

МАТЕРИАЛЫ
XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ЭКОЛОГИЯ РОССИИ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ



ISBN 978-5-4437-1393-9



9 785443 713939

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ДЕПАРТАМЕНТ ЭНЕРГЕТИКИ, ЖИЛИЩНОГО И КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
ГОРОДА НОВОСИБИРСКА
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЭСК-2022

ЭКОЛОГИЯ РОССИИ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

МАТЕРИАЛЫ
XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Новосибирск
2022

УДК 574
ББК Е081я 431
Э40

Редакционная коллегия:
проф. О. В. Шуваева,
проф. И. Д. Зольников,
проф. Г. А. Костин,
проф. В. А. Вавилин

Отв. за выпуск Т. Е. Романова

Э40 Экология России и сопредельных территорий : Материалы XXV Междунар. экол. студ. конф. / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2022. – 80 с.

ISBN 978-5-4437-1393-9

Международная экологическая студенческая конференция «Экология России и сопредельных территорий» (МЭСК) проводится в Новосибирском государственном университете в 25-й раз. Крупнейшая в России и странах ближнего зарубежья студенческая конференция стала традиционным мероприятием для молодых исследователей, работающих над решением экологических проблем.

Темы секций посвящены наиболее актуальным фундаментальным и прикладным экологическим исследованиям в России и за рубежом. За последние 10–15 лет конференция приобрела особый характер, освещая не только проблемы химического и биологического мониторинга качества окружающей природной среды, но и новейшие методы предотвращения загрязнений, основанные на применении новых химических технологий, катализа, биотехнологий.

Большинство исследований выполнено в университетах Сибирского федерального округа: Новосибирска, Томска, Красноярска, Барнаула, Горно-Алтайска, Кемерово. Обзор поступающих на конференцию работ дает представление о развитии междисциплинарных исследований, связанных с экологической тематикой, и, что важно, позволяет судить о вовлечении студентов в решение существующих научных задач.

**УДК 574
ББК Е081я 431**

ISBN 978-5-4437-1393-9

© Новосибирский государственный
университет, 2022

ЭКОАНАЛИТИКА И ХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМ

Исследование состава металлсодержащих наночастиц в городской пыли методом ИСП-МС в режиме детектирования одиночных частиц

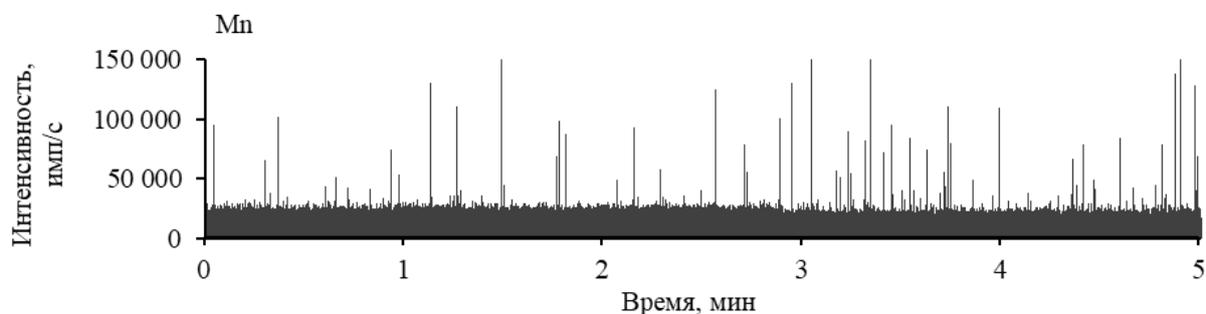
О. А. Галицкая, П. В. Черкасова

Кубанский государственный университет

Загрязнение окружающей среды в последние десятилетия является известной проблемой. Наряду с иными видами загрязнений, загрязнение атмосферы металлическими наночастицами (токсикологический эффект которых известен, но малоизучен) вызывает множество вопросов к потенциальным рискам для человека и окружающей среды. Частицы размером от 0,1 до 1 мкм демонстрируют ярко выраженные токсические свойства при пероральном введении. Обеспокоенность потенциально вредным воздействием наноразмерных металлсодержащих частиц обуславливает необходимость разработки высокочувствительных методов контроля их содержания в воздухе. Определение наноразмерных металлсодержащих частиц в образцах осажденной атмосферной взвеси представляется удобным альтернативным подходом для оценки загрязнения атмосферы.

Метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) в режиме детектирования одиночных частиц является перспективным методом анализа наночастиц различной природы. Режим анализа с разрешением по времени позволяет регистрировать сигнал в течении отдельных интервалов обозначенной длительности. В заданных условиях сигнал ионизированной в плазме наночастицы регистрируется в виде импульса высокой интенсивности над непрерывным сигналом, отражающим содержание ионной формы элемента. Метод позволяет одновременно определять концентрацию частиц, их элементный состав, размер частиц и распределение по размерам в условиях крайне низких естественных концентраций. С другой стороны, высокое содержание растворенной формы элемента в образце и требования к оптимальным условиям детектирования частиц затрудняют анализ.

В данной работе образцы пыли исследовали методом ИСП-МС в режиме детектирования одиночных частиц после ультразвукового суспендирования навески образца в деионизованной воде. Регистрацию сигнала вели на масс-спектрометре с ИСП Thermo X-Series II для широкого перечня элементов. Время накопления сигнала варьировали в диапазоне 0,1-10 мс для определения оптимального параметра, общее время измерения для каждого исследуемого изотопа составило 15 минут. Сигналы наночастиц были зарегистрированы в виде пиков высокой интенсивности над непрерывным сигналом, достаточно высоким в отсутствие разбавления образцов из-за низких концентраций наночастиц (см. рисунок).



Фрагмент спектра с временным разрешением образца городской пыли (Thermo XSeries II, режим анализа – TRA, m/z 55, время накопления сигнала 1 мс)

Показана пригодность ИСП-МС в режиме детектирования одиночных частиц для исследования состава металлсодержащих наночастиц в городской пыли в условиях крайне низких естественных концентраций без процедур предварительного концентрирования. Обнаружение частиц было возможно при отсутствии сложной подготовки образцов, но требовало длительного времени набора данных при измерении. В исследованных образцах городской пыли обнаружено высокое содержание Cr-, Mn- и Pb-содержащих наноразмерных частиц (см. таблицу).

Число металлсодержащих наноразмерных частиц в образце городской пыли

Элемент		As	Co	Cr	Cu	Mn	Pd	Ni	Pb	Se	V	Pt
Число частиц	штук/мг	<10	13	199	<10	227	<10	<10	129	<10	37	<10
	штук/мин	<1	<1	13	<1	15	<1	<1	8	<1	2	<1

Исследования проводили с использованием научного оборудования ЦКП «Эколого-аналитический центр» Кубанского госуниверситета.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. К. А. Романовский.

Тяжёлые металлы в воде и снеге (на примере Телецкого озера)

М. А. Карачева

Горно-Алтайский государственный университет

Загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами является глобальной проблемой во всем мире. Тяжёлые металлы (далее ТМ) представляют большую опасность, как для человека, так и для природных экосистем, они достаточно быстро накапливаются в природных компонентах и надолго там остаются. Поэтому очень важно уделять повышенное внимание данной проблеме. На сегодняшний день к ТМ относятся более 40 металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц [1].

Источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду различны: это выбросы транспорта, промышленных предприятий, отвалы промышленных отходов, добыча полезных ископаемых, использование химических удобрений и др.

Целью работы является рассмотрение и изучение тяжелых металлов как фактор загрязнения водной среды.

Объектом исследования является акватория Телецкого озера и его прибрежная зона шириной до 0,5 км. Основной экологической проблемой в бассейне Телецкого озера являются нарушение природных комплексов под воздействием населённых пунктов, инфраструктуры туристических баз, потока туристов, а также водного транспорта. Перечисленные источники сосредоточены в северо-западной части озера. Здесь располагаются наиболее крупные населенные пункты – Артыбаш и Иогач, а также основная часть туристических баз.

В ходе исследования были отобраны пробы на гидрохимический анализ воды и снега прибрежной зоны озера. Отбор проб воды проводится с 2021 г. по 2022 г. в период весна – лето – осень. Аналитическая работа с образцами проб проводилась в лаборатории Горно-Алтайского государственного университета (ГАГУ). Содержание микроэлементов в образцах воды определялись методом ААС (атомно-абсорбционный спектрометр (ААС) Quantum-2). Это высокочувствительный аналитический метод, основанный на поглощении атомами в основном состоянии излучения, испускаемого первичным источником [2].

В ходе работы было отобрано 25 проб воды и проанализированы в лаборатории ГАГУ, часть полученных результатов представлены в таблице.

Результаты гидрохимического анализа (содержание ТМ в воде и в снеге, мг/л)

№ пробы	Место отбора проб	Mn	Fe	Cu	Pb	Cd	Cr
1	Яйлю снег (талая вода)	0,4368	1,5925	0,0182	0,0280	0,0018	0,1059
2	Яйлю вода	0,0610	0,8101	0,0112	0,0148	0,0029	0,0654
3	Артыбаш снег (талая вода)	0,0276	0,1203	0,0115	0,0528	0,0018	0,0083
4	Артыбаш вода	0,0814	0,5835	0,0150	0,0075	0,0009	0,0385

*Цветом выделены значения выше, чем аналогичные по одному и тому же месту отбора.

Первое, что можно выделить для сравнения – содержание ТМ в снеге и озёрной воде в одном и том же пункте отбора проб. Не остается без внимания то, что в районе п. Яйлю пять элементов из шести показали более высокое содержание в снеге, чем в озёрной воде. Эта ситуация может объясняться тем, что снег аккумулирует всё, что в нем присутствует или выпадает на его поверхность в течение всего холодного периода года [3].

В результате исследований установлено, что содержание тяжёлых металлов не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК). Телецкое озеро имеет условно благоприятное состояние, но в ходе исследования проявлен ряд тенденций его негативных изменений, связанных с повышением вышеотмеченных загрязнений, что предполагает необходимость ведения углубленного мониторинга экологической обстановки в районе озера.

Литература

1. Г.А. Теплая. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1. – стр. 182-191.
2. М.Э. Бричке. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ. – Москва: Химия, 1982. – 224 с.
3. М.А. Карачева, Н.А. Кочеева. Тяжелые металлы в природных компонентах (воде и снеге) на двух участках Телецкого озера // Вестник молодых ученых. – 2021. – № 19. – стр. 75-79.

Научный руководитель – канд. геол.-минерал. наук, доц. Н.А. Кочеева.

Закономерности распределения ртути в эпифитных лишайниках Горного Алтая

С. А. Малютена

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Лишайники обладают чрезвычайной чувствительностью к малейшим изменениям в составе атмосферы, что позволяет использовать их в качестве надежных биоиндикаторов.

В качестве объектов исследования были выбраны эпифитные лишайники видов *Usnea subfloridana*, *Evernia mesomorpha*, а также для сравнения был отобран краснокнижный вид *Lobaria pulmonaria*. Лишайник уснея является самым распространенным на выбранных территориях, что позволяет отбирать его без особых затрат. Лихеноиндикация – одно из актуальных направлений оценки качества состояния природной среды [3].

Ртуть относится к числу веществ, в направлении которых принимаются первоочередные меры по урегулированию оказанного ими негативного воздействия. Ртуть содержится во всего геосферных оболочках. Распространение этого металла происходит главным образом за счет атмосферного переноса, а также водным переносом и по трофическим цепям [2].

Целью работы является исследование содержания ртути в эпифитных лишайниках Горного Алтая и выявление закономерностей ее накопления.

В период с 2019 по 2022 год на территориях Республики Алтай и предгорной территории Алтайского края сотрудниками и студентами ТПУ были отобраны 65 образцов эпифитных лишайников преимущественно вида *Usnea subfloridana*. Также были отобраны *Evernia mesomorpha* и краснокнижный вид *Lobaria pulmonaria*.

Все подготовленные пробы лишайников исследовались методом атомно-абсорбционного анализа на анализаторе «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+» в лаборатории микроэлементного анализа в составе Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология».

Исследование проводилось на десяти площадках: окрестности города Белокурихи, села Чемал, Шебалино, Онгудайское, Язула, Акташ, поселок Усть-Сема, подножие горы Белухи, река Малая Сумульта и восточная акватория Телецкого озера.

Были проведены опыты, направленные на определение характера распределения ртути в лишайниках в зависимости от разных факторов, а именно: зависимость концентрации ртути от высоты точки над уровнем моря и вида лишайника.

На удержание загрязняющих частиц большое влияние оказывает то, к какой жизненной форме относится лишайник. Так, в виду того, что у кустистых видов площадь слоевища, соприкасающегося с окружающей средой, значительно больше, чем у накипных, поглощение атмосферных осадков и поступающих с ними веществ происходит более активно. По данным исследования более высокие содержания ртути наблюдаются в лишайнике *Usnea subfloridana*. При одновременном опробовании разных видов лишайников на ртуть стоит использовать лишайники одного вида, для получения более точных данных.

Исследуя полученные результаты для подножия горы Белухи и города Белокурихи была зафиксирована прямая корреляционная связь. При этом коэффициент корреляции составлял 0,89 и 0,95 соответственно. Следовательно, можно сделать вывод, что существует взаимосвязь между высотой отбора проб и значением концентрации ртути в этой точке.

Полученные результаты содержания ртути сравнили с результатами исследования эпифитных лишайников других регионов.

В целом анализ данных разных регионов показывает отсутствие значимых различий в выявляемых концентрациях ртути в эпифитных лишайниках за исключением таких территорий, как, например, Урское хвостохранилище в Кемеровской области, где более высокие концентрации обусловлены нахождением объектов в пределах рудных полей с золотополиметаллической специализацией [1].

Литература

1. Большунова Т. С. и др. Биогеохимические особенности эпифитных лишайников из района хвостохранилища золотополиметаллического месторождения (Кемеровская область, Россия) в сравнении с эталонным районом //Международная междисциплинарная научная геоконференция: СГЕМ. – 2017. – С. 17. – С. 165-172.
2. Бязров, Л. Г. Лишайники -индикаторы радиоактивного загрязнения / Л. Г. Бязров ; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 476 с. – ISBN 5-87317-223-4.
3. Mezhibor A.M., Bolshunova T.S., Rikhvanov L.P. Geochemical features of sphagnum mosses and epiphytic lichens in oil and gas exploitation areas (the case of Western Siberia, Russia) // Environmental Earth Sciences. – 2016. – V. 75. – № 18. – P. 1260.

Научные руководители – канд. геол.-минер. наук С. В. Азарова, канд. геол.-минер. наук Т. С. Большунова.

Контроль уровня загрязнения дорожной пыли полициклическими ароматическими углеводородами на территории г. Иваново

П. Д. Месяцева, А. Г. Логинова, И. А. Лишнова

Ивановский государственный химико-технологический университет

К приоритетным загрязнителям окружающей среды относятся полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Благодаря устойчивости ПАУ к деградации в природных средах они классифицируются как стойкие органические загрязнители, обладающие канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами [1]. Список приоритетных ПАУ, установленный Агентством по охране окружающей среды США (US Environmental Protection Agency, US EPA), включает 16 соединений. Все они способны аккумулироваться в липидных тканях живых организмов и вызывать различные тяжелые заболевания [2]. На сегодняшний момент в России обязательному контролю подлежит лишь бенз[а]пирен (БП), который является индикатором нахождения ПАУ в ОС [3].

Целью данной работы была оценка содержания 16 приоритетных ПАУ в придорожной пыли г. Иваново и выявление основных каналов поступления этих соединений. Содержание ПАУ в образцах пыли оценивали методом ВЭЖХ с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02-Панорама» в качестве детектора.

Ранее в работах [4, 5] было показано, что уровень загрязнения атмосферы ПАУ в ряде районов г. Иваново представляет потенциальную опасность для здоровья населения. Пыль является одним из факторов загрязнения атмосферного воздуха и в зависимости от химического состава также представляет собой угрозу для человека.

В ходе экспериментов было обнаружено, что содержание БП в пылевой фракции варьируется от 0,6 (северная часть города (жилой частный сектор) до 102,3 мкг/кг (промышленная часть города) со средним и средним значением 10,9 и 19,3 мкг/кг соответственно. Аналогичная ситуация наблюдается и с общим содержанием ПАУ, значение которого варьируется в интервале 0,4 до 5,2 мг/кг.

Установлено, что основной вклад в загрязнение придорожной пыли вносят ПАУ с низкой молекулярной массой (нафталин и флуорен), вклад которых составляет около 70 %. Установлено, что более чем в половине случаев в точках отбора проб доля канцерогенных ПАУ составляет 90 % от их общего содержания, при этом большинство точек располагалось вдоль автомобильных дорог, т.е. можно предположить, что основным каналом поступления ПАУ в придорожную пыль является сжигание топлива в двигателях внутреннего сгорания автотранспорта. Эти данные хорошо согласуются с результатами измерений содержания БП в снежном покрове на территории Иваново [4]. Отметим, что содержание БП в сумме канцерогенных ПАУ незначительно и составляет менее 1 % при среднем содержании в исследуемых пробах равном 19,5 мкг/кг ($ПДК_{почвы} = 20$ мкг/кг [7]).

Совокупность полученных данных позволила выявить критериальные загрязнители, которые необходимо рекомендовать для мониторинга, и определить возможные источники поступления.

Литература

1. Ravindra K., Sokhi R., Van Grieken R. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation // Atmospheric Environment. – 2008. – Т. 42, № 13. – С. 2895-2921.
2. Майстренко, В.Н. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов/В.Н.Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.К.Будников. – Москва: Химия, 1996. – 319 с.
3. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды / Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 № 1316-р (с изм. на 10.05.2019 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 21.09.2022).
4. Izvekova, T. V. Distribution of Polycyclic aromatic hydrocarbons in a snow cover in the territory of Ivanovo city, Russia / T. V. Izvekova, N. A. Kobeleva, A. A. Gushchin [et al.] // Chemosphere. – 2020. – Vol. 242. – P. 125150.
5. Izvekova, T. V. Influence of benzo(a)pyrene on environmental quality and population health (by example of Ivanovo) / Izvekova, T. V., Kobeleva N. A., Gushchin A. A. [et al.] // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya. – 2018. – Т. 61, № 12. – С. 144-152.
6. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды / Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 № 1316-р (с изм. на 10.05.2019 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 21.03.2022).
7. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности для человека и факторов среды обитания : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2. – Минздрав РФ, 2021. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 26.09.2022).

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. Т. В. Извекова

Обработка осадков сточных вод на локальных очистных сооружениях

С. А. Ребитва, К. Б. Борисова

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

Одной из насущных проблем канализационных очистных сооружений (КОС) любой производительности является скопление большого количества осадков сточных вод и их утилизация. На сегодня основными методами обработки являются уплотнение, сгущение, анаэробное (метановое) сбраживание или аэробная стабилизация с последующим естественным или искусственным обезвоживанием. Препятствием для дальнейшего использования таких осадков в качестве удобрений или для рекультивации является наличие патогенных микроорганизмов и токсичных соединений.

Одним из вариантов, особенно для КОС малой и небольшой производительности (до 4000 м³/сут), является метод компостирования, т.е. биотермический процесс разложения органических веществ осадков сточных вод, осуществляемый под действием смешанной популяции микроорганизмов с целью обеззараживания, снижения влажности, стабилизации и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения.

При выборе методов обработки осадков требуется определить их количество, свойства и состав, чтобы подобрать оптимальные реагенты и оборудование.

Цель настоящей работы заключается в выборе подходящего реагента (флокулянта) и определении оптимальной дозы для обезвоживания избыточного активного ила в дегидраторе с последующим компостированием и использованием в качестве органоминерального удобрения.

КОС, на которых осуществлялась работа, запроектированы на полную биологическую очистку сточной жидкости с доочисткой и состоят из двух очередей строительства с проектной мощностью 500 м³/сут со сбросом очищенных сточных вод в водоем рыбохозяйственного назначения II категории. Основным видом осадка на объекте является избыточный активный ил, который согласно проектному решению направляется в гравитационные уплотнители с дальнейшим обезвоживанием уплотненного активного ила в дегидраторе. Однако данная технология имеет ряд недостатков: во-первых, погруженный в анаэробные условия осадок выделяет канцерогенные газы, загрязняя воздушное пространство КОС и прилегающей территории, во-вторых, снижаются технологические свойства подаваемого на обезвоживание сброженного осадка.

В настоящее время обработка осуществляется в аэробных стабилизаторах, что позволяет исключить вышеуказанные недостатки. В качестве оборудования по обезвоживанию стабилизированного осадка используется дегидратор, принцип работы которого основан на отжиме осадка при помощи шнека с постепенно уменьшающимся шагом винта, через сжатые между собой кольца. Осадок подается в ёмкость флокуляции, где смешивается с реагентом, который подается дозирующим насосом, до образования флокул. Далее связанный реагентом осадок попадает в обезвоживающий барабан, включающий зоны сгущения и обезвоживания.

Для получения сухого осадка (кека) необходимо правильно подобрать дозы и тип реагента. В виду того, что в барабане дегидратора совмещается сгущение и обезвоживание осадка, были исследованы два отечественных флокулянта катионного типа: Ультрафлок К370 и Ультрафлок К390, которые применяются для сгущения и обезвоживания активного ила соответственно. Эксперимент проводился с концентрациями растворов флокулянта 0,5 %, 0,2 % и 0,1 %. Производительность установки по осадку составила 5 л/мин. Влажность исходного осадка составила 98,1–99 %.

В процессе обезвоживания контролировался объем флокулянта, затраченного на обезвоживание, а также количество ударов перистальтического насоса установки приготовления флокулянта. Регулировка расхода проводилась в процентном соотношении от 0 % до 100 % в зависимости от максимального количества ударов, которое может производить данный насос (180 уд/мин). Влажность осадка определялась весовым методом.

Результаты проведенных исследований показали, что при прочих равных условиях наиболее выгодно использовать флокулянт Ультрафлок К390 с концентрацией раствора 0,1 %, расход раствора флокулянта составляет 6,6 л/ч, доза флокулянта – 3,8 кг/т, влажность кека – 81,4 %.

Данные результаты эксперимента являются началом большой работы по наладке узла обработки осадков сточных вод на КОС коттеджного посёлка с внедрением метода компостирования. Планируется, что полученный в результате обезвоживания и компостирования осадок можно будет использовать в качестве органического удобрения в личном подсобном хозяйстве при выращивании рассады овощных и цветочных культур, лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, в зеленом строительстве.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Е. Н. Матюшенко.

Основные этапы детекции микропластика в почвах

К. В. Ручкина

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Пластик – незаменимый материал, необходимый для жизни современного человека. Однако возрастающие объемы производства и потребления пластиковых материалов постепенно превратились в огромную проблему для окружающей среды в связи с повсеместным загрязнением водных и наземных экосистем. Микропластик (МП) – любые синтетические твердые частицы или полимерные матрицы правильной или неправильной формы и размером от 1 мкм до 5 мм, первичного или вторичного производственного происхождения, которые нерастворимы в воде.

К настоящему времени исследования МП в почвах все еще редки и существующие публикации часто несопоставимы из-за использования различных методов отбора проб, детекции и идентификации. При анализе почвы необходимо принимать во внимание классификационную принадлежность, морфологическое строение и основные физико-химические свойства почв, чтобы минимизировать потенциальное влияние на детекцию МП и последующий количественный анализ.

На основе анализа литературных данных были выявлены 5 основных этапов определения МП в почвах:

1 этап: Отбор проб почвы. Для агрогенных почв рекомендуется составной отбор проб, то есть пробы из нескольких дискретных участков одной и той же зоны отбора объединяются и гомогенизируются в единую пробу. Все образцы должны быть перенесены в чистые и маркированные металлические или стеклянные контейнеры с крышками (без пластика) для транспортировки и хранения. Как правило, следует принимать меры для предотвращения загрязнения образцов МП от инструментов, одежды или окружающего воздуха лабораторий и использовать холостые измерения.

2 этап: Подготовка проб почв путём просеивания воздушно-сухой пробы через сита. Выбранный размер ячеек сита определяет диапазон количественных размеров частиц МП. Обычно применяются размеры ячеек от 1 мм до 5 мм.

3 этап: Разделение по плотности. Наиболее часто используемыми солевыми растворами для извлечения МП является NaCl (1,2 г/см³), CaCl₂ (1,5 г/см³), ZnCl₂ (1,6 г/см³), NaI (1,8 г/см³).

4 этап: Удаление органических остатков, так как некоторые компоненты (например, органические волокна) почвы и микропластик имеют сходную плотность и мешают визуальному и спектральному анализу МП. Часто используется реактив Фентона (30 % H₂O₂ и катализатор сульфата железа (II) (FeSO₄)) для почв с низким содержанием гумуса и перекись водорода (H₂O₂) для почв с высоким содержанием гумуса.

5 этап: Идентификация, количественная и качественная характеристика. Общие подходы включают визуальную и химическую идентификацию, с помощью инфракрасной или рамановской спектроскопии. Визуальная идентификация также является важным шагом, с помощью которого можно напрямую и быстро получить текстуру поверхности и другие характеристики, таким как размер, форма и окраска

В данной работе адаптирована методика определения МП в пахотных горизонтах (0–10 см) агрогенных почв с применением ZnCl₂ (5М) для разделения по плотности, HNO₃ (5–6 капель) для растворения выпавшего осадка и H₂O₂ (30 %) для удаления органических остатков.

Кроме этого, микроскопическим методом выявлено количество и форма МП в исследуемых образцах. МП представлен в основном в форме волокон различной длины (от 0,3 мм до 4,717 мм) и цвета (белый, прозрачный, черный, желтый).

Количество и формы МП пахотных горизонтов, исследуемых агрогенных почв

Номер пробы	Название	Количество и формы МП
1	Контроль 1	1 волокон
2	Контроль 2	2 волокон, 1 пленка
3	Контроль 3	3 волокон
1	Агросерая лесная	12 волокон, 1 пленка
2	Агросерая лесная	23 волокна
3	Агросерая лесная	13 волокон, 1 пленка
1	Агротемно-серая лесная	11 волокон
2	Агротемно-серая лесная	1 волокно
3	Агротемно-серая лесная	7 волокон

Исследования МП в почве – это новое быстроразвивающееся направление, характеризующееся необычайно большим разнообразием недавно разработанных или усовершенствованных аналитических методик. Хотя это бросает вызов будущей стандартизации, активная разработка методов открывает большие возможности для анализа микропластика, адаптированного к конкретным исследовательским целям.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта в рамках проекта ТГУ Приоритет 2030 спец. часть S4 №2.2.8.55 ОНГ.

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. О.Э. Мерзляков.

Изменение химического состава грунта по глубине на территории г. Перми

М. С. Самойлов, М. В. Першина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Грунт является сложной полидисперсной, многокомпонентной системой, что создает проблемы при прогнозировании миграции загрязнителей по почвенному профилю [1]. Существует потребность в определении влияния химического состава на способность почвы к загрязнению. При выполнении подобных работ основное внимание уделялось поверхностным плодородным слоям, в то время как более глубокие горизонты изучены слабо [2,3]. В частности, мало известно о содержании важных структурообразующих элементов железа и алюминия [4] и ионообменных свойствах грунтов на территории г. Перми. Для получения этой информации было предпринято настоящее исследование. Были получены образцы грунта из двух скважин на территории Пермской городской агломерации, находящихся на расстоянии 1 км друг от друга в виде кернов высотой 0.2 м с глубин: скважина 1 – 0.6, 3.1, 5.1, 8.1 и 10.9 м; скважина 2 – 1.1, 5.4, 5.6 и 10.6 м. Образцы доводили до воздушно-сухого состояния в течение нескольких дней и просеивали через набор сит согласно ГОСТ 12536-2014. Для определения аморфного железа ($Fe_{ам}$) и алюминия (Al) проводили экстракцию оксалатным буфером по методу Тамма. Для определения общего железа ($Fe_{общ}$) – дитионит-цитрат-бикарбонатным буфером [1]. Содержание соединений железа находили фотометрически с сульфосалициловой кислотой в щелочной среде, алюминия – с эриохромцианином Р [6]. Ионообменную емкость (КОЕ) почвы находили методом Бобко-Аскинази в модификации Грабова и Уваровой [5]. pH грунта измеряли иономером И-160МП в водной суспензии (400 г/л).

Изменение химического состава скважин по глубине почвенного профиля

Скважина, №	Глубина, м	$Fe_{общ}$, г/кг	$Fe_{ам}$, г/кг	Al, г/кг	pH	КОЕ, смоль-экв/кг
1	0.6	14.5 ± 1.1	1.85 ± 0.26	0.0053 ± 0.0005	6.9	16.5 ± 0.6
	3.1	11.8 ± 1.5	1.73 ± 0.05	0.0049 ± 0.0003	8.2	19.0 ± 2.6
	5.1	11.8 ± 1.5	1.47 ± 0.05	0.0016 ± 0.0079	8.1	16.0 ± 1.5
	8.1	12.0 ± 0.9	1.89 ± 0.19	0.0016 ± 0.0002	8.1	19.4 ± 2.0
	10.9	11.7 ± 0.8	2.15 ± 0.10	0.0026 ± 0.0003	8.1	16.2 ± 1.6
2	1.1	13.5 ± 0.7	2.38 ± 0.75	0.0024 ± 0.0002	6,2	18.1 ± 1.4
	5.4	11.5 ± 0.5	1.08 ± 0.09	0.0020 ± 0.0006	7.9	23.7 ± 2.5
	5.6	12.4 ± 1.2	1.16 ± 0.08	-	8.0	26.4 ± 3.0
	10.6	16.2 ± 1.4	0.95 ± 0.08	-	7.8	28.9 ± 2.3

На основании полученных данных установлены корреляции между параметрами химического состава и глубиной залегания грунта. Обсуждается связь химического состава с минералогическим составом грунта.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта № FSNM-2020-0024.

Литература

1. Regelink I.C., Stoof C.R., Rousseva S., Weng L., Lair G.J., Kram P., Nikolaidis N.P., Kercheva M., Banwart S., Comans R.N.J. Linkages between aggregate formation, porosity and soil chemical properties // *Geoderma*. 2015. V. 247–248. P. 24–37. doi: 10.1016/J.GEODERMA.2015.01.
2. Алексеева Т.В., Соколовская З., Хайнос М., Алексеев А.О., Калинин П.И. Водопрочность агрегатов почв субтропиков и тропиков (Грузия и Китай): связь с минералогическим составом и химическими свойствами // *Почвоведение*. 2009. № 4. С. 452-462.
3. Гилев В.Ю. Оксидогенез и редуктогенез в почвах на элювии и делювии пермских глин Предуралья // Автореф. дис. канд. с.-х. наук. Пермь: Перм. гос. сельскохоз. акад., 2007. 22 с.
4. Bronick C.J., Lal R. Soil structure and management: a review // *Geoderma*. 2005. V. 124. P. 3–22. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: изд-во МГУ, 1970. 488 с
6. Тихонов В.Н. Аналитическая химия алюминия. Москва: Наука, 1971. 266 с.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. Л. Д. Асин.

Исследование сезонных вариаций содержания приоритетных загрязняющих веществ Увдовского водохранилища по данным мониторинга донных отложений

Р. Д. Ситанов, А. В. Печникова, Ю. А. Константинова, Е. К. Харитонова

Ивановский государственный химико-технологический университет

Важным критерием оценки экологического состояния водного объекта является анализ содержания приоритетных химических загрязнителей в донных отложениях (ДО). Отличительной особенностью ДО является их способность аккумулировать химические соединения и, впоследствии, при определенных условиях выступать в роли вторичного источника загрязнения водоема. К приоритетным загрязняющим веществам природных вод относятся тяжелые металлы (ТМ) (свинец, кадмий, никель, цинк, медь и другие), органические вещества (фенолы, нефтепродукты) и биогенные элементы (азот и фосфор), многие из которых оказывают негативное воздействие на водный объект [1].

Регламентация загрязнения пресноводных экосистем различного рода загрязняющими веществами основана на определении их содержания в воде, хотя значительная их часть мигрирует в составе взвешенных веществ и оседает на дно. Участвуя в разнообразных процессах, они способны изменять свою биологическую доступность и, соответственно, токсичность [2]. Следовательно, изучение состава ДО является актуальной задачей и позволяет оценить не только состояние водотоков в целом, но и делать прогнозы относительно его будущего [3].

Увдовское водохранилище располагается в Ивановской области 7 км выше по течению от центра г. Иваново. Оно занимает северную часть Ивановской области в границах Беляницкого и Балахонковского сельских поселений. Также данное водохранилище является особо охраняемой природной территорией и является источником водоснабжения города Иваново. В качестве объектов исследования были выбраны 7 точек отбора проб, расположенных по периметру зеркала водохранилища. Картографический материал подробно представлен в [4]. Большая часть точек отбора проб находится вблизи населённых пунктов и мест активного отдыха людей. Отбор проб осуществляется 4 раза в год (весна-лето-осень-зима), на протяжении 2-х лет (2020-2021). Для определения содержания валовых и подвижных форм ТМ применялся метод атомно-адсорбционной спектроскопии. Для определения нефтепродуктов и фенолов был использован флуориметрический метод. Определение полициклических ароматических углеводородов проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Для оценки экологического состояния воды и ДО Увдовского водохранилища применялся подход, на сравнении уровня содержания контролируемых соединений с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК), либо с фоновыми значениями. Однако, для более достоверной и полной оценки состояния водного объекта при экологическом мониторинге, были использованы следующие **комплексные методы**: коэффициент донной аккумуляции (КДА), коэффициент и степень загрязнения и техногенная геохимическая ассоциация.

Полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы:

- величины коэффициентов донной аккумуляции, свидетельствуют о высоком уровне загрязнения Увдовского водохранилища;
- в донных отложениях Увдовского водохранилища по марганцу и меди во всех точках профотбора наблюдается высокий коэффициент загрязнения ($C_f > 6$); значение коэффициента по марганцу и меди составляет 31,05 и 83,29 соответственно;
- по нефтепродуктам значение C_f варьируется в диапазоне 2÷3 (кроме т. Егорий) и кобальту – 1,7÷2,6 (кроме т. Конохово и т. Худиноно), т.е. наблюдается умеренное значение коэффициента загрязнения ($1 \leq C_f < 3$);
- по никелю и цинку наблюдается низкое значение C_f за исключением т. Лесная зона и Крюково (по никелю) и т. Авдотьино, Худынино, Егорий и Рожново (для цинка), которые характеризуются умеренным коэффициентом загрязнения;
- степень загрязнения ДО во всех анализируемых точках высокая (варьируется в диапазоне от 50 до 120);
- максимальная сумма ПАУ в объектах контроля наблюдается у д. Крюково и составляет 430 мкг/кг в ДО и 700 мкг/л в придонной воде.

Литература

1. Чернова, Н. М. Общая экология. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.
2. Опекунов, А.Ю. Аквадный техноседиментогенез // Труды ВНИИ Океанологии Министерства природных ресурсов РФ. СПб: Наука, 2005 Т. 208. – 278 с.
3. Даувальтер, В.А. Концентрации металлов в донных отложениях закисленных озер // Водные ресурсы. 1998. – Т. 25, № 3. – С. 358–365.
4. Сулаева, О.Ю. Контроль приоритетных загрязнителей источников питьевого водоснабжения (на примере Увдовского водохранилища) / О.Ю. Сулаева, Е. О. Леуш, Т. В. Извекова, А. А. Гушин // Химия и химическая технология: достижения и перспективы. Материалы V Всероссийской конференции [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; редкол.: С.Г. Костюк (отв. редактор) [и др.]. – Кемерово. – 2020. – Секция 5, 109.1-109.4.

Научный руководитель – д-р хим. наук, доц. А. А. Гушин.

Долгоживущие радионуклиды Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в системе донные отложения – высшая водная растительность озерной экосистеме Куяш

О. Ф. Хохлова

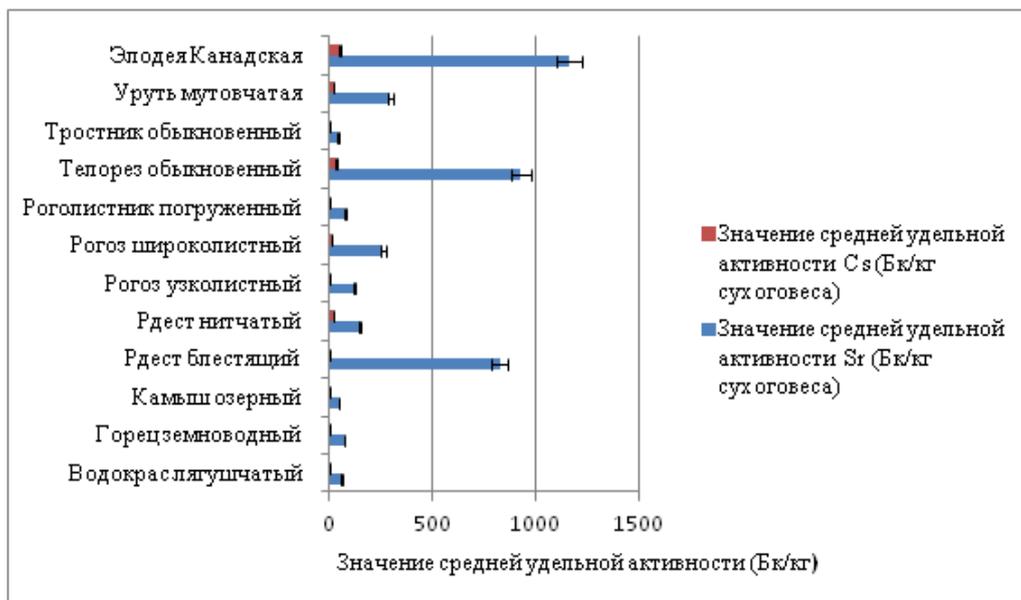
Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск

Авария, произошедшая 29 сентября 1957 года на территории химического комбината Маяк, повлекла за собой достаточно серьезное загрязнение окружающей среды. Прошел уже 61 год с момента аварии и сейчас всё большую актуальность приобретает вопрос о возврате в хозяйственную эксплуатацию загрязненных территорий, включая озерные экосистемы. В связи с этим возникает необходимость изучения функционирования этих водоемов с целью выяснения оптимальных условий их использования. Одним из таких объектов является озеро Куяш, относящееся к Течинскому водохозяйственному участку [1,2]. Целью данной работы является исследование содержания долгоживущих радионуклидов Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в донных отложениях и высшей водной растительности.

На территории озера Куяш зарегистрировано 23 вида растений, относящихся к 18 родам и 14 семействам. И относятся к разным экологическим группам [4].

По полученным данным, можно сказать, что содержание ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в прибрежной зоне оз. Куяш достаточно интенсивно. В центре озера Куяш залегает мощным слоем более 5 метров, верхняя часть которого имеет следующее строение: 0 – 22 см – слабоминерализованные темно-бурые сапропелевые илы без выраженной минерализации; 22 – 36 см – несколько более минерализованные илы светло-серого цвета; 36 – 39 см – торфяной слой ярко-коричневого цвета с множеством грубодетритных остатков макрофитов. Глубже расположен светло-серый ил. Таким образом, структура и состав донных отложений рассматриваемых озер показывают нам, что исследуемое озеро неоднократно меняло режим своего существования. Прошло такие стадии, как заболоченный пресный водоем, минерализованный водоем и постепенно приобрело, в результате распреснения, в свой современный вид озеро [3].

На основании анализа экспериментальных данных также были выявлены виды макрофитов, являющиеся специфическими накопителями ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Уровень накопления, которых представлен на графике.



