

*Санкт-Петербургский Центр Системного Анализа*

*Предиктивный характер  
научных исследований  
и практика их реализации  
в условиях глобального  
кризиса в экономике  
и обществе*

*Сборник  
научных статей по итогам  
международной научно-практической конференции*

*21-22 августа 2020 года*

*Санкт-Петербург*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЦЕНТР СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

ПРЕДИКТИВНЫЙ ХАРАКТЕР  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИКА  
ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО  
КРИЗИСА В ЭКОНОМИКЕ И ОБЩЕСТВЕ

*СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ  
ПО ИТОГАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ*

21-22 августа 2020 года

Санкт-Петербург

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2020

**ББК 72**

**П71**

**П71 Предиктивный** характер научных исследований и практика их реализации в условиях глобального кризиса в экономике и обществе : сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. 21-22 августа 2020 года. Санкт-Петербург. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2020. – 168 с.

ISBN 978-5-7310-5058-6

Сборник включает статьи участников международной научно-практической конференции «Предиктивный характер научных исследований и практика их реализации в условиях глобального кризиса в экономике и обществе», прошедшей 21-22 августа 2020 года в городе Санкт-Петербурге на базе Санкт-Петербургского Центра Системного Анализа.

Сборник содержит статьи по **научным направлениям**: архитектура и строительство; инженерное дело; информационные технологии; культурология; математические науки; медицинские науки; общегуманитарные науки; педагогические науки; политические науки; технические науки; туризм; филологические науки; химические науки; экономические науки; юридические науки.

В материалах конференции обсуждаются проблемы различных областей современной науки. Статьи представлены учеными и специалистами Российской Федерации и ближнего зарубежья. Сборник представляет интерес для учёных различных исследовательских направлений, преподавателей, студентов, аспирантов – для всех, кто интересуется развитием современной науки.

Издательство не несет ответственности за материалы, опубликованные в сборнике. Все материалы поданы в авторской редакции и отображают персональную позицию участника конференции.

**Predictive** nature of scientific research and practice of its implementation in the context of the global crisis in the economy and society : collection of scientific articles on the results of the international scientific and practical conference. August 21-22, 2020. – St. Petersburg : Publishing House of SPbSUE, 2020. – 168 p.

The collection includes articles by participants of the international scientific and practical conference "Predictive nature of scientific research and practice of its implementation in the context of the global crisis in the economy and society ", held on August 21-22, 2020 in St. Petersburg on the basis of the St. Petersburg center for System Analysis.

The collection contains articles on scientific areas: architecture and construction; engineering; information technology; cultural studies; mathematical sciences; medical sciences; general humanitarian sciences; pedagogical sciences; political sciences; technical sciences; tourism; philological sciences; chemical sciences; economic sciences; legal sciences.

The issues of various fields of modern science are analyzed in the materials. The articles are presented by the scientists and specialist of the Russian Federation and near-abroad countries. The collection is of interest to scientists of various research areas, teachers, students, post-graduate students – for anyone interested in the development of modern science.

The publishing house does not have responsibility for the materials published in the collection. All materials are submitted in the author's edition and reflect the personal attitude of the participant of the conference.

**LBC 72**

ISBN 978-5-7310-5058-6

© СПб Центр Системного Анализа, 2020

© Изд-во СПбГЭУ, 2020

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

### Председатель Оргкомитета конференции:

**Войтоловский Николай Викторович**

доктор экономических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного экономического университета, член редакционного Совета Евразийского международного научно-аналитического журнала «Проблемы современной экономики», город Санкт-Петербург, Россия

### Заместители председателя Оргкомитета конференции:

**Назарова Вера Леонидовна**

доктор экономических наук, профессор, действительный член (академик) ООО «Международная экономическая академия Евразия», зав. кафедрой «Учет, аудит и статистика», Алматинская академия экономики и статистики, Алматы, Республика Казахстан

**Богомолов Сергей Михайлович**

доктор экономических наук, профессор кафедры банковского дела, денег и кредита, Саратовский социально-экономический институт РЭУ им. Г. В. Плеханова, Россия

### Сопредседатели:

**Пименова Анна Лазаревна**

доктор экономических наук профессор, заведующая кафедрой банковского дела, учета и аудита Международного банковского института, заместитель главного редактора Евразийского международного научно-аналитического журнала, город Санкт-Петербург, Россия

