**Центр НТИ по направлению «Технологии снижения антропогенного воздействия» на базе Химического ф-та МГУ**

1. **Общая информация**

Базовой организацией Центра НТИ является Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, руководителем Центра является профессор, д.х.н. Калюжный Сергей Владимирович. В Центре по состоянию на 31 декабря 2023 г. работало 88 сотрудников.

Организационная структура Центра включает административную группу и 2 научно-инженерных дивизиона по реализации проектов №1 “Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия” и №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты» (Приложение 2, Табл. 2.1). Оформление и регистрация РИД осуществляется Центром трансфера технологий МГУ, который также оказывает юридическую и консультационную поддержку руководителям проектов №1 и №2, а также зам. директора Центра Кулезневу Е.В. при внедрении и коммерциализации результатов работы Центра. Отдельного подразделения, ответственного за эту работу, в составе организационной структуры Центра пока не создавалось.

**Сведения о Консорциуме**

Состав консорциума на 31 декабря 2023 г. включает в себя следующие организации:

Вузы:

- МГУ им. М.В. Ломоносова;

- Московский Физико-технический институт;

- Тульский Государственный Университет;

- Нижегородский государственный университет им. Н.Н. Лобачевского;

- Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова;

- Сахалинский государственный университет;

- Российский государственный гидрометеорологический университет

Научные организации:

- НПК «Технологический центр» (Зеленоград);

- ИОФ РАН;

- ООО “Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова”;

- ООО “Моринтех”;

- ООО “Морской центр”

Коммерческие организации:

- АО “Ситроникс”;

- АО “ТерраТех”;

- ООО “ВизорЛабс”;

- Инженерно-технологический центр “Сканэкс”;

- ООО “Ситуационный центр” (АО «Аналитический Центр»);

- ООО “Лоретт”;

- Ассоциация «Кибергектар»;

- ООО “Олфактум”;

- ООО «С-Компонент»;

- ООО «С-Компонент. Дубна»;

- ООО «Маппер»;

- ООО «ИКАППИК»;

- АО «Газовые системы».

К выполнению работ по Проекту №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия» привлечены следующие участники консорциума: МГУ им. М.В.Ломоносова, Московский Физико-технический институт; научные организации: ООО “Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова”, ООО “Моринтех”, ООО “Морской центр”; коммерческие компании: АО “Ситроникс”, АО “ТерраТех”, ООО “ВизорЛабс”, Инженерно-технологический центр “Сканэкс”, ООО “Ситуационный центр” (АО «Аналитический Центр»), ООО “Лоретт”. В 2023 году ввиду заинтересованности одного из крупнейших мировых производителей удобрений АО "ОХК "Уралхим" в разрабатываемых решениях Центра НТИ эта компания вошла в состав консорциума в качестве Ассоциации "Кибергектар".

Благодаря совместной деятельности Центра НТИ и членов Консорциума: МГУ, ООО «ЦМИ МГУ», ООО «Моринтех», ООО «Морской центр», Ассоциацией "Кибергектар", МФТИ и АО «Ситроникс», был успешно выполнен большой аналитический блок работ, включающий в себя следующие результаты исполнения:

* Аналитический отчет с описанием проблематики, бизнес-целей, перечнем заинтересованных сторон и приоритетных отраслей экономики. Согласованный перечень бизнес-требований;
* Отчет по результатам анализа существующих систем комплексного мониторинга и источников данных. Перечень рекомендуемых к использованию источников данных. Ожидаемый объем данных. Перечень данных для анализа антропогенной нагрузки. Отчет по требованиям к наборам данным. Рекомендации по выбору места установки датчиков.
* Аналитический отчет по результатам анализа рынка оборудования в условиях импортозамещения, включая перечень оборудования, предполагаемого к использованию, и список функциональных требований к полезным нагрузкам БПЛА.
* Аналитический отчет по результатам определения требований к целевой аппаратуре и перспективным группировкам космических аппаратов.
* Отчет по результатам формирования перечня тематических продуктов для решения задач оценки антропогенного воздействия в части сельского хозяйства, хозяйственной деятельности в морях России и городского управления. Перечень тематических продуктов.
* Технический отчет по результатам проектирования цифровой платформы. Технические задания на разработку технологических решений.