По графику видно, что растениями с наибольшим накоплением элемента являются элодея канадская, рдест блестящий и телорез обыкновенный.

Литература

1. Смагин А. И. Экология водоемов зоны техногенной радиационной аномалии на Южном Урале.: Пермь, 2008. – 51 с.
2. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н, Коржавин А.В., Николкин В.Н. Радиоэкологический мониторинг пресноводных экосистем, Том I. – Екатеринбург: Изд-во «АкадемНаука», 2014. – 496 с
4. Рябова В.Н., Васильева В.А. Полевой атлас-определитель растений-индикаторов трофического уровня пресноводных водоемов. Выпуск II. – СПб.: ВВМ, 2012, 36 с.
5. Чекренев С.А; Панов В.П. Исследование донных отложений и обезвреживание их от тяжелых металлов. М.: Эксмо, 2011. 164 с.

Научный руководитель – д-р биол. наук, канд. хим. наук, проф. С. Г. Левина.

Содержание нефтепродуктов в почвах мест сезонного складирования снежных масс

Э. В. Заббарова

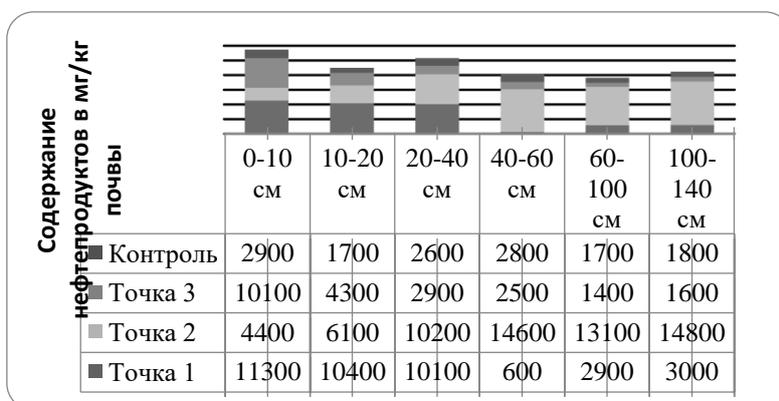
Новосибирский государственный аграрный университет
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

В зимний период в г. Новосибирске, как и во многих субъектах России остро стоит вопрос расчистки городской территории от выпадающего снега и его последующего складирования, для чего в большинстве регионов определены специальные площадки – снежные полигоны (отвалы). Намного реже для борьбы со снегом на городских улицах используются стационарные снегоплавильные пункты и мобильные снегоплавильные установки.

Снег, собранный с территории городской застройки, содержит загрязняющие вещества. Снег в течение зимы обрабатывается противогололедными реагентами, так же в него попадают различного рода нефтепродукты, которые уже на полигоне в результате таяния снега попадает в почву.

Целью работы является исследование содержания нефтепродуктов непосредственно в почвах территории снегоотвала, так и естественных прилегающих территориях. Определение массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв проводилось гравиметрическим методом [1].

Объектом исследования являлся почвенный покров территории места складирования снега в Советском районе г. Новосибирска (N 54°52'52.02» E 83° 6'14.33»). Данный снегоотвал имеет обваловку по периметру высота насыпи составляет около 2-х метров с понижением в юго-западной части. Перепад высот с крайней северо-восточной части до юго-западной составляет более 1,5 метров. Нижняя часть снегоотвала отделена обваловкой (которая имеет нарушение) от оврага, который является частью водосбора р. Ельцовка. Для количественной оценки содержания нефтепродуктов в почве было выбрано две точки на территории снегоотвала (в середине его сформированного склона (Точка 1) и самой нижней его части (Точка 2)), в овраге на удалении 20 метров от нарушенной части обваловки снегоотвала (Точка 3) и в качестве контроля в лесном массиве на удалении 100 м на восток от снегоотвала (Контроль). Почвенный покров естественных территорий представлен дерново-подзолистыми почвами, территории снегоотвала техногенно-преобразованными дерново-подзолистыми с перекрытием естественной почвы техногенными образованиями мощностью от 0,3 до 1,5 метров. Образцы для анализа отбирались последовательно с поверхности до глубины 20 см с шагом 10 см, с 20 см до 69 см с шагом 20 см и с 60см до 140 см с шагом 40 см. Полученные данные содержания нефтепродуктов (мг/ кг почвы) по глубинам представлены на рисунке.



Содержание нефтепродуктов в образцах почвы по глубинам, мг/кг почвы

В образцах почв всех обследованных точек концентрация нефтепродуктов выше условного фона (<133 мг/кг почвы) как минимум в 4,5 раза и как максимум в 111 раз. Относительно безопасное содержание нефтепродуктов составляет от 500 до 5000 мг/кг почвы. Однако в пробах почв в Точке 2 (по всему профилю), Точке 1 (с поверхности до 40 см), Точке 3 (с поверхности) обнаружены чрезвычайно высокие (более 5000 мг/кг почвы) концентрации нефтепродуктов, потенциально опасные для почв, наземных и водных экосистем в целом. Стоит отметить что высокая концентрация нефтепродуктов в нижних почвенных горизонтах в Точке 2 обусловлена более легким гранулометрическим составом верхней части профиля за счет фракций песка, а так же промывного водного режима, что способствовало промыванию в нижние почвенные горизонты нефтепродуктов. Такое промывание крайне опасно, ввиду того что способствует их миграции за счет внутрипочвенного стока как на прилегающие естественные подчиненные участки катенарных комплексов, так и возможного дальнейшего попадания в грунтовые воды.

Литература

1. ПНД Ф 16.1.41-04 Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом – Москва, 2004 –24 с.

Научный руководитель – канд. биол. наук И. П. Беланов.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Геоэкологическая оценка ртутной нагрузки на территорию г. Томска по данным изучения дорожной пыли

А. И. Беспалова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Дорожная (уличная) пыль является актуальным объектом исследования для оценки геоэкологического состояния в городах в теплое время года. Дорожная пыль представляет собой осевшие из атмосферного воздуха твердые частицы со сложным химическим составом [1].

Ртуть – токсичный загрязнитель окружающей среды с высокой степенью биоаккумуляции, образующийся естественными и антропогенными источниками. Путем вдыхания мелкодисперсной уличной пыли, содержащей ртуть, может произойти поступление данного элемента в организм человека [4].

Целью данной работы является анализ пространственного распределения ртути в уличной пыли на территории г. Томска для оценки геоэкологического состояния территории. Автором работы осуществлялся отбор и подготовка 45 проб уличной пыли по методикам, описанным в литературных источниках [1].

Содержание ртути в 45 пробах автор при консультации к.х.н., доц.а Осиповой Н.А. определяла в лаборатории МИНОЦ «Урановая геология» на базе отделения геологии ТПУ на ртутном анализаторе «РА-915+» с пиролитической приставкой «ПИРО-915+». Для оценки степени обогащения уличной пыли ртутью рассчитывали коэффициенты обогащения (K_e) относительно кларка земной коры [1]: $K_e = (C_{Hg}/C_{Sc}) \text{ проба} / (C_{Hg}/C_{Sc}) \text{ земн. кора}$, где C_{Hg} и C_{Sc} – содержание ртути и скандия как реперного элемента соответственно в пробе или в земной коре (кларк земной коры для Hg – 0,065 мг/кг, Sc – 15 мг/кг по Н.А. Григорьеву [2]). Также производился расчет K_e относительно среднего содержания ртути (0,4 мг/кг) в почвогрунтах города [3], т.к. в летнее время они формируют состав уличной пыли. Значения K_e более 1 указывают на антропогенные источники поступления химических элементов, а K_e менее 1 – на литогенную природу элементов.

По результатам исследования установлено, что на территории г. Томска содержание ртути в уличной пыли изменяется от 6,5 до 227 нг/г при среднем значении 30,5 нг/г (см. таблицу).

Содержание ртути в уличной пыли на территории г. Томска, нг/г

Администр. район	Число проб	Мин	Макс	Среднее
Ленинский	5	6,5	27,4	18,4 ± 3,7
Октябрьский	15	7,8	93,2	25,2 ± 5,2
Советский	18	8,6	84,6	31,1 ± 6
Кировский	7	10,9	227	49,2 ± 30
г. Томск	45	6,5	227	30,5 ± 5,4

Пробы уличной пыли на территории г. Томска в основном мало обогащены ртутью согласно K_e (<1), относительно кларка земной коры, но в 8 раз больше обогащены относительно состава почвогрунтов. Однако наблюдаются локальные точки обогащения ртутью (K_e от 1,9 до 42,5 ед), что объясняется антропогенным поступлением элемента в среду. Относительно почвогрунтов обогащение ртути намного уменьшается, некоторые локальные точки с высоким обогащением сохраняются (K_e 3,8 и 5,2 ед). Одними из источников поступления ртути в окружающую среду являются природный газ и уголь.

Изучение пространственного распределения ртути на территории позволило выделить геохимические ореолы ртути с концентрациями от 30 до 230 нг/г в западной части города (в Кировском районе), где обогащение ртутью относительно кларка земной коры достигает 3,5 раза, а также в районе расположения ГРЭС-2 (Советский район) и в северо-восточной части (Октябрьский район) города. Наиболее контрастный ореол, в котором концентрация ртути составляет 30–90 нг/г, наблюдается в Советском районе, приуроченный к району расположения старого золотвала.

Таким образом, изучение уличной пыли г. Томска позволило обнаружить геохимические ореолы ртути и антропогенные источники поступления элемента в окружающую среду.

Литература

1. Н. С. Касимов и др. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы/ Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М – М.: АПР, 2016. – 276 с.
2. Н. А. Григорьев Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 382 с.
3. Л. П. Рихванов Ртуть в почвах Томского региона / Л. П. Рихванов, Н. А. Осипова, Л. А. Петрова // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты материалы Междунар. симп. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.) — М.: 2010. — С. 200-202.
4. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. Copenhagen: WHO, 2007. 130 p.

Научный руководитель – д-р. геол.-минерал. наук, доц. А. В. Таловская.

Закономерности распространения тяжелых металлов в донных отложениях озер Букино и Лошамье национального парка «Смоленское Поозерье»

И. Е. Алексеева, А. М. Бессонова

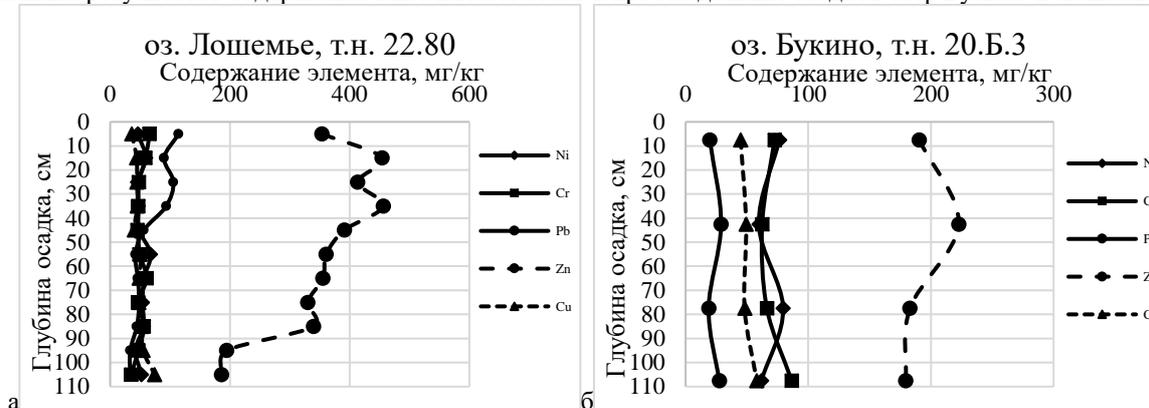
Санкт-Петербургский государственный университет

Донные отложения являются депонирующей средой, в которой могут накапливаться различные загрязнители, в результате чего их изучение позволяет получить интегральную оценку состояния озер.

Целью данной работы является изучение закономерностей распределения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Букино и Лошамье, расположенных Озеро Лошамье расположено в заповедной зоне национального парка «Смоленское Поозерье», а оз. Букино – в рекреационной зоне. Оба водных объекта находятся на удалении от потенциальных источников воздействия и, предположительно, могут использоваться в качестве объекта фоновый мониторинга.

Методы исследования. В 2020 и 2022 годах был проведен отбор проб донных отложений на исследуемых водных объектах. Сеть пробоотбора размещалась так, чтобы охватить максимальную площадь озер [1]. Отбор проб осуществлялся пробоотборником ГОИН 1,5 м, позволяющим отобрать донные отложения без перемешивания слоев в целях оценки накопленных за длительный период времени осадков в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80. Анализ обработанных проб донных отложений проводился рентгенофлуоресцентным методом. В ходе анализа проб определялось содержание в них следующих металлов: Ni, Cr, Pb, Zn, Cu. Данные элементы являются главными индикаторами антропогенного воздействия на среду [2].

Обсуждение результатов исследования. Анализ результатов исследования заключается в сравнении полученных результатов содержаний тяжёлых металлов в пробах донных осадков озер Букино и Лошамье.



Графики зависимости изменения содержания элементов (Ni, Cr, Pb, Zn, Cu) в стратифицированной колонке от глубины на т.н. № 22.80 озера Лошамье (а) и на т.н. № 20.Б.3 озера Букино (б)

На оз. Лошамье на протяжении всего разреза наблюдается постоянное содержание Ni, Cr, Pb, Cu, тогда как содержание Zn убывает с глубиной. Для оз. Букино характерно постоянство значений всех исследуемых элементов по всей глубине. Постоянство значений содержания элементов с глубиной свидетельствует об отсутствии антропогенного воздействия на оз. Букино. На оз. Лошамье отмечено ярко выраженное повышение содержание Zn в приповерхностных слоях.

Выводы.

1. Для озера Лошамье характерны незначительные изменения содержания Ni, Cr, Pb, Cu с глубиной. Для Zn в данных водных объектах наблюдалась явно выраженное уменьшение его содержания от поверхностных к глубинным горизонтам разреза;
2. В донных отложениях озера Букино наблюдались незначительные изменения изучаемых элементов в разрезе с глубиной, что свидетельствует об отсутствии антропогенного влияния на данный водный объект в течение всей истории. В связи с этим, озеро Букино является более подходящим объектом фоновый мониторинга.

Литература

1. Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р. Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка «Смоленское Поозерье»// СмолГУ: «Природа и общество: в поисках гармонии», 2016. – С. 150-155;
2. Терехова А.В., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Определение фоновых содержаний тяжелых металлов в почвах и донных осадках центральной части национального парка «Смоленское Поозерье». // В сборнике: Экологические проблемы недропользования. Материалы семнадцатой международной молодежной научной конференции. Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета; Геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. 2017. – С. 67-74.

Научный руководитель – канд. геол.-минер. наук, доц. П. С. Зеленковский.

Оценка качества и гидрогеологических условий залегания подземных питьевых вод Невьянска

Е. И. Афзалова

Тюменский государственный университет

Институт наук о Земле

Станция юных натуралистов Невьянского городского округа

Подземные воды являются уникальным полезным ископаемым с возобновляемыми запасами. В настоящее время они играют значительную роль в хозяйственно-питьевом водоснабжении населения многих стран. Так, во многих европейских странах использование подземных вод превышает 70 % от общего водопотребления. По оценке Министерства природных ресурсов, в России отмечается недостаток питьевых подземных вод на 80 % ее территории.

В Свердловской области отмечается несоответствие качества подземных вод питьевым нормативам. Одной из главных причин этого является залегание подземных вод территории в различных гидрогеологических структурах. На территории Невьянского городского округа подземные воды используются особенно широко. При этом химический и органолептический анализы качества воды, как правило, не проводятся.

Следовательно, выявлена проблема: соответствует ли качество подземной питьевой воды, потребляемой значительной частью населения округа, гигиеническим нормативам.

Поэтому была поставлена цель: оценка качества питьевых подземных вод округа и гидрогеологических условий их залегания как фактора влияния на химические и органолептические показатели.

В практической части работы было изучено гидрогеологическое районирование Свердловской области, проанализированы протоколы скважин бурения на территории Невьянского городского округа. Было установлено, что данный район входит в состав Большеуральского сложного бассейна пластового-блоковых вод. Поэтому основным коллектором подземных вод являются трещиноватые породы. Месторождения Невьянска по классификации можно отнести к месторождениям в трещинных метаморфических и карстовых карбонатных породах.

Были проведены химические и органолептические анализы воды из 10 точек отбора водных проб (частные скважины бурения). Методом титрования был проведен анализ воды на сульфаты, хлориды, общую жесткость, карбонаты и т.д. При определении нитратов, железа и марганца в воде использовалось колориметрирование (по интенсивности окраски).

Результаты химического анализа воды представлены в общей сводной таблице. По сульфатам, нитратам, хлоридам, карбонатам, кальцию превышения предельно допустимой концентрации в пробах не обнаружено. Но в некоторых скважинах наблюдается приближение показателей к ПДК.

Результаты химического анализа проб воды

№ скв. / хим. эл-ты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ПДК
Нитраты, мг/л	5	5	10	15	10	15	15	15	15	10	45
Хлориды, мг/л	26,6	71	97,6	106,5	26,6	133,1	97,6	195,2	177,5	88,8	350
Гидрокарбонаты, мг/л	165,4	197,5	139,2	132,6	197,5	197,5	165,6	123,1	132,6	139,2	350
Общ. жесткость, мг/л	6	8	4	4	8	8	6	4	4	4	7-10
Кальций, мг/л	75,1	95,2	55,1	50,1	95,2	95,2	75,2	45,0	50,1	55,1	140
Сульфаты, мг/л	153,6	192	230,4	230,4	172,8	192	172,8	115,2	192	76,8	500
Показатель рН	7	7	7	7	6	6	3-4	6	6	7	5-8
Железо, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0-0,1	0,3	0,3	0,3	0,3

Таким образом, проведя химический анализ, было установлено, что подземные воды Невьянска могут быть отнесены к гидрокарбонатно-сульфатным.

Органолептический анализ воды проводился по таким показателям, как цветность, наличие запаха, мутность, прозрачность изучаемых проб. Было установлено, что цвет воды в изучаемых пробах варьируется от бесцветного до светло-желтого (повышенное содержание солей железа в пробах), включая голубые и зеленоватые оттенки (повышенная жесткость проб). Пробы из четырех скважин облают определенным запахом (болотистым, илистым) с разной степенью интенсивности.

Таким образом, на территории Невьянского городского округа определяющим фактором формирования состава и качества подземных вод является геологический. Залегание в определенных гидрогеологических условиях: карстовые полости, трещиноватость, преобладание карбонатных пород и наличие месторождений сульфидных минералов определило гидрокарбонатно-сульфатный тип месторождений подземных вод Невьянска. В целом сложились благоприятные условия формирования и накопления ресурсов питьевых подземных вод. Подземные воды города защищены от потенциального загрязнения с поверхности толщей слабопроницаемых суглинков. В соответствии с классификацией В.М. Гольдберга они могут быть отнесены к VI категории защищенности.

Научный руководитель – педагог доп. образования высш. квалиф. кат. Станции юных натуралистов
К. В. Шимаковская.

Динамика образования биологических летучих органических соединений в бореальных лесах (ст. Фоновая, Томская область)

Е. В. Гурулева

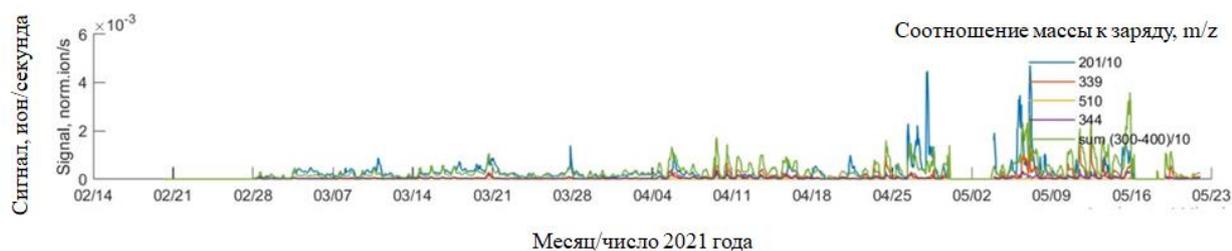
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН

Аэрозоль повсеместно присутствует в атмосфере и оказывает значительное влияние на климат за счет рассеивания и поглощения солнечной радиации, а также выступает в качестве ядер конденсации облаков. Определенный вклад в формировании первичного и вторичного аэрозоля вносят как антропогенные летучие органические соединения, так и природные. В настоящее время проводятся активные исследования органического аэрозоля в атмосферном воздухе, и с каждым новым исследованием обновляются ранее сделанные выводы в пользу большего влияния органического аэрозоля на физико-химические превращения в атмосфере, чем предполагалось ранее.

Измерение уровня биологических ЛОС в атмосферном воздухе в районе станции Фоновая (п. Киреевск) проводилось при помощи времяпролетного масс-спектрометра с установкой химической ионизации на базе НИИ Оптике атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН.

Наибольший интерес в данной работе представляет группа низко – и чрезвычайно низколетучих ЛОС с высоким содержанием кислорода, так называемых НОМ (highly oxidized molecules). Данные сильноокисленные ЛОС образуются в атмосферной толще посредством автоокисления терпенов с участием пероксирадикалов и содержат шесть и более атомов кислорода [1].

Концентрация сильноокисленных органических молекул зависит от температуры окружающей среды и концентрации бимолекулярных реагентов (таких как HO_2 (гидропероксильный радикал), NO , NO_2 , SO_2 и т.д.). Так, составление месячного хода НОМ с 20.02.2021 по 21.05.2021 показало значительное увеличение концентрации молекул с соотношением массы к заряду (m/z) от 200 до 400, что свидетельствует о росте более массивных органических молекул, в том, числе НОМ в весеннее время, так как в весенний сезон происходит усиление темпов ассимиляции в хвойных деревьях и процесс синтезирования моно – и сесквитерпенов – основных прекурсоров НОМ в бореальных лесах (см. рисунок).



Месячный ход сильноокисленных органических молекул с 20.02.2021 по 21.05.2021 на станции «Фоновая» ИОА СО РАН

Органические соединения с достаточно низкой летучестью, в том числе сильноокисленные органические соединения, могут либо образовывать новые частицы, либо разделяться на фазы, способствуя росту и массе частиц. Недавние исследования показали, что сильно насыщенные кислородом органические молекулы (НОМ) являются основным источником конденсации или зародышеобразования соединений, и они играют важную роль в образовании новых частиц в атмосфере [2].

Известно, что частицы атмосферного аэрозоля влияют на радиационный баланс Земли, рассеивая и поглощая солнечное излучение, а также действуют как облачные ядра конденсации, тем самым изменяя оптические свойства атмосферы и время жизни облаков. Увеличение биогенных выбросов в теплый сезон приводит к увеличению зародышеобразования и росту новых частиц в атмосфере, в то время как уменьшение биогенных выбросов ЛОС, связанное с обезлесением, может привести к уменьшению зародышеобразования и, следовательно, к потеплению климата [3].

Литература

1. Bianchi F. et al. Highly oxygenated organic molecules (НОМ) from gas-phase autoxidation involving peroxy radicals: A key contributor to atmospheric aerosol //Chemical reviews. – 2019. – Т. 119. – №. 6. – С. 3472-3509.
2. Kaser L. et al. Comparison of different real time VOC measurement techniques in a ponderosa pine forest //Atmospheric Chemistry and Physics. – 2013. – Т. 13. – №. 5. – С. 2893-2906.
3. Thomson S. A. et al. Taxonomy based on science is necessary for global conservation //PLoS biology. – 2018. – Т. 16. – №. 3. – С. e2005075

Научные руководители – д-р геол.-минер. наук, доц. А. В. Таловская, канд. физ.-мат. наук Д. В. Симоненков.

Оценка распространения влияния автотранспортного загрязнения на территории экопарка «Гремячая Грива» (г. Красноярск)

М. Е. Косов

Сибирский федеральный университет, Красноярск

В последнее время значительное внимание в городах уделяется созданию рекреационной инфраструктуры. Одним из таких проектов в г. Красноярск стал экопарк Гремячая Грива. В связи с увеличением автотранспортного потока, проблема изучения загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами автотранспорта является всё более важной. Вдоль автомагистралей образуется зона повышенной концентрации вредных веществ. Некоторые из них оседают на обочинах дорог, а другие поднимаются в воздух, накапливаются в атмосфере и выпадают с осадками, загрязняя почву, воду и растительность [1].

Целью исследования является оценка распространения влияния автомобильного загрязнения на территории экопарка «Гремячая Грива» в зависимости от удаленности от автомагистрали и наличия древесной и кустарниковой растительности.

Исследования проводились на территории экопарка «Гремячая Грива» в г. Красноярск. С целью оценки интенсивности автомобильного транспорта и загруженности дорог был произведён ежедневный учёт в дневное и вечернее время в зимний и летний периоды по улице Биатлонная и проспект Свободный. Интенсивность движения автотранспорта по проспекту Свободный значительно больше, чем на улице Биатлонной. В равной удалённости друг от друга для исследования были заложены 5 трансект (см. рисунок).



Схема расположения трансект и отбор проб на территории экопарка «Гремячая Грива»

Было произведено геоботаническое описание всех трансект. Основу древесной ассоциации парка составляет *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*. Основной состав кустарникового яруса: *Rubus idaeus* и *Rosa acicularis*.

Также было произведено описание и отбор образцов почв, выполненный по стандартам, в соответствии с методическими рекомендациями [2]. Данные показывают, что в основном почвы суглинистые, рН 5.4 – 8.4, среднегумусного состояния, и при таких условиях могут подтверждать значительное количество загрязняющих веществ в почвах из-за достаточных значений гранулометрического состава, которые способствуют сорбции загрязняющие вещества и их миграционную способность в более кислой среде.

В зимнее время были отобраны пробы снега [3]. Максимальное количество хлоридов обнаружено в точках, расположенных на расстоянии 2 м от автодороги, что объясняется присутствием противогололедных реагентов, содержание нитрат-ионов в меньшей степени зависит от расстояния до проезжей части, но увеличивается в случае неравномерного движения автотранспорта, а содержание сульфат-ионов выше в точках взятия проб, примыкающих к автодороге относительно точек середины и конца соответствующих трансект, что свидетельствует об их более быстром оседании.

Таким образом, в зимний период древесная и кустарниковая растительность практически не влияет на распространение выбросов автотранспорта на расстояние до 80 м от автодороги, где расположены пешеходные дорожки и детские игровые площадки, а также не обнаружилось четкой зависимости между содержанием исследуемых веществ в талой снеговой воде и количеством деревьев и кустарников вдоль трансекты.

Литература

1. Новикова, С. А. Загрязнение атмосферного воздуха крупных городов Красноярского края / С. А. Новикова // Иркутский государственный университет. – Иркутск. – 2019. – № 2 (33). – С. 80–89.
2. Розанов, Б. Г. Морфология почв / Б. Г. Розанов // Учебник для высшей школы. – Москва, 2004. – С. 432.
3. ПНД Ф 14.1:2:4.132-98 Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов: нитрита, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии.

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. Н. В. Пахарькова.

Эрозионные процессы на водосборах малых рек г. Новосибирска

Е. А. Непомнящих

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск

Важнейшим источником удовлетворения разнообразных потребностей человека в водных ресурсах являются ежегодно возобновляемые поверхностные пресные воды, используемые в различных областях деятельности человека. Малые реки в этом играют немалую хозяйственную роль. Восстановление малых рек, находящихся в пределах городских агломераций – серьезнейшая экологическая проблема, так как именно они наиболее восприимчивы к антропогенному воздействию.

Поверхностные водные объекты государственного водного фонда представлены на территории города Новосибирска рекой Обью и ее притоками: Ельцовка-1, Ельцовка-2, Каменка, Нижняя Ельцовка, Камышенка, Плющиха, Иня, Тула и водоемами – частью Новосибирского водохранилища, прудами и болотами. К сожалению, малые реки выступают как приемники наносов и растворенных веществ, это удобный тракт для удаления сточных вод, включая поверхностный сток с территории.

Полностью открытое русло, кроме самой реки Обь, имеют ее притоки – Иня, Тула, Ельцовка-2, Нижняя Ельцовка, Камышенка, Плющиха. Реки Каменка, Ельцовка-1 в черте города на значительном протяжении русла заключены в коллекторные системы и служат для отведения поверхностного стока с территории города, что отрицательно сказывается на качестве их воды.

Русла малых рек г. Новосибирска сильно захламлены – механический и бытовой мусор серьезно влияет на русловые процессы. Уровень воды в некоторых реках заметно меняется не только из-за естественных колебаний воды, но и из-за антропогенных, например, от потоков ливневых канализаций. В результате берега сильно размывает, а через русло падают деревья, образуя по течению участки со стоячей водой.

В последнее время наблюдается наиболее интенсивное вмешательство в жизнь малых рек, связанное с периодом активного техногенного развития в городе. Наиболее заметные последствия хозяйственных мероприятий, вызывающие активизацию эрозионно-аккумулятивных процессов, наблюдаются на малых реках с небольшими расходами и слабой транспортирующей способностью водного потока.

Рельеф бассейнов малых рек пересечен логами, оврагами, их склоны в основном густо заросшие, пологие склоны распаханы. На всех малых реках происходят такие эрозионные процессы, как плоскостный смыв, струйчатый смыв и овражный размыв. Сильное влияние на развитие эрозионно-аккумулятивных процессов оказывают разнообразные виды хозяйственной деятельности на водосборе – прокладка коммуникаций, строительство инженерных сооружений, внесение удобрений. Существенную роль в формировании склоновых потоков и смыве почв могут играть полевые дороги и колеи от различных транспортных средств.

Таким образом, на эрозионные процессы на водосборах малых реках города Новосибирска влияет совокупность природных и антропогенных факторов, но в основном интенсификация эрозии происходит за счет техногенной и градостроительной деятельности человека.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. О. В. Спиренкова.

Исследование морфологии и адсорбционных характеристик грунта г. Перми

М. В. Першина, М. С. Самойлов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

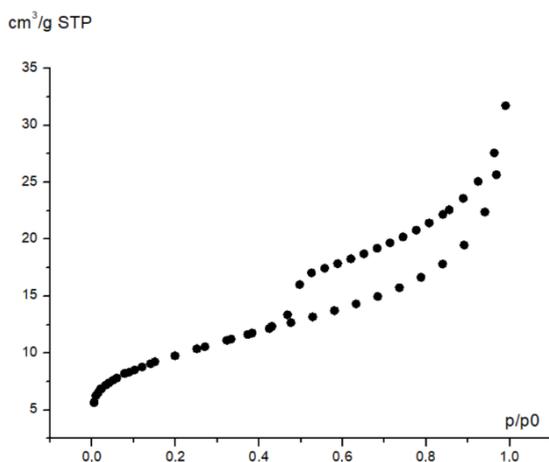
Миграция веществ различного происхождения в грунте зависит от его свойств. На глубину проникновения влияет не только минеральный состав, но и размер частиц, площадь удельной поверхности, объем пор и т.д. Морфологические свойства грунтов, как правило, изучаются без связи с их адсорбционной способностью, а данные по характеристикам получают на образцах с глубины не более 1 м, т.е. на плодородном слое почвы. Изучение морфологических характеристик грунтов Перми и Пермского края – важный этап при исследовании распространения загрязняющих веществ различной природы, в частности, при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья. Для выполнения расчетов миграции загрязняющих веществ в литосфере необходимо знать и структуру проницаемой среды, и ее адсорбционные свойства. Знание этих двух групп характеристик, которые должны определяться экспериментально, и закономерностей, управляющих динамикой миграции в почвах и грунтах, позволит строить математические модели для предсказания распространения поллютантов в зонах добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья.

Образцы грунта были получены в результате бурения скважины в долине реки Данилиха на территории г. Перми. Скважине соответствует десять глубин отбора от 0,5 до 9,5 м. Грунты были доведены до воздушно-сухого состояния и просеяны в соответствии с ГОСТ 12536-2014.

Определение минералогического состава выполняли методом рентгенофазового анализа [1]. Минералогический состав подобен на качественном уровне, варьируется в зависимости от глубины отбора и в основном представлен кварцем (22-45 %), плагиоклазами (15-27 %), полевым шпатом (4-13 %) и глинистыми минералами. Глинистая фракция представлена смектитами (70-93 %), иллитом, хлоритом.

Была определена истинная плотность образцов грунта, которая лежит в диапазоне 2,61-2,66 г/см³, при этом глубина и расположение скважины не влияют на данную характеристику. Показатель плотности грунта учитывается в сельском хозяйстве при оценке плодородия земель.

Методом низкотемпературной адсорбции азота (77К) были определены характеристики удельной поверхности и общего объема пор образцов грунтов. Величину удельной поверхности рассчитывали по уравнению Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ) по алгоритму, предложенному Рукеролем [2]. Типичная изотерма имеет петлю гистерезиса и относится к типу IV по классификации ИЮПАК, характерному для агрегатов, образованных пластинчатыми частицами, что типично для глинистых материалов (см. рисунок). Удельная поверхность по методу БЭТ $S_{БЭТ}$ лежит в диапазоне 28,25-37,69 м²/г; удельная поверхность микропор, определенная по модифицированному уравнению Дубинина-Радушкевича (с введенным дополнительным членом в виде уравнения Генри) составляет 4,39-5,63 м²/г.



Пример изотермы адсорбции образца грунта

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта № FSNM-2020-0024.

Литература

1. Рентгенографический полуколичественный фазовый анализ глинистых горных пород: Методические рекомендации / ПГНИУ. – Пермь, 2015.
2. J. Rouquerol, P. Llewellyn, F. Rouquerol. Is the BET equation applicable to microporous adsorbents? // Stud. Surf. Sci. Catal. – 2007. – V. 160. – P. 49-56.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. Л. Д. Асинин.

Особенности минерально-вещественного состава твердой фазы снегового покрова в районе воздействия нефтехимического предприятия (г. Томск)

С. П. Петушкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

В ходе активного развития отраслей промышленности в городах в современное время наблюдается значительное увеличение загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятий [1]. Одним из загрязнителей выступают аэрозоли, переносимые воздушными массами на значительные расстояния от источника выбросов. Для определения загрязнения используется снеговой покров – показатель состояния атмосферного воздуха в зимнее время, обладающий высокой сорбционной способностью.

В работе представлены результаты исследования атмосферных выпадений на территории и в окрестностях нефтехимического комбината в г. Томск по данным изучения снегового покрова. Точки отбора проб были расположены по векторной системе с учетом главенствующего направления ветра (юго-западное). Пробы были отобраны в 2022 году на территории предприятия, а также за его пределами на удалении до 3 км в юго-западном, северном и северо-восточном направлениях.

Элементный состав проб твердой фазы снегового покрова был изучен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в аккредитованной лаборатории ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» (г. Томск), а также методом инструментального нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории МИНОЦ «Урановая геология» НИ ТПУ. Минерально-вещественный состав проб изучен с использованием бинокулярного микроскопа на основе патента № 2229737 «Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами» [2]. Установлено содержание в пробах различных типов частиц и их происхождение (природное/антропогенное): выявлено преобладание техногенных частиц в пробах, отобранных на территории предприятия и в юго-западном удалении (60-80 % техногенных частиц). Природные частицы преобладают в пробах северного и северо-восточного вектора (до 85 %). К природным типам частиц отнесены кварц, полевые шпаты, слюда, биогенные частицы, к техногенным – алюмосиликатные микросферы, частицы сажи и шлака, кирпичная крошка, микропластик, древесные опилки.

Также в работе приводится оценка пылевой нагрузки на исследуемую территорию и её пространственное распределение. Так, на территории предприятия степень пылевого загрязнения оценивается как низкая согласно нормативной градации (до 200 мг/(м²хсут.)). В северном и северо-западном удалении степень загрязнения также низкая. По юго-западному вектору степень пылевого загрязнения средняя, а в одной из точек – высокая. Для установления источников пылевого загрязнения следует детально изучить территорию и состав атмосферных выпадений [3].

Литература

1. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Томской области в 2021 году» / Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГБУ «Облкомприрода». – Томск, 2022. – 134 с.
2. Патент 2229737 Россия, 27.05.2004 / Е. Г. Язиков, А. Ю. Шатилов, А.В. Таловская. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами // Патент России №2002127851.
3. Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк Оценка эколого-геохимического состояния территорий г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.
4. Е. Г. Язиков Минералогия техногенных образований: учебное пособие / Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л.В. Жорняк. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 160 с.

Научный руководитель – д-р геол.-минер. наук, доц. А. В. Таловская.

Анализ гранулометрического состава нерастворимого осадка снегового покрова в зоне воздействия теплоэлектростанции (на примере города Томск)

Р. Ю. Санарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

В атмосферном воздухе содержатся аэрозоли природного и антропогенного происхождения. Размеры аэрозольных частиц сильно влияют на здоровье человека. Грубодисперсные частицы (до 10 мкм) задерживаются в верхних дыхательных путях, а мелкодисперсные (менее 10 мкм) свободно проникают в нижние дыхательные пути, достигая лёгких, тем самым вызывая различные заболевания [1].

Основными антропогенными источниками твёрдых частиц в атмосфере являются промышленные объекты. В зимний период особенно выделяются теплоэлектростанции, так как сжигание угля способствует выбросам твёрдых частиц в атмосферный воздух [2]. Индикатором техногенного загрязнения атмосферного воздуха является снеговой покров, в котором оседают все продукты техногенеза в течение зимнего периода.

Целью представленной работы является выявление закономерности распределения гранулометрических фракций твёрдых частиц, осевших в снеговом покрове в зоне воздействия теплоэлектростанции на примере Томской ГРЭС-2. **Предметом исследования** является нерастворимый осадок снегового покрова.

Пробы снегового покрова отобраны в северо-восточном направлении на расстоянии от 0,73 до 2 км от ГРЭС-2 по главенствующему направлению ветра сотрудниками и студентами кафедры ГЭГХ ТПУ (в н.в. отделение геологии) по стандартным методикам. Анализ гранулометрического состава выполнялся методом лазерной дифракции на приборе фирмы Shimadzu (анализатор SALD-710) в НОЦ «Наноцентр» ТПУ.

По результатам исследований в нерастворимом осадке снегового покрова выделены следующие гранулометрические фракции: 50-300, 10-50, 2,5-10, 1-2,5 и менее 1 мкм. Для выявления степени воздействия на организм использована классификация PM_{10} , $PM_{2,5}$ и PM_1 , поскольку твёрдые частицы меньше 2,5 и 1 мкм представляют наибольшую опасность для дыхательных путей человека [1].

Установлено, что по мере удаления от изучаемого объекта долевое содержание мелкодисперсных частиц увеличивается в 2-6 раз относительно доли грубодисперсных частиц (таблица). Анализ среднего размера частиц подтверждает выявленную закономерность по распределению изученных гранулометрических фракций в пробах. Содержание частиц с размерностью 50-300 мкм уменьшается в 4 раза на расстоянии от 0,73 до 2 км. Доля фракции 10-50 мкм существенно не изменяется по мере удаления и находится на уровне около 40 %. В дальней зоне (1,3-2 км) доля $PM_{2,5}$ и PM_1 в 2-2,5 раза превышает долю этих же частиц в ближней зоне (0,73-1 км). Максимальная доля фракций 2,5-10 и 1-2,5 мкм и PM_{10} наблюдается на расстоянии 1-1,3 км.