**Штиллер Марина Владимировна**

заместитель директора ИМТМ, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Налогообложение и бухгалтерский учет», Институт Международного транспортного менеджмента Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, город Санкт-Петербург, Россия

**Чабанюк Олег Васильевич**

профессор кафедры экономики и менеджмента Московского финансово-юридического университета МФЮА. город Москва, Россия

**Зайниева Лилия Юсуповна**

доктор политических наук, профессор кафедры политологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, город Алматы, Казахстан

### Члены Оргкомитета:

**Кириллова Елена Анатольевна**

кандидат юридических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

**Кислюк Галина Ивановна**

кандидат медицинских наук, доцент, Курский государственный медицинский университет, город Курск, Россия

**Комаровский Юрий Александрович**

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, город Владивосток, Россия

**Корольков Владимир Евгеньевич**

кандидат экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

**Зайцев Андрей Александрович**

кандидат технических наук, доцент, Российский Университет Транспорта, город Москва, Россия

### Региональные представители:

**Абубакиров Фархат Марсимович**

кандидат юридических наук, доцент кафедры уголовного права и криминологии Хабаровского государственного университета экономики и права, член Российской академии юридических наук, город Хабаровск, Россия

**Беджанян Кристина Генриховна**

кандидат филологических наук, доцент, Армянский государственный педагогический университет имени Хачатуря Абовяна, город Ереван, Республика Армения

**Прохоров Владимир Тимофеевич**

доктор технических наук, профессор, Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) — Донского государственного технического университета в городе Шахты Ростовской области, Россия

**Тайкулакова Гульнара Сериковна**

кандидат экономических наук, доцент Высшей Школы Менеджмента, Алматы Менеджмент Университет, г. Алматы, Казахстан

### УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

*ОРГКОМИТЕТ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПРЕДИКТИВНЫЙ ХАРАКТЕР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИКА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО КРИЗИСА В ЭКОНОМИКЕ И ОБЩЕСТВЕ», КОТОРАЯ ПРОШЛА В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ 21-22 АВГУСТА 2020 ГОДА, БЛАГОДАРИТ ВСЕХ УЧАСТНИКОВ ЗА АКТИВНУЮ И ПЛОДОТВОРНУЮ РАБОТУ И ВЫРАЖАЕТ НАДЕЖДУ НА ПРОДОЛЖЕНИЕ СОТРУДНИЧЕСТВА!*

**СОДЕРЖАНИЕ****АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО**

<i>Каптелкин А.А., Куликова Н.В., Новоселов Н.А., Рыкунин С.Н.</i> ПЕРЕРАБОТКА ТОНКОМЕРНЫХ БЕРЕЗОВЫХ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО СПРОСА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЩЕПУ.....	7
<i>Кузнецова К.М.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЮРТЫ В КАЧЕСТВЕ ТУРИСТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.....	12

**ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО**

<i>Зайцев А.А., Горбуля Ю.Н., Кондейко И.А.</i> ПАРАМЕТРЫ НАДЕЖНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА УЧАСТКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА МЖД-1.....	15
---	----

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<i>Пищченко Д.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БИЗНЕСЕ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО КРИЗИСА В ЭКОНОМИКЕ И ОБЩЕСТВЕ.....	20
<i>Саидов Б.Б., Тележкин В.Ф., Чупина А.Д.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.....	23

**КУЛЬТУРОЛОГИЯ**

<i>Киселёв Г.А.</i> МУЗЫКАЛЬНАЯ КОМЕДИЯ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЖАНРА.....	27
--	----

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<i>Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И.</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АБСОЛЮТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ.....	31
--	----

**МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**

<i>Столяренко П.Ю.</i> АЛЬБЕРТ НИМАНН (1834–1861). К 160-ЛЕТИЮ ВЫДЕЛЕНИЯ КОКАИНА ИЗ ЛИСТЬЕВ КОКИ.....	35
---	----

**ОБЩЕГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

<i>Билолов Б.Ш., Давлатзода Р.С., Билолов Т.Ш.</i> ЧИТАТЕЛЬСКИЕ ИНТЕРЕСЫ СОВРЕМЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ И ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЧИТАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН.....	41
--	----

**ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<i>Володина О.А., Попкова Д.В.</i> СЦЕНАРИИ ПОСТРОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В УНИВЕРСИТЕТЕ.....	44
<i>Малая О.Г., Ларионова В.А.</i> ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ.....	48
<i>Федосеева И.А., Безденежных Л.В.</i> О ПРЕДПОСЫЛКАХ ФОРМИРОВАНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА.....	51
<i>Федюковская М.Г.</i> ЛИНГВОДИДАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИГРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ.....	56
<i>Юркина Л.В., Жилкина А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ САМОРЕГУЛЯЦИИ СТУДЕНТОВ ГУМАНИТАРНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЙ ОБУЧЕНИЯ.....	59
<i>Лазарева И.Н., Пантюх З.М.</i> BUDGETING ASSESSMENT AS ESP PROJECT WORK.....	64

**ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<i>Грибуцкая О.В.</i> ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ В ФОКУСЕ ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ КИТАЯ В XXI В.: РЕАКЦИЯ ВНЕРЕГИОНАЛЬНЫХ АКТОРОВ.....	67
<i>Катунский А.А.</i> К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО УКЛАДА РОССИИ...	70

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Дериглазов В.С., Исаков В.С., Балашов В.Б.* УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ОТХОДОВ МАТЕРИАЛОВ..... 75

*Румянцев Р.Н., Сушкова К.А., Ильин А.А., Батанов А.А., Ильин А.П.* ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТА КАЛЬЦИЯ..... 78

**ТУРИЗМ**

*Зуденков С.В., Немцова О.А., Рзаев Э.Э., Рыбкина О.С., Семенова А.В., Фоменков А.А.* ПОПУЛЯРНОСТЬ М. ГОРЬКОГО В КНР КАК ТУРИСТСКИЙ РЕСУРС Г. НИЖНЕГО НОВГОРОДА..... 82

**ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Дагиров И.М., Беньюминович Р.Т.* ВИД И АСПЕКТУАЛЬНОСТЬ В ЧЕЧЕНСКОМ ЯЗЫКЕ (в сопоставлении с русским языком)..... 85

*Татевосян Р.В., Беджанян К.Г.* ДВА СТИХОТВОРЕНИЯ ЛЕРМОНТОВА В ПЕРЕВОДАХ НА АНГЛИЙСКИЙ И АРМЯНСКИЙ..... 87

*Уманцева Л.В., Ченчушвили Е.А.* ОБРАЗЫ ДЕТЕЙ В ТВОРЧЕСТВЕ А.П. ЧЕХОВА / к 160-летию со дня рождения /..... 91

**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Кузьминова А.И., Пенькова А.В., Дмитренко М.Е., Ермаков С.С.* РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИМ КАРКАСНЫМ ПОЛИМЕРОМ  $U_{iO-66}(NH_2)$ -ЭДТА..... 95

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Абдурахманова Эльнара Эльшан кызы* ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ..... 99

*Абдурахманова Айтан Фарис кызы* СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ..... 102

*Алибаева Г.М., Водзянович А.И., Стеблякова А.А.* РАЗВИТИЕ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ..... 107

*Бургонов О.В., Голубецкая Н.П., Чиркова Т.В.* ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ..... 111

*Володина О.А., Володин И.И.* ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ..... 114

*Заграновская А.В., Плинер М.Е.* МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ И ВЛАСТИ..... 119

*Кальницкий В.С., Молоков И.Е.* ЧАРТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В СТОХАСТИЧЕСКОМ ПОТОКЕ СОБЫТИЙ..... 126

*Коноваленков С.В.* ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)..... 130

*Кривда С.В.* РИСКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ..... 135

*Крупнов Ю.А.* СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ И НАДЗОРА ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ УСЛОВИЙ КОНКУРЕНЦИИ..... 141

*Некрасова И.В., Зулфикаров Т.И., Портнова А.Б.* БАНКОВСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ КОРОНАКРИЗИСА..... 144

*Паштова Л.Г.* РОЛЬ ВЕНЧУРНОГО КАПИТАЛА В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ..... 146



