования уровня самооценки

Показано, что проведение тренинга оказывает влияние на самооценку проектных команд естественно-научных направлений. На диаграмме (Рис. 1) представлены результаты входного и выходного тестирований, по которым мы можем наблюдать, что у всех 13 респондентов понизился балл тестирования, что свидетельствует о повышении самооценки после прохождения тренинга.

Таким образом, мы можем утверждать, что созданные нами упражнения для тренинга проектных команд естественно-научных направлений, действительно повышают самооценку, что в последствии благотворно влияет на создание экологичных отношений между участниками проектных команд.

Список литературы

1. Анн, Л.Ф. Психологический тренинг с подростками. / Л.Ф. Анн. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 271 с.
2. Вачков, И.В. Основы технологии группового тренинга. / И.В. Вачков. – Москва : Ось-89, 1999. – 176 с.
3. Дерманова, И.Б., Сидоренко Е.В. Психологический практикум. Межличностные отношения: Методические рекомендации / И.Б. Дерманова, Е.В. Сидоренко. – Санкт-петербург : Речь, 2003. – 40 с.
4. Ковалев, С.В. Тест-опросник «Определение уровня самооценки». / С.В. Ковалев.
5. Матвеев, Б.Р. Развитие личности подростка: программа практических занятий. Методическое пособие. / Б.Р. Матвеев. – Санкт-Петербург : Речь, 2013. – 176 с.
6. Микляева, А.В. Я – подросток. Программа уроков психологии. / А.В. Микляева. – Санкт-Петербург : Речь, 2006. – 336 с.
7. Овчарова, Р.В. Справочная книга школьного психолога. / Р.В. Овчарова. – Москва : Просвещение, 2003. – 256 с.
8. Разнадежина, Н.А., Шишкина, А.И. Сборник упражнений для проведения тренинга по профилактике и преодолению синдрома профессионального выгорания: практикум. / Н.А. Разнадежина, А.И. Шишкина – Сургут : Методический центр развития социального обслуживания, 2016. – 40 с.
9. Роскошь экологичного общения: 10 принципов, о которых стоит знать. – URL: https://www.kforum.ru/o-kompanii/blog/roskosh-ekologichnogo-obshcheniya-10-printsipov-o-kotorykh-stoit-znat/
10. Селезнева, Н.А. К вопросу об экологии человеческих взаимоотношений. / Н.А. Селезнева. // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 4. – С. 481–484.
11. Шаб, Л. Ключ к себе. Повышаем самооценку. / Л. Шаб. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2021. – 240 с.