Таблица. Средние размеры частиц в нерастворимом осадке снегового покрова по мере удаления от Томской ГРЭС-2

Фракция, мкм	Расстояние от ГРЭС-2, км					
	0,73	1	1,3	1,6	2	
50-300	22	10	2	13	7	
10-50	54	48	49	46	49	
PM_{10}	24	42	48	41	44	
$PM_{2,5}$	7	18	24	25	31	
PM_1	5	14	19	23	30	
Средний размер	32	21	15	22	18	

Все точки отбора расположены в зоне переноса выбросов ГРЭС-2, где находится жилая застройка. На расстоянии до 1 км расположены средне этажные жилые здания, а на расстоянии выше 1 км встречаются кварталы со смешанной застройкой (средне и высокоэтажной). Высота зданий влияет на микроциркуляцию атмосферного воздуха в городе. Пункт отбора проб на расстоянии 2 км находится в пониженном рельефе (долина реки Ушайка), где так же расположен частный сектор, который может являться дополнительным локальным источником мелких частиц.

Таким образом, выявлена закономерность увеличения от 2 до 6 раз доли мелкодисперсных фракций (PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_{10}) опасных для здоровья человека по мере удаления от Томской ГРЭС-2 на расстоянии от 0,73 до 2 км, что связано высотой жилых зданий и формой рельефа.

Литература

1. Pope C. A., Dockery D. W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2006, Vol. 56 (6). – P. 709–742.
2. Таловская, Анна Валерьевна. Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого осадка снегового покрова) : автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук : спец. 1.6.21 / А. В. Таловская; Национальный исследовательский Томский политехнический университет 2022; науч. рук. Е. Г. Язиков. — Томск: [Б. и.], 2022. — 46 с.: ил.

Научный руководитель – д-р геол.-минер. наук, доц. А. В. Таловская.

Геоэкологическая оценка состояния территории в районе расположения литейно-машиностроительного завода в г. Караганде (республика Казахстан) по данным изучения снегового покрова

И. А. Сапрунова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Предприятия машиностроительной отрасли представляют собой мощные источники загрязняющих веществ, которые вносят свой вклад в формирование загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий. Для определения вклада промышленных предприятий в аэрозольное загрязнение атмосферного воздуха информативным объектом изучения является снеговой покров, который также позволяет выявить техногенные геохимические аномалии в зимнее время года [1-2].

Целью данной работы является изучение минералого-геохимических особенностей твердого осадка снега для оценки геоэкологического состояния территории в зоне воздействия литейно-машиностроительного завода. Отбор проб снегового покрова осуществлялся зимой 2022 года на территории, прилегающей к литейно-машиностроительному заводу в г. Караганде. В лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» изучен вещественный состав твердого осадка снега на бинокулярном стереоскопическом микроскопе Leica EZ4D согласно запатентованной методике сотрудников ОГ ТПУ (пат. № 2229737), а также определены концентрации ртути на анализаторе ртути RA 915+ с приставкой Пиро -915+. Элементный состав проб определен инструментальным нейтронно-активационным анализом в ядерно-геохимической лаборатории ТПУ на базе учебно-научного центра «Исследовательский ядерный реактор».

По результатам исследований выявлено неравномерное распределение пылевой нагрузки по мере удаления от изучаемого завода, уровень которой изменяется от 7,7 до 31,7 мг/(м²хсут.), что соответствует низкой степени загрязнения, согласно общепринятой градации [1–2]. Средние значения пылевой нагрузки не превышают фон для Караганды (по данным Т.Е. Адильбаевой [3]), но превышают фон для юга Западной Сибири (7 мг/(м²хсут.) по данным А.Ю. Шатилова) до 5 раз. Максимальная пылевая нагрузка наблюдается в пределах до 0,5 км от предприятия. При этом пылевая нагрузка снижается по мере удаления от границ завода на расстоянии до 1,5 км.

По результатам изучения проб на бинокулярном микроскопе определено, что в пробах доля (60-70 %) техногенных образований (сферулы, шлаки, угольные частицы, волокна) преобладает над долей (30-40 %) природных частиц (кварц, карбонаты, алюмосиликатные, железистые частицы, слюды, растительность), вносящие свой вклад в формирование пылевой нагрузки в районе исследования.

При анализе концентраций химических элементов выявлено, что коэффициенты концентрации изучаемого спектра элементов превышают фон для юга Западной Сибири (данные Язикова Е.Г. и Шатилова А.Ю. [4]) от 1,5 до 16 раз (см. таблицу).

Содержание химических элементов (С, мг/кг) в твердом осадке снега и коэффициент концентрации (Кс)

Эл.	Na, %	Ca, %	Fe, %	Hg	As	Zn	Sb	Co	Cr	Ba	Sr	Sc	Br	Rb
С	0,4	8,1	1,5	193,3	11,2	283,0	3,2	14,5	52,1	1126,1	382,8	13,5	10,1	28,3
Кс	2,0	10,2	0,8	2,4	0,6	2,7	1,4	1,1	0,5	11,3	3,4	1,9	3,5	0,5
Эл.	Cs	La	Hf	Au	Ce	Nd	Ta	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Th	U
С	1,8	28,4	4,1	0,06	41,7	27,5	0,5	6,1	1,3	0,9	3,2	0,4	5,2	1,8
Кс	0,5	7,1	1,8	0,3	4,0	1,8	1,5	10,1	1,0	15,0	15,8	2,2	1,8	9,2

Геохимический ряд для элементов, коэффициенты концентрации которых больше 1,0 выстроен следующим образом: Yb>Tb>Ba>Ca>Sm>U>La>Ce>Br>Sr>Zn>Hg>Lu>Hf>Nd>Sc>Th. Суммарный показатель загрязнения (СПЗ) в среднем составляет 89, что соответствует среднему уровню загрязнения и умеренно опасной для здоровья человека экологической ситуации согласно нормативной градации [1–2].

По результатам работы проведена геоэкологическая оценка состояния территории в районе расположения литейно-машиностроительного завода в г. Караганда (Республика Казахстан) по данным изучения снегового покрова.

Литература

1. Касимов Н.С., Кошелева Н.В., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского ун-та. Сер. 5: «География». – 2012. – № 4. – С. 14 – 24.
2. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Изд-во «Недра», 1990. – 335 с.
3. Адильбаева Т.Е., Таловская А.В., Язиков Е.Г. Оценка аэротехногенного загрязнения в окрестностях теплоэлектростанции (ТЭЦ-3) г. Караганды по данным снеговой съемки (Республика Казахстан) // Новости национальной академии науки Республики Казахстан. – 2017. – №.4. – С. 237-247.
4. Язиков, Е. Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.

Научный руководитель – д-р геол.-минер. наук, доц. А. В. Таловская.

Изучение золошлаковых материалов Ново-Кемеровской ТЭЦ с целью выбора оптимального способа их утилизации

Ю. В. Пасечников

*Томский политехнический университет
НОЦ Н. М. Кижнера*

Ново-Кемеровская ТЭЦ – самая крупная по установленной электрической мощности в Кемерове станция. После проведения на электростанции в 2011-2012 г. реконструкции котловых агрегатов по переводу с угля марки «СС» («слабоспекающийся») на уголь марки «Д» («длиннопламенный») увеличилась длина факела, а температура внутри факела стала достигать 1800 °С и более, что отразилось не только на производительности котлов по основному продукту (теплу), но и оказало определённое влияние на характеристики побочных продуктов сжигания угля – золошлаковых материалов (ЗШМ).

В частности, шлак стал характеризоваться стабильностью и большей однородностью химического и минералогического составов, практически полной остеклованностью, а также отсутствием в шлаковом расплаве непрореагировавших частиц как исходного топлива, так и продуктов его термического разложения. Несмотря на это качественное улучшение, шлак продолжают использовать исключительно в составе ЗШМ лишь в качестве техногенного грунта в дорожном строительстве и при рекультивации земель.

Опираясь на информацию аналитического обзора Е. А. Пичугина [1], а также результаты работ группы авторов под руководством О. В. Афанасьевой [2], а также учитывая индивидуальные особенности материала, авторами данной работы предлагаются следующие способы утилизации шлака Ново-Кемеровской ТЭЦ:

- в качестве компонента для производства пористых заполнителей таких как аглопоритовый гравий, глинозольный керамзит, обжиговый и безобжиговый гравий;
- при производстве пеностеклокристаллических материалов, получаемых по способу низкотемпературного синтеза стеклогранулята;
- для выпуска тепло- и гидроизоляционных материалов, термоизоляционных плит, минеральной ваты и гидрофобных порошков;
- в качестве исходного сырья при синтезе жидкостекольных композиций, а также материалов на их основе.

В настоящее время в РФ утилизируется не более 10 % от общего объема накопленных ЗШМ. Высокие экономические затраты на содержание и строительство новых золошлаковых отвалов, а также их отрицательное воздействие на окружающую природную среду, требуют вовлечения в хозяйственный оборот оставшихся 90 % объёма производства ЗШМ, причём делать это необходимо наиболее рациональным способом с получением экологической и экономически выгодной продукции на их основе.

Литература

1. Пичугин Е.А. Аналитический обзор накопленного в РФ опыта вовлечения в хозяйственный оборот ЗШО теплоэлектростанций // Энергетика и рациональное природопользование. – 2019. – № 4. – С. 77-87
2. О.В. Афанасьева, Г.Р. Мингалеева, А.Д. Добронравов, Э.В. Шамсутдинов. Комплексное использование золошлаковых отходов // Проблемы энергетики, 2015, № 7-8.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. В. В. Тихонов.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАТАЛИЗ И АДСОРБЦИЯ

Экологическая фотохимия комплекса $Fe - EDDS$: эффективность фотолиза и генерации $\bullet OH$ радикала для процессов глубокого окисления

Ю. А. Беликов

*Новосибирский государственный университет
Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, Новосибирск*

Исследование процессов глубокого окисления (advanced oxidation processes, AOPs), основанных на генерации разного рода радикальных частиц, является перспективным направлением для разработки методов очистки сточных и природных вод в экологической химии. Известным примером AOPs является каталитический распад перекиси водорода в присутствии ионов Fe^{2+} , получивший название реакции Фентона. Отличительной чертой системы является генерация активных форм кислорода, в том числе гидроксильного радикала $\bullet OH$, способного к неселективному окислению большинства органических загрязнителей, в том числе химически и биохимически устойчивых.

Для устранения существующих недостатков данной системы, разрабатываются различные Фентон-подобные системы, в том числе системы фото-Фентона. В данном случае, генерация необходимых Fe^{2+} и перекиси водорода происходит при облучении стабильных органических комплексов Fe^{3+} в процессе фотоиндуцированного переноса электрона с лиганда на металл и окисления образующихся органических радикалов растворенным кислородом. Использование органических комплексов Fe^{3+} решает проблемы со стабильностью системы в среде в широком диапазоне pH, свойственном загрязненным и природным водам.

В настоящее время широко исследуется применение комплексов железа с многоосновными органическими карбоновыми кислотами. Такие комплексы показывают высокие квантовые выходы фотолиза наряду с высокой эффективностью генерации активных форм кислорода, основной интерес из которых представляет гидроксильный радикал.

В качестве лигандов в таких комплексах исследуются как относительно простые кислоты (щавелевая, винная, лимонная и т.д.), так и более сложные, например, этилендиаминдисуциновая кислота (EDDS). Она, являясь структурным изомером этилендиаминтетрауксусной кислоты (EDTA), является биоразлагаемой в окружающей среде, что позволяет использовать её в экологических целях. Однако, для практического применения системы $Fe^{3+} - EDDS$ недостаточно литературных данных о механизме фотолиза и абсолютной эффективности генерации радикальных частиц.

В данной работе с применением методов стационарного и лазерного импульсного фотолиза в комбинации со спектрофотометрическими и хроматографическими методами были получены следующие результаты:

1. Впервые зафиксировано поглощение первичного интермедиата, радикального комплекса $[Fe^{2+} \dots EDDS \bullet]^-$ ($\lambda_{\text{макс}} = 520$ нм), возникающего в процессе внутрисферного переноса электрона с лиганда на ион железа и определено его время жизни (1.8 мс).

2. Показано, что квантовый выход фотолиза комплекса стабилен в широком диапазоне начальных концентраций Fe^{3+} и лиганда, но зависит от присутствия кислорода в растворе. Также обнаружена зависимость квантового выхода от pH, которая, в свою очередь, определяется наличием в растворе кислорода. Квантовый выход в оптимальных условиях достигает значения ~ 0.8 при нейтральных pH.

3. Показано, что квантовый выход OH радикала при фотолизе комплекса постоянен в широком диапазоне начальных концентраций Fe^{3+} и лиганда, но зависит от кислотности среды. Квантовый выход достигает величины ~ 0.15 в оптимальных условиях при нейтральных pH раствора. Высокий квантовый выход комплекса позволяет рассматривать его дальнейшее практическое применение в AOPs.

Полученные данные важны для понимания фундаментальной и экологической фотохимии координационных соединений железа с полидентантными карбоновыми кислотами и могут послужить основой использования комплекса $FeEDDS$ в экологических целях для очистки сточных и природных вод без опасности вторичного загрязнения.

Научный руководитель – канд. хим. наук И. П. Поздняков.

Разработка безрастворного метода синтеза катализаторов метанирования CO₂

К. А. Дмитрук, О. И. Мазина

Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Ежегодное увеличение концентрации углекислого газа (CO₂) в атмосфере способствует изменению климата на планете, поэтому остро стоит проблема его утилизации. Одним из перспективных способов переработки углекислого газа является его метанирование, которое позволяет получить синтетический природный газ при взаимодействии CO₂ с водородом. Согласно термодинамическим расчетам, эта реакция энергетически выгодна и протекает с высокой селективностью по метану при температурах ниже 350 °С [1]. Однако в этом температурном диапазоне метанирование CO₂ не осуществляется без катализатора. Наибольшую активность в этом процессе проявляют металлы платиновой группы (Pt, Rh, Ru), но в промышленности используют дешёвые никелевые катализаторы [2].

Традиционные методы синтеза никелевых катализаторов метанирования CO₂ включают в себя два основных этапа – получение оксидной фазы никеля и её последующее высокотемпературное восстановление в токе чистого H₂. Объединить эти два этапа можно при реализации самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режиме твёрдофазного горения (solid-state combustion – SSC) органометаллических соединений никеля. В результате получается смесь оксидной и металлической фаз никеля. Было отмечено, что их соотношение зависит от природы органического лиганда, но в литературе отсутствуют публикации о влиянии аниона комплексного соединения на состав твёрдого продукта, полученного SSC.

В нашей работе было предложено изучить образование активной фазы катализаторов гидрирования CO₂ из имидазольных комплексов никеля Ni(C₃H₄N₂)₆(NO₃)₂ и Ni(C₃H₄N₂)₆(ClO₄)₂ в режиме SSC. Особенной чертой наших исследований является использование органометаллических соединений, полученных при добавлении солей никеля в расплав имидазола, т.е. без использования растворителя, что соответствует современной концепции развития химической промышленности. Их состав и структура подтверждены элементным анализом, ИК НПВО спектроскопией и РФА.

Были изучены термохимические свойства полученных комплексов в условиях медленного (5 °С/мин) и быстрого нагрева (>100 °С/с), которые вносят существенный вклад в формирование никельсодержащей фазы в волне горения. Были установлены стадии термического распада комплексов и определены кинетические параметры их газификации. При этом было выявлено, что Ni(C₃H₄N₂)₆(ClO₄)₂ комплекс более термостабилен за счет прочного связывания имидазола с катионом металла и термической устойчивости перхлорат-аниона. Это стало одной из причин меньшей степени его газификации в условиях SSC, поскольку образующийся твёрдый продукт содержит значительное количество примесей углерода, хлора и азота, по данным ИК НПВО спектроскопии и РФЭС. Существенно меньше примесей в продукте газификации [Ni(C₃H₄N₂)₆(NO₃)₂. Его основными компонентами являются оксид никеля (80 мас %) и восстановленный металл (20 мас %). В случае Ni(C₃H₄N₂)₆(ClO₄)₂ образуется только 15 мас % металлического никеля. Следует отметить, что частицы продуктов горения комплексов покрыты слоем аморфных гидроксида и/или карбоната никеля. Этот слой значительный для образца, полученного из [Ni(C₃H₄N₂)₆(ClO₄)₂, что, по-видимому, и стало причиной меньшей степени восстановления никеля (Ni⁰/Ni²⁺=0,2) при его активации в реакционной среде (H₂:CO₂:Ar = 16:4:80) даже при 450 °С. Было продемонстрировано, что формирование фазы металлического никеля (Ni⁰/Ni²⁺=0,65) из образца, полученного горением [Ni(C₃H₄N₂)₆(NO₃)₂, наблюдается уже при 250 °С в присутствии CO₂ и с ростом температуры повышается его каталитическая активность в метанировании CO₂. Таким образом, в качестве предшественника активной фазы катализатора для данного процесса более предпочтительно использовать [Ni(C₃H₄N₂)₆(NO₃)₂. Этот комплекс был смешан с оксидом алюминия (γ-Al₂O₃) и в режиме SSC был получен никель-алюминиевый катализатор, который начинает катализировать взаимодействие CO₂ и водорода уже при температуре 150 °С, а при 350 °С превращение CO₂ в метан составляет 69 %, что почти в 3 раза выше по сравнению с коммерческим катализатором НИАП-07-01, содержащим в 1,5 раза больше никеля [3].

В результате выполненных исследований был предложен новый безрастворный метод синтеза никелевых катализаторов для метанирования CO₂ с использованием нитрат-имидазольного комплекса никеля в качестве предшественников каталитически активной фазы.

Литература

1. Gao J. et al. A thermodynamic analysis of methanation reactions of carbon oxides for the production of synthetic natural gas // RSC Adv. 2012. V. 2, № 6. P. 2358.
2. Fan W.K., Tahir M. Recent trends in developments of active metals and heterogenous materials for catalytic CO₂ hydrogenation to renewable methane: A review // J. Environ. Chem. Eng. 2021. V. 9, № 4. P. 105460.
3. Netskina O., Mucha S., Veselovskaya J., Bolotov V., Komova O., Ishchenko A., Bulavchenko O., Prosvirin I., Pochtar A., Rogov V. CO₂ Methanation: Nickel–Alumina Catalyst Prepared by Solid-State Combustion // Materials. 2021. V.14. N22. 6789:1-22.

Научный руководитель – канд. хим. наук О. В. Нецкина.

Разработка композиционного материала на основе Al_2O_3 для использования в установках по сжиганию отходов

А. П. Люлюкин

Новосибирский государственный университет

Постоянный рост энергопотребления в условиях увеличения цен на все виды традиционных топливных ресурсов делает привлекательным вовлечение ранее не использовавшихся низкосортных топлив, включая техногенные органические отходы в топливно-энергетический баланс. Ключевым фактором использования низкосортных топлив является необходимость обеспечения экологической безопасности процесса.

При слоевом или факельном сжигании топлив (температура процесса 1200-1600 °С) заметным недостатком технологий является значительное загрязнение атмосферы вредными выбросами (NO_x , SO_x , CO, бензпирены), существенно превышающими санитарные нормы. Использование технологии сжигания в кипящем слое инертного материала позволяет снизить температуру ведения процесса до 800-1000 °С, однако уровень загрязнения атмосферы вредными веществами остается высоким [1].

В Институте катализа СО РАН разработана нетрадиционная технология сжигания различных топлив и отходов в кипящем слое катализатора [2]. Данная технология позволяет в значительной мере ликвидировать недостатки традиционных способов сжигания. Технология основана на использовании кипящего слоя частиц катализатора с совмещением тепловыделения и теплоотвода в едином псевдоожиженном слое при соотношении воздуха и топлива, близком к стехиометрическому [3].

Одним из недостатков данного способа является значительное истирание и унос дорогостоящего катализатора в процессе его эксплуатации в кипящем слое. Для уменьшения потерь и увеличения экономической привлекательности технологии необходимо создание упрочненных носителей или катализаторов.

Таким образом, цель работы – разработка упрочненного носителя на основе $\gamma-Al_2O_3$, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к материалам, используемым в процессах с кипящим слоем, путём введения в его состав оксида магния.

В работе показаны результаты синтеза и исследования упрочненных носителей, полученных при варьировании предшественника, содержащего магний и условий приготовления материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 17-73-30032).

Литература

1. Simonov A.D., Fedorov I.A., Dubinin Y.V., Yazikov N.A., Yakovlev V.A., Parmon V.N. Catalytic thermal systems for industrial heating Catalytic Heat-Generating Units for Industrial Heating. Catalysis in Industry 2013. Vol. 5, P. 42-49.
2. Патент 826798 СССР. Борецков Г.К., Левицкий Э.А. Способ сжигания топлив. Оpubл. 30.05.1983. [Patent 826798 USSR. Boreckov G.K., Levitskij E.A. Method of fuels combustion. Publ. Date 30.05.1983 (In Russ.)]
3. Boreckov G.K. Heterogeneous Catalysis: Nova Biomedical, 2004. 236 p.

Научный руководитель – канд. хим. наук Ю. В. Дубинин.

Применение смешанного оксида AgMnO_2 для низкотемпературного каталитического окисления CO

В. М. Метальникова

Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Важным аспектом защиты окружающей среды является нейтрализация компонентов выхлопных газов автомобилей, производств и бытовых источников. Одним из эффективных подходов для нейтрализации загрязняющих веществ является применение катализаторов, в том числе, реализация процессов каталитического окисления выбросов, содержащих CO , сажу, углеводороды, аммиак и др. Существующие каталитические системы содержат дорогостоящие благородные металлы, что обуславливает необходимость поиска альтернативных систем. Перспективными объектами являются двойные оксиды на основе недорогих переходных металлов. Серебросодержащие двойные оксиды со слоистой структурой (креднерит/делафоссит) проявляют значительную активность в промышленно- и экологически-важных каталитических процессах: как в реакциях парциального окисления углеводородов в ценные продукты, так и в реакциях полного окисления, в том числе, низкотемпературного окисления CO [1]. Важным свойством структуры двойных оксидов является присутствие дефектов упаковки и наличие катионных вакансий, которые во многом определяют высокую активность двойных оксидов в реакциях каталитического окисления, в том числе, проводимых в условиях низких температур [2].

Представленная работа посвящена приготовлению двойного оксида AgMnO_2 со структурой креднерита и исследованию его каталитических свойств в реакции низкотемпературного окисления CO . Физико-химические и каталитические свойства оксида AgMnO_2 практически не описаны в научной литературе, в связи с чем установление особенностей структуры AgMnO_2 и каталитических свойств в реакции окисления CO является актуальной задачей работы.

Приготовление оксида велось методом гидротермального синтеза. Условия приготовления были оптимизированы для повышения каталитической активности AgMnO_2 в реакции окисления CO . Для изучения эволюции состава и состояния поверхности катализаторов в результате работы в реакционной среде (CO , O_2 или $\text{CO}+\text{O}_2$) привлекался метод *ex situ* рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Структурные особенности и фазовые превращения изучали с помощью метода рентгенографии.

Установлено, что уменьшение количества окислителя ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), используемого в синтезе AgMnO_2 , приводит к аморфизации целевого продукта, тогда как последующая его прокалка при 450°C обеспечивает кристаллизацию чистой фазы креднерита. Определены каталитические свойства для серии образцов Ag_xMnO_2 с различным содержанием серебра ($x = 1.0 - 0.85$) и установлено, что уменьшение количества серебра в синтезе на 15 % от стехиометрического приводит к повышению каталитической активности итоговых образцов. Установлено влияние остаточных ионов Na^+ и K^+ на итоговые каталитические свойства двойных оксидов. Наиболее активные образцы AgMnO_2 были получены при использовании комбинации реактивов KOH и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, в то время как синтез в присутствии $\text{NaOH}/\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ приводил к загрязнению поверхности AgMnO_2 натрием. Было показано, что остаточный натрий на поверхности приводит к снижению низкотемпературной каталитической активности. Синтез с использованием реактивов $\text{KOH}/\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ привел к заметному повышению каталитической активности AgMnO_2 , проявляемой при температурах близких к 0°C . Однако использование в ходе синтеза только безнатриевых реактивов (KOH и $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) приводило к получению катализаторов, уступающих по активности образцам, полученных в присутствии $\text{KOH}/\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$. Установленные закономерности указывают на взаимосвязь между распределением ионов Na^+ и K^+ на поверхности и в слоистой структуре двойного оксида и его итовыми каталитическими свойствами в реакции низкотемпературного окисления CO .

Основываясь на данных, полученных в ходе экспериментов *ex situ* РФЭС и *in situ* рентгенографии, были сделаны предположения о структуре и составе активной поверхности слоистого оксида AgMnO_2 в реакционных условиях $\text{CO}+\text{O}_2$. В частности, обнаружены признаки сохранения или минимального изменения исходной структуры поверхности креднерита, с возможностью обратимых переходов между оксидом AgMnO_2 и композитом $\text{Ag}^0/\text{Ag}_{1-x}\text{MnO}_2$, формируемым при $T > 100^\circ\text{C}$. Предполагается, что исходная дефектная поверхность креднерита AgMnO_2 определяет его высокую каталитическую активность в реакции низкотемпературного окисления CO .

Работа поддержана Российским научным фондом (грант № 21-73-00183).

Литература

1. D.A. Svintsitskiy, N.A. Sokovikov, E. M. Slavinskaya, E. A. Fedorova, A. I. Boronin. Delafossite $\text{Ag}_2\text{CuMnO}_4$ is a Novel Catalytic Material for Low-Temperature Oxidation of CO and NH_3 // *ChemCatChem* – 2022. – Vol. 14. – № 3. – e202101697:1-8.
2. Д.А. Свинцицкий, В.М. Метальникова, С.В. Черепанова, А.И. Боронин. Структурные особенности и каталитические свойства двойного оксида AgFeO_2 в реакции окисления CO // *Журнал структурной химии* – 2022. – Том 63. – № 9. – стр. 98501.

Научный руководитель – канд. хим. наук Д. А. Свинцицкий.

Исследование углеродных материалов в процессе емкостной деионизации

М. Д. Приданников

*Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. К. Г. Борескова СО РАН, Новосибирск*

Дефицит пресной воды в наши дни остро ощущается во многих регионах мира. Вода необходима для поддержания жизни, бытовых нужд и для применения в сельском хозяйстве и промышленности. Однако, используемые в настоящее время промышленные методы очистки воды энергозатратны и имеют ряд существенных недостатков. Технология ёмкостной деионизации (ЕД), характеризующаяся экологичностью, высокой экономичностью и энергоэффективностью, является перспективной и бурно развивающейся областью очистки воды. Обессоливание раствора происходит за счет электроадсорбции катионов и анионов на электродах при приложении разности потенциалов. В качестве электродов широко используются активированные углеродные материалы (УМ) с высокой удельной поверхностью. Основной проблемой является низкая электросорбционная емкость УМ, что требует высокие загрузки материалов. Отсюда одним из основных требований к таким материалам является их низкая стоимость. Анализ литературы показал, что при масштабировании процесса до промышленного масштаба перспективными материалами являются активированные углеродные сажи, полученные из различных источников, в том числе из растительных остатков, отличающиеся от других материалов низкой стоимостью и широкой доступностью. Целью данной работы является исследование серии зарубежных и отечественных УМ в процессах ЕД для получения деионизованной воды и обессоливания пресных вод и выявление оптимальных характеристик таких материалов, обеспечивающих максимальную эффективность в исследуемых процессах.

В качестве УМ изучены широкодоступные отечественные активированные угли, полученные из различных источников: из березы (БАУ-А); из минерального сырья (АГ-3); из кокоса (АКУ). Кроме того, исследованы зарубежные угли Norit RST-3, Ketjen Black DJ 600. В работе также исследован разработанный в Институте катализа СО РАН активированный углеродный материал, полученный путем карбонизации рисовой шелухи (С1260). Исследованы адсорбционные емкости углеродных материалов, их эффективность по заряду и степень обессоливания в процессе ЕД дистиллированной воды и 10 мМ раствора NaCl. Для детального исследования механизма процесса проводили измерение значения рН раствора и потенциала рабочего электрода относительно стандартного хлорсеребряного электрода в процессах адсорбции-десорбции в 10 мМ растворе NaCl. Электрохимическая емкость электродов определялась как до, так и после проведения экспериментов.

Показано, что наиболее перспективным является образец С1260, полученный из рисовой шелухи, который показал при напряжении 1 В высокие значения удельной емкости (9.8 мгNaCl/гС) и степень обессоливания 21 % раствора NaCl, что находится на уровне литературных данных. Измерение значения рН показало, что данная величина в процессе электросорбции обратимо падает с 7 до 5, а затем снова восстанавливается до исходного значения. Такое поведение отличается от других образцов, где величина рН в процессе электросорбции возрастает до 8,3-9,6 и затем обратимо падает до исходного значения 7,3-7,8. Анализ методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии показал большое содержание оксида кремния в материале С1260. Предложено, что оксид кремния может являться дополнительным центром для электросорбции ионов, что приводит к высокой удельной емкости. В работе проведен анализ удельной адсорбционной емкости и эффективности по заряду для разных материалов, исследована их связь с физико-химическими и электрохимическими свойствами.

Научный руководитель – канд. хим. наук Е. Н. Грибов.

Разработка пектиновой пленки с повышенной сорбционной способностью для пищевых продуктов

Е. Е. Рогова, Д. И. Болдинов

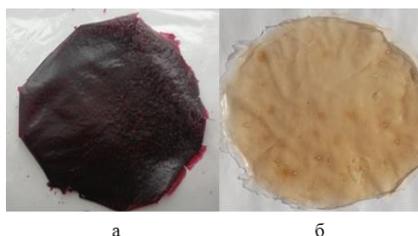
Бийский технологический институт (филиал)
Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова

На сегодняшний день актуальной задачей является разработка новых биоразлагаемых пленочных материалов в связи с повышением количества отходов в виде полиэтиленовых пакетов и др. вида упаковки. В пищевой промышленности особое внимание уделяется получению упаковочных материалов на основе новых веществ, которые являются нетоксичными, легко утилизируются без вреда для окружающей среды. Особое внимание уделяется не только биоразлагаемым пленкам, но и съедобным полимерным композициям.

Пектин – природный биополимер, который является хорошим комплексообразователем, связывает тяжелые металлы и выводит их из организма человека. На основе низкометоксилированных пектиновых веществ получают пленкообразующие составы. Так, в работе [1] предложена методика получения пленок на основе пектина и доказана их антибактериальная активность по отношению к бактериям *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Авторы работы [2] утверждают, что защитный пленочный состав, полученный из пектина, позволяет увеличить срок хранения овощей. Также пектиновые пленки имеют потенциал использования в технологии мясopодуlков – пленкообразующий состав из пектина способствует уменьшению усушки мяса. В работе [3] были получены колбасные изделия, покрытые съедобной защитной оболочкой из пектиновых веществ.

На основании литературного обзора были приготовлены образцы пленок из яблочного коммерческого пектина и пектина, полученного из выжимок аронии черноплодной (лат. *Arónia melanocárpa*), следующим образом: 3 г пектина растворяли в 100 мл дистиллированной воды; после получения однородного раствора, добавляли к нему 1 мл глицерина и перемешивали. После этого раствор распределяли слоем толщиной 1 см и высушивали на воздухе при температуре 25 °С. Внешний вид экспериментальных образцов пленок показан на рисунке.



Внешний вид экспериментальных образцов пектиновых пленок: *a* – образец пленки из пектина аронии черноплодной; *b* – образец пленки из коммерческого яблочного пектина

Полученные пленки однородные, гладкие, пластичные, легко сворачиваются в рулон. Пектиновая пленка из выжимок аронии черноплодной имеет приятный фруктовый запах и винно-красный цвет, обусловленный наличием антоциановых пигментов.

Таким образом, показана возможность создания биodeградируемых упаковочных материалов на основе функционального пищевого ингредиента – пектина, полученного как из традиционного яблочного пектина, так и из вторичного плодово-ягодного сырья.

При исследовании результатом являются гибкие однородные пленки, которые могут обладать барьерными свойствами, способны дольше сохранять органолептические и физико-химические свойства пищевых продуктов.

Литература

1. Ашинова, А.А. Разработка пектиносодержащих пленочных структур пищевого и лечебного назначения: специальность 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ашинова Анжелика Александровна; ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет». – Майкоп, 2019. – 151 с.
2. Хатко, З.Н. Использование пленочных материалов для хранения пищевых продуктов / З.Н. Хатко, А.А. Ашинова // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) (Махачкала, 23-24 октября 2019 г.). – Махачкала, 2019. – С. 53-55.
3. Хатко, З.Н. Колбасные изделия функционального назначения и съедобное защитное покрытие для них / З.Н. Хатко, А.А. Ашинова, Л.Э. Григорян // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам II научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Краснодар, 20 марта 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 96-98.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. Е. В. Аверьянова.

Гидролиз-дегидратация шелухи овса и ее компонентов в 5-гидроксиметилфурфурол и фурфурол в присутствии твердых и растворимых каталитических систем

К. С. Черепанова, Т. Б. Медведева, А. В. Жужгов, Н. В. Громов, В. Н. Пармон

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Каталитическая переработка возобновляемого сырья представляется перспективным направлением исследований для решения проблем «ископаемых» ресурсов, в т.ч. проблемы углеродного следа. В процессе превращения полисахаридного сырья можно получить «молекулы-платформы», среди которых выделяют 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ) и фурфурол (ФФ). 5-ГМФ и ФФ относят к соединениям зеленой химии. Фурановые производные получают в процессе каталитического превращения моно- и полисахаридов путем их дегидратации или гидролиза-дегидратации. В данной работе в качестве источником полисахаридного сырья предлагается использовать шелуху овса (ШО), которая является отходом сельского хозяйства. Применение такого сырья не создает конфликта между пищевыми и непищевыми направлениями использования земельных ресурсов.

Целью данной работы является исследование возможности каталитического получения 5-гидроксиметилфурфурола и фурфурола из шелухи овсяной культуры, а также ее основных компонентов, с использованием твердых и растворимых каталитических систем.

В ходе выполнения работы использовались 1) растворимые катализаторы, такие как H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCl , HCOOH , CH_3COOH , FePO_4 , 2) твердые катализаторы: образцы ZrO_2 (образцы ZrO_2 -СВЧ-(1-5)), приготовленные путем СВЧ-обработки цирконил нитрата; углеродный катализатор S-4-Ох-450, полученный путем окисления влажной воздушной смесью Сибунита-4 ($T = 450\text{ }^\circ\text{C}$, $t = 4\text{ ч}$); фосфат железа (III). Катализаторы исследованы набором физико-химических методов (адсорбция N_2 , РФА, рН суспензии, ПЭМ). Так, площадь удельной поверхности образцов катализаторов находится в диапазоне 18-180 $\text{m}^2/\text{г}$. Образцы ZrO_2 -СВЧ содержат кристаллическую структуру, представленную моноклинной и тетрагональной фазами. Однако, образец ZrO_2 -СВЧ-5 является рентгеноаморфным. Значения рН суспензии образцов находится в диапазоне 2,2-6,6.

В качестве субстратов были использованы микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ), целлюлоза, выделенная из ШО, а также варочный раствор (ВР), полученный путем делигнификации ШО. В работе был определен состав ШО по методике, описанной [1]. Так, влажность ШО составила 5,5 %. Содержание основных компонентов в расчете на сухую массу шелухи было следующим: гемицеллюлозы – 34 %, целлюлоза – 44 %, лигнин – 22 %, зольность – 6 % и экстрактивные вещества – 0,8 %. В составе гемицеллюлоз присутствуют полимеры преимущественно ксилозы (ксилан) с примесями арабинозы, глюкозы, галактозы. Для разделения ШО на компоненты (выделения целлюлозы и ВР) была проведена окислительная пероксидная делигнификация субстрата [2]. В ходе работы выявлены оптимальные условия окислительной делигнификации ($T = 100\text{ }^\circ\text{C}$, гидромодуль – 1/26, $[\text{H}_2\text{O}_2]$ – 6 мас. %, $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ – 25 мас. %, механическая активация – 30 мин). Предобработка ШО в оптимальных условиях позволила выделить целлюлозу с остаточным содержанием лигнина 2 мас. %.

На первом этапе работе твердые и растворимые каталитические системы были испытаны в процессе гидролиза-дегидратации МКЦ. Наибольшую каталитическую активность продемонстрировал ZrO_2 -СВЧ-5, в присутствии которого выход 5-ГМФ составил 13 мас. %.

На втором этапе работы катализатор ZrO_2 -СВЧ-5 был испытан в процессе превращения целлюлозы, выделенной из ШО, ШО и ВР. В оптимальных условиях (суб/кат = 16/1, $T = 190\text{ }^\circ\text{C}$) в присутствии катализатора ZrO_2 -СВЧ-5 из ШО удалось получить глюкозу, ФФ и 5-ГМФ с выходами 22, 11 и 5 мас. % соответственно. Выход 5-ГМФ составил 7 мас. % в гидролизе-дегидратации целлюлозы, выделенной из ШО, а выход ФФ из ВР достигал 18 мас. %.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФН (№ 22-23-01012).

Литература

1. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. / Оболенская А., Ельницкая З., Леонович А. – Москва: Экология, 1991.
2. I.G. Sudakova, N.V. Garyntseva, A.I. Chudina, B.N. Kuznetsov. Experimental and Mathematical Optimization of the Peroxide Delignification of Larch Wood in the Presence of MnSO_4 Catalyst// Catalysis in Industry. – 2020. – Т. 12. – № 3. – стр. 265-272.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. Н. В. Громов.

Получение муравьиной кислоты в одностадийном One-Pot процессе гидролиза-окисления растительного сырья в присутствии солей Мо-V-P гетерополикислот

И. А. Черенков, Т. Б. Медведева, И. А. Лукоянов,
В. Н. Панченко, Н. В. Громов, М. Н. Тимофеева, В. Н. Пармон

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Переработка лигноцеллюлозной биомассы в ценные химические соединения является актуальным и перспективным направлением исследований. Переход от ископаемого сырья к альтернативному растительному обусловлено возобновляемостью биомассы (ежегодный прирост более 200 млн т), а также постепенным истощением углеводородных источников. Кроме того, растительная биомасса до 80 мас. % состоит из полисахаридов, из которых можно получить широкий ряд соединений, например муравьиную кислоту (МК). МК применяют в различных отраслях промышленности. Сегодня показана возможность использовать муравьиную кислоту в качестве донора водорода. МК можно получить из биомассы и/или ее компонентов (гемицеллюлозы, целлюлоза, лигнин) путем ее гидролиза-окисления в присутствии V-содержащих каталитических систем [1]. Перспективными катализаторами процесса являются растворы Мо-V-P гетерополикислот (ГПК), которые относят к катализаторам «зеленой химии». К недостаткам использования ГПК можно отнести трудность отделения целевого продукта от катализатора. Поэтому создание твердых каталитических систем на основе ГПК является актуальной задачей [2].

Целью работы является исследование процесса гидролиза-окисления растительной биомассы и её основных компонентов в МК в присутствии бифункциональных катализаторов на основе цезиевых солей Мо-V-P ГПК (CsГПК).

Катализаторы CsГПК были приготовлены путем медленного прибавления CsCO₃ к водно-спиртовому раствору ГПК состава H_{3+x}PМо_{12-x}V_xO₄₀, где x=1, 2, 4, 8. Образцы катализаторов были исследованы комплексом физико-химических методов анализа (ИК-спектроскопия, низкотемпературная адсорбция N₂, РФЛА, рН_{ТНЗ}). Значение рН_{ТНЗ} для всех катализаторов находилась в интервале от 1,7 до 5,8. Величина удельной площади поверхности для исследуемых образцов находилась в диапазоне от 2 до 9 м²/г. Согласно данным ИК-спектроскопии, в спектрах CsГПК-1 и CsГПК-2 смещение полосы ν_s(Мо–O_c–Мо) зависит от количества цезия. В спектрах Cs-ГПК-4 и Cs-ГПК-8 сдвиг полос ν_s(Мо=O_d), ν_s(Мо–O_b–Мо) и ν_s(Мо–O_c–Мо) коррелирует с количеством введенного цезия в образец.