<i>Письменная А.Б., Ступакова К.Ю.</i> ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АДАПТАЦИИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ.....	150
<i>Рукобратский П.Б., Смирнова О.В.</i> КРИЗИС: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ.....	153
<i>Хубулава Н.М.</i> НЕКОТОРЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РОССИИ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ПНЕВМОНИЙ НОВОГО ТИПА (научно-публицистический очерк, версия-1).....	158
<b>ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	
<i>Колонтаевская И.Ф., Заведеева Л.Е.</i> НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ФИТНЕС-ИНДУСТРИИ В КОНТЕКСТЕ ПАНДЕМИИ COVID-19.....	162
<i>Лысов Н.Н., Костерин В.В., Гильманов И.Р., Ванян К.Д.</i> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НЕПРИКОСНОВЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ КАТЕГОРИЙ ЛИЦ КАК ИНСТИТУТА УГОЛОВНО-ПРОЦЕССУАЛЬНОГО ПРАВА.....	165

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 54  
ББК 24.7

**Кузьмина Анна Игоревна**, аспирант,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
e-mail: [ai.kuzminova@mail.ru](mailto:ai.kuzminova@mail.ru)

**Пенькова Анастасия Владимировна**, д-р. хим. наук, доцент,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
e-mail: [a.penkova@spbu.ru](mailto:a.penkova@spbu.ru)

**Дмитренко Мария Евгеньевна**, канд. хим. наук, старший преподаватель,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
e-mail: [m.dmitrienko@spbu.ru](mailto:m.dmitrienko@spbu.ru)

**Ермаков Сергей Сергеевич**, д-р. хим. наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
e-mail: [s.ermakov@spbu.ru](mailto:s.ermakov@spbu.ru)

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА,  
МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИМ КАРКАСНЫМ ПОЛИМЕРОМ  
UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА

**Аннотация:** Были разработаны гибридные мембраны на основе поливинилового спирта, модифицированного металлоорганическим каркасным полимером UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА. Изменения в полимерной матрице после введения UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА было изучено с помощью методов сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрического анализа, измерений углов смачивания и равновесного набухания мембран.

**Ключевые слова:** мембраны со смешанной матрицей, поливиниловый спирт, металлоорганический каркасный полимер, UiO-66(NH<sub>2</sub>)-EDTA.

**Kuzminova Anna Igorevna**, PhD Student,  
Saint Petersburg State University  
e-mail: [ai.kuzmonpva@mail.ru](mailto:ai.kuzmonpva@mail.ru)

**Penkova Anastasia Vladimirovna**, Dr. Sci., Associate Professor,  
Saint Petersburg State University  
e-mail: [a.penkova@spbu.ru](mailto:a.penkova@spbu.ru)

**Dmitrenko Mariia Evgenjevna**, PhD, Senior Lecturer,  
Saint Petersburg State University  
e-mail: [m.dmitrienko@spbu.ru](mailto:m.dmitrienko@spbu.ru)

**Ermakov Sergey Sergeevich**, Dr. Sci., Professor,  
Saint Petersburg State University  
e-mail: [s.ermakov@spbu.ru](mailto:s.ermakov@spbu.ru)

DEVELOPMENT OF NOVEL MEMBRANES BASED ON POLYVINYL ALCOHOL MODIFIED  
BY METAL-ORGANIC FRAMEWORK UiO-66(NH<sub>2</sub>)-EDTA

**Аннотация:** Hybrid membranes based on polyvinyl alcohol modified with a metal-organic framework UiO-66(NH<sub>2</sub>)-EDTA were developed. Changes in the polymer matrix after the introduction of UiO-66(NH<sub>2</sub>)-EDTA were studied using methods of scanning electron microscopy, thermogravimetric analysis, measurements of contact angles and equilibrium swelling of membranes.

**Ключевые слова:** mixed matrix membranes, polyvinyl alcohol, metal-organic framework, UiO-66(NH<sub>2</sub>)-EDTA.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существенное улучшение физико-химических свойств мембран может быть достигнуто путем модификации полимерной матрицы неорганическим наполнителем, который используется при разработке мембран со смешанной матрицей [Penkova и др., 2016; Dmitrenko и др., 2017; Dmitrenko и др., 2019a; Dmitrenko и др., 2019b; Penkova и др., 2014; Penkova и др., 2017; Penkova и др., 2018; Penkova и др., 2015]. Создание мембран со смешанной матрицей позволяет получить новый материал, сочетающий достоинства, как полимерной матрицы, так и неорганического наполнителя. Были разработаны мембраны на основе поливинилового спирта, модифицированного металлоорганическим каркасным полимером UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА. Изменение внутренней морфологии было изучено с помощью метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Изучение поверхности было проведено путем измерения краевых углов. Термическая стабильность была изучена с помощью термогравиметрического анализа (ТГА). Сорбционные характеристики мембран были исследованы путем измерения степени набухания гравиметрическим методом.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### *Материалы и методика приготовления мембран*