Также одним из значимых результатов 2023 года является работа по созданию прототипа первой версии цифровой платформы, в результате чего компанией ООО «Моринтех» был подготовлен текст программного кода, техническое описание прототипа, а компанией ООО «Ситуационный центр» (АО «Аналитический Центр») была проведена работа по проектированию и разработке компонента визуализации собираемых данных и пользовательских интерфейсов: формирование ключевых архитектурных решений, разработка целевой архитектуры системы, анализ исходных данных, определения сущностей и связей между ними, формирование модели данных, определение состава экранных форм, разработка дизайна пользовательского интерфейса, разработка макетов экранных форм.

Дополнительно на период 2023-2024 гг. компанией ООО «Яндекс. Облако» выделен грант на предоставление облачного кластера виртуализации для обеспечения первичной инфраструктуры проекта.

К выполнению работ по Проекту №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты» привлечены следующие участники консорциума: МГУ им. М.В.Ломоносова; научные организации: НПК «Технологический центр» (г. Зеленоград), ИОФ РАН; коммерческие организации: ООО “Олфактум”, ООО «С-Компонент», ООО «ИКАППИК», АО «Газовые системы». В связи с реорганизацией и изменением направления деятельности ООО «Маппер» пока не принимает активного участия в выполнении работ, хотя остается членом Консорциума. Соответствующие работы по разработке и изготовлению МЭМС структур сенсоров на основе кремниевых кристаллов, оперативно переданные в 2023 г. от ООО «Маппер» к НПК «Технологический центр», успешно выполнены. В 2023г. к Консорциуму присоединилось ООО «С-Компонент. Дубна», дочернее предприятие ООО «С-Компонент»», успешно выполнившее работы по разработке и изготовлению МЭМС структур сенсоров на основе керамики за средства софинансирования.

В 2024 году к Консорциуму планируют присоединиться ООО «Фотон-био» – производитель портативных спектрометров комбинационного рассеяния для выполнения работ по созданию систем мониторинга на основе плазмонных сенсорных платформ (за средства софинансирования), а также ООО «Центр Комплексных Беспилотных Решений» – для выполнения работ по созданию бортовых газоанализаторов для размещения на БПЛА (за средства софинансирования).

**Вклад Центра НТИ в экосистему НТИ**

В рамках Проекта №1 “Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия” внедрение в цифровую платформу уже созданных в 2023 году модулей «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке» и «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений» позволит достигнуть целевых показателей планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы Технет, Энерджинет, Автонет, Аэронет, Маринет и др. (см. и 1.3, 2.1.4 Программы) и решения технологических задач в рамках инициатив социально-экономического развития: Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года", Национального проекта «Экология», (см. п. 2.1.5 Программы), Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов (утв. Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 N 3052-р).

В рамках Проекта №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты» разработанные в 2023 году новые материалы для полупроводниковых сенсоров, МЭМС платформы на основе кремниевых кристаллов и керамики, новые высокочувствительные плазмонные материалы, а также многопараметрические тест-системы для анализа состава и токсичности воды, формируют необходимую базу для достижения целевых показателей планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы Технет, ДК Технет 4.0, Эконет, Хелснет, Фуднет. (см. и 1.3, 2.1.4 Программы) и решения технологических задач в рамках инициатив социально-экономического развития: Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года", Национального проекта «Экология», (см. п. 2.1.5 Программы), Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов (утв. Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 N 3052-р).

Более подробно Вклад Центра в экосистему НТИ представлен в таблице 1.1. Приложения 1.

1. **Научно-исследовательская деятельность Центра НТИ**

Научно-исследовательская деятельность Центра включает реализацию 2-х взаимосвязанных проектов:

* Проект №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия»;
* Проект №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты».