Гидролиз-окисление проводился в автоклаве высокого давления (Autoclave Engineers, USA), в диапазоне температур 160-180 °С, давлении воздушной смеси 5-50 атм и постоянном перемешивании (1000 об/мин). Анализ реакционных смесей выполняли методами ВЭЖХ (Shimadzu, Prominence LC-20, Япония) и ¹H и ¹³C ЯМР (Bruker, AVANCE-400, США). Общий выход водорастворимых продуктов был определен с использованием анализатора углерода (Analytik Jena, Multi N/C 2100S TOC, Германия).

На первом этапе работ в качестве субстрата использовалась микрокристаллическая целлюлоза. В присутствии всех образцов CsГПК основным продуктом являлась МК. Выход муравьиной кислоты варьировался в диапазоне 24-45 мол. %. В реакционных смесях также были зафиксированы побочные продукты (уксусная и гликолевая кислоты), выход которых не превышал 2 мол. %. В присутствии катализатора Cs_{3,5}H_{7,5}PМо₄V₈O₄₀ был получен наибольший выход целевого продукта, равный 45 мол. %. В ходе работы были определены оптимальные условия процесса (1000 об/мин, 170°С, 50 атм воздуха, [катализатор]=10 г/л, [субстрат]=5 г/л, 7ч). Оптимизация условий позволила увеличить выход МК до 50 мол. %.

Наиболее эффективный катализатор Cs_{3,5}H_{7,5}PМо₄V₈O₄₀ был испытан в процессе гидролиза-окисления образцов растительной биомассы (мискантус, шелуха овса, древесина берёзы и осины) и её основных компонентов: целлюлозы, выделенной из шелухи овса, гемицеллюлозы (ксилан и арабиногалактан) и лигнина, полученного органосольветным методом из древесины берёзы. МК с выходом до 70 мас. % была получена из арабиногалактана за 1ч. Из целлюлозы, выделенной из шелухи овса, удалось достичь выхода целевого продукта, равного 52 мас. %. При превращении лигнина была получена МК с выходом 47 мас. %. Достаточно высокое значение выхода целевого соединения из лигнина, по-видимому, связано со способом его выделения. Выход МК из растительной биомассы зависит от состава сырья и находится в интервале от 32 до 54 мас. %.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект №17-73-30032).

Литература

1. Wölfel R., Taccardi N., Bösmann A., Wasserscheid P. Selective catalytic conversion of biobased carbohydrates to formic acid using molecular oxygen // Green Chemistry. – 2011 – V. 13. – P. 2759-2763.
2. Gromov N.V., Medvedeva T.B., Rodikova Y.A. et al. One-pot synthesis of formic acid via hydrolysis–oxidation of potato starch in the presence of cesium salts of heteropoly acid catalysts. // RSC Advances. – 2020. – V.10. – N48. – P.28856-28864.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. Н.В. Громов.

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Интегрирование пунктов приема вторсырья в пешеходно-прогулочные пространства города

А. Ф. Воликова, Н. А. Бурило

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

В работе анализируются проблема интегрирования пунктов ТБО в пешеходные пространства и придомовые территории. Проводится обзор положительно зарекомендовавшего себя опыта ОАЭ и Турции. Одна из причин ухудшения состояния окружающей среды – медленная экологизация всей жизни и мышления современного человека. Этот процесс идёт пошагово – от решения локальных проблем к глобальному принципу, постепенно затрагивающему всю окружающую среду человека. Важнейшей составляющей этой среды является архитектурное пространство. [1]

Раздельный сбор ТБО может быть внедрен в пешеходно-прогулочные пространства, как в качестве придомового сбора, так и в качестве небольших урн на территориях парков, скверов, набережных и т.д. Придомовой раздельный сбор отходов наиболее эффективен для районов с индивидуальной и малоэтажной жилой застройкой. Попытки организовать раздельный сбор отходов в многоквартирных домах зачастую дают более низкие результаты по объему и качеству раздельно собранных отходов. Препградой для внедрения придомового раздельного сбора зачастую является высокая стоимость. Поэтому неплохой альтернативой является качественно спланированная, плотная сеть пунктов приема отходов, способная в разы увеличить объемы собираемого вторсырья. [2]

В Дубае (Объединенные Арабские Эмираты) на улицах можно встретить как привычные для нас урны, так и урны, разделенные на фракции для сбора разного типа отходов. Такие урны интегрированы в пешеходно-прогулочные пространства и позволяют увеличить количество перерабатываемых отходов. Контейнеры в Дубае размещаются на пешеходных улицах, площадях и в других публичных пространствах (см. рисунок, слева). Такая же система сбора встречается и в Турции (см. рисунок, справа). [3]



Сбор ТБО в ОАЭ и Турции

Таким образом, можно выделить несколько аспектов, которые важно учитывать при разработке, размещении и проектировании пунктов сбора ТБО.

- Желательно, чтобы задача сложить вторсырье в контейнер не включала поднятие крышки, так как люди подсознательно пренебрегают брать за ручки контейнеров с отходами.
- Отверстия для вторсырья должны подходить под разновидность собираемых отходов, но не позволять складывать в контейнеры мусор другой фракции. Необходимо предельно четко обозначить, что можно, а что нельзя выбрасывать в каждый из контейнеров [2].
- Для максимальной пользы также важно учитывать контекст территории, на которой располагаются урны. Так, например, на территории парка максимально эффективны будут урны со сбором пластика, стекла и бумаги, но менее эффективен сбор металла.

Литература

1. Иовлев В.И. Экологические основы формирования архитектурного пространства (на примере Урала) : автореф. дис. д-р арх. наук: 18.00.01. – М., 2008. – 2 с.
2. Исследование систем раздельного сбора отходов в столицах 28 государств-членов Европейского Союза // Раздельный Сбор URL: <https://rsbor.ru/enciklopediya-resursosberezheniya/issledovanie-sistem-razdelnogo-sbora-otxodov-v-stoliczah-28-gosudarstv-chlenov-evropejskogo-soyuza/> (дата обращения: 05.10.2022).
3. Воликова А.Ф. Внедрение пунктов приема вторсырья в пешеходно-прогулочные пространства городов РФ. Анализ мирового опыта / А. Ф. Воликова, Н. А. Бурило // IX Всероссийская научно-практическая конференция «Молодая наука – 2022» (Москва, 27 апреля 2002.) – Москва: Московский финансово-юридический университет, Московский информационно-технологический университет, Московский архитектурно-строительный институт, 2022.

Научный руководитель – ст. преп. Н. А. Бурило.

Проблема удаления соединений азота на очистных сооружениях канализации г. Горно-Алтайска

А. П. Баум, Н. В. Гусева, Д. Е. Ефименко

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

На сегодняшний день основной проблемой на очистных сооружениях канализации (ОСК) является высокая концентрация азота, в том числе аммонийного. С чем может быть связано большое количество в сточной жидкости этого биогенного элемента? Причин несколько, но для рассматриваемого объекта основным поступлением азота органического и аммонийного являются стоки выгребных ям, которые завозятся в основном от абонентов, не подключенных к городским канализационным сетям. К сожалению, применяемые на сегодня технологии в большинстве своем (97-98 %) используют устаревшую технологию, которая не предусматривает удаление из сточной жидкости азота. Связано это с тем, что многие городские ОСК были запроектированы и построены в 1970-1980 годах прошлого столетия, когда комплексы по очистке сточных вод предусматривали на снижение в сточной жидкости двух показателей БПК_{полн} и взвешенные вещества. В настоящее время требования к качеству сточной жидкости, сбрасываемой в водоём, ужесточились.

Цель настоящих исследований заключается в изучении возможности реконструкции функционирующих очистных сооружений канализации без дополнительного строительства первичных отстойников, аэротенков и вторичных отстойников.

Площадка ОСК г. Горно-Алтайск имеет высокое содержание в поступающей сточной жидкости азота аммонийного. Данный объект запроектирован на прием стоков в количестве 14,5 тысяч м³/сут, фактически на момент обследования они принимали стоки в количестве 8,3 тысячи м³/сут. Резерв достаточно высокий, поэтому имеется шанс перевести ОСК на новую технологию без дополнительного строительства.

Функционирующие сооружения рассматриваемого объекта состоят из блока механической очистки, биологической очистки, доочистки и обеззараживания сточной жидкости, а также узла обезвоживания осадка.

В блоке механической очистки предусмотрены: две современные ступенчатые решетки с прозорами 5 мм, четыре горизонтальные песколовки с круговым движением воды каждая диаметром 6 метров, два вертикальных первичных отстойника каждый размером в плане 14x14 метров. Блок биологической очистки представлен двумя двухкоридорными аэротенками, каждый длиной 24 метра и шириной коридоров 7 метров с мелкопузырчатой аэрацией, тремя вторичными вертикальными отстойниками каждый размерами 14x14 метров. Узел доочистки состоит из четырех фильтров, заполненных щебеночной загрузкой. Завершающей стадией очистки сточной жидкости является ее обеззараживание путем ее 30-минутного контакта с раствором гипохлорита натрия в резервуаре очищенных сточных вод. Пройдя все стадии очистки, сточная жидкость сбрасывается в реку Майма. Ниже приведены показатели поступающей сточной жидкости в приемную камеру сооружений и предельно-допустимые концентрации (ПДК) на сброс в реку.

Показатели исходной и очищенной сточной жидкости

Показатель	Исходная, мг/дм ³	ПДК на сброс, мг/дм ³
Взвешенные вещества	299,0	7,0
ХПК	600,0	30,0
Фосфаты	16,0	4,0
Ион аммония	87,3	0,4
Нитриты	0,2	0,02
Нитраты	0,6	9,0

Основной причиной большого количества поступающего азота аммонийного является сточная жидкость, привозимая в сливную станцию сооружений ассенизационными машинами, которые откачивают сток из выгребных ям рядом расположенных поселков (Манжерок, Майма).

Невозможность качественной очистки обусловлена тем, что в технологической схеме предусмотрен аэротенк-вытеснитель, а не нитрификатор-денитрификатор.

Настоящие исследования проводились в экспериментальной установке, которая позволит найти решение по удалению из сточной жидкости соединений азота, для последующего внедрения найденного решения на ОСК г. Горно-Алтайск.

Установка предусматривает емкость аэротенка и вторичного отстойника, рассчитанная на поступление сточной жидкости в количестве 20-25 л/ч, скорости циркуляции активного ила между вторичным отстойником и аэротенком 40-50 л/ч и выход очищенной сточной жидкости из вторичного отстойника 20-25 л/ч. Емкость аэротенка сделана из 200-литровой металлической бочки с продуманной системой аэрации из четырёх трубок диаметром 6 мм, распределенных равномерно по дну и имеющих по три отверстия 2 мм в каждой для выпуска воздуха. Расход воздуха в количестве 6 м³/ч подается круглосуточно. Запуск сточной жидкости в экспериментальную установку предусмотрен из первичного отстойника ОСК г. Горно-Алтайск посредством погружного насоса в лоток осветленной сточной жидкости.

Научный руководитель – ст. преп. А. В. Кругликова.

Внедрение нанотехнологий связывают с новой промышленной революцией, а наноматериалы проникают практически во все сферы деятельности человека, обеспечивая возможности для создания новых функциональных материалов [2]. Обладая высокой поглощающей поверхностью, они нашли применение при защите окружающей среды, изменяя подходы к борьбе с загрязнениями, в том числе при очистке вод. Так, окисленные нанотрубки характеризуются высокой адсорбционной емкостью по отношению к ионам тяжелых металлов, превосходя активированный уголь. Нанодисперсные оксиды железа и титана проявляют себя как эффективные адсорбенты по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам, а введение наночастиц оксидов в структуру активированного угля позволяет повышать эффективность очистки одновременно как от органических веществ, так и от тяжелых металлов. Но, несмотря на указанные преимущества, наноматериалы сами могут выступать загрязнителями окружающей среды в условиях их глобального внедрения [1], что требует проведения исследований в области возможности их использования при очистке вод.

Соединения железа используются как эффективные коагулянты при очистке вод, загрязненных органическими веществами. Можно ожидать, что нанодисперсный гидроксид железа (III) будет проявлять высокую активность при данной очистке. В связи с этим проведено исследование эффективности использования в качестве коагулянта гидроксида железа, полученного разными методами (разной степени дисперсности), а также сравнение степени очистки с использованием стандартного коагулянта – хлорида железа (III). При выполнении работы использовали метод приготовления модельных растворов вод, загрязненных органическим веществом (гуматом натрия), химический синтез гидроксида железа (III), коагуляционный метод очистки модельных растворов с помощью полученных гидроксидов и хлорида железа. Контроль за ходом очистки проводили по изменению величин химического потребления кислорода до и после очистки, определяемого методом окислительно-восстановительного титрования. Остаточное содержание железа в воде проводилось фотометрическим роданидным методом.

Синтез гидроксида железа (III) проводился двумя путями. В первом случае осадок получали путем гидролиза насыщенного раствора хлорида железа (III) при нагревании на кипящей водяной бане. При этом из раствора высадился мелкодисперсный осадок гидроксида железа (III), легко проходящий через фильтр и не уплотняющийся при центрифугировании. Над осадком сформировался коллоидный раствор, в котором наблюдается эффект Тиндаля, что позволяет сделать предположение о наличии в полученном коллоиде наноразмерных частиц гидроксида железа (III). По второму пути осадок гидроксида получали осаждением из раствора хлорида железа щелочью, при этом образуется крупный осадок, легко отделяемый путем фильтрации.

Полученные гидроксиды железа (III), а также насыщенный раствор хлорида железа (III) использовались для очистки воды от органического вещества. Для достижения коагуляции процесс проводили при pH = 9,5. После добавления коагулянта систему выдерживали в течении суток при 25⁰C и фильтровали. После фильтрации наблюдается видимое, практически полное обесцвечивание воды. Остаточная окраска, которая наиболее характерна для растворов при использовании нанодисперсного гидроксида, может быть обусловлена частичным растворением соединений железа в воде.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшая степень очистки (в 7,5 раз) достигнута при использовании наноразмерного гидроксида железа (III). Использование хлорида железа и осажденного щелочью гидроксида показали близкие результаты снижения ХПК в 1,1 раза, а использование мелкодисперсного гидроксида вообще не привело к изменению этого показателя. Таким образом, в эксперименте установлена наибольшая эффективность использования для коагуляции нанодисперсного гидроксида железа. В то же время, определение остаточного количества железа в очищенной воде показало, что его содержание после использования нанодисперсного гидроксида в 6 раз превышает показатели при использовании хлорида железа. Отмечено, что при фильтрации взвесей, полученных после коагуляции с использованием нанодисперсного и мелкодисперсного гидроксидов железа, на фильтре остаются неводные осадки. При использовании крупнодисперсного гидроксида железа и хлорида железа остаток на фильтре значительно обводнен, что приводит к потерям воды и снижению экономического эффекта.

Таким образом, нанодисперсный гидроксид железа (III) проявляет высокую коагулирующую способность при очистке вод, загрязненных органическим веществом, но его применение в данных целях ограничено вторичным загрязнением воды соединениями железа. Преимуществом нанодисперсного коагулянта является образование маловодного осадка после коагуляции, что снижает потери очищенной воды.

Литература

1. И. В. Анциферова И.В. Источники поступления наночастиц в окружающую среду // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – №2. – стр. 54–66.
2. Ю. А. Николайчик, Д. В. Куис, Н. А. Свидунович, С. Л. Ровин Общие проблемы развития и внедрения наноматериалов и нанотехнологий // Литьё и металлургия. – 2020. – №4. – стр. 152–162.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. А. А. Сулягин.

Экстракция меланина из шелухи гречихи

А. Д. Кирьянов

Новосибирский государственный технический университет
Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск

Проблема вторичного сырья является одной из многих проблем в производственной области. Чаще всего, за неимением альтернативного применения, данное сырье утилизируют, что существенно влияет на финансовую составляющую всего производственного процесса. Как известно, в химической промышленности основой протекания многих нежелательных реакций являются свободные радикалы. Для того, чтобы препятствовать окислительному процессу используют антиоксиданты. Антиоксидантами могут выступать многие фенольные соединения из растительного сырья. Одним из перспективных, дешёвых, крупнотоннажных антиоксидантов является меланин. В данной работе рассмотрены методы переработки использованного вторичного сырья – шелухи гречихи с целью получения меланина. [1]

Меланины – специфические высокомолекулярные биополимеры полиароматической природы. С бурным развитием науки и промышленности данный вид сырья заинтересовал широкий круг специалистов: биохимиков, медиков, физиологов, фармацевтов, химиков, физиков, технологов и т. д. благодаря их высоким поглощающим свойствам и антиоксидантной активности. [2]

Цель данной научной работы заключается в исследовании эффективности методов получения меланина из шелухи гречихи, а также анализ его физических свойств.

Для достижения поставленной цели были следующие шаги:

- 1) Выбор экстрагента в котором меланин хорошо растворяется;
- 2) Анализ кинетики экстракции исследуемого вещества в зависимости от степени измельчения исходного сырья;
- 3) Определение зависимости экстракции меланина от температуры.

В качестве экстрагента использовался буфер pH=8.8 (трис(гидроксиметил)аминометан в кислой среде соляной кислоты), растворимость меланина в котором достигает 647,7 мкг/мл.

Проанализировав полученные данные выяснили, что при измельчении шелухи её способность к экстракции увеличивается до определенного предела. Дальнейшее измельчение приводит к уплотнению частиц и скорость экстракции падает.

Для исследования влияния температуры на экстракцию были проведены три опыта при 40, 50 и 60 градусах Цельсия. Данные об исследовании показаны на графике.

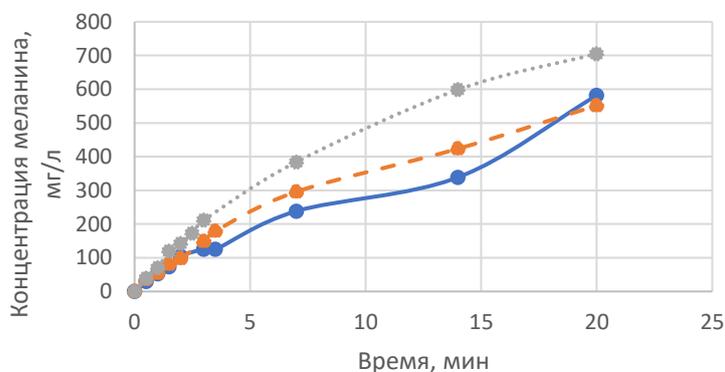


График зависимости массы взятой шелухи гречихи к концентрации в растворе (сплошная линия для температуры 40 градусов, пунктирная линия для температуры 50 градусов, точечная линия для температуры 60 градусов)

По полученным данным видно, что при увеличении температуры увеличивается и экстракция.

Из всего вышперечисленного можно сказать, что данный метод может быть применен для получения меланина.

Литература

1. Д. А. Туровец, Д.О. Кулик. Исследование антиоксидантных и прооксидантных свойств конденсированных фенольных соединений. – Минск: БГУ, 2011. – стр. 15-18.
2. Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов. Меланины. Перспективы и проблемы использования в промышленности. – Волгоград: ВолгГТУ, 2019. – 92 с.

Научный руководитель – канд. хим. наук И. О. Ломовский.

Получение и характеристика пленок на основе крахмала

Т. Е. Кусков

*Новосибирский государственный университет
Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск*

Нарастающая потребность человечества в получении биоразлагаемых материалов на основе возобновляемых ресурсов для хранения и транспортировки продуктов питания является актуальной задачей. Наиболее перспективным сырьем для получения упаковочных материалов выступают природные полисахариды, такие как целлюлоза, крахмал и хитозан. Природные полисахариды могут образовывать кристаллические структуры, чередующиеся с аморфными участками, что позволяет варьировать физические свойства конечных материалов (плотность, гибкость, хрупкость, воздухопроницаемость) в широком диапазоне эксплуатационных характеристик, также данные полисахариды обладают хорошими сорбционными свойствами [1, 2].

Целью данной работы является получение биоразлагаемых и съедобных материалов (пленок) на основе основных типов (*A*-, *B*- и *C*-тип) крахмала с различной степенью упорядоченности кристаллической структуры для хранения и транспортировки продуктов питания, а также оценка возможности применения полученных материалов для создания систем доставки и высвобождения лекарственных веществ.

В качестве объектов исследования были выбраны кукурузный крахмал (*A*-тип), картофельный крахмал (*B*-тип) и тапиоковый крахмал (*C*-тип) (ООО «Гарнец», Владимир, Россия). Механическая активация крахмала проводилась на планетарной мельнице типа АГО-2 (ИХТТМ СО РАН, Новосибирск) в течение 30 секунд и 10 минут. На основе различных типов (*A*-, *B*- и *C*-тип) крахмала были получены пленки с различной степенью упорядоченности кристаллической структуры. Сканирующая электронная микроскопия проводилась на электронном микроскопе Hitachi TM1000 (Hitachi, Япония). Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE (Bruker, Германия). Изучение процесса внедрения веществ в пленки было проведено с помощью спиновых зондов в виде нитроксильного радикала Proxyl (НИОХ СО РАН, Новосибирск). Запись спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) пленок со спиновыми зондами производилась на ЭПР спектрометре Adani SPINSCAN X (ADANI, Беларусь).

В ходе работы были получены пленки на основе крахмала с различной степенью упорядоченности кристаллической структуры с добавлением и без добавления нитроксильных меток. Было замечено, что индекс кристалличности уменьшается в процессе приготовления пленок из исходного крахмала. Для кукурузного крахмала это значение уменьшается с 36,5 до 19,4 % без добавления меток или до 25,0 % с добавлением меток, для картофельного крахмала – с 29,1 до 25,0 % без добавления меток или до 18,9 % с добавлением меток, а для тапиокового крахмала – с 41,3 до 11,4 % без добавления меток или до 10,5 % с добавлением меток. Кроме того, в процессе приготовления пленок на основе полностью аморфизированного крахмала наблюдалось значительное увеличение кристалличности. Исследуемые пленки были охарактеризованы такими параметрами как влажность, толщина, индекс кристалличности, морфология поверхности.

В результате эксперимента с внедрением спиновых зондов было показано, что состояние зонда в растворе и в пленке различаются. В то время как в растворе наблюдается изотропный спектр нитроксильного радикала, в пленке 3 стандартных пика уширились и спектр больше напоминал полиориентированный спектр нитроксильного радикала, что указывает на наличие хороших сорбционных свойств у крахмала.

С помощью рентгенофазового анализа было показано, что у пленок, полученных с добавлением меток, индекс кристалличности меньше, чем у пленок, полученных без добавления меток, что может означать затруднение образования кристаллических структур после внесения допирующих веществ. Также было показано, что пленки, полученные из аморфизованного крахмала различных типов, имеют дифрактограммы, характерные для крахмала *B*-типа.

Работа была поддержана грантом Правительства Новосибирской области молодым ученым (проект № ГР-9).

Литература

1. Samuels, R. J. Solid state characterization of the structure of chitosan films / R. J. Samuels // Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition. – 1981. – Т. 19. – №. 7. – С. 1081-1105.
2. Bera, H.. Tailor-Made and Functionalized Biopolymer Systems: For Drug Delivery and Biomedical Applications / H. Bera, B. Layek, J. Singh. – Woodhead Publishing, 2021.

Научный руководитель – канд. хим. наук Е. М. Подгорбунских.

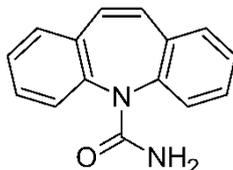
Механизм и продукты фотодегradации лекарственного средства карбамазепина в водных растворах

М. В. Новиков

Новосибирский государственный университет

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, Новосибирск

Карбамазепин (CBZ) — противоэпилептическое лекарственное средство, относящееся к группе «фармацевтические препараты и средства личной гигиены» (pharmaceuticals and personal care products, PPCP). В конце 90х годов карбамазепин, как и многие другие фармацевтические препараты, вызвал беспокойство из-за его обнаружения в городских системах водоснабжения и природных водах. В наше время CBZ является представителем группы приоритетных микрозагрязнителей природных вод и требуется разработка новых, эффективных методов его удаления, в том числе и фотохимических.



В докладе будут представлены результаты по изучению механизма фотолиза CBZ в водных растворах при pH = 7 с использованием света длин волн 254 и 282 нм, что позволяет использовать эти данные для будущей разработки фотохимических подходов для доочистки воды от CBZ.

Используя методы ВЭЖХ, оптической спектроскопии, стационарного и импульсного лазерного фотолиза были получены следующие результаты:

- 1) Зафиксированы основные интермедиаты (акватированный электрон, анион-радикал, катион-радикал), возникающие при фотоионизации CBZ под действием УФ излучения.
- 2) Определены константы скорости основных реакций данных интермедиатов.
- 3) Рассчитан квантовый выход фотолиза, определены конечные продукты и предложен механизм фотодегradации CBZ.

Полученные данные представляют интерес для разработки методов водоочистки от устойчивых экотоксикантов, относящихся к классу PPCP.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 21-43-00004).

Научный руководитель – канд. хим. наук И. П. Поздняков.

Исследование морфологии, элементного и фазового состава золы ТЭЦ г. Северска

Ю. В. Пасечников

Томский политехнический университет
НОЦ Н. М. Кижнера

Огромные количества накопленных человечеством техногенных отходов производства совместно с исчерпанием многих месторождений полезных ископаемых заставляют по-новому взглянуть на проблему утилизации такого крупнотоннажного материала, как золошлаковые отходы ТЭС. Именно на их основе имеется теоретическая и практическая возможность разработки такой технологии рационального природопользования, целью которой стало бы восстановление нарушенных экологических систем путем создания дружественных природе технологий.

Существующие методы утилизации золошлаковых материалов (далее – ЗШМ) предполагают, в основном, их использование в производстве строительных материалов, мелиорации и дорожном строительстве. Однако результаты исследований, проведенных различными авторами, например Л. Н. Адеевой и В. Ф. Борбат [1], заставляют вспомнить известное высказывание Д. И. Менделеева. «Сжигать нефть все равно что топить печку ассигнациями» – об этом в свое время говорил он, имея в виду необходимость бережного отношения к углеводородным источникам энергии. Пришло время таким же образом относиться к накопленным ЗШМ и вместо их «захоранивания» заняться глубокой переработкой и извлечением из них ценнейших продуктов. О. В. Афанасьева с соавторами в своей работе [2] называет перспективными следующие компоненты, входящие в состав ЗШМ: редкие и цветные металлы, алюмосиликатные микросферы, магнетитовые микрошарики, ферросилиций и несгоревшие угольные частицы. Авторы также приводят примеры основных технологических переделов, результатом которых является получение товарных продуктов, имеющих собственную и порой достаточно высокую ценность.

Одним из крупнейших техногенных образований в Томской области является массив золошлаковых отходов ТЭЦ г. Северска. Целью данной работы стала оценка пригодности данного материала к дальнейшей глубокой переработке. Для этого в НОЦ Н. М. Кижнера ТПУ была произведена первичная классификация ЗШМ с исследованием морфологии, элементного и фазового состава образцов.

В процессе работы были выявлены следующие морфологические типы частиц, составляющих ЗШМ:

1. Тёмные (серо-черные) частицы неправильной (осколочной) формы размерами до 150 мкм. По данным рентгеноспектрального микроанализа частицы этого типа состоят из углеродной матрицы (>80 мас. %) с включениями мелких сферических алюмосиликатных частиц состава $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и примесями алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных металлов, оксидов железа.

2. Тёмные (коричнево-черные) частицы сферической или сфероидальной формы размерами до 150 мкм – пустотелые или с алюмосиликатным ядром. Оболочка пустотелых частиц содержит до 50 мас. % железа (в виде оксидов) с включениями алюмосиликатных частиц состава $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, а также углерода, алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных металлов, оксидов марганца и титана. Частицы с алюмосиликатным ядром содержат до 15 мас. % железа в виде оксидов.

3. Светлые (белые, матовые, прозрачные, светло-коричневые) частицы неправильной формы размерами до 120 мкм. Оплавленные пористые частицы с алюмосиликатной матрицей состава $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ и включениями углерода, алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных металлов, оксидов железа, марганца и титана, сульфата кальция.

4. Сферические (белые, матовые, прозрачные, светло-коричневые) частицы размерами до 100 мкм, зачастую пустотелые. Оплавленные сферические алюмосиликатные частицы состава $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ с примесями. Полость внутри частиц, предположительно образуется в момент их плавления за счет термического разложения газообразующих примесей, например карбонатов.

Полученные результаты исследования показали высокую степень сходимости с результатами, приведёнными в [2], что позволяет сделать вывод о перспективности продолжения работы.

Литература

3. Л.Н. Адеева, В.Ф. Борбат. Зола ТЭЦ – перспективное сырьё для промышленности // Вестник Омского университета. 2009. No 2. стр. 141–151.

4. О.В. Афанасьева, Г.Р. Мингалеева, А.Д. Добронравов, Э.В. Шамсутдинов. Комплексное использование золошлаковых отходов // Проблемы энергетики, 2015, No 7-8.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. В. В. Тихонов.

Технология очистки сточных вод с использованием носителей прикрепленных микроорганизмов в поселке Сузун Новосибирской области

Е. Е. Сальников

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

В 2018 году в поселке Сузун Новосибирской области было начато строительство очистных сооружений канализации. Технологическая схема данного проекта предполагает механическую очистку, производимую на решетках и песколовках со встроенными тонкослойными модулями после которых стоки, проходят стадию первичного отстаивания, где производится ввод флокулянта в сточную жидкость для максимального изъятия взвешенных частиц. Биологическая очистка протекает в пяти, последовательно смонтированных, секциях аэротенка, где для удаления азота используется метод нитрификации-денитрификации. Обработка осадка осуществляется в аэробном стабилизаторе, а очищенная сточная жидкость, перед выпуском обеззараживается на УФО.

На сегодняшний день, строительство данного объекта заморожено по ряду объективных и субъективных причин. Нами было выполнено обследование технического состояния строящихся сооружений и изучена используемая технология очистки «Resetilovs un CO». В ходе обследования был выявлен ряд нарушений, допущенных на стадии проектирования, главным из которых является использование заниженных показателей качества поступающих стоков (взвешенные вещества, ХПК, БПК_{полн}, азот аммония, фосфаты, pH), которые для расчетов были приняты по среднестатистическим данным согласно СП 30.13330.2012. «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Были взяты пробы сточной жидкости, для уточнения фактических загрязнений, и проведены анализы, результате чего выяснилось, что фактические показатели превышают проектные в 4-7 раз, что безусловно говорит о неработоспособности данных сооружений. Используя фактические показатели сточной жидкости, был выполнен поверочный расчет, по результатам которого стало ясно, что запроектированного объема сооружений недостаточно для достижения требуемой степени очистки. Но главной особенностью данного проекта является использование технологии очистки «Resetilovs un CO». Данной технологией предлагается использование прикрепленных микроорганизмов из полимерных материалов на стадии биологической очистки, для повышения концентрации активного ила в секциях аэротенков до 35 мг/л. Данная биологическая загрузка (носители прикрепленных микроорганизмов), находясь в подвешенном (плавающем) состоянии, должна наращивать на своей поверхности активный ил, за счет чего производится повышение его концентрации в аэротенке. Но для такой высокой дозы ила крайне сложно обеспечить жизнеспособные условия с правильным и эффективным протеканием процессов очистки. Ввод флокулянта на стадии первичного отстаивания должен интенсифицировать процесс накопления активного ила на поверхности загрузки, но вместе с этим он лишает сточную жидкость питательного субстрата, который является ключевым элементом в технологии биологической очистки стоков.

В результате обследования строящихся очистных сооружений были выявлены все проектные и технические недоработки и предложены рекомендации по реконструкции объекта для обеспечения требуемой степени очистки. Согласно поверочному расчету необходимо увеличить число рабочих линий в 4 раза, исключить подачу флокулянта на стадии первичного отстаивания и добавить узлы вторичного отстаивания и доочистки.

Помимо этого, начато исследование зерен обожженного сорбционного угля мелкой фракции (1,25-2 мм) в качестве носителя прикрепленных микроорганизмов. Для этого была сделана специальная установка, которая погружена в аэротенк, на Новосибирские очистные сооружения канализации. Целью работы является определение способности загрузки наращивать на своей поверхности активный ил в реальных условиях. Данная работа проводится совместно со студентами Новосибирского государственного университета, которые занимаются исследованием на разработанной модели очистных сооружений канализации, проводят измерения показателей сточной жидкости.

Литература

1. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод – М.: АСВ, 2002. – 704 с
2. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
3. Колобанов С.К. Проектирование очистных сооружений канализации. – Киев: Будівельник, 1977. – 224 с.

Научный руководитель – канд. техн. наук, проф. Г. Т. Амбросова.

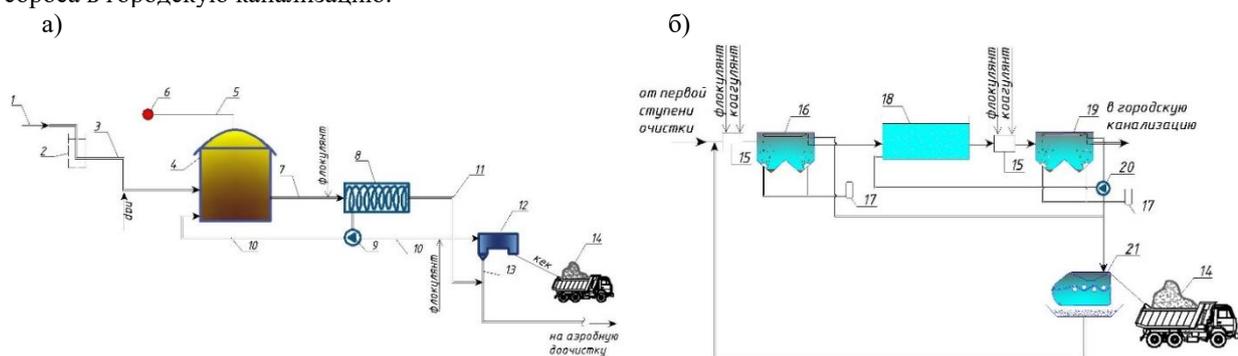
Очистка сточных вод молокозавода в анаэробных и аэробных условиях

К. И. Уколова, М. С. Трухина

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

В настоящее время одной из актуальных экологических проблем предприятий пищевой промышленности, выпускающих молочнокислую продукцию, является образование стоков высокой концентрации. Стоки такого качества запрещено сбрасывать в городской коллектор и, тем более, в водоем. Данная работа посвящена очистке сточных вод молокозавода г. Ялуторовск в Тюменской области. Цель работы – выдать рекомендации по усовершенствованию методов очистки высококонцентрированной сточной.

На предприятии образуются два вида стоков: отработанные моющие растворы в количестве 800-900 м³/сут и сыворотка объемом 120–180 м³/сут, для которой характерны следующие показатели: рН 3-4, ХПК 44–124 г/л, ион аммония 50–250 мг/л, температура 14–46 °С. На сегодняшний день применяются технологические схемы двухступенной биологической очистки высококонцентрированных стоков и одноступенной – среднеконцентрированных, позволяющие достичь нормативных показателей очищенной сточной жидкости для сброса в городскую канализацию.



Технологическая схема очистки сточной жидкости в анаэробных и аэробных условиях:

а – первая ступень анаэробного сбраживания; *б* – вторая ступень обработки сточной жидкости в аэробных условиях; 1 – подача молочной сыворотки; 2 – приемный резервуар; 3 – загрузка сыворотки в биореактор; 4 – анаэробный биореактор; 5 – биогаз; 6 – свеча для сжигания биогаза; 7 – анаэробно-сброженный осадок; 8 – барабанный загуститель; 9 – насосная станция; 10 – анаэробно-сброженный осадок с примесью флокулянта; 11 – фильтр; 12 – центрифуга; 13 – фугат; 14 – вывоз обезвоженного осадка на полигон ТБО; 15 – камера смешения; 16 – флотатор I ступени; 17 – сатуратор; 18 – аэротенк; 19 – флотатор II ступени; 20 – насосная станция циркулирующего активного ила; 21 – фильтр-пресс

В процессе эксплуатации был выявлен ряд проектных недоработок и упущений, так к наиболее серьезным замечаниям по проекту можно отнести следующие инженерные решения: отсутствие резервуара-усреднителя на первой ступени не обеспечивает стабильную работу анаэробного биореактора; использование барабанного загустителя, работающего с флокулянтами, который является ингибитором для микроорганизмов анаэробного биореактора, и применение центрифуги, для легкого анаэробно-сброженного осадка; нецелесообразная и разорительная для предприятия система сжигания биогаза на свече; ввод флокулянта и коагулянта перед флотатором I и II не обеспечивает нужных показателей проекта и губителен для микроорганизмов в аэротенке; использование напорного флотатора на стадии разделения иловой смеси приводит к разрыву зооглейных скоплений (диспергации), что в последствии осложняет работу фильтр-пресса.

В ходе глубокого изучения проектно-сметной документации авторами предлагается реконструкция узла анаэробного сбраживания, включающего резервуар-усреднитель, биореактор, уплотнитель сброженного осадка, фильтр-пресс для его обезвоживания, когенератор для сжигания биогаза и получения тепловой и электрической энергии, и узла аэробной очистки, содержащего аэротенк с зонами нитрификации/денитрификации, отстойники с тонкослойными модулями. Таким образом можно повысить эффективность работы локальных очистных сооружений и получить прибыль от реализации биогаза.

Литература

1. Дятлова Т. В. Очистка сточных вод молокозаводов/ Т.В. Дятлова, С.Г. Певнев, Т. Г. Федоровская – СПб.: Водоснабжение и санитарная техника, 2008. – 201с.
2. Технология очистки стоков предприятия по переработке молока/ К. И. Уколова, М. С. Трухина, Д. А. Пережегина, Г. Т. Амбросова// Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды. – 2022.- №7. – С.28-33.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Г. Т. Амбросова.

Применение УФ-излучения эксциламп KrCl и XeBr для исследования фотодеградаци производного фенола

А. А. Федорова

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Химические процессы окисления широко используются для очистки питьевой воды, сточных и подземных вод, загрязненных органическими соединениями. Прямое окисление водных растворов, содержащих органические загрязнители, могут выполняться в различных условиях, начиная от условий окружающей среды до сверхкритического окисления воды при очень высоких температурах и давлениях. Окисление в мягких условиях активными частицами, такими как гидроксильные радикалы, образующиеся под действием УФ-излучения в присутствии окислителя, такого как озон или пероксид водорода, называется продвинутым окислением процесс АОП. АОП являются привлекательными альтернативными технологиями уничтожения токсичных органических загрязнителей. АОП изучаются в разных сочетаниях; озон с ультрафиолетовым излучением; озон с перекисью водорода; озонпероксид водорода с ультрафиолетовым облучением; перекись водорода с ультрафиолетовым облучением; а также озон при высоком рН. Ультрафиолетовый фотолиз в сочетании с перекисью водорода УФ/Н₂O₂ является одним из самых соответствующих технологии АОП для удаления токсичных органических соединений из воды, поскольку это может происходить в самой природе.