В качестве мембранного материала использовали поливиниловый спирт (ПВС) с молекулярной массой 104 кДа от ЗАО «НеваРеактив». Наночастицы  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$  были синтезированы в группе «Фотоактивные нанокомпозитные материалы» в СПбГУ и были использованы для модификации ПВС.

2 масс.% раствор ПВС готовили путем растворения навески полимера в воде при  $85^\circ\text{C}$  при постоянном перемешивании. Композит ПВС с  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$  был приготовлен следующим образом: навеску  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$  диспергировали в воде, затем суспензию МКОП добавляли к 2 масс.% ПВС в определенном соотношении и обрабатывали в ультразвуковой ванне. Полученные растворы ПВС и ПВС/ $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$  выливали на чашку Петри для приготовления полимерной мембраны путем испарения растворителя при  $40^\circ\text{C}$  в течении 24 часов.

### *Сканирующая электронная микроскопия*

Фотографии поперечного скола мембран были получены методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на микроскопе Zeiss AURIGA Laser. Мембраны предварительно были погружены в жидкий азот, морфология образцов изучалась посредством микроскопа с использованием вторичных электронов при напряжении в 1 кВ.

### *Измерение краевых углов*

Изменения поверхностных характеристик мембран исследовали путем измерения углов смачивания водой методом лежащей (сидячей) капли на приборе «Contact angle and surface tension meter revision 1.31».

### *Термогравиметрический анализ*

Термовесы TG 209 F1 Libra (Netzsch, Германия) использовали для проведения термогравиметрического анализа (ТГА) в инертной атмосфере с образцами массой 2-4 мг при скорости сканирования  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$  от  $40$  до  $600^\circ\text{C}$  для изучения термической стабильности мембран.

### *Измерение степени набухания*

Процесс равновесного набухания изучали иммерсионным способом при  $25^\circ\text{C}$ . Степень набухания (S) рассчитывали по формуле:

$$S = \frac{m_n - m_0}{m_0} * 100\% \quad (1)$$

где  $m_n$  – масса набухшей мембраны, г  $m_0$  – масса исходной мембраны, г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Были получены ПВС мембраны, в матрицу которых было введено до 20 масс.%  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$ . Внутренняя морфология разработанных ПВС мембран была изучена с помощью метода СЭМ. На Рисунке 1 представлены СЭМ микрофотографии поперечного скола мембран на основе ПВС с добавкой 0-20 масс.%  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$ .