Программа Центра «Технологии снижения антропогенного воздействия» направлена на технологическую реализацию взаимодополняющих Проектов, комплексное выполнение которых на стыке информационных технологий, технологий больших данных и искусственного интеллекта, а также физических, химических и других методов анализа обеспечит общество набором разнообразных решений в области:

а) мониторинга основных факторов антропогенного воздействия на водные ресурсы, почвы, атмосферу, природные сообщества (биоценозы), социальные агломерации, включая разработку методов сбора информации, сенсоров систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты;

б) методик верификации и валидации данных, характеризующих антропогенную нагрузку, обеспечивающих возможность подтверждения необходимого уровня достоверности таких данных;

в) технологий прогнозирования состояния окружающей среды с учетом факторов антропогенного воздействия и соответствующих прикладных решений;

г) технологий поддержки принятия решений по применению мер компенсации антропогенного воздействия с учетом оценки эффективности различных методов компенсации антропогенного воздействия;

д) формирования массивов данных о состоянии окружающей среды, открытых для использования участниками консорциума и другими заинтересованными пользователями.

***Проект №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия».***

Создаваемый продукт – опытный образец отраслевой открытой цифровой платформы комплексного мониторинга антропогенного воздействия.

***Проект №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты».***

Создаваемые продукты – датчики, сенсорные модули и мультисенсорные газоанализаторы для детектирования основных загрязнителей (неорганические газы) и высокотоксичных полиароматических углеводородов в воздухе на уровне предельно допустимых концентраций в воздухе населенных мест (УГТ6 в 2027 г.); многопараметрические электрохимические тест-системы для анализа состава и токсичности воды (УГТ6 в 2027 г.); одноволновая лидарная система для определения состава аэрозольных облаков, формирующихся из ультрадисперсных взвешенных частиц, и параметров их движения (УГТ6 в 2026 г).

**Преодоление технологических барьеров**

Разрабатываемое в рамках **Проекта №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия»** **комплексное решение по совместной обработке результатов инструментальных измерений и данных дистанционного зондирования Земли** (космических снимков и материалов, полученных беспилотными летательными аппаратами) обеспечит **появление на рынке полностью российской технологии мониторинга антропогенного воздействия**, которая не зависит от иностранных программных компонентов и которая позволит осуществлять мониторинг ключевых параметров земной поверхности, гидросферы и атмосферы.

В 2023 году по результатам проектирования цифровой платформы была разработана гибкая архитектура программной системы, которая позволит создать сервисную платформу открытой архитектуры, предназначенную для сбора и анализа собранной датчиковой информации, быстро адаптировать ее под решение новых задач мониторинга антропогенного воздействия, под новые типы данных (в том числе с перспективных российских космических аппаратов) и под новые географические регионы и страны.

Накапливаемые массивы информации о состоянии окружающей среды, в том числе подготовленные базы данных по результатам работ 2023 года, содержащие данные с датчиков мониторинга состояния окружающей среды, предназначены для обучения работе с большими данными, тестирования работы системы обработки и хранения данных. Также в будущем массивы информации могут послужить основой для моделирования развития естественных и антропогенных ландшафтов в случаях повышения антропогенной нагрузки для выбранного географического региона или вследствие климатических изменений.

Разрабатываемые в рамках **Проекта №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты» датчики, сенсорные модули и мультисенсорные газоанализаторы, многопараметрические электрохимические тест-системы, одноволновая лидарная система**, обеспечат формирование набора «контактных» и «бесконтактных» данных о состоянии воздуха, воды и почвы с высокой чувствительностью в режиме реального времени, который позволит **осуществлять контроль нарушений природоохранных требований и ограничений природопользования**, контроль эффективности принимаемых мер для компенсации антропогенного воздействия, осуществлять верификацию и валидацию данных ДЗЗ и БПЛА.

В 2023 г разработаны методики синтеза новых газочувствительных материалов, эскизная конструкторская документация для изготовления МЭМС структур и элементов одноволновой лидарной системы, методики изготовления электродов для многопараметрических тест-систем для анализа состава и токсичности воды – необходимые основы для развития технологии детектирования и высокоточного измерения концентрации загрязнителей атмосферного воздуха, воды, определения аэрозольных компонент атмосферы с использованием мобильных систем, включая беспилотные летательные аппараты, а также стационарных систем, в том числе распределенных сетей беспроводных датчиков, обеспечивающих высокое пространственно-временное разрешение мониторинга за счет обработки больших массивов данных, собранных с территорий большой площади в рамках реализации дорожной карты “Технет”.