Этот процесс включает образование реактивных гидроксильных радикалов •ОН, которые в конечном счете способны разрушать органические загрязнения. Это окисление может происходить по одному из трех основных путей: 1-водородный; 2-электронный перенос; и 3-радикальные присоединения [1].

Фенолы являются одними из самых распространенных загрязнителей в промышленных сточных водах, т.е. химические, нефтехимические, лакокрасочные, текстильные, пестицидные заводы и т.д. Они служат промежуточными звеньями в промышленном синтезе продуктов, таких как разнообразные клеи и антисептики [2]. В связи с этим мониторинг и удаление вредных органических соединений, выделяемых является актуальной задачей.

Целью данного исследования было изучение фотодеградаци производного фенола под влиянием уф-излучения эксциламп KrCl и XeBr с добавлением пероксида водорода.

Провели прямой ультрафиолетовый фотолиз и ультрафиолетовый фотолиз в сочетании с окислением перекисью водорода модельных растворов фенола. Для исследования фотолиза использовали кварцевую кювету и эксциплексные лампы на рабочих молекулах XeBr (282 нм) и KrCl (222) с параметрами $\Delta\lambda = 5\text{--}10$ нм, $W_{\text{пик}} = 18$ мВт/см², $f = 200$ кГц, длительность импульса 1 мкс, которая была разработана в Институте сильноточной электроники СО РАН, г. Томск под руководством профессора Тарасенко В.Ф. [3]. Спектры поглощения водных растворов 4-цианофенола (5×10^{-6} М) регистрировали на спектрофлуориметре SM2203 (фирма «Solar», Беларусь). В эксперименте были взяты различные соотношения Н₂O₂: 4-цианофенола, а также варьировался порядок УФ/Н₂O₂ или Н₂O₂/УФ.

Согласно полученным результатам, основными компонентами фоторазложения по литературным данным является диоксид углерода, а также карбоксилирование 4-цианофенола. Можно сделать заключение о том, что в случае с УФ-облучением эксциллампами XeBr (282 нм) и KrCl (222) не удалось обнаружить по спектрам поглощения полную фотодеградацию исследуемого соединения при концентрации $5 \cdot 10^{-6}$ М в воде. Добавление пероксида водорода способствует активному разложению замещенного фенола это подтверждается спектрами поглощения. При облучение лампой KrCl (222) с добавлением пероксида водорода удалось полностью разложить 4-цианофенол.

Степень фотодеградаци зависит от времени облучения и от характеристик используемого источника (в области поглощения изучаемого объекта источник должен иметь достаточную излучательную мощность), а также от концентрации пероксида водорода.

Литература

1. G. Matafonova, V. Batoev, recent progress on application of uv excilamps for degradation of organic pollutants and microbial inactivation, Chemosphere, 2012, Vol. 89, pp. 637–647. Б. А. Иоффе.
2. A. Rubio-Clemente, R.A. Torres-Palma, G.A. Penuela, Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous environment by chemical treatments: a review, Sci. Total Environ, 2014 Vol. 478, pp. 201–225.
3. Бойченко А.М., Ломаев М.И., Панченко А.Н. и др. Ультрафиолетовые и вакуумные ультрафиолетовые эксциламп: Физика, технология и приложения, 2011, СТТ, Томск, Россия, 512 с.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. И. В. Соколова.

Особенности сорбции тяжёлых металлов механохимически модифицированными природными полифенолами

Л. И. Юдина

*Новосибирский государственный университет
Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск*

Одной из актуальных проблем, вызванной возрастающим антропогенным воздействием на окружающую среду, является загрязнение водоёмов тяжёлыми металлами. В качестве решения обозначенной проблемы предлагается использование природных сорбентов, характеризующихся высокой эффективностью и простотой выделения. Такими сорбентами могут выступать полифенолы, выделяемые из бурых углей (гуминовые кислоты) и шелухи гречихи (меланины).

Гуминовые кислоты – полимерные полифенолы с амфифильными свойствами, содержащие различные функциональные группы. В частности, ионообменные свойства гуминовых кислот обеспечиваются высоким содержанием карбоксильных и фенольных групп. На сегодняшний день найдены механохимические подходы к обработке бурого угля, которые позволяют изменять структуру гуминовых кислот в его составе для обеспечения необходимых свойств [1].

Меланины – группа полифенолов, растительного, грибного и животного происхождения с широким разнообразием химического состава, характеризующиеся способностью к образованию комплексов с металлами [2]. Наибольший практический интерес представляют меланины из шелухи гречихи, которая, в отличие от угля, является биовозобновляемой. Степень окисления полифенолов, как и распределение кислорода по основным кислородсодержащим функциональным группам: гидроксильная, карбоксильная, эфирная, определяет физико-химические свойства, в частности, окислительно-восстановительный потенциал и сорбционные свойства.

Целью данной работы является исследование влияния окислительной механохимической обработки гуминовых кислот и меланинов на способность к выведению ионов тяжёлых металлов из воды.

Выделение гуминовых кислот из бурого угля Итатского месторождения (Канско-Ачинский угольный бассейн 56°05'24.43"N, 89°04'23.64"E) проводили согласно ГОСТ 9517-94 с дополнительным промыванием водой до отрицательной качественной реакции на ионы хлора. Меланины выделялись из шелухи гречихи сорта Диккуль ГОСТ 56105-2014, выращенной в Черепановском районе Новосибирской области. Шелуха подвергалась обработке водным раствором щелочи с последующим добавлением соляной кислоты для достижения кислотной среды и проводилась фильтрация раствора с дальнейшей рекристаллизацией с раствором аммиака.

Механохимическая обработка гуминовых кислот и меланинов осуществлялась в механохимических активаторах планетарного типа АГО-2, со стальными барабанами и шарами, водяным охлаждением в воздушной атмосфере в течение 10 мин. Образцы «МА» получены при механохимической обработке без внесения дополнительных реактивов, образцы «МХА» при внесении 5 % мас. перкарбоната натрия в качестве щелочно-окислительного реагента и 5 % металлического цинка в качестве восстановителя. Изучены ИК спектры полученных образцов, свидетельствующие об исчезновении полосы 1710 см⁻¹, относящейся к карбоксильным группам, для образцов, полученных при обработке с перкарбонатом натрия. Проведено обратное потенциометрическое титрование полифенолов, рассчитано содержание трёх типов функциональных групп, обладающих кислотными свойствами. Установлено, что все полученные полифенолы характеризуются различной степенью окисленности, проявляющейся в разном содержании кислородсодержащих групп.

Эксперименты по сорбции тяжелых металлов (Zn²⁺, Cd²⁺, Cu²⁺) из растворов солей (ZnSO₄, CdCl₂, CuSO₄) проводились в бидистиллированной воде с добавлением NaOH до pH = 8.0 при термостатировании с T = 25 °C. Содержания металлов в растворе определялось при помощи инверсионной вольтамперометрии (ТА-lab, Томск) с использованием метода добавок.

Все полифенолы проявили высокую способность к выведению тяжёлых металлов из воды. Так, значения сорбции для исходных, МА и МХА гуминовых кислот равны 34±4; 31±2; 28±3 мг(цинка)/г(сорбента), соответственно, образцов меланинов равны 34±4; 33±3; 19±2; 11±1 мг(цинка)/г(сорбента), соответственно. В результате серии экспериментов были найдены закономерности эффективности сорбции от способа обработки сорбента.

Литература

1. T. Skripkina, A. Ulihin, A. Bychkov, S. Mamylov, E. Podgorbunskikh, I. Lomovskiy, O. Lomovsky. Unbound water in mechanochemical reactions of brown coal // RSC Advances. – 2020. – V.10. – P. 21108 – 21114.
2. C.C. Felix, J. S. Hyde, T. Sarna, R.C. Sealy. Interactions of melanin with metal ions. Electron spin resonance evidence for chelate complexes of metal ions with free radicals // Journal of the American Chemical Society. – 1978. – V.100. – N.12– P. 3922-3926.

Научный руководитель – канд. хим. наук Т. С. Скрипкина.

Проектные недоработки и упущения проекта очистных сооружений канализации города Тарко-Сале

П. З. Хакимов

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

Очистные сооружения канализации предназначены для населённого пункта, находящегося в районе приравненному к Крайнему Северу. Данная работа посвящена оценке технологии очистки сточных вод города Тарко-Сале, предложенной компанией «Уралстройинвест». Город Тарко-Сале находится в Ямало-Ненецком автономном округе, входящим в арктическую зону, и занимает площадь 44 км². В населённом пункте проживает свыше 20 тыс. жителей, в основном работники нефтяной и газовой промышленности, общий расход сточной жидкости пока ещё не принят окончательно. Первоначально Заказчик заявлял расход 4,2 тыс. м³/сут, затем его повысили до 6 тыс. м³/сут, по последним данным (29.04.2022) предлагается рассчитать комплекс на 9 тыс. м³/сут., из которых 20 % будет приходиться на стоки из выгребных ям. В настоящее время в городе имеется канализационная сеть небольшой протяженности, однако комплекс по очистке сточных вод отсутствует. Заказчиком на проектирование очистных сооружений канализации является отдел архитектуры администрации города Тарко-Сале.

В связи с тем, что в населённых пунктах Крайнего Севера, в том числе и в городе Тарко-Сале, ощущается острый дефицит специалистов по профилю «Водоснабжение и водоотведение», представители Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета оказывают консультативную помощь в виде технического сопровождения проекта очистных сооружений канализации (ОСК). На сегодня для Заказчика первоочередной задачей является выбор оптимальной технологии очистки сточной жидкости, которая может обеспечить требуемую степень очистки стоков при фактических показателях загрязнений сточной жидкости. Проектные расчетные показатели не учитывают высококонцентрированные, глубоко аммонифицированные, чрезмерно охлажденные стоки выгребных ям, которые в процессе эксплуатации могут создать массу проблем. Вместе с тем, технология очистки сточной жидкости сточной жидкости принята на эти показатели. Согласно принятой проектной схеме сточная жидкость проходит усреднение, механическую и биологическую очистку, а также доочистку и после обеззараживания сбрасывается в рыбохозяйственный водоём, реку Пякупур, далее в реку Пур и Карское море [1, 2, 3].

К особенностям технологии очистки стоков данного объекта относятся несколько инженерных решений. Первое, в осветленную сточную жидкость вводится щелочь и органическая добавка в виде свекловичной мелассы. Второе, при снижении температуры иловой смеси в аэробной зоне ниже восьми градусов в работу включается блок нагрева воздуха, нагнетаемого в узел биологической очистки. Третье, для связывания свободных нон-фосфатов в трудно растворимую соль перед вторичными горизонтальными отстойниками вводится реагент. Четвертое, для интенсификации процесса восстановления азота нитритов и нитратов в денитрификаторах предусмотрен ацидофикатор. Пятое, предусмотрена реагентная обработка стоков внутриплощадочной канализации перед их сбросом в голову сооружений для повторной очистки. После глубокого изучения технологической схемы, были выявлены проектные недоработки и упущения и были выданы рекомендации по их устранению.

Вывод. Выявленные проектные недоработки и упущения по технологии очистки стоков и обработки осадков были представлены Заказчику и проектной организации, дважды состоялись видеоконференции по обсуждению этих замечаний. На сегодня из общего списка замечаний 80 % проектная организация устранила.

Литература

1. СП 32.13.330. Канализация. Наружные сети и сооружения. Москва. 2018.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод — М: АСВ, 2002 — 704 с.
3. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод — Вологда: ВоГТУ, 2002 — 127 с.

Научный руководитель – канд. техн. наук, проф. Г. Т. Амбросова.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Распространенность и факторы риска нарушений состояния опорно-двигательного аппарата обучающихся – жителей крупного промышленного города

А. А. Васильева

Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск

Высокая скорость антропогенных изменений биосферы в настоящее время превышает адаптационные возможности организма человека.

Анализ литературных источников по теме влияния комплекса эколого-гигиенических факторов риска на состояние опорно-двигательного аппарата обучающихся и распространенности заболеваний костно-мышечной системы (КМС) детей показал высокую социальную значимость исследуемой медико-экологической проблемы. Статистические нарушения и заболевания костно-мышечной системы детей школьного возраста занимают ведущие ранговые места в структуре заболеваемости [1]. Заболевания и функциональные нарушения ОДА могут быть отнесены к группе экологически обусловленных заболеваний [2], при этом основную роль в развитии функциональных нарушений КМС детей играют факторы внутришкольной среды.

Целью исследования явилось изучение распространенности и факторов риска нарушений состояния ОДА обучающихся, проживающих в крупном промышленном городе. Исследование проводилось на базе МБОУ СОШ № 70 Металлургического района г. Челябинска. В исследовании приняли участие 31 обучающийся 7 классов первой и второй групп здоровья (средний возраст – $12,09 \pm 0,5$ лет ($M \pm \sigma$)). Исследование проводилось на основании письменного добровольного информированного согласия законных представителей учащихся.

Проведенная оценка эколого-гигиенических условий проживания и обучения школьников группы наблюдения позволила выявить факторы риска развития функциональных нарушений и заболеваний ОДА учащихся: высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, обусловленный расположением вблизи промышленного металлургического комбината; несоответствие отдельных гигиенических показателей условий обучения нормативам: размеров комплектов школьной мебели ростовым параметрам учащихся и отдельных аспектов ее расстановки требованиям СанПиН.

Наиболее распространенными функциональными отклонениями ОДА обследованных подростков являются уплощение стоп, асимметричность лопаток, плеч, сутулость. Данные исследования определяют значимость проведения мероприятий по профилактике болезней костно-мышечной системы, обучающихся в данной образовательной организации.

Обеспечение безопасной для состояния костно-мышечной системы образовательной среды должно быть основано на контроле за школьными факторами риска, минимизации их влияния, включать проведение мероприятий по гигиеническому обучению и воспитанию детей, что позволит снизить распространенность болезней КМС среди детей и подростков, обучающихся в образовательных организациях.

Литература

1. Намазова-Баранова Л. С. Заболеваемость детей в возрасте от 5 до 15 лет в Российской Федерации / Л.С. Намазова-Баранова, А. Г. Ильин, Л. М. Сухарева, И. К. Рапопорт. Москва : ФГБУ НИЦЗД РАМН. – 2014 г. – С. 6–10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zabolevaemost-detey-v-vozhaste-ot-5-do-15-let-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения 14.05.2022).
2. Рахманин Ю. А. Руководство по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки их риска. – Москва, 2017. – 68 с. – URL: <https://static-3.rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/036/600/original> (дата обращения 15.03.2022).

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. М. В. Семенова.

Элементный состав организма млекопитающего как индикатор геоэкологической обстановки центрального Сихотэ-Алиня

Д. А. Иванова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

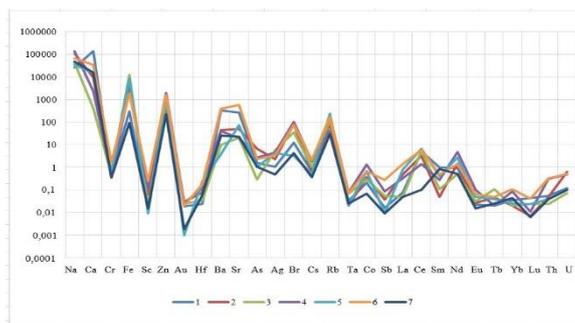
Использование живых организмов травоядных млекопитающих как биоиндикаторов отчетливо позволяет отследить состояние и изменение со временем геоэкологической обстановки исследуемой местности, а также оценить степень влияния данной обстановки на сами живые организмы, в том числе и на человека.

На сегодняшний день, данные об элементном составе организмов млекопитающих в научном сообществе ограничены и представляют собой, преимущественно, исследование состава мышц, печени и почек. Однако, для более широкого изучения влияния геоэкологической обстановки на организм важно рассматривать элементный состав всего организма совместно с работой его внутренних биогеохимических барьеров.

Целью работы является выявление индикаторных показателей в элементном составе организма млекопитающего (Изюбрь *Cervus elaphus xanthopygus* H. Milne-Edwards, 1867) для оценки геоэкологического состояния локальных территорий Приморского края (п. Терней, заповедник Сихотэ-Алинь).

Общими минералого-геохимическими особенностями районов исследования является сильно выраженная поствулканическая цеолитовая минерализация, а также их редкометально-редкоземельная специализация [1]. Отбор проб проводился к.б.н. Середкиным И.В. в ходе реализации грантов РФФИ № 20-64-47021 и № 20-67-47005 (руководители – Барановская Н.В. (НИ ТПУ), Паничев А.М. (ТИГ ДВО РАН)). Пробоподготовка осуществлялась в лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН Макаревич Р.А. Элементный состав определялся после озоления биологического материала при $t=600^{\circ}\text{C}$ методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) на базе научно-образовательного центра «Урановая геология» в лаборатории исследовательского ядерного реактора при Томском политехническом университете (аналитик – А. Ф. Судыко).

Для более детального исследования распределения элементов и работы биогеохимического барьеров необходимо рассмотреть их локализацию в различных функциональных системах организма.



Распределение химических элементов в системах органов Изюбра (*Cervus elaphus xanthopygus*) (зола, мг/кг, шкала логарифмическая)

1 – опорно-двигательная система; 2 – дыхательная система; 3 – система кровотока; 4 – мочеполовая система; 5 – эндокринная система; 6 – пищеварительная система; 7 – центральная нервная система

На рисунке можно увидеть определенные закономерности в распределении элементов в системах органов. Так, например, заметна схожесть в распределении эссенциальных элементов Na, Ca, Cr, Fe, Zn, Br во всех представленных системах. Отдельно можно отметить разброс значений в зависимости от системы органов у редкоземельных La, Ce, Sm, Nd, Eu, Tb, Yb, Lu и радиоактивных Th и U. Так La, Ce, Yb и Lu накапливаются в пищеварительной системе, Sm в опорно-двигательной и центральной нервной системах, Nd и Eu в мочеполовой системе, Tb в системе кровотока.

Все исследуемые элементы распределены по организму неравномерно, что может быть связано с функционированием внутренних биологических барьеров организма и спецификой попадания элементов в организм (предположительно, с поедаемыми кормовыми растениями, водами и горными породами). Эссенциальные элементы имеют низкое варьирование во всех рассматриваемых системах организма, чего нельзя сказать о редкоземельных и радиоактивных элементах, которые имеют сильный разброс значений в различных системах организма и могут играть индикаторную роль для исследования геоэкологической обстановки местности.

Литература

1. Паничев А.М., Литофагия: геологические, экологические и биомедицинские аспекты / Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. М.: Наука, 2011. – 149 с.

Научный руководитель – дд-р биол. наук, проф. Н. В. Барановская.

Токсическое воздействие гексана на дождевых червей *Eisenia andrei* и растения

К. О. Малышева, Я. В. Лобанова, В. А. Теплых

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

На сегодняшний день одними из наиболее распространенных химических веществ, загрязняющих почву, являются нефтяные углеводороды, попадающие в почву из-за разливов и утечек нефтепродуктов во время транспортировки. Нефтепродукты оказывают влияние на биологические, химические и физические процессы в почве, таким образом, разрушается структура почвы, нарушается водно-воздушный режим, прекращается нормальный рост растений, уменьшается численность почвенных организмов и т.д. Помимо традиционных подходов анализа концентраций поллютантов и сравнения их с пороговыми значениями для оценки качества почвенной среды большое значение имеет изучение биомаркеров воздействия поллютантов на почвенные организмы. Для определения токсического воздействия поллютанта на растительные объекты в почвенной среде используют простой и быстрый метод проростков.

Цель: изучение влияния гексана, как одного из компонентов нефти и нефтепродуктов, на выживаемость, уровень активности ацетилхолинэстеразы и перекисного окисления липидов дождевых червей, а также анализ фитотоксичности гексана.

В исследовании были использованы дождевые черви вида *Eisenia andrei* – калифорнийский навозный червь. Для изучения токсичности гексана был проведен тест с искусственным грунтом [1]. Черви в течение пяти дней содержались в подготовленном грунте с добавлением гексана (2,8, 5,3 и 10,7 г/кг) и без гексана (контрольная группа). Концентрации были подобраны в соответствии с нормативным источником [2]. Контроль и каждая концентрация были поставлены в трёх повторностях. В тесте оценивалась выживаемость червей, а также паттерны их поведения. После экспозиции, червей извлекали и готовили материал для анализа биомаркеров ацетилхолинэстеразы (АХЭ) и уровня перекисного окисления липидов (ПОЛ). Активность ацетилхолинэстеразы червей оценивали с помощью метода Элмана [3]. Для оценки степени перекисного окисления липидов использовали тест с тиобарбитуровой кислотой [4]. Определение фитотоксичности почвы проводилось по энергии прорастания и всхожести семян овса и редиса [5]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы GraphPadPrism6.

Выживаемость червей в контрольной и опытных группах оказалась 100 %. Среди исследуемых концентраций гексана летальных и полублетальных не выявлено. Зафиксировано достоверное повышение уровня перекисного окисления липидов при всех исследуемых концентрациях гексана в грунте по сравнению с незагрязненной почвой, что может свидетельствовать о негативном воздействии гексана на антиоксидантную систему дождевых червей. Зафиксировано достоверное повышение уровня активности ацетилхолинэстеразы, биомаркера нейротоксического действия загрязняющих веществ, при концентрациях гексана 5,3 и 10,7 г/кг в грунте по сравнению с контрольной почвой. По результатам анализа фитотоксичности установлено, что грунт, загрязненный гексаном в концентрации 10,7 г/кг обладает слабо выраженной фитотоксичностью, в то время как концентрации 5,3 г/кг и 2,8 г/кг не являются фитотоксичными.

Исследование биомаркеров дождевых червей после воздействия гексана

Биомаркер	Концентрация гексана в грунте			
	0 г/кг (контроль)	2,8 г/кг	5,3 г/кг	10,7 г/кг
Показатель активности холинэстеразы (M ± SD, n=3)	1,815±0,083	2,087±0,197	2,195±0,046**	2,051±0,028*
Показатель перекисного окисления липидов (M ± SD, n=3)	0,031±0,002	0,038 ± 0,001**	0,041 ± 0,002**	0,038 ± 0,005**
* p ≤ 0,05 (по сравнению с контролем) ** p ≤ 0,005 (по сравнению с контролем)				

Литература

1. ГОСТ 33036-2014. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дождевых червей. Дата введения 01.08.2015.
 2. Материалы по оценке воздействия на окружающую среду нормативов допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов (ДОСНП) в почвах Пермского края, 2018.
 3. G. L. Ellman, K. D Courtney. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity // Biochemical Pharmacology. – 1961. – Vol. 7. – P. 88-95.
 4. Л. И. Андреева, А. А. Кожемякина, А. А. Кишун. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лабораторное дело. – 1988. – №11. – стр. 41-43.
 5. ГОСТ Р ИСО 22030—2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. Дата введения 01.01.2011.
- Научный руководитель – канд. хим. наук, доц. О. П. Красных.

Влияние техногенного загрязнения ионами тяжелых металлов на ранние этапы развития *Robinia pseudoacacia*

С. В. Матвеева, Т. С. Бабакова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН

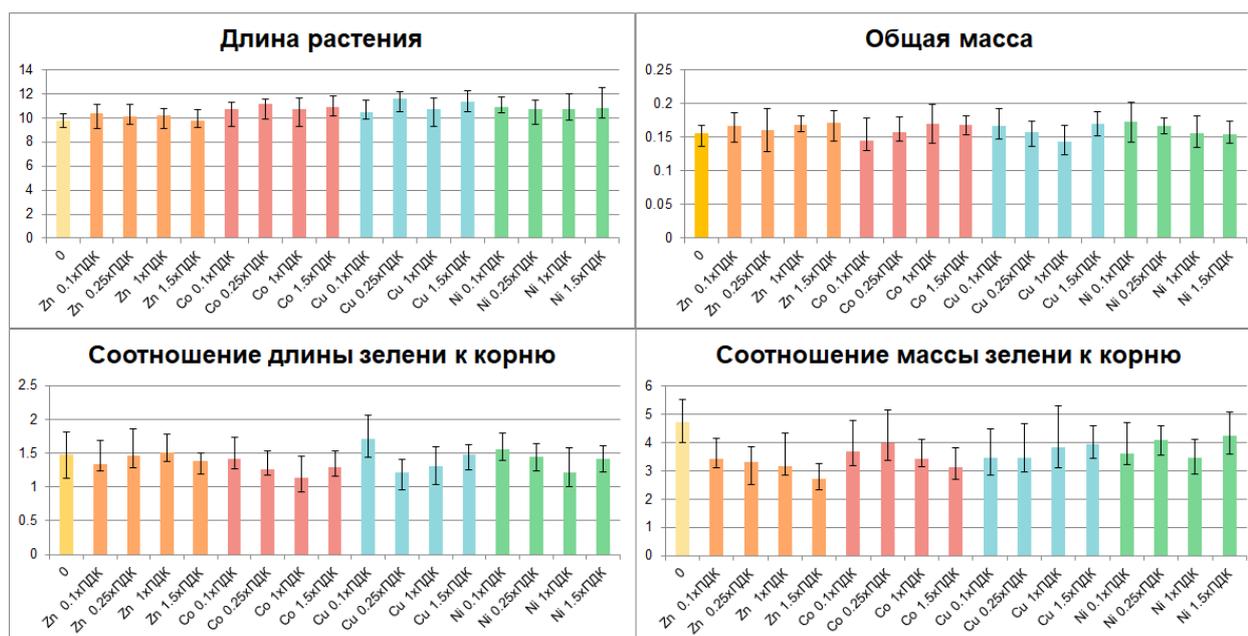
В масштабах планеты леса обеспечивают фундаментальную защиту почвенных и водных ресурсов. Неоднократно демонстрировалась роль лесов в смягчении последствий стихийных бедствий.

Несомненно, успешные результаты защитного лесоразведения сильно зависят от используемых пород. Загрязнение почвы может влиять на деревья на всех стадиях роста и развития. Вследствие этого, важно определить степень устойчивости породы, используемой для лесоразведения, на различных стадиях роста, в том числе, на ранних этапах развития.

Целью данной работы являлось оценить влияние ионов тяжелых металлов (Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+}) на массу, длину и соотношение этих параметров надземных частей к корням проростков робинии лжеакация, выращенных в условиях, моделирующих техногенное загрязнение ионами тяжелых металлов в концентрациях до и немного выше рекомендованных ПДК химических веществ в почве [1].

Всхожесть варьировалась от 57 % до 90 %, но не было выявлено каких-либо закономерностей зависимости всхожести от концентрации веществ. По результатам сравнения общей длины и общей массы проростков значительных различий и закономерностей между всеми группами не наблюдается. Было обнаружено, что наибольшие изменения соотношения длины зеленой надземной части к корню выявились при Cu^{2+} при 0,1хПДК. На графике «Соотношение массы зелени к корню» видно, что в контрольной группе без ионов тяжелых металлов прослеживается наибольшее различие между массами зеленой части и корня проростков. Так же, как и в сравнительном анализе общей длины и общей массы, в графиках соотношений не прослеживается общая закономерность и значительные различия между исследуемыми группами.

Таким образом, можно говорить об отсутствии значимых различий в показателях под действие ионов тяжелых металлов от 0,1хПДК до 1,5хПДК.



Графики значений полученных проростков робинии псевдоакация на 15 день после посадки

Ионы Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} и Co^{2+} в концентрациях до или немного выше рекомендованных ПДК химических веществ в почве (0,1хПДК, 0,25хПДК, 1хПДК, 1,5хПДК) не оказывают существенного негативного влияния на рост и развитие проростков *Robinia pseudoacacia*. Это позволяет предполагать, что незначительное превышение ПДК исследуемых соединений можно считать безопасным для ранних этапов развития робинии псевдоакация.

Литература

1. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06: Федеральным законом N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»: [утверждён Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации принят 19 января 2006]. – Доступ из справ.-правовой системы МЕГАНОРМ. – Текст: электронный.

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. В. Г. Зайцев.

Идентификация биологически активных веществ в дерезе обыкновенной

Р. Р. Муратшина

Южно-уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск

В последнее время из лекарственных растений наибольший интерес привлекают ягоды годжи. Его рекомендуют как полезный продукт, способствующий долголетию, отличное лекарственное средство для излечения многих заболеваний. Но в современном мире в связи с проблемами лишнего веса люди употребляют ягоды годжи как средство для похудения, так как он ускоряет метаболизм. Ягоды, многим известные как годжи, являются плодами травянистого растения дереза обыкновенная.

Действительно, дереза обыкновенная, или ягоды годжи, является растением, содержащим богатейший комплекс различных биологически активных веществ. Это растение, плоды которого являются лекарственным сырьем, в то же время достаточно активно используется в пищевой промышленности. В медицинских целях используют высушенные плоды дерезы, проявляющие антиоксидантные, тонизирующие, общеукрепляющие и противомикробные свойства, обусловленные присутствием в составе флавоноидов, антоцианов, дубильных веществ и органических кислот [2].

Целью работы является определение биологически активных веществ в плодах дерезы обыкновенной.

Нами был произведен анализ биологически активных веществ, содержащихся в плодах и листьях данного растения, экспериментально проведено выделение и количественное определение биологических активных веществ, таких как аскорбиновая кислота, каротиноиды, рутин и флавоноиды в ягодах дерезы обыкновенной.

Аскорбиновая кислота (витамин С), каротиноиды, рутин и флавоноиды обеспечивают прямую защиту белков, жиров, ДНК и РНК клеток от повреждающего действия свободных радикалов, которые часто образуются в клетках в процессе жизнедеятельности. Следовательно, ягоды годжи являются стимуляторами антиоксидантной активности организма.

Для извлечения биологически активных веществ использовали высушенное растительное сырьё. При определении каротиноидов использовали растворитель – гексан. Для определения аскорбиновой кислоты и рутина использовалась водная вытяжка. Извлечение флавоноидов из листьев проводили путем однократной экстракции этанолом (70 %) при нагревании.

Определение количественного содержания аскорбиновой кислоты проводилось обратным йодометрическим титрованием. Для количественного определения содержания флавоноидов был использован метод дифференциальной спектрофотометрии, основанный на способности флавоноидов образовывать окрашенные хелатные комплексы со спиртовым раствором (95 %) хлорида алюминия. Определение количественного содержания рутина в экстракте ягод проводилось методом редоксиметрии. Данный метод основан на окислительно-восстановительных реакциях, которые протекают между ионом перманганата и рутином. Количественное определение содержания каротиноидов проводилось фотометрическим методом. Метод основан на способности вещества поглощать электромагнитное излучение оптического диапазона [2].

Общее содержание биологически активных веществ в растительном экстракте составило: аскорбиновая кислота-5,1 %, каротиноиды- 1,03 %, рутин-0,64 %, флавоноиды-0,57 %.

Общее содержание флавоноидов определялось как в ягодах, так и в листьях. Суммарное содержание флавоноидов составило в листьях – 10,46 %, в ягодах – 0,57 %. Соответственно, листья обладают большей антиоксидантной активностью, что связано с наличием флавоноидов, которые имеют мощное антиоксидантное действие.

Таким образом, дереза обыкновенная обладает высокими показателями антиоксидантной активности, то есть способна блокировать вредное воздействие свободных радикалов и, соответственно, защищать организм человека от многих опасных заболеваний.

Литература

- 1.Абдуллин, И.Ф. Органические антиоксиданты как объекты анализа [Текст] / И.Ф. Абдуллин, Е.Н. Турова, Г.К. Будников // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2001. – Т. 67, № 6. – С. 3–13.
- 2.Варданян Л.Р. Антиоксидантная активность листьев и ягод годжи (дереза обыкновенная) [Текст] / Л.Р. Варданян, С.А. Айрапетян, Р.З. Варданян и др. // Химия растительного сырья. – 2016. – № 3. – с. 41-47.

Научный руководитель – канд. пед. наук, доц. Н. М. Лисун.

Биотестирование природных вод по всходам салата и редиса

Н. С. Соколов, А. А. Неверова, Т. О. Ерченко

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск

Методы биологического контроля загрязнения различных сред зарекомендовали себя как относительно надежные, довольно недорогие, а главное – позволяющие получить информацию о влиянии тех или иных факторов непосредственно на биологические объекты. Одним из его направлений является биотестирование природных вод по культурным растениям.

Вместе с тем, важными этапами при проведении биологического контроля выступает подбор тест-объектов (организмов-индикаторов), обладающих достаточной чувствительностью к необходимому параметру.

Целью данной работы стало биотестирование природных вод двух рек, протекающих по территории города Новосибирска: Оби и Ельцовки-1 по всходам салата (*Latuca sativa L.*, сорт Лолло Росса) и редиса (*Raphanus sativus*, сорт Ранний красный).

Растения высеяны в индивидуальные горшочки (по 10 повторностей) в почвогрунт «Универсальный GardenStar», продолжительность эксперимента – 4 недели. В качестве биоиндикационных показателей выбраны всхожесть и длина ростков. В контроле растения поливались отстоянной водопроводной водой, в опыте – тестируемой водой из вышеназванных рек.

Результаты всхожести семян и измерения длины проростков при биотестировании вод рек Обь и Ельцовка-1

Тест-организм	р. Обь	р. Ельцовка
Салат (всхожесть семян %, опыт/контроль)	80/50	58/78
Редис (всхожесть семян %, опыт/контроль)	83/65	48/45
Салат (длина ростков, см, опыт/контроль)	2,09±0,21/1,2±0,21*	3,18±0,5/4,44±0,43
Редис (длина ростков, см, опыт/контроль)	8,14±0,72/5,51± 0,75	3,85±0,7/2,64±0,56

* Первая неделя.

Как видно из приведенной таблицы, природные воды оказывают определенное влияние на всхожесть семян и скорость роста салата и редиса. Воды реки Обь оказывают стимулирующее воздействие на всхожесть и рост обоих растений-индикаторов.

Воды Ельцовки-1 дают незначительный обратный эффект при тестировании по всхожести на салате и никак не влияют на всхожесть редиса. Аналогичная ситуация наблюдается и с параметром «длина ростков»: для салата она незначительно выше в контроле, для редиса – в опыте.

Представляется вероятным что эффект стимуляции всхожести и роста при поливе природными водами (из р. Обь) происходит по причине содержания в ней ряда биогенных элементов и микроэлементов. Вместе с тем, вода в реке Обь оценивается в большинстве створов как «грязная», в ряде створов – как «загрязненная»; в реке Ельцовка-1 как «очень грязная».

Полученный результат представляется интересным; в дальнейшем исследовании необходимо расширить в плане поиска чувствительных организмов- индикаторов, а при их отборе – увеличить охват биологическим контролем водоемов урбанизированных территорий.

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. М. А. Бучельников.

Этиология корневой гнили на вигне в условиях защищенного грунта

А. А. Никифорова

Новосибирский государственный аграрный университет

Вигна, или спаржевая вигна, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., – новая для России теплолюбивая овощная культура, широко выращиваемая в настоящее время во многих странах мира. *Vigna sinensis* относительно «устойчива к высоким температурам, засухе, вредителям и болезням» [1]. Тем не менее, увеличение масштабов производства, монокультура, «освоение» новых регионов для выращивания вигны естественным образом ставят вопрос изучения пораженности растений и потерь продукции от возбудителей болезней.

Одно из самых вредоносных и мало изученных заболеваний в мире – корневая гниль. Это заболевание корней и прикорневой части стеблей, распространена во всех районах возделывания зернобобовых культур в период их вегетации. Листья пораженных растений желтеют, скручиваются, засыхают и опадают. Сильно ослабленные растения погибают, а более устойчивые отстают в росте. В связи с тем, что корневая система это не только орган поглощения, но и орган, где осуществляется синтез сложных органических соединений, поражение корневой гнилью оказывает прямое влияние на формирование надземной части растений [2].

Цель работы – изучение распространенности, развития и этиологии корневой гнили на новой для России овощной культуре вигне.

Условия проведения исследования. Исследования проводились в условиях весенне-летней пленочной теплицы Центрального сибирского ботанического сада СО РАН в 2021–2022 гг. Лабораторные эксперименты проводили в лаборатории фитосанитарной диагностики и прогноза Новосибирского государственного аграрного университета.

Материалом исследований служила вигна сорта Сибирский Размер (*Vigna Savi*), включенная в Госреестр Российской Федерации для выращивания в личных подсобных хозяйствах.

Методы исследования. Для оценки развития корневой гнили дифференцировано по органам пользовались шкалой В. А. Чулкиной [4]. Этиологию корневой гнили определяли методом микологического анализа на питательной среде Чапека в 5 кратной повторности. Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа [5], с использованием пакета программ SNEDECOR [6].

Результаты исследований. Распространенность корневой гнили составляла: в фазу всходов на основании растения – 0,0 %, на боковых корнях – 60,0 %, на главном корне – 100 %, в фазы цветения-плодоношения и полной спелости вигны распространённость заболевания составляла 100 % на каждом исследуемом органе. Результаты исследований показали, что корневые гнили распространялись от главного корня к боковым на фазе всходов, а позже заболевание переходило на основание растений. Это подтвердил статистический анализ. Оценка развития корневой гнили показала, что заболевание начинало развиваться на фазе всходов, а к фазе полной спелости достигало 100 % на главном корне и основании растения и 75 % на боковых корнях.

Корневые гнили имели грибную и бактериальную этиологию. Результаты микологического анализа показали, что подземные органы вигны были контаминированы 7 родами патогенных и условно патогенных микромицетов (грибами рода: *Fusarium* spp.; *Penicillium* spp.; *Cladosporium* spp. и грибы *Botrytis cinerea* Pers., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Aspergillus niger* Tiegh., *Mucor mucedo* Sowerby), а также бактериями. Грибы рода *Fusarium* занимали доминирующее положение в патогенном комплексе. Гриб *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary поражала растения вигны в фазу цветения-плодоношения в высокой степени, к фазе полной степени растения погибали, корневая система отмирала, в связи с этим при учете растений в фазу полной спелости не было зафиксировано растений с этим возбудителем. На боковых корнях вигны выявлялся в значительном количестве бактериоз (90 %).

Таким образом, корневые гнили на вигне в защищенном грунте широко распространены и опасны. Болезнь поражает центральный, боковые корни и основание растения. Критической фенофазой считается фаза всходов – отрастания вигны. Доминирующее положение в патогенном комплексе занимают грибы рода *Fusarium*. При поражении возбудителем белой гнили часто растения не доживают до фазы полной спелости и погибают в фазу цветения. Для профилактики заболевания следует проводить оздоровление почвы и посевного материала.

Литература

1. Никифорова А.А. Болезни семян вигны в условиях юга западной Сибири [Электронный ресурс] / Никифорова А.А., Казакова О.А., Фотев Ю.В. // АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ. – 2022. – №25. – с. 64-85.
2. Котова Вера Васильевна. Корневые гнили гороха и вики и меры защиты / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений, 2011 г., с. 144
3. Чулкина В.А. Агротехнический метод защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Ю.И. Чулкин, Г.Я. Стецов. – М.: ИВЦ Маркетинг, ЮКЭА, 2000. – 336 с.+
4. Доспехов Б.А. Методика опытного дела / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 335 с.
5. Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере // О.Д. Сорокин. – Краснообск, ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222с.

Научные руководители – канд. биол. наук, доц. О. А. Казакова, канд. сел.-хоз. наук Ю. В. Фотев.