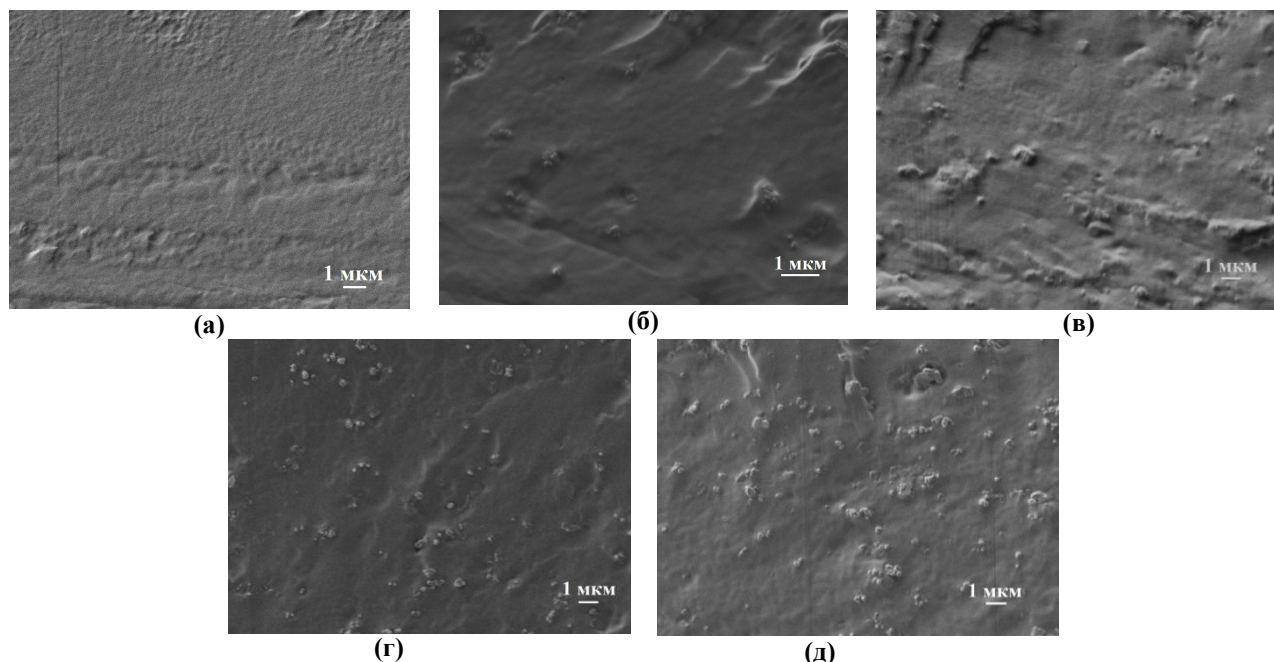


Рис. 1. СЭМ микрофотографии поперечного скола (а) ПВС, (б) ПВС/ $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$ (5%), (в) ПВС/ $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$ (10%), (г) ПВС/ $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$ (15%), (д) ПВС/ $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$ (20%) мембран

Было показано, что при введении  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$  в матрицу ПВС увеличивается гетерогенность поперечного скола, а также при увеличении содержания  $U\text{iO}-66(\text{NH}_2)\text{-ЭДТА}$  в ПВС мембранах становятся более выраженными агломераты наночастиц на поверхности поперечного скола модифицированных мембран.

Изменение поверхностных свойств разработанных мембран на основе ПВС и ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА композитов были изучены при измерении углов смачивания водой. Полученные значения углов смачивания для ПВС и ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА (до 20 масс.%) мембран представлены в таблице 1.

Таблица 1. Углы смачивания водой для ПВС и ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА мембран

Мембрана	Угол смачивания водой, °
ПВС	68
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(5%)	64
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(10%)	52
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(15%)	49
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(20%)	47

Представленные в таблице 1 данные демонстрируют, что увеличение содержания UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА в ПВС матрице приводит к уменьшению угла смачивания водой, то есть к гидрофилизации поверхности (краевой угол для ПВС мембраны – 68°, для ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА(20%) мембраны – 47°).

При изучении ПВС и ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА (до 20 масс.%) мембран методом термогравиметрического анализа (ТГА) было показано, что каждая кривая ТГА имеет три участка потери массы (рисунок 2).

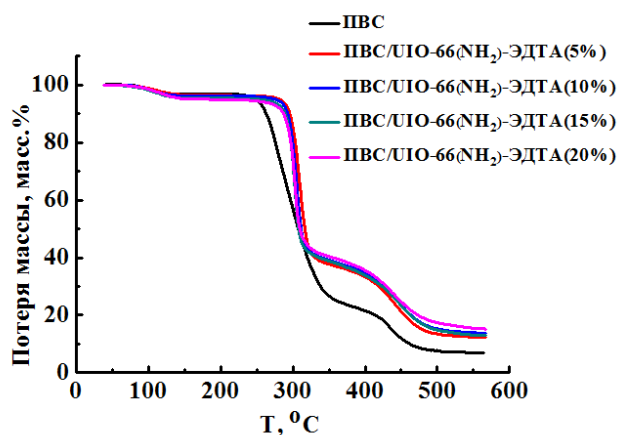


Рис. 2. ТГ кривые для ПВС и ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА мембран

С увеличением концентрации UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА в ПВС матрице потеря массы у мембран была следующей: для чистой ПВС мембраны составила 93%, для ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА(5%) мембраны – 87,6%, для ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА(20%) мембраны – 84,4% при 550 °С. Это свидетельствует, что введение МКОП в ПВС матрицу приводит к улучшению термохимических свойств и увеличивает стабильность мембран.