Роль гена цитоплазматической супероксидсмутазы в формировании признаков приспособленности *Drosophila melanogaster* в условиях токсической нагрузки полиэтиленерефталата

А. Р. Сайфутдинова

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Институт фундаментальной медицины и биологии

В экосистемы попадает большое количество пластиковых отходов, которые, деградируя до фрагментов размером менее 5 мм (микропластик, МП), загрязняют окружающую среду [4]. Частицы МП, как было неоднократно показано, перемещаются по экосистемам трофическим переносом, онтогенным переносом, а также в результате прямого проглатывания [1-3]. Живые организмы, поглощая частицы МП, подвергаются их негативному влиянию на приспособленность. Например, в исследованиях на амфибиях *Physalaemus cuvieri* было показано, что среди эффектов МП из полиэтилена частицы накапливались в печени, кишечнике, жабрах, а также вызывали структурные изменения ядер гепатоцитов и эритроцитов [3].

D. melanogaster – удобная тест-система для изучения токсичности различных веществ и факторов окружающей среды, поскольку у этого организма есть генетические и онтогенетические особенности, делающие его универсальным биообъектом [5]. Поэтому целью данной работы является оценка влияния микрочастиц полиэтиленерефталата (ПЭТ) на признаки приспособленности и поведение *D. melanogaster*.

В работе использовали линию дрозофил дикого типа *Canton-S* и линию *Sod¹* – гетерозигота с мутацией в гене цитоплазматической супероксидсмутазы (генотип линии: *Sod¹red¹/TM3,Sb¹Ser¹*). Мух культивировали на стандартной сахарно-дрожжевой среде в термостате при температуре 25°С и световом режиме 12/12. В исследовании использовались микрочастицы полиэтиленерефталата (ПЭТ) размером 0.1 мм в концентрациях 0.02 г и 0.04 г на 1 мл питательной среды. Контрольная группа была выращена на среде без добавления ПЭТ. Потенциально токсичное действие ПЭТ изучали по изменению параметров приспособленности: частота гибели на эмбриональной и постэмбриональной стадиях развития, жизнеспособность на стадии имаго и плодовитость. Результаты были обработаны в программе GraphPad Prism 6.0.

Культивирование мутантов *Sod¹* на стадии личинок на среде с добавлением микрочастиц ПЭТ в концентрации 0.04 г/мл приводит к достоверному снижению жизнеспособности самок на 50 % и самцов на 40 % по сравнению с контрольной группой ($p < 0.05$). Эмбриональная гибель составила 53 %, 44 % и 57 % в контрольной группе и в группах, получавших ПЭТ в дозах 0.02 г/мл и 0.04 г/мл, соответственно.

При сравнении данных, полученных на дрозофилах дикого типа *Canton-S* с мутантами по гену *Sod¹*, было показано, что в контрольной группе у мутантных самок жизнеспособность относительно дикого типа снизилась на 8 %; а у самцов на 18 %. В опытной группе, получавшей ПЭТ в дозе 0.02 г/мл, жизнеспособность мутантных самок и самцов по сравнению с диким типом снизилась на 48 % и 15 % соответственно. В группе мутантов *Sod¹* по сравнению с группой дикого типа, получавших ПЭТ в дозе 0.04 г/мл, не было обнаружено статистически значимого снижения жизнеспособности. Выявлено, что по сравнению с диким типом у мутантов *Sod¹* наблюдается достоверное увеличение эмбриональной гибели в контрольной группе на 46 %; а в группах, получавших ПЭТ в дозах 0.02 г/мл и 0.04 г/мл – 37 % и 48 % соответственно.

Таким образом, показано, что и особи дикого типа и особи, мутантные по гену *Sod¹*, подвергаются токсическому эффекту, вызванному микрочастицами ПЭТ. При этом особи, мутантные по гену *Sod¹*, являются более чувствительными к действию фактора МП.

Литература

1. Al-Jaibachi R., Cuthbert R. N., Callaghan A. Up and away: ontogenic transference as a pathway for aerial dispersal of microplastics //Biology Letters. – 2018. – Т. 14. – №. 9. – С. 20180479.
2. Athey S. N. et al. Trophic transfer of microplastics in an estuarine food chain and the effects of a sorbed legacy pollutant //Limnology and Oceanography Letters. – 2020. – Т. 5. – №. 1. – С. 154-162.
3. Costa Araújo A. P. et al. How much are microplastics harmful to the health of amphibians? A study with pristine polyethylene microplastics and *Physalaemus cuvieri* //Journal of hazardous materials. – 2020. – Т. 382. – С. 121066.
4. Thompson R. C. et al. Lost at sea: where is all the plastic? //Science. – 2004. – Т. 304. – №. 5672. – С. 838-838
5. Rand M. D. Drosophotoxycology: the growing potential for *Drosophila* in neurotoxicology //Neurotoxicology and teratology. – 2010. – Т. 32. – №. 1. – С. 74-83.

Научный руководитель – канд. биол. наук, ст. преп. В. В. Костенко.

Проблематика гармонизации экосистемы дворового пространства

Ю. О. Лесотова, П. С. Эптешева

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

В данной работе рассматривается проблематика благоустройства дворовых территорий многоквартирных жилых домов массовой серийной застройки. В силу тенденции к уплотнению застройки и обезличиванию архитектурной составляющей в крупных жилых массивах на периферии города, происходит снижение комфортности и экосистемы дворового пространства, что влияет на физическое и психологическое здоровье населения.

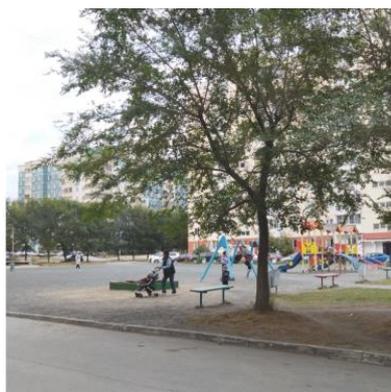
Целью исследования является изучение возможных способов решения поставленной проблемы, в большей степени через озеленение дворовых территорий сверх расчетных показателей.

В ходе изучения проблематики, были использованы следующие методы:

1. Комплексный анализ придомовой территории, выбранного для исследования двора.
2. Изучение нормативной документации по благоустройству территории.
3. Разработка проекта по благоустройству придомовой территории многоквартирного жилого дома.



сцена расположена близко к проезжей части, деревья не защищают её от ветра и шума дороги



детская площадка имеет жёсткое покрытие, также у неё нет ограждения от проезжей части



площадка не имеет ограждения от машин, которое не позволило машинам заезжать на газон

Актуальное состояние дворового пространства

В данной работе освещаются такие темы, как: грязный воздух как основная проблема больших городов, большая запылённость и отсутствие зелени из-за плотной застройки; рекреационные зоны в мегаполисах, увеличение их количества за счёт дворовых пространств; благоустройство дворовых территорий, и как оно влияет на психологическое и физическое здоровье человека; озеленение дворовых территорий, изучение растений, выявление самых эффективных по очистке воздуха; пример благоустройства двора в городе Новосибирск (МЖК «Восточный»).

Литература

1. Фомина Э. В. «Гармонизация жилых дворовых пространств современного города средствами дизайна (на примере г. Тольятти)»-Тольятти, 2021-24.
2. Трубникова И. С. «Ландшафтно-градостроительный принципы формирования дворовых пространств различных морфотипов на примере г. Красноярск»- Красноярск, 2020-6.
3. Курбатова А. С. Экология города / А. С. Курбатова, В. Н. Башкин, Н. С. Касимов. – М. : Науч. мир, 2004. – 624 с.

Научный руководитель – ст. преп. Ю. О. Лесотова.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И КАТАЛИЗА. ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

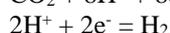
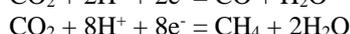
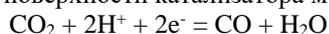
Фотокаталитическое восстановление CO₂ в присутствии композитных материалов на основе TiO₂ и g-C₃N₄

Р. Ф. Алексеев

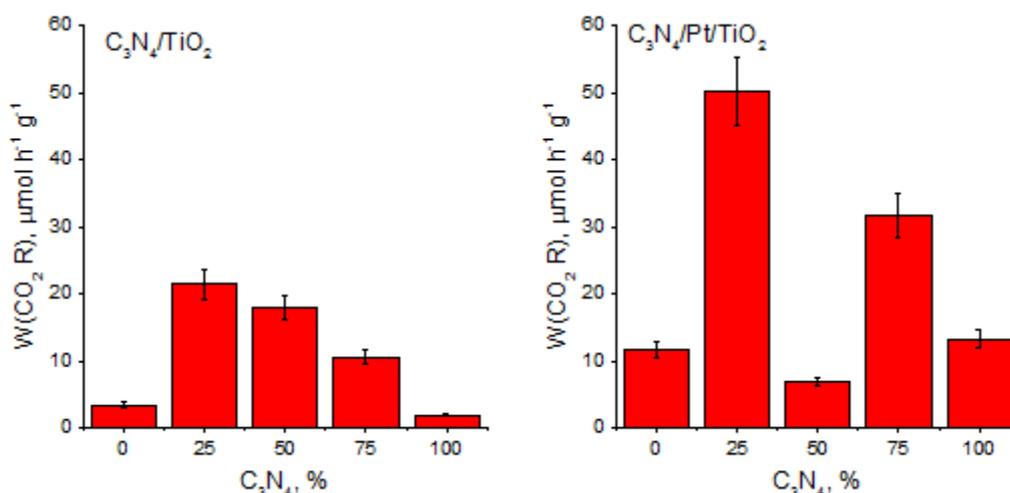
Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

В настоящее время проблема роста выбросов парниковых газов становится всё более острой, в связи с чем их утилизация является темой многих исследований. При этом особое внимание уделяется утилизации углекислого газа. Одним из наиболее многообещающих подходов к данному процессу является фотокаталитическое превращение CO₂ в более реакционноспособные вещества, такие как CO и CH₄ [1]. Помимо того, что эта технология позволяет уменьшить количество CO₂ в атмосфере, органические продукты типа метана могут быть превращены в топливо или другие ценные органические вещества. Также стоит отметить, что этот процесс проходит с использованием возобновляемых ресурсов: света, углекислого газа и воды.

Целью данной работы являлось исследование активности различных композитных фотокатализаторов на основе диоксида титана и графитоподобного нитрида углерода g-C₃N₄ в реакции фотокаталитического восстановления CO₂ в присутствии паров воды при облучении светом с длиной волны 400 нм. В такой системе на поверхности катализатора могут протекать следующие процессы [2]:



Анализ продуктов реакции проводился на газовом хроматографе в течение пяти часов. Во всех экспериментах основными наблюдаемыми продуктами были CO и CH₄, водород был обнаружен в пренебрежимо малых количествах. Результаты обработки полученных данных представлены на рисунке.



Активность в восстановлении CO₂ в присутствии композитных фотокатализаторов C₃N₄/TiO₂ и C₃N₄/Pt/TiO₂

Самая большая скорость восстановления углекислого газа, равная 50,3 мкмоль/(ч·г_{кат}) наблюдалась в случае использования катализатора с нанесенной платиной (1 %) и соотношением TiO₂:C₃N₄ = 75:25. При этом без использования платины максимальная скорость восстановления составила 21,4 мкмоль/(ч·г_{кат}).

Также на рисунке можно видеть положительный эффект от создания полупроводниковых гетероструктур, приводящий к увеличению скорости восстановления в сравнении с однофазными фотокатализаторами. Кроме того, показано, что варьирование массовых долей компонентов оказывает непосредственное влияние на эффективность в изучаемой реакции.

Литература

1. Е. А. Козлова, М. Н. Люлюкин, Д. В. Козлов, В. Н. Пармон. Полупроводниковые фотокатализаторы и механизмы восстановления углекислого газа и фиксации молекулярного азота под действием излучения УФ- и видимого диапазона // Успехи химии. – 2021. – Том 90. – № 12. – стр. 1520-1543.
2. А. А. Saraev, А. Yu. Kurenkova, Е. Yu. Gerasimov, Е. А. Kozlova. Broadening the Action Spectrum of TiO₂-Based Photocatalysts to Visible Region by Substituting Platinum with Copper // Nanomaterials. – 2022. – V. 12. – № 9. – P. 1584.

Научный руководитель – д-р хим. наук, проф. РАН Е. А. Козлова.

Изучение способов активации кобальтсодержащих оксидных систем в реакционной среде каталитических процессов дегидрирования борсодержащих гидридов

В. Р. Бутенко

Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Перспективной альтернативой ископаемым углеродным энергоносителям может стать внедрение водородной энергетики, однако это требует разработки экономически эффективных и безопасных систем хранения и генерации H_2 . Борсодержащие гидридные соединения (БГС) отличаются высокими содержаниями H_2 , что делает их многообещающими материалами для мобильных приложений на основе низкотемпературных топливных элементов с протонообменной мембраной (ТЭ ПОМ). Среди них, лидером по изученности и практическому применению является боргидрид натрия ($NaBH_4$, БГН, 10,8 мас. % Н). Особое внимание уделяют амминборану (NH_3BH_3 , АБ, 19,6 мас. % Н) и его производному – этилендиаминбисборану ($(CH_2NH_2BH_3)_2$, ЭДББ, 16,3 мас. % Н), ввиду устойчивости к влаге воздуха. Несмотря на малую исследованность ЭДББ, было показано, что его использование позволяет повысить чистоту выделяемого H_2 из АБ, избегая выделения примесей NH_3 (яд для ТЭ ПОМ).

Процесс каталитического гидролиза БГС позволяет получить H_2 с высокой скоростью при температурах окружающей среды, однако добавление воды и катализатора приводит к снижению показателя гравиметрической емкости системы по H_2 ($W_m < 1$ мас. %). Термолиз гидридов позволяет достичь гораздо более значительных значений ($W_m \approx 6$ мас. %), но требует больших температур (≥ 100 °С). Гидротермолиз как комбинация данных процессов пока изучен только в случае АБ [1]. Он более эффективен по соотношению скорости генерации H_2 и показателя $W_m \approx 7$ мас. % при температурах нагрева ≤ 90 °С (температура работы ТЭ ПОМ). Исследование закономерностей процесса каталитического гидролиза БГС является необходимой стадией при создании высокоэффективных процессов их гидротермолиза.

Использование оксидов переходных металлов позволяет получать стабильные твердые композиции с гидридом. Их активность в гидролизе и гидротермолизе БГС основана на образовании нанодисперсных металлов и их боридов непосредственно в реакционной среде [1, 2]. Такой *in situ* формирующийся компонент более активен, чем *ex situ* восстановленный катализатор. Объектами данной работы являются каталитические системы на основе Co_3O_4 . Известно, что применение этого оксида осложняется наличием длительного индукционного периода (ИП), обусловленного его медленным *in situ* восстановлением до Co_x , особенно в среде АБ и ЭДББ (более слабые восстановители, чем БГН) [2]. Анализ литературы показывает необходимость разработки водородгенерирующих систем без ИП с высокой скоростью генерации H_2 при температурах ≤ 90 °С. Таким образом, цель данной работы – улучшение эффективности кобальтсодержащих оксидных систем в процессах дегидрирования БГС.

Катализаторы готовили методом термического разложения $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ в присутствии Co_3O_4 , а также методами горения. Показано, что увеличение скорости восстановления Co в составе оксида в реакционной среде гидролиза АБ возможно при использовании CoO вместо Co_3O_4 , что связано с более легким процессом восстановления $Co(III)$ до каталитически активной фазы. С уменьшением соотношения $Co(III)/Co(II)$ на поверхности оксида после прокалывания при 700 °С связано увеличение его активности в реакции гидролиза БГН. С другой стороны, установлено, что введение CuO в состав катализатора значительно увеличивает скорость процессов гидролиза всех исследуемых БГС. Так, введение всего 10 мас. % CuO к Co_3O_4 позволило практически избавиться от ИП на кривых генерации H_2 при гидролизе АБ, запустить процесс выделения H_2 с высокой скоростью из АБ и ЭДББ. При этом удельная активность катализаторов, отнесенная на суммарное количество молей Cu и Co в реакционной среде, существенно превышает активность индивидуальных оксидных фаз. Полагаем, что полученные результаты согласуются с высказанным в [3] предположением, что наблюдаемый эффект можно связать с более легким процессом восстановления меди, по сравнению с кобальтом. По-видимому, формирующиеся в реакционной среде гидридные $Cu-H$ центры на поверхности катализатора ускоряют восстановление кобальта, входящего в состав катализатора, и защищают активный компонент от окисления в ходе реакции. Без меди катализатор на основе CoO теряет активность при хранении. Установлено, что формирование фазы смешанного оксида $Cu_{1-x}Co_{2+x}O_4$ является более перспективным способом получения активной оксидной композиции для процессов гидролиза исследуемых БГС. Полученные в гидролизе АБ и ЭДББ закономерности подтвердились и в процессе их гидротермолиза.

Литература

1. Komova, O.V., Odegova G.V. Copper–iron mixed oxide catalyst precursors prepared by glycine-nitrate combustion method for ammonia borane dehydrogenation processes // Int. J. Hydrogen Energy. – 2019. – V 44. – №44. – P. 24277–24291
 2. Simagina V.I., Komova O.V. Cobalt oxide catalyst for hydrolysis of sodium borohydride and ammonia borane // Appl. Catal. A: Gen. – 2011. – V 394. – №1-2. – P. 86-92
 3. Wang C., Zhao J. Hydrogen production from ammonia borane hydrolysis catalyzed by non-noble metal-based materials: a review // J. Mater. Sci. – 2021. – V 56. – P. 2856-2878
- Научный руководитель – канд. хим. наук О. В. Комова

Способы управления морфологией, активностью и устойчивостью к деградации платиносодержащих электрокатализаторов

К. О. Паперж

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Электрокатализаторы являются одними из основных компонентов водородовоздушных топливных элементов. Именно они обеспечивают реализацию токообразующих реакций: окисление H_2 и восстановление O_2 (РВК) [1]. Катализаторы – наночастицы (НЧ) платины, нанесенные и распределенные по поверхности высокодисперсного, как правило, углеродного носителя. Функциональными параметрами катализаторов являются площадь электрохимически активной поверхности (ЭХАП), активность в РВК и устойчивость к деградации. Эти характеристики непосредственно зависят от формы, размера и особенностей распределения наночастиц по поверхности подложки [1, 2]. Поэтому разработка новых методов получения платиноуглеродных катализаторов с возможностью управления их структурой и способов исследования ее во время синтеза и тестирования являются актуальной задачей. В ходе синтеза на процессы нуклеации/роста НЧ платины влияют температура, рН, облучение и атмосфера реакционной среды, а также продолжительность их воздействия. Ультрафиолетовое излучение несет в себе энергетическую составляющую, способную активировать дополнительные центры сорбции/нуклеации наночастиц платины на поверхности частиц углеродного носителя [2], а молекулы монооксида углерода могут выступать в роли пассиватора в процессе роста наночастиц платины [3]. Оба фактора способны влиять на средний размер наночастиц платины и их размерное и пространственное распределения.

Жидкофазными методами синтеза с использованием в качестве восстановителя формальдегида без (Ф), под УФ облучением (Ф-УФ) и в атмосфере СО (Ф-СО) были получены материалы с массовой долей платины около 20 % и средним размером наночастиц от 1.8 до 2.4 нм. Коммерческий аналог HiSPEC 3000 использовали в качестве образца сравнения.

Разработанными in-situ методами были исследованы процессы нуклеации/роста частиц, а также их размер и массовая доля. Оказалось, что при продувке реакционной смеси монооксидом углерода нуклеация гомогенная, а при облучении УФ – гетерогенная. Оценка пространственного распределения НЧ по поверхности носителя показала, что наибольшим числом агломератов и, следовательно, наименее равномерным распределением частиц характеризуются материалы Ф и HiSPEC 3000.

Дополнительные воздействия (УФ облучение и продувка СО) ведут к существенному уменьшению среднего размера частиц и, как следствие, к повышению функциональных характеристик по сравнению с катализаторами сравнения Ф и HiSPEC 3000. Значения ЭХАП полученных материалов на 30 % больше таковых коммерческого аналога. А их активность в РВК в 1.5 раза выше по сравнению с катализаторами Ф и HiSPEC 3000.

Стресс-тестирование в течение 20000 циклов в диапазоне потенциалов 0.6–1.0 В вызвало двукратную деградацию материалов Ф и HiSPEC 3000. А остаточные характеристики синтезированных при «включении» дополнительных воздействий образцов Ф-УФ и Ф-СО на 40 % больше таковых катализаторов сравнения. Данный результат указывает на их более высокую устойчивость к деградации и перспективность для использования в топливных элементах с протонообменной мембраной. А равномерность пространственного распределения наночастиц по поверхности углеродного носителя способна компенсировать малый размер частиц и даже повысить устойчивость катализатора к деградации.

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»).

Литература

1. I. Katsounaros, S. Cherevko, A. R. Zeradjanin, K. J. J. Mayrhofer. Oxygen Electrochemistry as a Cornerstone for Sustainable Energy Conversion // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2014. – Vol. 53. – P. 102–121.
2. K. Paperzh, A. Alekseenko, O. Safronenko, A. Nikulin, I. Pankov, V. Guterman. UV radiation effect on the microstructure and performance of electrocatalysts based on small Pt nanoparticles synthesized in the liquid phase // *Colloids Interface Sci. Commun.* – 2021. – Vol. 45. – № 100517.
3. A. A. Alekseenko, E. A. Ashihina, S. P. Shpanko, O. I. Safronenko, V. E. Guterman. Application of CO Atmosphere in the Liquid Phase Synthesis as a Universal Way to Control the Microstructure and Electrochemical Performance of Pt/C Electrocatalysts // *Appl. Catal., B: Environmental.* – 2018. – Vol. 226. – P. 608–615.

Научный руководитель – д-р хим. наук, проф. В. Е. Гутерман.

Исследование кинетики фотокаталитического разложения воды под воздействием излучения видимого света в присутствии биметаллических нанесенных фотокатализаторов на основе g-C₃N₄

Н. Д. Сидоренко

Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Уникальные свойства водорода позволяют считать его универсальным и наиболее экологически чистым источником энергии. С этой точки зрения разработка технологий для эффективного получения водорода является актуальной проблемой. В настоящее время было представлено множество работ, посвященных выделению водорода из водных растворов доноров электронов, однако особый интерес вызывают процессы полного разложения воды, которые не являются в достаточной мере эффективными, в то же самое время процессы полного разложения воды являются наиболее экологически чистыми и позволяют получать энергию из полностью возобновляемого сырья, что и обуславливает проблематику и актуальность данной работы. Согласно литературным данным, наиболее высокой активностью в получении кислорода из воды являются катализаторы с нанесенным иридием, а в получении водорода из воды – катализаторы с нанесенной платиной, что определяет выбор нанесенных компонентов на поверхность g-C₃N₄.

Целью данной работы является разработка новой системы на основе графитоподобного нитрида углерода с нанесенными металлами, а именно иридием и платиной, для разложения воды при воздействии видимого света. Для достижения данной цели была поставлена следующая задача: получить кинетические зависимости выделение водорода из чистой воды при воздействии видимого света в присутствии фотокатализатора с различным содержанием иридия. Были исследованы образцы, содержащие 0,01-0,5 % иридия и 0,5 % платины по массе, полученные пропиткой g-C₃N₄ растворимым комплексом иридия и гексахлороплатиновой кислотой с последующей сушкой и обработкой воздухом и водородом при 300°C.

Для осуществления поставленной задачи был использован следующий дизайн эксперимента: навеску катализатора массой 50 мг помещали в 20 мл воды и обрабатывали ультразвуком, после чего полученную смесь облучали диодом, максимум излучения которого приходится на 425 нм. Каждые 15 минут на протяжении полутора часов отбиралась газовая проба, которая анализировалась на газовом хроматографе, количество вещества определялось методом внешнего стандарта. Диаграмма количества вещества водорода, полученного в ходе экспериментов представлена на рисунке ниже.

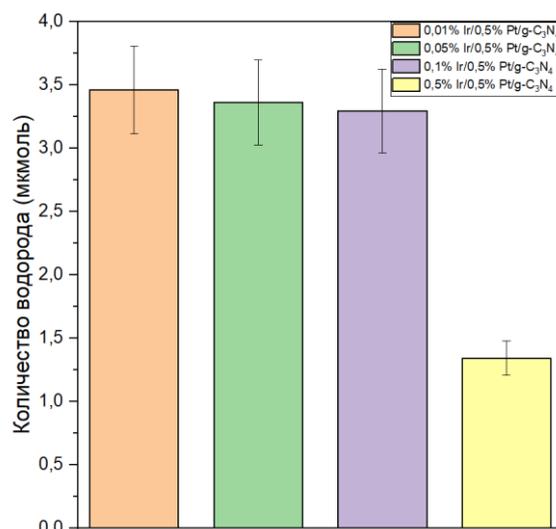


Диаграмма количеств вещества водорода

Были рассчитаны активности катализаторов, для образцов: 0.01 %Ir – 46, 0.05 %Ir – 44.8, 0.1 %Ir – 43.9, 0.5 %Ir – 17.9 мкмоль·г⁻¹·час⁻¹. Таким образом наибольшую активность показал катализатор состава 0.01 %Ir/0.5 %Pt/g-C₃N₄.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №21-13-00314

Литература

1. Е. А. Козлова, В.Н. Пармон Гетерогенные полупроводниковые фотокатализаторы процессов получения водорода из водных растворов доноров электронов // Успехи химии. – 2017. – Том 86. – No 9. – стр. 870-906.
2. P. Topchiyan, D. Vasilchenko, S. Tkachev, D. Sheven, I. Eltsov, I. Asanov, N. Sidorenko, A. Saraev, E. Gerasimov, A. Kurenkova, and E. Kozlova Highly Active Visible Light-Promoted Ir/g-C₃N₄ Photocatalysts for the Water Oxidation Reaction Prepared from a Halogen-Free Iridium Precursor // ACS Applied Materials & Interfaces 2022 14 (31), 35600-35612

Научный руководитель – д-р хим. наук. проф. РАН Е.А. Козлова.

Изучение свойств никельсодержащих катализаторов на основе модифицированного оксида церия-циркония для процесса утилизации парниковых газов в синтез-газ и водород

А. Хассан¹, В. Е. Федорова²

¹Новосибирский государственный университет

²Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Изменение климата происходит в глобальном масштабе из-за возрастающего использования природных запасов и, таким образом, разработка новых экологически чистых методов и систем для защиты окружающей среды становится перспективной областью исследований. В 2020 году Европейская комиссия предложила дорожную карту низкоуглеродной экономики с учетом изменения климата и перехода к ресурсосберегающей энергетике и сокращению выбросов парниковых газов (CH_4 и CO_2) на 80-95 % к 2050 году [1]. Утилизация CH_4 и CO_2 в рамках углеродно-нейтральной стратегии имеет промышленное и экологическое значение. Необходимо изучить новые методы замены ископаемого топлива, поскольку глобальный энергетический кризис создает серьезные экологические проблемы. В качестве замены может использоваться водород, который получают из широкого спектра источников и различными методами.

Углекислотная конверсия метана (УКМ) является одним из доступных методов утилизации парниковых газов ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) с получением синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$), который используют для нефтехимической промышленности, в частности, химического сырья для синтеза метанола, диметилового эфира, в процессе Фишера-Тропша и получения водорода для синтеза аммиака и для производства энергии с использованием топливных элементов [2].

УКМ – это высокоэндоэтермический каталитический процесс, сопровождающийся образованием различных форм углерода на поверхности катализатора, что приводит к дезактивации. Высокая стабильность и активность катализатора могут быть достигнуты за счет повышения стойкости к зауглероживанию. Катализаторы УКМ представляют собой различные оксиды с нанесенными на их поверхность ультрадисперсными частицами металлов. Катализаторы на основе благородных металлов, таких как Pt, Pd, Rh, Ru, обладают высоким потенциалом устойчивости к коксообразованию и высокой активностью, но не являются предпочтительными из-за ограниченной доступности и высокой цены [3].

Использование таких переходных металлов, как никель (Ni), близких по активности к благородным металлам, перспективно из-за низкой цены и большей доступности для внедрения катализаторов. Однако Ni катализаторы быстро дезактивируются в ходе реакции, происходит спекание металла и зауглероживание. Указанные недостатки Ni можно минимизировать, используя в качестве носителя оксиды с высокой кислородной подвижностью, которые улучшают активность и стабильность катализатора в окислительно-восстановительных условиях.

Целью работы является разработка высокоэффективного и недорогого Ni-содержащего катализатора на основе модифицированного оксида церия-циркония для процесса углекислотной конверсии метана.

Процесс УКМ был изучен на катализаторах двух катализаторах одинакового химического состава Ni/Ce_{0.75}Pr_{0.1}Zr_{0.15}O₂. Носитель получали оригинальным методом синтеза – с использованием проточной установки в сверхкритических условиях. Нанесение металла в количестве 5 вес. % осуществляли двумя способами – пропиткой по влагеомкости и «one-pot» методом, после этого системы прокаливали при 700 °С. Реакцию УКМ проводили в проточной установке в диапазоне температур 600 – 750 °С при времени контакта 10 мс. Катализаторы были охарактеризованы с использованием рентгенофазового анализа (РФА) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). С помощью каталитических экспериментов были изучены влияние метода введения Ni, времени контакта, температуры прокаливания на кинетические параметры реакции УКМ, а также возможность реактивации катализатора в окислительной среде. Также был проведен расчет кажущейся энергии активации (E_a) и порядка реакции.

Показано, что метод введения Ni влияет на активность катализатора. Нанесенный катализатор оказался несущественно активнее «one-pot» образца, при этом в ходе реакции катализатор быстро зауглероживался, что было показано методом ПЭМ. По данным РФА, носители представляют собой фазу кубического флюорита, в составе катализаторов также наблюдается фаза оксида никеля. Продемонстрировано, что активность «one-pot» катализатора незначительно снижается в течение 30 часов проведения реакции. Найдено, что с ростом времени контакта происходит увеличение активности катализатора. Значение кажущейся энергии активации составили 60±6 кДж/моль, было показан первый порядок по CH_4 и нулевой порядок по CO_2 , что согласуется с литературными данными. Самые высокие значения конверсии $\text{CH}_4 = 70,3\%$ и $\text{CO}_2 = 70\%$ наблюдаются при времени контакта 11.5 мс и T = 750 °С, что в аналогичных условиях превышает по активности лучшие мировые аналоги.

Литература

1. Т. Г. Гросс. Политика низкоуглеродной экономики в Польше: пример влияния европеизации. Равновесие. Ежеквартальный журнал экономики и экономической политики, 2011, 6(1), 9-39.
2. Т. В. Чоудхари и В. Р. Чоудхари. Энергоэффективное производство синтез-газа с помощью каталитических реакций кислородно-метанового риформинга. Международное издание Angewandte Chemie, 2008, 47(10), 1828-1847.
3. М. Усман, У. Дауд и Х. Ф. Аббас. Углекислотная конверсия метана: Влияние параметров процесса — Обзор. Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики, 2015, 45, 710-744.

Научный руководитель – канд. хим. наук М. Н. Симонов.

Синтез и исследование композиционных материалов на основе ионных жидкостей – органических хемосорбентов углекислого газа

А. Ж. Шешковас

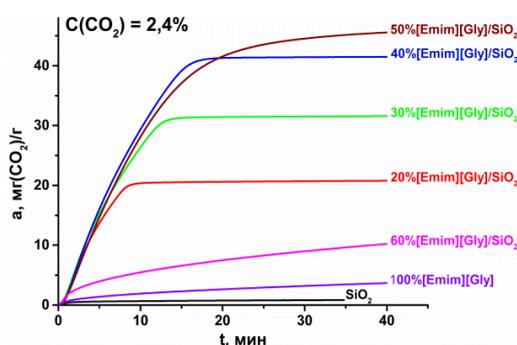
*Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск
Новосибирский государственный университет*

В последние годы всё больше внимания уделяется концентрированию углекислого газа и уменьшению углеродного следа в целом. Такой интерес связан, в первую очередь, с увеличением потребления углеродсодержащего сырья, и, как следствие, повышением концентрации CO_2 в атмосфере, что пагубно влияет на экологию и здоровье человека. Перспективными абсорбентами углекислого газа являются ионные жидкости (ИЖ), для которых характерны такие свойства, как нелетучесть, высокая сорбционная емкость и термическая стабильность. Главным недостатком ИЖ, вступающих в химическое взаимодействие с CO_2 , является их высокая вязкость, способствующая снижению скорости поглощения CO_2 . Один из способов улучшения динамики хемосорбции – диспергирование ИЖ в порах носителей с развитой внутренней поверхностью.

В качестве объекта исследования были выбраны композиты на основе ИЖ с одним и тем же катионом – 1-этил-3-метилимидазолием ([Emim]) и анионами 3 различных органических кислот – глицина, аланина и уксусной кислоты ([Gly], [Ala] и [Ac]). В качестве носителей использовались материалы с различной химией поверхности и пористой структурой: силикагель, активированный уголь и др. Целью работы было изучение зависимости сорбционных характеристик полученных композитных материалов от выбора носителя, массового содержания ИЖ и условий эксперимента.

Композитные сорбенты готовили методом пропитки пористой матрицы по избытку спиртовым раствором ИЖ с заданной концентрацией. Сушку материала проводили сначала в термошкафу при температуре 50°C , а затем при 100°C в токе гелия. Измерение сорбционных и термических характеристик для полученных композитных материалов, а также исходных носителей и ИЖ проводили методами термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Сорбционную емкость материалов определяли при температуре 30°C с использованием газовых смесей CO_2 и He, содержащих 2,4 или 15 об. % углекислого газа.

При проведении исследования было выявлено, что самую высокую сорбционную ёмкость показали композиты на основе [Emim][Gly], диспергированные на матрице мезопористого SiO_2 . При диспергировании ИЖ в микропорах активированного угля значения сорбционной емкости значительно ниже, возможно, из-за эффекта блокировки пор носителя.



Кинетические кривые сорбции CO_2 для композитных сорбентов на основе SiO_2 с разным содержанием [Emim][Gly]

На рисунке видно, что диспергирование ИЖ в порах силикагеля приводит к значительному ускорению сорбции CO_2 по сравнению с чистой ИЖ. Увеличение содержания ИЖ от 20 % до 50 % приводит к повышению динамической сорбционной ёмкости по CO_2 , однако при этом происходит замедление самого процесса сорбции. При увеличении содержания ИЖ до 60 % динамическая сорбционная емкость резко снижается, и видно, что система не достигает стационарного значения величины сорбции за время эксперимента. По всей видимости, происходит блокировка пор избыточным количеством активного компонента, и реакция замедляется из-за образующегося на поверхности слоя вязкой жидкости. Данные предположения подтверждаются микрофотографиями SEM и DFSTEM.

Было показано, что повышение концентрации CO_2 с 2,4 до 15 об. % привело к понижению значений теплоты сорбции и увеличению динамической ёмкости и скорости сорбции. Например, для материала 50 % [Emim][Gly]/ SiO_2 значения теплоты сорбции изменились с 87,7 до 83,6 кДж/моль, сорбционной ёмкости – с 45,4 мг/г до 58,1 мг/г.

Научный руководитель – канд. хим. наук Ж. В. Веселовская.

Исследование стабильности фотокатализаторов на основе диоксида титана, модифицированного соединениями меди, для получения водорода под действием излучения УФ- и видимого диапазона

А. Ю. Яковлева

Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск

Использование водорода в качестве источника энергии позволяет решить важные экологические проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды. В настоящее время водород получают различными способами, однако эти способы зачастую являются энергетически затратными и не всегда являются экологически чистыми. Фотокаталитическое получение водорода под действием солнечного света является перспективным направлением водородной энергетики, с точки зрения возобновляемых источников энергии, которое позволяет получать «зеленый» водород под действием света из растворов органических соединений и воды [1].

Целью данной работы является исследование стабильности и причин дезактивации фотокатализаторов на основе диоксида титана. Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи, такие как исследование стабильности фотокатализаторов в циклических экспериментах, установление зависимости активности фотокатализаторов от концентрации жертвенного агента и pH среды, установление влияния физико-химических характеристик фотокатализаторов на их фотокаталитическую активность и стабильность.

После проведения серии фотокаталитических экспериментов по получению водорода из водных растворов глицерина [2] были выбраны наиболее фотокаталитически активные образцы для дальнейшего изучения их физико-химических свойств и исследования стабильности в различных условиях: образец состава 5 % $\text{CuO}_x/\text{TiO}_2$ T700 продемонстрировал высокую фотокаталитическую активность, скорость образования водорода под действием УФ-излучения составила $2,4 \text{ ммоль H}_2 \text{ г}^{-1}\text{ч}^{-1}$, а под действием видимого излучения была достигнута скорость, равная $0,6 \text{ ммоль H}_2 \text{ г}^{-1}\text{ч}^{-1}$, что на 50 % превышает скорость образования водорода в фотокаталитической реакции получения водорода с участием платинированного образца на основе непрокаленного диоксида титана [2]. В ходе проведения циклических экспериментов под действием УФ- и видимого излучения наблюдалась постепенная дезактивация образцов. С помощью различных физико-химических методов (XANES, EDX, ПЭМ ВР, РФЭС) были установлены факторы, влияющие на повышение активности фотокатализаторов на основе диоксида титана, модифицированного соединениями меди, а также причины, приводящие к дезактивации фотокатализаторов в ходе реакции. На основании данных РФЭС, XANES и кинетических экспериментов было установлено, что медь в состоянии Cu^{2+} способствует увеличению активности образцов, однако она является нестабильной в процессе фотокаталитического получения водорода и постепенно восстанавливается фотогенерированными электронами, что является одной из причин дезактивации фотокатализаторов в ходе реакции.

Атомные соотношения элементов в приповерхностном слое образца 1 % $\text{CuO}_x/\text{TiO}_2$ T800
(Cu^* – медь в состоянии 1+ и 0)

Образец	[Cu]/[Ti]	[Cu*]/[Ti]	[O _{Ti}]/[Ti]	[O _{tot}]/[Ti]	Cu*, %
До реакции	0.18	0.06	2.68	3.19	34
После 6 ч облучения	0.24	0.12	2.63	3.26	49

Также было проведено исследование активности фотокатализатора состава 5 % $\text{CuO}_x/\text{TiO}_2$ T700 под действием УФ-излучения при варьировании концентрации жертвенного агента (глицерина) и в присутствии и отсутствие NaOH в растворе. Было установлено, что зависимость скорости образования водорода от концентрации глицерина описывается моделью Ленгмюра-Хиншельвуда, а также была найдена оптимальная концентрация жертвенного агента в реакционной смеси. Активность фотокатализатора в щелочной среде исследовали, проводя фотокаталитические эксперименты в растворах с варьируемой концентрацией NaOH. В ходе экспериментов было установлено, что фотокаталитическая активность образца снижается с повышением концентрации щелочи.

Литература

1. Козлова Е. А., Пармон В. Н. Гетерогенные полупроводниковые фотокатализаторы процессов получения водорода из водных растворов доноров электронов // Успехи химии. – 2017. – Т. 86. – №. 9. – С. 870-906.
2. Kurenkova A. Y. et al. Copper-Modified Titania-Based Photocatalysts for the Efficient Hydrogen Production under UV and Visible Light from Aqueous Solutions of Glycerol // Nanomaterials. – 2022. – V. 12. – N. 18. – P. 3106.

Научный руководитель – канд. хим. наук А. Ю. Куренкова.

ГЕОГРАФИЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Влияние температурных условий на фотосинтетическую активность подростка *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris* и взрослых деревьев *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* в зимне-весенний и летний периоды

Е. З. Захарова, А. В. Кривошеева

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Красноярский край является одним из ведущих регионов России по наличию крупных лесных площадей, которые занимают около 70 % от всей территории субъекта [1]. Состояние лесных экосистем во многом зависит от состояния древесных пород, которые являются доминантами данных лесных фитоценозов. Для эффективного лесовозобновления важно понимать приспособленность подростка видов-доминантов к перенесению неблагоприятных температурных условий, а также как данные виды во взрослом возрасте чувствуют себя при различных погодных изменениях [2]. Целью данной работы было изучение влияния погодных условий на фотосинтетическую активность у подростка *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris*, и у взрослых деревьев *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* в зимне-весенний период.