Степень набухания разработанных мембран в азеотропной смеси изопропанол – вода представлена в таблице 2.

Таблица 2. Степень набухания в азеотропной смеси изопропанол – вода (88/12 масс.%) разработанных ПВС и ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА мембран

Мембрана	Степень набухания, %
ПВС	18
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(5%)	25
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(10%)	26
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(15%)	25
ПВС/UiO-66(NH <sub>2</sub> )-ЭДТА(20%)	25

Было показано, что введение модификатора в ПВС мембрану приводит к увеличению степени набухания в азеотропной смеси изопропанол – вода (88/12 масс.%) по сравнению с немодифицированной ПВС мембраной. В связи с тем, что массоперенос в процессе перапарации происходит по механизму «растворение-диффузия», первой стадией согласно которому является сорбция, можно сделать вывод, что данные разработанные мембраны могут быть перспективными для выделения воды в процессе перапарации из смеси вода/изопропанол.

#### ВЫВОДЫ

Модификация ПВС металлоорганическим каркасным полимером UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА приводит к увеличению гетерогенности поперечного скола, что было показано СЭМ, гидрофильности поверхности и термической стабильности мембран. Также, разработанные ПВС/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА мембраны могут быть перспективными для выделения воды в процессе перапарации из смеси вода/изопропанол, что было показано увеличением степени набухания в азеотропной смеси вода/изопропанол, а также природой ПВС (растворимостью ПВС в воде) и пористостью введенного модификатора.

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда [грант № 17-73-20060]. Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров: Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Магнитно-резонансные методы исследования, Рентгенодифракционные методы исследования, Криогенный отдел, Инновационные технологии композитных наноматериалов, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов Санкт-Петербургского Государственного Университета. Авторы выражают благодарность А.В. Емелину и Д.Ю. Полонеевой за предоставленные образцы  $UiO-66(NH_2)$ -ЭДТА.

#### Литература

1. Penkova A. V и др. Impact of fullerene loading on the structure and transport properties of polysulfone mixed-matrix membranes // *J. Mater. Sci.* 2016. Т. 51. № 16. С. 7652–7659.
2. Dmitrenko M.E. и др. Development and investigation of mixed-matrix PVA-fullerenol membranes for acetic acid dehydration by pervaporation // *Sep. Purif. Technol.* 2017. Т. 187. С. 285–293.
3. Dmitrenko M.E. и др. The development and study of novel membrane materials based on polyphenylene isophthalamide – Pluronic F127 composite // *Mater. Des.* 2019a. Т. 165.
4. Dmitrenko M.E. и др. Development and investigation of novel polyphenylene isophthalamide pervaporation membranes modified with various fullerene derivatives // *Sep. Purif. Technol.* 2019b. Т. 226. № May. С. 241–251.
5. Penkova A. V. и др. Transport properties of cross-linked fullerenol–PVA membranes // *Carbon N. Y.* 2014. Т. 76. С. 446–450.
6. Penkova A. V. и др. Novel green PVA-fullerenol mixed matrix supported membranes for separating water-THF mixtures by pervaporation // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2017.
7. Penkova A. V. и др. Novel mixed-matrix membranes based on polyvinyl alcohol modified by carboxyfullerene for pervaporation dehydration // *Sep. Purif. Technol.* 2018. Т. 204. С. 1–12.
8. Penkova A.V. и др. Polyvinyl alcohol membranes modified by low-hydroxylated fullerenol  $C60(OH)_{12}$  // *J. Memb. Sci.* 2015. Т. 491. С. 22–27.



Научное издание

**ПРЕДИКТИВНЫЙ ХАРАКТЕР  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И ПРАКТИКА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ  
ГЛОБАЛЬНОГО КРИЗИСА  
В ЭКОНОМИКЕ И ОБЩЕСТВЕ**

**Сборник научных статей по итогам  
международной научно-практической конференции**

**21-22 августа 2020 года**

**Санкт-Петербург**

*Издано в авторской редакции*

Подписано в печать 26.08.20. Формат 60×84 1/8.  
Усл. печ. л. 19,5. Тираж 500 экз. Заказ 14459.

Издательство СПбГЭУ. 191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., д. 21.

Отпечатано в ООО «Турусел»  
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 38  
[toroussel@gmail.com](mailto:toroussel@gmail.com)