Район проведения исследования расположен в Октябрьском районе г. Красноярска и характеризуется низким уровнем автотранспортного потока, отсутствием промышленных предприятий и наличием организованных пешеходных троп. Среднегодовая температура +0,9 °С, период вегетации растений длится до 165 дней. Так как он находится в непосредственной близости к самой высокой точке города – горе Николаевская сопка, здесь дуют достаточно сильные ветра. При средней температуре воздуха +18,9 °С, июль является самым жарким месяцем, а январь имеет самую низкую среднюю температуру – -18,8 °С [3]. Климат г. Красноярска резко континентальный, лето жаркое, но его продолжительность небольшая, в летний период осадков выпадает больше, чем в другие времена года.

Для исследования были взяты по 10 молодых и по 10 взрослых особей каждого из исследуемых видов, произрастающих в однородных почвенных и климатических условиях. Отбор образцов хвои осуществлялся с марта по апрель, а затем с июня по июль 2022 года, с одних и тех же деревьев и веток. В работе были изучены молодые особи, примерный возраст которых варьирует от 10 до 15 лет, высота деревьев от 1,5 до 2,5 м и взрослые особи, возраст которых от 40 до 50 лет, их высота около 9 м. Измерения показателей индуцированной флуоресценции хлорофилла хвои проводили с помощью портативного флуориметра JUNIOR-PAM [4]. В ходе выполнения измерений скорость транспорта электронов (ETR) рассчитывалась автоматически при интенсивности фотосинтетически активной радиации (PAR), равной 845 $\mu\text{моль} / \text{м}^2 \cdot \text{с}$. Результаты обрабатывались с помощью программного обеспечения WinControl.

В весенний период с повышением среднесуточных температур наблюдается увеличение величины ETR и происходит возобновление активности фотосинтетического аппарата у хвойных растений. Ель сибирская активна даже при температурах воздуха ниже -10 °С, а сосна обыкновенная и сосна сибирская – только при температурах воздуха близких к 0 °С. Это значит, что *Picea obovata* находится под большим влиянием от температуры воздуха (коэффициент корреляции с температурой 0,66), тогда как для молодой и взрослой *Pinus sylvestris* отмечена отсроченная реакция на изменение температуры (коэффициент корреляции скорости электронного транспорта с температурой равен -0,29 и -0,4 соответственно), а увеличение скорости электронного транспорта проявляется в меньшей степени. Так как хвоя находится в неустойчивом, переходном состоянии, для этого периода характерна большая вариабельность данных.

В летний период при активной вегетации *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* и *Picea obovata* отмечено колебание скорости электронного транспорта в клетках хвои от 0 до 120 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ у сосны сибирской и от 0 до 130 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ у молодой сосны обыкновенной, от 0 до 71,5 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ у ели сибирской и от 0 до 100,2 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ у взрослой сосны обыкновенной. В данный период не выявлено высокой корреляционной зависимости, что, в свою очередь свидетельствует о благоприятности погодных условий в летний период этого года для всех видов.

Литература

1. Лесной план Красноярского края // Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края : официальный сайт. – 2016 – 2020. – URL: <http://mlx.krskstate.ru/lesplan> (дата обращения: 21.01.2022).
2. Генетические эффекты трансформации лесных экосистем / В. Е. Падутов, Л. В. Хотылева, О. Ю. Баранов, С. И. Ивановская // Экологическая генетика. – 2008. – Т. 6, № 1. – С. 4-11. – ISSN 1811-0932
3. Climate-Data.org : портал : [Климат: Красноярск – Климатический график, График температуры, Климатическая таблица – Climate-Data.org] : электронный ресурс. – URL: <https://ru.climate-data.org/азия/российская-федерация/красноярский-край/красноярск-1781/> (дата обращения: 31.03.2022).
4. Флуориметр начального уровня JUNIOR-PAM «Walz // Heinz Walz GmbH : официальный сайт. – 2014 – 2021. URL: <http://heinzwalz.ru/fluorimetr-nachalnogo-urovnya-junior-pam.html> (дата обращения: 02/04/2022).

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. Н. В. Пахарькова.

Фитоиндикация как метод мониторинга урбанизированных территорий

Н. В. Кехтер, А. С. Мирошниченко, М. Б. Гожоев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск

Экология городской среды является одной из ведущих всеобщих проблем. Пагубное влияние антропогенного воздействия приводит к серьезным биосферным сдвигам и нарушениям биологических систем, которые подвержены влиянию загрязнения. При всей важности оценки качества среды на всех уровнях с применением различных подходов, включая физические, химические, приоритетным представляется именно биологическая оценка состояния различных видов живых организмов, включая растения. В условиях урбанизированной среды изменению подвержена морфоструктура растений. Растения как биоиндикаторы проявляют высокую чувствительность к различным видам антропогенных воздействий. Фитомониторинг в отличие от точечных инструментальных методов позволяет оценивать влияние загрязнителей на сообщества, и давать представление о длительном воздействии загрязнителей, и прогнозировать их дальнейшее влияние.

Цель работы – проведение фитоиндикации городской среды города Новосибирска с использованием городских растений.

Объектом исследования служили растения *Potentilla fruticosa*, произрастающих вдоль автомобильных магистралей по ул. Станиславского (Ленинский район), ул. Кирова (Октябрьский район) и Красного проспекта (Центральный район). В качестве контроля использовались растения, высаженные на интродукционном участке ЦСБС СО РАН (Советский район).

Для измерения морфологических параметров листа и вычисление коэффициента флуктуирующей асимметрии листовой пластинки использован метод компьютерного анализа изображений с помощью программного обеспечения MapInfo Professional [1].

Установлено, что в ответ на транспортно–промышленное загрязнение городские растения проявляют реакцию, заключающуюся в сокращении размеров ассимиляционных органов, длины годичных побегов и длины черешка.

В результате исследования по изменению величины флуктуирующей асимметрии листа выявлена степень загрязнения в разных районах города. В Железнодорожном районе выявлен высокий уровень загрязнения окружающей среды, а в Ленинском, Октябрьском и Центральном районах – критический уровень загрязнения. Тогда как в контроле, уровень загрязнения низкий.

Литература

1. Влияние транспортно-промышленного загрязнения на морфометрические параметры и элементный состав *Potentilla fruticosa* / А. Ю. Луговская, Е. П. Храмова, О. В. Чанкина // Сибирский экологический журнал. 2018. № 1. С. 111-121.

Научный руководитель – канд. биол. наук А. Ю. Луговская.

Скорость разложения мертвой древесины в пихтарниках, пораженных дальневосточным короедом

М. Д. Ложенко

Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск

В настоящее время считается, что одним из главных факторов потепления климата на Земле является увеличивающаяся концентрация в атмосфере парниковых газов. Среди парниковых газов диоксид углерода (CO₂) играет одну из главенствующих ролей, находясь на втором месте после воды. Лесные экосистемы за счет фотосинтеза, имеют возможность поглощать и консервировать углерод в фитомассе деревьев. Основным пулом долгосрочного депонирования углерода в фитомассе является древесина ствола.

На территории Красноярского края уже более десяти лет распространяется стволовой вредитель уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus Blandf.*), кормовым объектом которого является пихта сибирская (*Abies sibirica Ledeb.*) [1]. Заселение деревьев пихты этим вредителем приводит к их гибели в течение 5-6 лет. Большие территории поврежденных пихтовых лесов могут становиться источником эмиссии CO₂ за счет массового отмирания деревьев пихты и образования большого количества древесного детрита. Эмиссия CO₂ стволами отмерших деревьев происходит за счет гетеротрофного дыхания дереворазрушающих организмов, таких как бактерии, грибы и др. [2-3].

Целью данного исследования была оценка скорости разложения крупных древесных остатков (сухостоя и валежа) в пихтовых лесах, поврежденных уссурийским полиграфом.

Исследования проводились в Емельяновском районе Красноярского края (56°12' с.ш. 92°16' в.д.). Для наших исследований был выбран участок с монодоминантными пихтарниками сильной степени повреждения древостоя в очаге массового размножения уссурийского полиграфа.

Для определения скорости разложения сухостойной древесины в 2015 году были отобраны спилы от 57 сухостойных деревьев пихты в районе исследования в лесах, поврежденных короедом. Методом перекрестного датирования было установлено, что деревья, от которых были взяты образцы, погибли в период с 1966 до 2008 года.

Скорость разложения валежа пихты определяли в полевом эксперименте. Для этого на поверхность подстилки выкладывали фрагменты стволов, от которых были отобраны образцы для определения исходной плотности древесины и плотности через 5 лет после начала эксперимента. Плотность древесины стволов, заложенных на разложение, определяли отдельно для частей ствола, которые соприкасались с поверхностью почвы и не имели контакта с почвой, а также для сравнения брали боковые участки ствола. Всего скорость потери массы была определена для 40 стволов валежа

Образцы древесины сухостоя и валежа, взятые для определения плотности, высушивали при температуре 80 °С до постоянного веса. Плотность древесины определяли для сектора спила каждого дерева по объему вытесненной воды [4].

Сравнение плотности древесины сухостойных деревьев пихты разного возраста и живой древесины пихты в данном регионе показало, что в течение 48 лет стояния сухостоя не наблюдается каких-либо значимых изменений плотности древесины: она варьирует от 0,316 г/см³ до 0,431 г/см³ у сухостойных деревьев и составляет в среднем 0,329 г/см³ для живой древесины пихты.

Общая концентрация углерода в древесине сухостойных деревьев также не зависит от возраста сухостоя и составляет от 48,40 % до 50,05 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований не было обнаружено потери массы, а, соответственно, заметного разложения и потери углерода древесиной сухостойных деревьев в период их нахождения в этом состоянии.

За 5 лет разложения в естественных условиях на поверхности почвы древесина пихты потеряла от 0,29 до 42 % своей исходной массы. Средняя скорость разложения древесины валежа составила 1,16 % в год. Эта скорость характеризует начальный период разложения крупных древесных остатков на поверхности почвы в пихтовых лесах района исследований, поврежденных короедом.

Литература

1. Уссурийский полиграф – новый агрессивный вредитель пихты в Сибири / Ю. Н. Баранчиков, В. М. Петько, С. А. Астапенко [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 4. – стр. 78-81.
2. Мухин, В. А. Микогенное разложение древесины и эмиссия углерода в лесных экосистемах / В. А. Мухин, Ю. П. Воронин // Экология. – 2007. – № 1. – стр. 24–29.
3. Мухин, В. А. Температурная шкала CO₂ эмиссионной активности трутовых грибов / В. А. Мухин, Ю. П. Воронин, А. В. Сухарева // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Сборник матер. VII Междунар. Конф. (г. Пермь, 7–13 сентября 2009). – Пермь: Пермский гос. пед. ун-т. – 2009. – стр. 138–141.
4. Полубояринов, О. И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов // М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.

Научный руководитель – канд. биол. наук Л. В. Мухортова.

ДНК-баркодинг паразитоидов липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae) в Западной Сибири

М. А. Рязанова

Сибирский федеральный университет, Красноярск
Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН

Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* – недавний инвайдер в европейской части России и в Западной Сибири [1]. Родиной вида считается Восточная Азия – Япония, Корея, Китай, Дальний Восток России. Минер – монофаг на липах, в регионах инвазии может повреждать как местные, так и интродуцированные виды лип [1, 2]. При изучении инвазий необходимо обращать внимание на то, как чужеродный вид развивается на новой для него территории. Учитывая возрастающее воздействие моли на липы в регионах, куда вид проник за последние десятилетия, важным является разностороннее изучение факторов, контролирующих численность популяций *Ph. issikii*. Одним из факторов смертности инвайдера являются местные паразитические насекомые – энтомофаги.

Цель нашей работы – изучение комплекса паразитических наездников (Hymenoptera), развивающихся на гусеницах и куколках липовой моли-пестрянки в Западной Сибири.

Материал для исследования собирали в Центральном сибирском ботаническом саду ЦСБС СО РАН (Новосибирск) 1–2 июля 2021 г. С трех деревьев липы мелколистной *Tilia cordata* отбирали листья с минами и закладывали по 5 листьев в чашки Петри в 20 повторностях. Чашки содержали при постоянных условиях: температуре (+24°C) и влажности воздуха (50 %). Подсчет отродившихся имаго паразитоидов и имаго липовой моли-пестрянки производили каждый второй день. Паразитоидов помещали в герметичные пробирки с 95 %-ым спиртовым раствором для хранения и дальнейших анализов.

Для идентификации видов паразитоидов использовали современный молекулярно-генетический метод – ДНК-баркодинг. Он позволяет быстро и точно идентифицировать виды насекомых по универсальным молекулярно-генетическим маркерам. Для этого секвенировали 5'-фрагмент первой субъединицы митохондриального гена, который кодирует белок COI (COI мтДНК), длиной 658 пар нуклеотидов [3, 4]. ДНК-баркодинг 7 образцов имаго паразитоидов, полученных путем выращивания из гусениц и куколок липовой моли-пестрянки, осуществлялся в Канадском центре ДНК-баркодинга при Гуэлфском университете (Канада). Определение видовой принадлежности по сиквенсам (ДНК-баркодам) выполняли в генетической базе BOLD (Barcode Of Life Database, <https://www.boldsystems.org/>). ДНК-баркоды сравнивали с референсными, хранящимися в этой же базе данных. О принадлежности к тому или иному виду судили по уровню сходства (98–100 %) анализируемого ДНК-баркода с референсным сиквенсом. Для образцов, которые не удалось идентифицировать до вида, определяли “соседние” виды с наименьшей генетической дистанцией.

В результате было идентифицировано 3 вида паразитоидов: *Pnigalio soemius* (2 образца), *Chrysocharis laomedon* (3 образца), *Elachertus* sp. (2 образца). Два последних образца в системе BOLD удалось идентифицировать только до рода; по морфологическим ключам эти образцы были определены как *Elachertus fenestratus*. ДНК-баркод для *E. fenestratus* был получен впервые, и в настоящее время он является первым референсным сиквенсом, депонированным в генетической базе BOLD. Согласно выполненным сборам, в Западной Сибири паразитический комплекс липовой моли-пестрянки представлен бедно – всего тремя видами, и пока не может сдерживать численность минера. Смертность липовой моли-пестрянки от паразитоидов в исследуемой популяции составила всего 1,7 %, прочие 45,3 % особей огибали от неизвестных причин, 53 % особей моли благополучно доживали до стадии имаго.

Низкий паразитизм, бедный видовой состав местных паразитоидов, переключившихся с местных молей-пестрянок на инвайдера, относительно высокая выживаемость моли в совокупности указывают на то, что вредитель активно осваивает новый для нее регион – Западную Сибирь. Местные виды паразитоидов пока не в силах контролировать численность чужеродного вида моли, а значит вполне логично ожидать дальнейших повышений численности липовой моли в регионе инвазии.

Исследования выполнены в рамках проекта РНФ, № гранта 22-16-00075.

Литература

1. И. В. Ермолаев. Биологическая инвазия липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) в Европе // Сибирский экологический журнал. – 2014. – 3. – С. 423-433.
2. Н. И. Кириченко. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Западной Сибири: некоторые экологические характеристики популяции недавнего инвайдера // Сибирский экологический журнал. – 2013. – 6. – стр. 813-822.
3. Н. И. Кириченко, П. Триберти, Е. Н. Акулов, М. Г. Пономаренко, К. Лопес-Ваамонде. Современные сведения о таксономическом составе, распространении и трофических связях минирующих молей-пестрянок (Lepidoptera, Gracillariidae) в Сибири на основе ДНК-баркодинга // Энтомологическое обозрение. – 2019. – 98. – 3. – стр. 600-631.
4. P. D. N. Hebert, A. Cywinska, S. L. Ball, J. R. deWaard. Biological identifications through DNA barcodes // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2003. – Vol. 270. – Iss. 1512. – p. 313-321.

Научный руководитель – д-р биол. наук Н. И. Кириченко.

Интродукция сорта земляники «Европейский» в степных условиях Тувы

Х. С. Самаан, К. В. Кужугет

Тувинский государственный университет, Кызыл

Земляника распространена по всему миру и является очень ценной культурой как для промышленного садоводства, так и для выращивания в личных подсобных хозяйствах. Ягоды земляники богаты солями железа, калия, кальция и т. д. Они улучшают пищеварение и обмен веществ.

В ходе исследования интродукцию сорта земляники «европейский» в степных условиях Тувы (привоз из Германии), сорт раннего срока созревания, при желании можно получить 2 волну урожая.

Эксперимент проводили в 2021 году на учебно-опытном поле сельскохозяйственного факультета.

Объектами исследования служили «европейский» сорт у земляники пользуются большой популярностью в Германии благодаря своей урожайности, показатели которой являются лидирующими среди всех видов ягод. Размножали землянику усами.

В результате проведенных исследований получены по следующим показателям:

- крупный плод (6 см);
- размножение с усиками (ускоренное размножение, чем с семенами);
- заморозка устойчивый (при температуре -1 градус, легко переносит);
- скороспелый сорт для Сибирской погоды

Таким образом, в открытом грунте интродукция земляники в степных регионах возможна, можно рекомендовать использовать укрывной материал поликарбонат поликарбоната является лучшим вариантом.

Научный руководитель – преп. А.-К. Ю. Тюлюш.

Оценка экологического состояния пойменных озёр по распределению зообентоса в условиях изменения их гидрологических характеристик

А. Е. Скотарева

*Новосибирский государственный университет;
Республиканский детский эколого-биологический центр, Республика Башкортостан*

Актуальность. В настоящее время для пойменных озёр Республики Башкортостан выявлены проблемы, связанные с изменением их гидроэкологических условий. Прежде всего, они обусловлены изменением уровня озёр, в результате чего происходит увеличение площади литоральной зоны по сравнению с профундальной. Кроме того, для многих озёр характерно нарушение их связи с реками в связи с низким уровнем половодий, в результате чего в них происходит накопление излишков органического вещества, что способствует их обмелению и зарастанию.

Все это определяет **цель** работы: оценка состояния пойменных озёр Ломоносовское и Берёзовое с учетом произошедших изменений их гидроэкологических условий.

Задачи. 1. Выявить качественный состав и количественное развитие зообентоса этих озёр; 2. Проследить изменения структуры бентических сообществ под влиянием изменения гидроэкологических условий; 3. Провести оценку состояния озёр по организмам зообентоса.

Исследованные пойменные озёра Ломоносовское и Берёзовое располагаются в окрестностях г. Уфа и относятся к пойменным водоемам р. Белая. Водные объекты имеют сходные гидрологические характеристики (площадь, глубину, температуру воды и грунты, соотношение литорали и профундали) и различаются лишь степенью антропогенной нагрузки, которая выше на озере Берёзовое за счет более высокого уровня рекреации. Ранее исследования зообентоса озёр проводились в 2011–2012 гг. Отметим, что антропогенная нагрузка на исследованные водные объекты в последние 10 лет оставалась стабильно высокой.

Методы исследований. Отбор проб проводился в летний период 2020–2021 гг. дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м², точки отбора проб располагались по всему периметру озёр. Обработка проб и анализ материала проводились по стандартной методике гидробиологических исследований (Константинов, 1986).

В составе зообентоса исследованных озёр выявлено 28 (Ломоносовское) и 19 видов (Берёзовое) беспозвоночных, среди которых лидирующая роль принадлежит личинкам двукрылых, что характерно для пойменных озёр. При сравнении собранных нами материалов с ретроспективными данными выявлено, что за прошедшие десять лет в составе зообентоса произошли значительные изменения — значительно снизилось видовое разнообразие и обилие, а также изменилась структура сообществ. Изменения в таксономическом составе зообентоса заключаются в снижении видового разнообразия в оксифильных таксонах: так, в озере Ломоносовское не были найдены представители ракообразных и паукообразных, а также таких отрядов насекомых, как Plesioptera. Значительно снизилось видовое разнообразие в отрядах Ephemeroptera — с 6 до 1 и Trichoptera — с 7 до 1. В озере Берёзовое наблюдается аналогичная картина: по сравнению с 2011 г. выявлено исчезновение таких таксонов, как Ephemeroptera, Trichoptera и Hemiptera. Наблюдается снижение видового разнообразия брюхоногих моллюсков (с 10 до 2) и двукрылых (с 16 до 8 видов), причём среди последних практически полностью отсутствуют оксифильные представители хирономид.

Снижение общего числа видов также наиболее заметно в литоральной зоне озёр. Так, в литоральной зоне озера Ломоносовское наблюдается снижение видового разнообразия, особенно заметное на галечном грунте — если в 2012 г. на нём было выявлено 35 видов, то в 2020 — всего 16. Также для этого биотопа характерно наибольшее снижение численности зообентоса. В озере Берёзовое видовое разнообразие и количественное обилие бентоса существенно снизилось как в литорали, так и в профундали. Это связано, как нам представляется, с тем, что данный водоём на протяжении десяти лет испытывал более серьёзную антропогенную нагрузку, чем озеро Ломоносовское.

При оценке состояния озёр с использованием стандартных методов биоиндикации (Макрушин, 1974) выявлено, что литоральную зону озера Ломоносовское можно охарактеризовать как β-мезосапробную с намечившимся переходом к α-мезосапробной, а центральную часть — как α-мезосапробную. В 2012 г. в литоральных сообществах присутствовали не только β-мезосапробные, но и олигосапробные виды, а профундальная зона оценивалась как «умеренно-загрязнённая». Состояние литорали озера Берёзовое в настоящее время можно оценить как α-мезосапробное, а профундали — полисапробное.

Таким образом, трансформация структуры зообентоса под влиянием изменения гидроэкологических характеристик заключается, прежде всего, как в уменьшении общего видового разнообразия, так и его снижении в большинстве таксономических групп зообентоса, вплоть до полного исчезновения ряда таксонов.

Рекомендации. Известно, что высокий уровень половодья в некоторой степени способен снижать уровень антропогенной нагрузки (за счет вымывания накопленной органики). Поэтому в настоящее время в условиях многолетней маловодной фазы в Республике Башкортостан необходимо значительно снизить рекреационную нагрузку на оба водных объекта за счет жёсткого регулирования количества отдыхающих. Кроме того, следует строго контролировать запрет на неорганизованный выпас скота и мойку машин на берегах озера Берёзовое.

Научный руководитель – педагог доп. образования Ю. В. Островская.

Методы обработки данных временных рядов долголетних наблюдений планктонного сообщества

В. С. Шапаренко

Новосибирский государственный университет

Актуальными сегодня являются проблемы глобального потепления, уменьшения концентрации кислорода в атмосфере и роста концентрации CO₂. В связи с этим становится важным поиск и изучение факторов, влияющих на качество воздуха и рост температуры на планете. Установлено, что планктонное сообщество вырабатывает до 50 % всего кислорода, находящегося в атмосфере Земли. При этом незначительные изменения в окружающей среде могут влиять на скорость производства кислорода, круговорот вещества и энергии, осуществляющийся водной экосистемой. Кроме того, планктон служит индикатором чистоты водоемов, а зоопланктон составляет кормовую базу рыб, а следовательно, влияет и на нерп, и на околородных птиц.

Целью работы является прогнозирование объема планктонного сообщества в будущем с помощью обработки данных временных рядов.

В работе проделаны исследования с двумя типами моделей: экспоненциальное сглаживание и модель ARMA (и ее более продвинутые версии, ARIMA, SARIMA и SARIMAX).

Литература

1. <https://habr.com/ru/company/ods/blog/327242/>
2. <https://www.dmitrymakarov.ru/intro/time-series-20/#2-analiz-vremennykh-ryadov>
3. Szulejko J.E., Kumar P., et al, Global warming projections to 2100 using simple CO₂ greenhouse gas modeling and comments on CO₂ climate sensitivity factor. *Atmospheric Pollution Research*, 8(1), 2017. pp.136-140.
4. Weiss R. F., Carmack E. C. C., Koropalov V. M. Deep-water renewal and biological production in Lake Baikal // *Nature*. — 1991. — Т. 349. — №. 6311. — С. 665-669.
5. Sarker S., et al, «Rising temperature and marine plankton community dynamics: Is warming bad?». *Ecological Complexity* 43, 100857, 2020.
6. Деревенская О.Ю., Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология», Казань, 2015.
7. Беркин Н.С. Алексей Александрович Макаров, Ольга Тимофеевна Рунек. «Байкаловедение.»(2009).

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. РАН М. А. Шишленин.

ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМ И СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ УГЛЕРОДА

Мониторинг пожарного воздействия на растительность с использованием спектральных индексов

А. Н. Забродин^{1,2}, Н. Д. Якимов^{1,3}

¹ ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск

² Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, Красноярск

³ Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск

В Сибири ежегодно до 1 % лесной территории подвергается воздействию пожаров [1], что составляет значительную долю послепожарных нарушений лесов мира [2]. С учетом климатических изменений прогнозируется рост площадей пожаров в Сибири [3].

В работе использовались спутниковые изображения среднего пространственного разрешения (30, 100 м) Landsat-8/OLI/TIRS (Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor), полученные из открытых каталогов (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Были отобраны хроноряды спутниковых данных (всего 42 снимка) для послепожарных участков (8 участков общей площадью 218 тыс. га.) в четырех вариантах преобладающих пород: лиственница и сосна (светлохвойные), а также ель и пихта (темнохвойные).

При определении радиояркостной температуры выполняли предварительную процедуру атмосферной коррекции. Значения радиояркостной температуры усредняли за вегетационный период для каждого послепожарного участка с учетом преобладающего древостоя и класса нарушенности. Аномалии температуры ($\Delta T/T_{\text{фон}}$, %) вычисляли как отношение усредненных значений для послепожарного участка (ΔT) и фона ($T_{\text{фон}}$) в непосредственной близости от рассматриваемых объектов. Аналогично определяли относительные аномалии ($\Delta \text{NDVI}/\text{NDVI}_{\text{фон}}$, %). Для каждого послепожарного участка проводилось не менее 20 измерений, усреднение за вегетационный период выполняли по 3–6 значениям в месяц.

В результате получено соотношение площадей с низкой, умеренной и высокой степенью пожарного воздействия: 37 %, 39 % и 24 % от ежегодной площади пожаров в сомкнутых древостоях и 30 %, 57 % и 13 % для разреженных древостоев севера Сибири. До 40 % послепожарной территории в лиственничниках характеризовалось высоким уровнем пожарного воздействия, в сосняках – около 12 %, в темнохвойных насаждениях (ель, пихта) – более 25 %. В сосновых и темнохвойных древостоях средний уровень пожарного воздействия зафиксирован на 35 % площадей; низкий – 51 % в сосняках и 40 % в темнохвойных древостоях. Эти результаты соответствуют предварительно полученным данным для большей выборки пожаров Сибири [4].

На послепожарных участках значения температурных аномалий ($\Delta T/T_{\text{фон}}$, %) определяются уровнем нарушенности и типом древостоя. В течение 5 лет после пожара наблюдается экспоненциальное снижение температурных аномалий. Наивысший уровень начальной тепловой аномалии в первый год после пожара наблюдается в сосновых насаждениях (превышение на 45 % относительно фона) при высокой степени пожарного воздействия в терминах NBR/dNBR. Для пожаров в лиственничниках $\Delta T/T_{\text{фон}} \sim 35$ %, для участков с древостоями ели и пихты – 25 % и 20 % соответственно.

Спектральные индексы позволяют оценить, как степень пожарного воздействия на древостой и растительные покровы (индекс NBR/dNBR), так и скорость восстановительных процессов (в терминах $\Delta T/T_{\text{фон}}$, $\Delta \text{NDVI}/\text{NDVI}_{\text{фон}}$). Показана эффективность спутникового мониторинга восстановления растительности на послепожарных участках. Для калибровки и дальнейшего использования предложенного подхода необходимо учитывать особенности, связанные как с начальным уровнем послепожарной нарушенности, так и с различиями, обусловленными доминирующими древостоями. Однако при всех ограничениях, в масштабах пожарных нарушений Сибири, это наименее затратный и максимально эффективный подход.

Литература

1. V.I. Kharuk, E.I. Ponomarev, G.A. Ivanova, M.L. Dvinskaya, S.C.P. Coogan, M.D. Flannigan. Wildfires in the Siberian taiga // *Ambio*. – 2021. – № 50(11). – P. 1953–1974.
2. M. Flannigan, B.J. Stocks, M. Turetsky, M. Wotton. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest // *Glob. Change Biol.* – 2009. – № 15. – P. 549–560.
3. H. Hayasaka Fire Weather Conditions in Boreal and Polar Regions in 2002–2021 // *Atmosphere*. – 2022. – № 13(7). – P. 1117.
4. E.I. Ponomarev, A.N. Zabrodin, T.V. Ponomareva. Classification of Fire Damage to Boreal Forests of Siberia in 2021 Based on the dNBR Index // *Fire*. – 2022. – № 5. – P. 19.
5. E.I. Ponomarev, O.V. Masyagina, K.Y. Litvintsev, T.V. Ponomareva, E.G. Shvetsov, K.A. Finnikov. The effect of post-fire disturbances on a seasonally thawed layer in the permafrost larch forests of Central Siberia // *Forests*. – 2020. – № 11(8). – P. 790.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Е. И. Пономарев.

Пространственно-временная динамика метеорологических показателей, как фактор изменения горимости в Сибири

А. В. Мальканова

*Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, Красноярск
ФИЦ КНЦ СО РАН*

В условиях меняющегося климата, повышение регулярности и длительности засушливых периодов, рост уровня инсоляции, перераспределение осадков, увеличение числа грозных разрядов определяют динамику частоты возникновения пожаров и пожарных последствий, таких как пожарные эмиссии углеродосодержащих соединений и степень нарушенности растительных покровов [1]. В этой связи актуален вопрос изучения изменений метеорологических параметров на региональном уровне, в частности в Сибири, как комплекса факторов, определяющих пожароопасное состояние по условиям погоды и вероятность возникновения и распространения на больших территориях пожаров растительности.

Целью работы являлся пространственно-временной анализ показателя тепло-влагообеспеченности (ГТК – гидротермический коэффициент), продолжительности вегетационных периодов, количества дней с грозами и осадками на территории Сибири с привязкой к широтным зонам для выявления долговременных трендов этих характеристик за период 40 лет. В качестве района исследования взята вся территория Сибири (49–79° с.ш. и 55–165° в.д.), в которой были рассмотрены следующие подзоны: юг (ниже 56° с.ш.), центр (между 56° с.ш. и 65° с.ш.) и север (выше 65° с.ш.). Были проанализированы долговременные ряды метеопараметров по 187 метеостанциям, распределенных по территории выделенных зон. Использовались данные из открытого каталога «Специализированные массивы для климатических исследований» за период 1981–2020 гг. [2]. Анализировались многолетние ряды температуры приземного слоя воздуха, осадков, состояния облачного покрова, гроз и влажности воздуха. На основании этих данных рассчитывался коэффициент ГТК.

Дополнительно для выявления вариаций пожароопасного периода (ПП) рассчитывалось количество дней с температурой более +10°C, количество дней с осадками и грозами. Среднегодовые значения, а также тренды рассчитывались как средние значения за 30 лет (1981–2010 гг.), анализировались отклонения для каждой зоны, зафиксированные за последние 10 лет (2011–2020 гг.). Аномалии каждого из рассматриваемых показателей показаны в пределах выделенных зон в Сибири.

Относительное изменение значений метеопараметров
(изменение значений за период 2011–2020 гг. относительно периода 1981–2010 гг.)

Зона	Δ ГТК	Δ ПП	Δ Осадки	Δ Грозы
Север	– (11,31–18,3) %	20–36 %	**	8–13 %
Центр	– (3,15–19,86) %	5–8 %	4–9 %	5–18 %
Юг	– (4,98–5,09) %	1–6 %	2–10 %	10–19 %
Среднее 1981-2010 гг.*	1,13±0,17	88±29	55±14	16±9

*Для всей территории Сибири.

** В данной зоне тренд не обнаружен.

Повторяемость сезонов с оптимальным уровнем (ГТК ≥ 1) – снижается, что характерно для всей территории Сибири в 2011–2020 гг. При этом относительно среднегодового оптимума, определенного для 1981–2010 гг., вариация аномалий показателя ГТК находится в пределах 3–20 %.

В результате выявлено, что в последние 10 лет на территории Сибири наблюдается понижение параметра ГТК на 0,07±0,03. Установлено, что длительность пожароопасного периода увеличилось в среднем на 7±4 дня за последние 10 лет, что характеризуется как значительные темпы изменения, способствующие быстрой смене пожарных режимов в регионе. Число дней с грозой за тот же период увеличилось на 2±1 дня, что определяет повышение вероятности возникновения пожаров от гроз. Также на всей территории наблюдается увеличение дней с осадками в среднем на 4±2 дня.

Полученные данные о пространственно-временной вариации метеопараметров в Сибири позволяют прогнозировать значительное увеличение пожаров в ближайшей перспективе, что подтверждается современными оценками горимости региона [3,4].

Литература

1. E.I. Ponomarev, N.D. Yakimov, T.V. Ponomareva, O.E. Yakubailik, S.G. Conard. Current Trend of Carbon Emissions from Wildfires in Siberia // Atmosphere. – 2021 – Vol. 12 – No 5. – p. 559.
2. О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Н.Н. Коршунова, Н.В. Швец. «Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394.
3. Н. Hayasaka. Rare and Extreme Wildland Fire in Sakha in 2021 // Atmosphere. – 2021. – Vol. 12. – No. 12. – p. 1572.
4. Е.И. Пономарев, А.С. Скоробогатова, Т.В. Пономарева. Горимость лесов Сибири и межсезонные вариации уровня тепло- и влагообеспеченности// Метеорология и гидрология. – 2018. – № 7. – стр. 45–55.

Научный руководитель – канд. техн. наук. Е. И. Пономарев.

Оценка возможности использования космоснимков для определения температуры грунтов

А. А. Палилкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

В работе предлагается оценить возможность определения температуры грунта на различных глубинах по данным космических снимков.

Актуальность данного исследования связана с широким распространением на территории Российской Федерации многолетнемёрзлых грунтов, в районе развития которых ведётся производственная деятельность.

Для определения температуры грунтов, возможны расчёты согласно СП 25.13330.2020, в которых температуры земной поверхности берутся по ближайшей метеостанции. В связи с малонаселённостью северных регионов эти станции могут находиться достаточно далеко от площадок строительства и эксплуатации сооружений.

Таким образом, целью работы является – оценка использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов, что является очень актуальным вопросом.

Для выполнения поставленной цели – нами выполнено определение температуры земной поверхности по данным космоснимков, расчетного значения температуры грунтов и сравнение полученных данных с реальными замерами температур воздуха и грунтов, для выявления связи между этими данными. За основу были взяты пока ещё доступные спутниковые снимки программы Landsat. Путём комбинации снимков различных каналов и их обработки можно получать различные данные, которые потом можно интерпретировать в удобоваримый формат. Взяв за основу настоящие данные полевых измерений, чтобы было потом с чем сравнивать был произведён их анализ и отбраковка по тем или иным причинам скважин термокаротажа. Затем был осуществлён перевод плоских координат в WGS-84. Были подобраны ближайшие метеостанции и определены их координаты. На сайте Геологической службы США был выбран интересующий нас регион, чтобы захватывать и места полевых измерений, и площадь метеостанции. Там уже указали граничные условия, для отбора снимков. После этого были скачаны соответственно снимки, которые попадают в нашу область интересов. Так мы получили 5 снимков захватывающие метеостанцию Ныда и 7 снимков по площадке полевых измерений. Далее снимки были загружены в программный комплекс ArcGIS и на основе документации NASA была произведена их обработка. Возле каждой скважины были построены буферные зоны по 100 м для захвата 3 соседних ячеек для получения локальной оценки, чтобы исключить локальные экстремальные термические отклонения, такие как тепло от работающих механизмов, возможных костров и т.д. То есть внутри этой буферной зоны за каждый доступный день наблюдения данные по температуре усреднялись. Затем вокруг каждой скважины и метеостанции Ныда снимались показания температур поверхности со получившихся расчётным путём слоёв. Все данные заносились в электронную таблицу на основе Microsoft Excel, в которой и проводились дальнейшие расчёты. С сайта meteo.ru был скачан архив доступных данных по температуре воздуха и толщине снежного покрова по метеостанции.

Для проверки принципиальной гипотезы о возможности использования такого способа оценки температур поверхности была проведена обработка 5 пар данных по метеостанции. Получившиеся данные статобработки признаны хорошими и по итогу коэффициент корреляции составил 0,925, что говорит о хорошей, устойчивой и вероятно прямой связи между этими наборами данных.

Затем данные по измерениям в скважинах были отсортированы и критически оценены.

Выборка составила 143 пары. Используя высказанное ранее предположение, что связь между наборами данных прямая, была произведена статистическая обработка отношения температуры со снимка к измеренной температуре на метеостанции согласно ГОСТ Р 8.736-2011.

В итоге осталось 100 пар данных. Были отбракованы резко выделяющиеся отклонения, связанные с инертностью термодинамических процессов.

По этим данным была произведена попытка расчёта коэффициента корреляции, который составил 0,872, что опять же говорит об устойчивой связи этих температур. То есть на конкретном примере мы получили связь между температурой некой ближайшей метеостанции и данными спутниковых снимков, что позволяет нам использовать более точные значения температур окружающего воздуха для дальнейшего этапа работ.

Далее в связи с большим объёмом обрабатываемых данных была произведена выборка термометрических скважин по возможности с разными грунтами, слагающими разрез.

Согласно СП 25.13330.2020 были рассчитаны теплофизические характеристики грунтов, и как итог – расчётные температуры грунтов на различных глубинах.

Затем была проверена гипотеза о связи теоретических, расчётных данных с данными полевых измерений, произведена их статистическая обработка и анализ получившихся результатов.

Таким образом, получив уже такие зависимости, можно сделать выводы о том, что для оценки температуры грунтов вполне можно использовать данные дистанционного зондирования Земли.

Научные руководители – канд. геол.-минер. наук, доц. Н. Н. Бракоренко, канд. геол.-минер. наук, доц. А. Н. Никитенков.

Георадарные исследования почвенных профилей в условиях нарушенных экосистем

Г. Е. Пономарев

Новосибирский государственный университет

Современный уровень экспериментальных исследований определяет необходимость изучения и введения в практику новых инструментальных методов мониторинга состояния почв, их структурной организации и сезонной и межсезонной динамики. Информация о состоянии почв на нарушенных территориях может быть получена и обобщена на основе сезонной съемки средствами подповерхностного зондирования [1]. К таким перспективным технологиям можно отнести георадарную съемку. Антенные комплексы георадара ОКО-2, работающие в различных рабочих частотах, позволяют зафиксировать изменение радиолокационного сигнала в зависимости от свойств и гранулометрического состава почв на глубину до 1,5–3,5 м. Одновременно регистрируемые отраженные сигналы варьируют в зависимости от типа почв (грунтов), влагосодержания и состояния воды в условиях межсезонных фазовых переходов вода–лед. Таким образом, при достаточном наборе первичных данных георадарной съемки можно выявить закономерности изменения отраженного сигнала, а регистрируемые радарограммы использовать в качестве материалов бесконтактного обследования структуры и состояния почв. Это решает важнейшую задачу экологического мониторинга состояния нарушенных земель и восстановительных процессов в них без заложения почвенных разрезов.

Для почв Сибири, испытывающих комплексное воздействие природных и антропогенных факторов на фоне значительного усиления техногенного прессинга, такой метод актуален и существенно расширяет возможности дистанционного обследования долговременных эффектов на нарушенных участках, проявляющихся в изменении структуры профиля [2] и термоизолирующих свойств почв [3], изменении отражательной способности поверхности, долговременных аномалиях теплового баланса [4], увеличении глубины протаивания сезонного слоя почвы [5], динамике температуры и влажности.

Основной целью работы было формирование банка данных «радарограмм» почв на основе георадарной трансектной съемки с выявлением дешифровочных признаков органогенного горизонта на радарограммах.

Работы выполнены георадаром «ОКО-2» на рабочих частотах 700 МГц и 1200 МГц. Для выявления структуры почвы и межсезонных особенностей её состояния съемки проводились в период активного промерзания с октября 2021 г. по февраль 2022 г. Измерения были выполнены на трансекте протяженностью 60 м в древостое с преобладанием березы (*Betula spp.*) и сосны (*Pinus sylvestris*). В системных настройках использовались значения диэлектрической проницаемости для сухого грунта ($\epsilon_1 = 4$) и для влажного грунта ($\epsilon_2 = 10$). Первичная обработка данных радарной съемки проведена на специализированном программном обеспечении GeoScan32 ver. 2020.11.12.664 (ООО Логические Системы).

По результатам натурных экспериментов сформирован банк данных из 32 «радарограмм» старопахотных почв. На радарограммах границы раздела слоев отображаются в виде протяжённых осей синфазности отражённого сигнала. На материалах георадарной съемки (радарограммах) в различные сезоны съемки фиксируется снижение контрастности отраженного сигнала и потеря информативности для дешифрирования нижележащих слоев. Это может быть вызвано изменением диэлектрической проницаемости слоя при фазовых переходах воды в верхних горизонтах почвы.

Выделяемые границы в целом соответствуют натурным данным о структуре почвенного профиля на экспериментальном участке (0–30 см – старопахотный горизонт с содержанием органического вещества 6–8 %; 30–80 см – слабо дифференцированная легкосуглинистая толща, содержание органического вещества не превышает 1 %; ниже 80 см – более легкие супесчаные аллювиальные отложения).

Органогенные горизонты имеют дешифровочные признаки, уверенно различающиеся на георадарных съемках. Выявлены закономерности дешифрирования органогенного горизонта на радарограммах, проявляющиеся как амплитудные вариации отраженного сигнала с характерным временем задержки с возможностью выявления соответствующей глубины залегания переходной зоны.

Литература

1. А.А. Калинкевич, М.С. Крылова, В.М. Масюк, В.Н. Марчук. Использование георадара для исследования неоднородностей верхнего слоя почвы хвойного леса // Радиотехника. – 2009. – № 3.
2. А.Я. Воронин Критерий идентификации строения и функциональных свойств почвенного профиля в георадиолокационных исследованиях с использованием георадара «Лоза-В» // Бюл. почв. инст. им. Докучаева. – 2015. – 80. – стр. 106–126.
3. A.A. Knorre, A.V. Kiryanov, A.S. Prokushkin, P.J. Krusic, U. Buntgen. Tree ring-based reconstruction of the long-term influence of wildfires on permafrost active layer dynamics in Central Siberia // Science of the Total Env. 2019. – Vol. 652. P. 314–319. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.10.124.
4. E.I. Ponomarev, O.V. Masyagina, K.Y. Litvintsev, T.V. Ponomareva, E.G. Shvetsov, K.A. Finnikov. The effect of post-fire disturbances on a seasonally thawed layer in the permafrost larch forests of Central Siberia // Forests. 2020. – 11 (8). 790. doi:10.3390/f11080790.
5. Y. Jin, J.T. Randerson, M.L. Goulden, S.J. Goetz. Post-fire changes in net shortwave radiation along a latitudinal gradient in boreal North America // Geophys. Res. Lett. 2012. – Vol. 39. doi:10.1029/2011JG001886.

Научный руководитель – канд. биол. наук, доц. Т. В. Пономарева.

Выявление пространственной неоднородности гранулометрического состава почв агроландшафтов Западной Сибири на основе машинного обучения

К. В. Ручкина, В. В. Чурсин, Т. О. Валевиц

Национальный исследовательский Томский государственный университет

В работе рассмотрена возможность использования данных дистанционного зондирования Земли с космического аппарата Sentinel-2 и алгоритмов машинного обучения для классификации при создании карт пространственной неоднородности почвенного покрова по соотношению физического песка и физической глины почв агроландшафтов, а также использования этих карт в точном земледелии.

Массив данных для обучения модели формировался на основе спектральной отражательной способности из каналов Sentinel-2, отобранных в пикселях согласно географическим координатам точек полевых исследований и смежных пикселей на удалении, не больше 15 м. Данные космического аппарата Sentinel-2 за 2019 г. (уровня обработки Level-2A) заимствованы на ESA Sentinels Scientific Data Hub (система Европейских центров морских прогнозов) в соответствии с заданными условиями: точка не должна быть закрыта облачностью или тенью облака; точка не должна быть закрыта снегом; снимок должен быть сделан не ранее чем через три дня после последнего выпадения осадков; индекс NDVI не должен превышать значение 0,3. Дополнительно каждый снимок прошёл процедуру визуального контроля выявления артефактов. В итоге для каждой из точек было подобрано от 1 до 7 снимков. Затем для точки были сняты значения спектральной отражательной способности и рассчитаны спектральные индексы. Итоговый массив состоит из 863 строк для обучения и создания мультиклассификационной модели и включает в себя значения спектрального коэффициента отражения (12 переменных), индексов (9 переменных) и процентного содержания физической глины.

Для обучения и тестирования моделей, основанных на деревьях решений, были обучены четыре модели бинарной классификации, использующие алгоритм XGBoost. Подобраны оптимальные значения гиперпараметров для этих моделей и определены наиболее значимые переменные для классификации каждого типа почв по гранулометрическому составу. Предложена архитектура нейронной сети, которая в качестве входных данных использует значения спектральной отражаемости, расчётных индексов и результатов бинарной классификации.

В работе проводился подбор двух гиперпараметров: максимальной глубины деревьев решений (МГД) и количества деревьев в ансамбле (КД); остальные гиперпараметры установлены по умолчанию. Методика подбора оптимальных значений гиперпараметров для моделей (см. таблицу), включая процесс формирования массива для обучения и тестирования моделей бинарной классификации XGBoost, позволяет обеспечить значение точности модели классификации по гранулометрическому составу от 74 до 88 % для отдельного класса и 61 % общей вероятности. Методика перспективна для подбора оптимальных значений гиперпараметров для подобных моделей.

Значения гиперпараметров и достигнутой метрики для моделей классификации различного гранулометрического состава

Класс	Содержание глины, %	Физическое содержание глины	Гиперпараметры		Точность на валидационной выборке, %
			МГД	КД	
0	0-20	Супесь (sandy)	3	100	88,8
1	20-30	Легкий суглинок (loam sandy)	3	25	74,4
2	30-40	Средний суглинок (sandy clay loam)	3	55	76,3
3	40-55	Тяжелый суглинок (clay loam)	3	75	88,4

Наибольшую точность удалось достичь при определении классов sandy и clay loam. В целом, использование возможностей алгоритма XGBoost для анализа весовых коэффициентов входных переменных позволяет оптимизировать алгоритмы, сократить время расчёта и объём вычислительных ресурсов.

В работе представлена возможность использования результатов бинарной классификации как дополнительных предикторов и интерпретация их как входных данных в модель на основе нейронной сети. При таком подходе точность разработанного алгоритма составляет 76 % на валидационной выборке, а также обеспечивается стабильность результатов.

Анализ точности разделения на специально собранной выборке позволил использовать заявленный алгоритм определения структурной неоднородности почвы при создании карт земель сельскохозяйственного назначения Южной Сибири.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта в рамках проекта ТГУ Приоритет 2030 спец. часть S4 №2.2.8.55 ОНГ.

Научные руководители – канд. биол. наук, доц. О. Э. Мерзляков, канд. геогр. наук И. В. Кужевская.

Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных

А. А. Смирнов

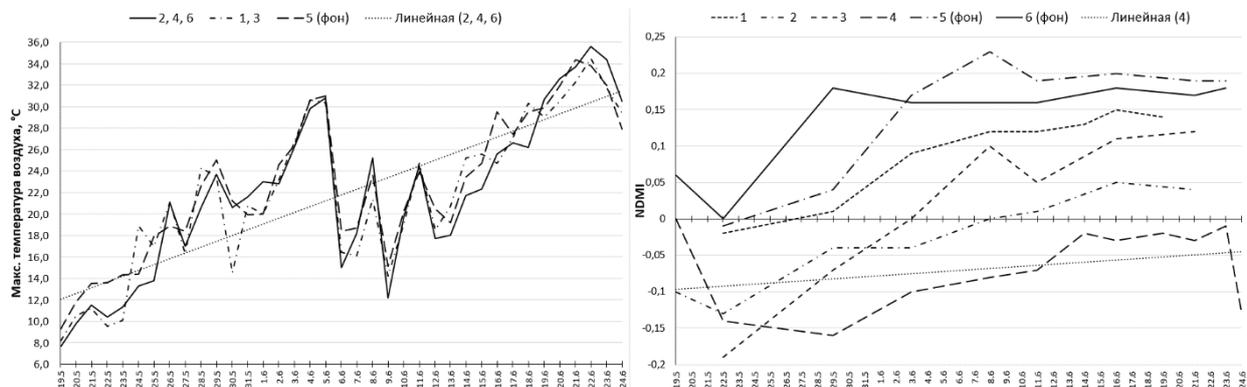
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Природные пожары, особенно лесные, приводят к значительным экономическим и экологическим потерям. Использование данных дистанционного зондирования Земли позволяет вовремя обнаружить, локализовать и ликвидировать возгорание, что существенно снижает негативные последствия. Актуальным является обнаружение территорий, на которых формируются условия, благоприятные для возникновения лесных пожаров.

Целью работы является оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности с использованием космических снимков (КС).

В качестве объекта исследования были выбраны тестовые участки, расположенные на территории Республики Саха (Якутия). Для анализа предпожарной обстановки были рассмотрены метеорологические показатели исследуемой территории, на которой происходили лесные пожары летом 2021 г., на протяжении месяца до появления очагов возгорания. С помощью сервиса поиска мест лесных пожаров NASA FIRMS были выбраны четыре очага возгорания и два фоновых участка неподалеку от мест возгорания [1].

Для оценки значений вегетационных и водных индексов исследуемой территории были использованы данные со спутника Sentinel-2 с уровнем обработки Level-2A, а для анализа температуры поверхности Земли – данные Landsat-8 Collection 2 Level-1. С помощью сервиса Sentinel Hub EO Browser [2] было найдено 12 безоблачных снимков со спутника Sentinel-2 и три со спутника Landsat-8 с подходящими датами съемки, и получены значения индексов NDMI, NDWI и NDVI и температуры поверхности Земли. Анализ полученных данных позволил определить основные тенденции изменения характеристик исследуемых участков при формировании пожароопасной обстановки (см. рисунок).



Графики изменения максимальной температуры воздуха и NDMI по датам до момента возгорания

Было выявлено, что значения NDMI для всех участков соответствуют водному стрессу растительности, т.к. находятся в пределах от -0,19 до 0,23. В большей степени это относится для участков 1-4, где в дальнейшем произойдет возгорание. Анализ значений NDWI показал, что каждая из областей соответствуют растительности. К моменту возгорания значения индекса составляло от -0,61 до -0,35 для участков 1-4. Можно отметить плавный восходящий тренд к моменту возгорания для всех участков, что говорит о снижении влаги в растительности. Показатели NDVI для областей 1-4 находятся в промежутке от 0,41 до 0,72 к моменту возгорания. Для участков 1, 4 и 6 можно отметить снижение индекса к моменту возгорания, что говорит о снижении влаги в деревьях. Как видно на рисунке, имел место тренд на повышение температуры воздуха с 13.06 для всех участков. Для участков 2, 4 и 6 к моменту возгорания максимальная температура воздуха составляла 34,4-35,6 °C, а для участков 1 и 3 – 29 и 31,7 °C соответственно. С 10.06 и до момента возгорания осадки выпадали крайне редко (2 раза на фоновом участке, 1 раз на месте возгорания) и в малом количестве (меньше 1 мм). По космическим снимкам было выявлено повышение средней температуры поверхности Земли, достигнувшее максимального значения к моменту возгорания.

В результате проведенных исследований разработаны методические вопросы оценки формирования пожароопасной обстановки с использованием метеорологических данных и данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

Литература

1. FIRMS [Электронный ресурс] / USGS – URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/> (дата обращения: 08.03.2022).
2. Sentinel Hub EO Browser [Электронный ресурс] / Sentinel Hub – URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (дата обращения: 20.03.2022).

Научный руководитель – канд. техн. наук О. С. Токарева.

Горимость арктической зоны Сибири в современном климате

П. Д. Третьяков

Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск

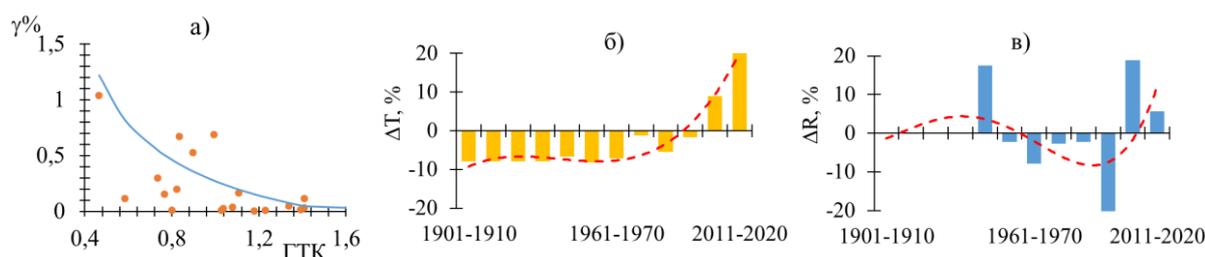
Современная оценка воздействий изменения климата (Arctic Climate Impact Assessment, ACIA) показывает тенденцию роста температуры в Арктике, достигающую $\sim 3^{\circ}\text{C}$ за 30-летний период (1971–2000 гг.) [1]. Глобальное потепление может провоцировать рост активности пожаров, оказывающих существенное воздействие на лесные экосистемы и экосистемы притундровых регионов [2].

Целью работы был сравнительный анализ тепловлагообеспеченности (показатель ГТК, температура, осадки) на территории Арктической зоны Сибири и связь с горимостью отдельных регионов, как факторов проявления климатических изменений данной зоны.

Район исследования включал в себя Арктическую зону Сибири в координатах $64\text{--}74^{\circ}$ с.ш. $60\text{--}150^{\circ}$ в.д. с выделением зон: I зона ($64\text{--}70^{\circ}$ с.ш. и $60\text{--}80^{\circ}$ в.д.), II зона ($64\text{--}74^{\circ}$ с.ш. и $80\text{--}110^{\circ}$ в.д.), III зона ($64\text{--}73^{\circ}$ с.ш. и $110\text{--}130^{\circ}$ в.д.) и IV зона ($64\text{--}73^{\circ}$ с.ш. и $130\text{--}150^{\circ}$ в.д.).

Оценка площади и количества лесных пожаров, а также фактическая горимость выполнялись в системе ГИС QuantumGIS. Данные о пожарах были получены из базы данных Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», доступных по материалам спутникового мониторинга за период 1995–2021 гг. Были выполнены расчеты гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова [3], на основании базы данных ВНИИ гидрометеорологической информации. Обработаны многолетние ряды данных для температуры (1901–2020 гг.), осадков (1966–2020 гг.).

Установлено что для Восточной части Арктики (зона III и IV) наблюдается снижение ГТК с 0,94 до 0,63 и с 0,83 до 0,74, соответственно, что на 10,7 % ниже среднееголетней нормы. Это может быть основным условием роста числа, площадей и интенсивности пожаров. В I и II зоне изменение тепловлагообеспеченности в настоящее время не имеет выраженного тренда аридности, т.к. территория получает достаточное количество осадков, перераспределенных по территории Арктической зоны.



Связь ГТК с показателем горимости (а); аномалии температуры (б); аномалии осадков (в)

За период 2001–2020 гг. дефицита осадков (ΔR , %) в рассмотренном регионе не выявлено, при этом в последние десятилетие на востоке Сибири (зона III и IV) наблюдается незначительное увеличение осадков на 5,60 % и 7,65 % по сравнению с периодом 1900–2000 гг. При этом аномалии температуры (ΔT , %) за последние двадцать лет увеличились. В период 2001 по 2010 год превышение относительно нормы составляло ~ 10 %, а в период 2011–2020 гг. – до 14–27 %. Значительная разница, отмеченная для восточной части (зоны III и IV) между ростом осадков и ростом температуры, может свидетельствовать об увеличении засушливости климата и, как следствие, вероятном увеличении числа площадей и интенсивности пожаров в Восточной части Арктической зоны Сибири. По результатам спутникового мониторинга за последние 5 лет наблюдается смещение пожаров на восток, горимость (γ , %) в I зоне уменьшилась $\gamma=0,08$ % (среднееголетняя норма $\langle \gamma \rangle = 0,29$ %), в II зоне увеличилась $\gamma=0,69$ % ($\langle \gamma \rangle = 0,22$ %), в III зоне увеличилась $\gamma=2,65$ % ($\langle \gamma \rangle = 0,67$ %), в IV зоне – значительно увеличилась $\gamma=4,86$ % ($\langle \gamma \rangle = 0,62$ %).

В Арктической зоне Сибири при современных темпах климатических изменений возможно дальнейшее усиление роли пожаров, как фактора, определяющего как процессы на уровне экосистем, так и процессы глобального характера. В частности, пожары в тундре влияют не только на растительность, но и на тепловой баланс почвы и мерзлотных слоев. Одно из возможных проявлений – более значительное сезонное протаивание вечной мерзлоты и высвобождение парниковых газов, которые будут способствовать дальнейшему изменению климата.

Литература

1. Ю.С. Цатуров, А.В. Клепиков. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 4(8).
2. H. Hayasaka. Rare and Extreme Wildland Fire in Sakha in 2021 // Atmosphere. – 2021. – № 12(12).
3. Е.И. Пономарев, А.С. Скоробогатова, Т.В. Пономарева. Горимость лесов Сибири и межсезонные вариации уровня тепло- и влагообеспеченности // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 7. стр. 45–55.

Научный руководитель – канд. техн. наук Е. И. Пономарев.

Долговременная динамика изменения тепловых характеристик нарушенных участков золотодобычи по спутниковым данным

Н. Д. Якимов

Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск

На территории бореальных лесов Сибири ежегодно наблюдается значительные повреждения растительного и почвенного покрова [1], как следствие различных естественных (природные пожары) и антропогенных воздействий (промышленный/добывающий комплекс). Площадь нарушений, вызванных естественными факторами выше, чем антропогенными, однако последующее восстановление состояния растительного покрова, на антропогенно-нарушенных участках занимает более длительный период, а в отдельных случаях и вовсе не происходит [2]. Дистанционный мониторинг позволяет отслеживать успешность восстановительных процессов на таких участках в пространственно-временном масштабе с использованием спектральных характеристик [3]. Мониторинг возможен с использованием вегетационных индексов, информативных на ограниченном интервале [3], или характеристик в тепловом диапазоне.

Цель работы – выполнить геопространственный анализ многолетней динамики восстановления тепловых характеристик на территориях золотодобывающих комплексов карьерного типа в условиях Сибири в условиях выравнивания температурных аномалий поверхности по отношению к фоновым значениям.

Мы использовали спутниковые снимки среднего пространственного разрешения Landsat 8/OLI/TIRS (Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor), Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper), Landsat 4-5 TM (Thematic Mapper), and Landsat 1 MSS (Multispectral Scanner System) находящиеся в свободном доступе (USGS, <https://earthexplorer.usgs.gov/>). В работе были отобраны хронологические ряды спутниковых данных (1973–2020 гг) и восстановлены спектральные характеристики на четыре техногенных объекта (Олимпиадинский ГОК, Наталкинский ГОК, Вернинский ГОК, ГОК «Алданслюда») с нарушением покрова, находящихся на разных стадиях пост-техногенного состояния. Все рассматриваемые объекты относятся к Восточно-Сибирскому таежному мерзлотному району.

На основе спутниковых данных за 1990–2020 годы мы оценили динамику тепловых характеристик ($\Delta T/T_{\text{фон}}$) на нарушенных участках с интервалом в 5 лет. В соответствии с полученными распределениями значений $\Delta T/T_{\text{фон}}$ мы разделили рассматриваемые участки на 3 стадии функционирования: I – начальная стадия (~10 лет), II – стадия активного формирования техногенного объекта (от 10 до 35 лет), III – стадия посттехногенного восстановления (после 35–40 лет).

На I стадии происходит формирование техногенного объекта, и в условиях прироста площади в этот период наблюдается повышение значений $\Delta T/T_{\text{фон}}$. На II стадии происходит активное освоение значительной части нарушенных участков, таким образом, значения $\Delta T/T_{\text{фон}}$ за весь период сглаживаются, а дисперсия минимальна, что указывает на общие особенности состояния всех объектов на этой стадии. Эта стадия уникальна для техногенных объектов золотодобычи преимущественно открытым способом, где восстановление почвенного и растительного покрова является затрудненным и длительным по времени процессом. На III стадии посттехногенное восстановление начинается за счет уменьшения техногенного воздействия. На этом этапе предполагается снижение $\Delta T/T_{\text{фон}}$ до уровня 7–10 %. Аналогичные процессы характерны и для других вариантов нарушенных территорий с длительным процессом восстановления.

Начальный уровень тепловой аномалии колеблется в диапазоне 10–30 % при среднем значении ~15 %. Самый высокий уровень начальной аномалии был зарегистрирован для Олимпиадинского ГОКа ($\Delta T/T_{\text{фон}} \sim 30\%$). Наименьший показатель $\Delta T/T_{\text{фон}} \sim 10\%$ зарегистрирован на Наталкинском ГОКе. Процесс выравнивания аномалий, вероятно, стабилизировался на уровне $\Delta T/T_{\text{фон}} \sim 16\text{--}20\%$ на II стадии.

Рассмотренные участки золотодобычи представляют собой уникальный случай техногенного нарушения, при котором наблюдается длительное (до 40–50 лет) отсутствие восстановительных процессов. Зафиксирована значительно более низкая эффективность восстановительных процессов по сравнению с посттехногенными участками добычи угля и постпожарными территориями, где значительное восстановление тепловых характеристик ($\Delta T/T_{\text{фон}}$) наблюдается уже в течение первых 20 лет [4].

Литература

1. A. Kirdeyanov, M. Saurer, R. Siegwolf, A. Knorre, A.S. Prokushkin, O. Churakova, M.V. Fonti, U. Büntgen. Long-term ecological consequences of forest fires in the continuous permafrost zone of Siberia // *Env. Res. Let.* – 2020. – 15:034061.
2. Т.В. Пономарева, Н.М. Ковалева, Е.И. Пономарев, В.В. Малькевич. Оценка биоразнообразия на территории Олимпиадинского ГОКа «Полюс Красноярск» // *Горный журнал.* – 2020. – № 10. – стр. 48–53.
3. E.I. Ponomarev, O.V. Masyagina, K.Y. Litvintsev, T.V. Ponomareva, E.G. Shvetsov, K.A. Finnikov. The effect of post-fire disturbances on a seasonally thawed layer in the permafrost larch forests of Central Siberia // *Forests.* – 2020. – 11. P. 790.
4. T.V. Ponomareva, K.Y. Litvintsev, K.A. Finnikov, N.D. Yakimov, A.V. Sentyabov, E.I. Ponomarev. Soil Temperature in Disturbed Ecosystems of Central Siberia: Remote Sensing Data and Numerical Simulation // *Forests.* – 2021. – 12(8). P. 994.

Научные руководители – д-р биол. наук, проф. И. Н. Безкорвайная, канд. техн. наук, доц. Е. И. Пономарев.

*Институт экономики, государственного управления и финансов
Сибирского федерального университета, Красноярск*

Выбросы парниковых газов приводят к повышению средней температуры по всему миру. Государства и предприятия разрабатывают стратегии по сокращению выбросов парниковых газов для предотвращения катастрофических последствий. Для достижения этих целей рассматриваются траектории увеличения удельной доли электрокаров в общей доле транспортных средств. В данном исследовании рассмотрены эконометрические модели временных рядов, позволяющие спрогнозировать, оценить экологические эффекты, сопряженные с выбросами парниковых газов в процессе эксплуатации транспортных средств, и определить степень влияния различных факторов на объём углеродной эмиссии.

Выбросы сажи, летучих органических соединений и аммиака, которые оказывают влияние на качество атмосферного воздуха, могут вызывать серьезные проблемы со здоровьем у населения [1]. В рамках исследования была сформирована выборка данных, имеющих панельную структуру. Представлены данные по 80 кросс-секционным наблюдениям – субъектам Российской Федерации – за 9 временных периодов с 2012 по 2020 гг. Источником информации в исследовании послужила ЕМИСС [2]. Предварительно перед построением моделей и проведением регрессионного анализа панельных данных исследованы статистические показатели выборки и характер распределения зависимой переменной.

При проведении регрессионного анализа панельных данных в работе было рассмотрено несколько различных спецификаций, включающих исследуемые факторы, контрольные переменные и фиктивные переменные, отражающие временные эффекты.

Спецификации регрессионной модели включают помимо независимой переменной *mileage* контрольные переменные для того, чтобы устранить возможное смещение оценок коэффициентов из-за пропущенных переменных, коррелированных с ошибкой регрессии и оказывавших влияние на зависимый признак. Данная спецификация включает ряд регрессоров, которые в совокупности объясняют около 67 % дисперсии зависимой переменной.

Увеличение пробега автомобиля на 10000 тыс. км ведёт к увеличению объёма выбросов на 77,4 тыс. т. Это является прямым следствием как естественной деградации систем контроля выбросов автомобиля, так и неисправностей или полного отказа систем контроля. Увеличение доли автотранспортных средств, работающих на альтернативных источниках топлива, на 1 % приводит к снижению объёма выбросов на 0,783 тыс. т. Увеличение стоимости полёта в эконом-классе самолета, в расчете на 1000 км пути, на 1000 руб. сопряжено с увеличением выбросов на 48,56 тыс. т.

Проведённый в исследовании экономико-статистический анализ объёма выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта позволяет сделать ряд выводов о динамике объёма выбросов, наличии тенденций и существующих, статически значимых взаимосвязях между объёмом выбросов и определёнными факторами (*mileage*, *al_fuel_veh*, *car_accident*, *plane_price*), оказывающими влияние на зависимый признак, благодаря проведённому регрессионному анализу панельных данных. Транспортный сектор вносит ощутимый вклад в общий объём выбросов в атмосферу парниковых газов и вредных загрязняющих веществ. В исследовании было установлено, что за последние 9 лет среднегодовая доля выбросов парниковых газов, приходящихся на автомобильный сектор, составила около 25 % от общего объёма выбросов парниковых газов в РФ. Наибольшая доля (около 77 %) в структуре выбросов от автотранспорта приходится на диоксид углерода – главный парниковый газ. Кроме того, проведённый регрессионный анализ панельных данных позволил выявить факторы, оказывающие влияние на объём выбросов. Было выявлено, что величина пробега автомобиля объясняет наибольшую долю дисперсии объёма выбросов парниковых газов от автотранспортных средств. Другим не менее значимым выводом, полученным в исследовании, является оценка влияния процесса электрификации транспорта на снижение совокупного объёма выбросов. Данная оценка, в свою очередь, может быть полезна для органов государственного управления в сфере разработки и внедрения программ полномасштабной электрификации транспорта – одно из приоритетных направлений развития страны, указанных в Стратегии социально-экономического развития РФ до 2050 года с низким уровнем выбросов парниковых газов.

Литература

1. Ситдикова А. А., Святова Н. В., Царева И. В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – №. 3. – С. 591-591.
2. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух / кол. авторов; под ред. А.Ю. Недре и др. – 2-е изд., доп. и пер. – СПб.: ОАО «НИИ Атмосфера», 2012. – 224 с.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. Н. В. Непомнящая.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОАНАЛИТИКА И ХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМ

Исследование состава металлсодержащих наночастиц в городской пыли методом ИСП-МС в режиме детектирования одиночных частиц (О. А. Галицкая, П. В. Черкасова).....	3
Тяжёлые металлы в воде и снеге (на примере Телецкого озера) (М. А. Карачева).....	4
Закономерности распределения ртути в эпифитных лишайниках Горного Алтая (С. А. Малютена).....	5
Контроль уровня загрязнения дорожной пыли полициклическими ароматическими углеводородами на территории г. Иваново (П. Д. Месяцева, А. Г. Логинова, И. А. Лишнова).....	6
Обработка осадков сточных вод на локальных очистных сооружениях (С. А. Ребитва, К. Б. Борисова).....	7
Основные этапы детекции микропластика в почвах (К. В. Ручкина).....	8
Изменение химического состава грунта по глубине на территории г. Перми (М. С. Самойлов, М. В. Першина).....	9
Исследование сезонных вариаций содержания приоритетных загрязняющих веществ Увудьского водохранилища по данным мониторинга донных отложений (Р. Д. Ситанов, А. В. Печникова, Ю. А. Константинова, Е. К. Харитонова).....	10
Долгоживущие радионуклиды Sr90 и Cs137 в системе донные отложения – высшая водная растительность озерной экосистеме Куяш (О. Ф. Хохлова).....	11
Содержание нефтепродуктов в почвах мест сезонного складирования снежных масс (Э. В. Заббарова).....	12
ГЕОЭКОЛОГИЯ	
Геоэкологическая оценка ртутной нагрузки на территорию г. Томска по данным изучения дорожной пыли (А. И. Беспалова).....	13
Закономерности распространения тяжелых металлов в донных отложениях озер Букино и Лошамье национального парка «Смоленское Поозерье» (И. Е. Алексеева, А. М. Бессонова).....	14
Оценка качества и гидрогеологических условий залегания подземных питьевых вод Невьянска (Е. И. Афзалова).....	15
Динамика образования биологических летучих органических соединений в бореальных лесах (ст. Фоновая, Томская область) (Е. В. Гурулева).....	16
Оценка распространения влияния автотранспортного загрязнения на территории экопарка «Гремячая Грива» (г. Красноярск) (М. Е. Косов).....	17
Эрозионные процессы на водосборах малых рек г. Новосибирска (Е. А. Непомнящих).....	18
Исследование морфологии и адсорбционных характеристик грунта г. Перми (М. В. Першина, М. С. Самойлов).....	19
Особенности минерально-вещественного состава твердой фазы снегового покрова в районе воздействия нефтехимического предприятия (г. Томск) (С. П. Петушкин).....	20
Анализ гранулометрического состава нерастворимого осадка снегового покрова в зоне воздействия теплоэлектростанции (на примере города Томск) (Р. Ю. Санарова).....	21
Геоэкологическая оценка состояния территории в районе расположения литейно-машиностроительного завода в г. Караганде (республика Казахстан) по данным изучения снегового покрова (И. А. Сапрунова).....	22
Изучение золошлаковых материалов Ново-Кемеровской ТЭЦ с целью выбора оптимального способа их утилизации (Ю. В. Пасечников).....	23

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАТАЛИЗ И АДСОРБЦИЯ

Экологическая фотохимия комплекса $Fe - EDDS$: эффективность фотолиза и генерации $\bullet OH$ радикала для процессов глубокого окисления (Ю. А. Беликов)	24
Разработка безрастворного метода синтеза катализаторов метанирования CO_2 (К. А. Дмитрук, О. И. Мазина) ...	25
Разработка композиционного материала на основе Al_2O_3 для использования в установках по сжиганию отходов (А. П. Люлюкин).....	26
Применение смешанного оксида $AgMnO_2$ для низкотемпературного каталитического окисления CO (В. М. Метальникова).....	27
Исследование углеродных материалов в процессе емкостной деионизации (М. Д. Приданников).....	28
Разработка пектиновой пленки с повышенной сорбционной способностью для пищевых продуктов (Е. Е. Рогова, Д. И. Болдинов).....	29
Гидролиз-дегидратация шелухи овса и ее компонентов в 5-гидроксиметилфурфурол и фурфурол в присутствии твердых и растворимых каталитических систем (К. С. Черепанова, Т. Б. Медведева, А. В. Жужгов, Н. В. Громов, В. Н. Пармон).....	30
Получение муравьиной кислоты в одностадийном One-Pot процессе гидролиза-окисления растительного сырья в присутствии солей $Mo-V-P$ гетерополикислот (И. А. Черенков, Т. Б. Медведева, И. А. Лукоянов, В. Н. Панченко, Н. В. Громов, М. Н. Тимофеева, В. Н. Пармон).....	31

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Интегрирование пунктов приема вторсырья в пешеходно-прогулочные пространства города (А. Ф. Воликова, Н. А. Бурило)	32
Проблема удаления соединений азота на очистных сооружениях канализации г. Горно-Алтайска (А. П. Баум, Н. В. Гусева, Д. Е. Ефименко).....	33
Применение гидроксида железа разной степени дисперсности для очистки воды от органических веществ (Е. С. Булинг).....	34
Экстракция меланина из шелухи гречихи (А. Д. Кирьянов).....	35
Получение и характеристика пленок на основе крахмала (Т. Е. Кусков).....	36
Механизм и продукты фотодеградации лекарственного средства карбамазепина в водных раствора (М. В. Новиков)	37
Исследование морфологии, элементного и фазового состава золы ТЭЦ г. Северска (Ю. В. Пасечников).....	38
Технология очистки сточных вод с использованием носителей прикрепленных микроорганизмов в поселке Сузун Новосибирской области (Е. Е. Сальников).....	39
Очистка сточных вод молокозавода в анаэробных и аэробных условиях (К. И. Уколова, М. С. Трухина)	40
Применение УФ-излучения эксиламп $KrCl$ и $HeVg$ для исследования фотодеградации производного фенола (А. А. Федорова).....	41
Особенности сорбции тяжёлых металлов механохимически модифицированными природными полифенолами (Л. И. Юдина).....	42
Проектные недоработки и упущения проекта очистных сооружения канализации города Тарко-Сале (П. З. Хакимов).....	43

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Распространенность и факторы риска нарушений состояния опорно-двигательного аппарата обучающихся – жителей крупного промышленного города (А. А. Васильева).....	44
Элементный состав организма млекопитающего как индикатор геоэкологической обстановки центрального Сихотэ-Алиня (Д. А. Иванова).....	45

Токсическое воздействие гексана на дождевых червей <i>Eisenia andrei</i> и растения (К. О. Малышева, Я. В. Лобанова, В. А. Теплых).....	46
Влияние техногенного загрязнения ионами тяжелых металлов на ранние этапы развития <i>Robinia pseudoacacia</i> (С. В. Матвеева, Т. С. Бабакова)	47
Идентификация биологически активных веществ в дерезе обыкновенной (Р. Р. Муратшина).....	48
Биотестирование природных вод по всходам салата и редиса (Н. С. Соколов, А. А. Неверова, Т. О. Ерченко)	49
Этиология корневой гнили на вигне в условиях защищенного грунта (А. А. Никифорова)	50
Роль гена цитоплазматической супероксидисмутазы в формировании признаков приспособленности <i>Drosophila melanogaster</i> в условиях токсической нагрузки полиэтилентерефталата (А. Р. Сайфутдинова).....	51
Проблематика гармонизации экосистемы дворового пространства (Ю. О. Лесотова, П. С. Эптешева).....	52
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И КАТАЛИЗА. ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Фотокаталитическое восстановление CO ₂ в присутствии композитных материалов на основе TiO ₂ и g-C ₃ N ₄ (Р. Ф. Алексеев)	53
Изучение способов активации кобальтсодержащих оксидных систем в реакционной среде каталитических процессов дегидрирования борсодержащих гидридов (В. Р. Бутенко).....	54
Способы управления морфологией, активностью и устойчивостью к деградации платиносодержащих электрокатализаторов (К. О. Паперж)	55
Исследование кинетики фотокаталитического разложения воды под воздействием излучения видимого света в присутствии биметаллических нанесенных фотокатализаторов на основе g-C ₃ N ₄ (Н. Д. Сидоренко)	56
Синтез и исследование композиционных материалов на основе ионных жидкостей – органических хемосорбентов углекислого газа (А. Ж. Шешковас).....	58
Исследование стабильности фотокатализаторов на основе диоксида титана, модифицированного соединениями меди, для получения водорода под действием излучения УФ- и видимого диапазона (А. Ю. Яковлева).....	59
ГЕОГРАФИЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ	
Влияние температурных условий на фотосинтетическую активность подроста <i>Pinus sibirica</i> и <i>Pinus sylvestris</i> и взрослых деревьев <i>Picea obovata</i> и <i>Pinus sylvestris</i> в зимне-весенний и летний периоды (Е. З. Захарова, А. В. Кривошеева)	60
Фитоиндикация как метод мониторинга урбанизированных территорий (Н. В. Кехтер, А. С. Мирошниченко, М. Б. Гожоев).....	61
Скорость разложения мертвой древесины в пихтарниках, пораженных дальневосточным короедом (М. Д. Ложенко).....	62
ДНК-баркодинг паразитоидов липовой моли-пестрянки <i>Phyllonorycter issikii</i> (Lepidoptera: Gracillariidae) в Западной Сибири (М. А. Рязанова).....	63
Интродукция сорта земляники «Европейский» в степных условиях Тувы (Х. С. Самаан, К. В. Кужугет).....	64
Оценка экологического состояния пойменных озер по распределению зообентоса в условиях изменения их гидрологических характеристик (А. Е. Скотарева).....	65
Методы обработки данных временных рядов долготетних наблюдений планктонного сообщества (В. С. Шапаренко)	66
ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМ И СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ УГЛЕРОДА	
Мониторинг пожарного воздействия на растительность с использованием спектральных индексов (А. Н. Забродин, Н. Д. Якимов).....	67

Пространственно-временная динамика метеорологических показателей, как фактор изменения горимости в Сибири (А. В. Мальканова)	68
Оценка возможности использования космоснимков для определения температуры грунтов (А. А. Палилкин)	69
Георадарные исследования почвенных профилей в условиях нарушенных экосистем (Г. Е. Пономарев).....	70
Выявление пространственной неоднородности гранулометрического состава почв агроландшафтов Западной Сибири на основе машинного обучения (К. В. Ручкина, В. В. Чурсин, Т. О. Валевиц)	71
Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных (А. А. Смирнов)	72
Горимость арктической зоны Сибири в современном климате (П. Д. Третьяков).....	73
Долговременная динамика изменения тепловых характеристик нарушенных участков золотодобычи по спутниковым данным (Н. Д. Якимов)	74
Эконометрические методы оценки выбросов парниковых газов от автотранспортных средств в РФ (А. Е. Плесовских).....	75

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы XXV Международной экологической студенческой конференции

Тезисы издаются в авторской редакции

Подготовка к печати С. В. Исаковой

Оригинал-макет Т. Е. Романовой

Обложка Е. В. Неклюдовой

Подписано в печать 25.11.2022 г.

Формат 60×84 1/8. Уч.-изд. л. 10. Усл. печ. л. 9,3.

Тираж 26 экз. Заказ № 261

Издательско-полиграфический центр НГУ.
630090, Новосибирск-90, ул. Пирогова, 2.