**Значимые результаты научно-исследовательской деятельности**

**Проект №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия».**

В связи с увеличением масштабов антропогенного воздействия на окружающую среду возрастает актуальность объективного экологического мониторинга. Системы мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды являются одними из наиболее важных подсистем в создаваемой комплексной высокотехнологичной системе экологического мониторинга в целях обеспечения охраны окружающей среды. Основной задачей таких подсистем является получение и представление заинтересованным потребителям и населению фактических данных об уровнях загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод, состоянии почвенного покрова, загрязнению физическим факторами, а также результатов оценки и прогнозирования их изменения под влиянием природных и антропогенных факторов. Для этого по результатам 2023 года:

1. Выполнено проектирование цифровой платформы сбора, хранения и анализа данных о состоянии окружающей среды и антропогенного воздействия. Определены ключевые элементы наборов данных и составных частей унифицированных интерфейсов работы с виртуальными данными. Разработаны технические задания на разработку технологических решений. Разработано частное техническое задание на компонент загрузки данных из источников на интерфейсы ручной загрузки данных. Результатом работы является разработанная гибкая архитектура цифровой платформы, которая позволит грамотно разработать сервисную платформу открытой архитектуры, предназначенную для сбора и анализа собранной датчиковой информации, быстро адаптировать ее под решение новых задач мониторинга антропогенного воздействия, под новые типы данных (в том числе с перспективных российских космических аппаратов) и под новые географические регионы и страны.
2. Создан прототип первой версии цифровой платформы. Выполнено проектирование и разработка компонента визуализации собираемых данных и пользовательских интерфейсов: формирование ключевых архитектурных решений, разработка целевой архитектуры системы, анализ исходных данных, определения сущностей и связей между ними, формирование модели данных, определение состава экранных форм, разработка дизайна пользовательского интерфейса, разработка макетов экранных форм. Разработан набор программных модулей для реализации пользовательской части системы, реализации серверной части системы и интеграционных взаимодействий. В прототипе реализована визуализация следующих данных:

* выходные данные программного модуля автоматизированного расчета углеродного следа морского судоходства «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке». Продукт предназначен для расчёта величины выбросов парниковых газов от судоходства на шестиугольных ячейках дискретной глобальной системы сеток по данным Автоматической идентификационной системы (АИС), содержащим координаты перемещения судов с метками времени. Программа может применяться в экологическом мониторинге, морской логистике, при оценке антропогенного воздействия в качестве самостоятельного приложения или встраиваемого модуля;
* данные о движении морских судов за определенный промежуток времени на заданную акваторию;
* выходные данные программного модуля расчёта траектории пленочных загрязнений на поверхности моря «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений». Программа предназначена для расчёта траектории распространения плёночных загрязнений биологического и антропогенного генезиса, при проведении экологического мониторинга акваторий, при транспортировке и добычи нефти и нефтепродуктов, контроле соблюдения правил МАРПОЛ 73/78 и природоохранного законодательства. Программа позволяет рассчитать дрейф плёночных загрязнений на три дня до даты обнаружения загрязнения или спрогнозировать дрейф на три дня после даты обнаружения;
* данные, полученные с имеющихся датчиков, для тестирования сбора, обработки и визуализации данных;
* база данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в летне-осенний сезон 2021-2022 гг.

Среди заинтересованных представителей контролирующих органов могут выступать Министерство природных ресурсов и экологии РФ и его подведомственные службы, в том числе Росприроднадзор, Росгидромет, Росзаповедцентр, Росреестр. В рамках отслеживания нарушений правил природопользования на акваториях к заинтересованным органам можно отнести Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), ФГБУ «Морская спасательная служба Росморречфлота» (ФГБУ «Морспасслужба»), администрации муниципальных образований и другие органы исполнительной власти. Собственники участков также заинтересованы в контроле соблюдения норм, указанных в законодательстве и в разрешениях на осуществление хозяйственной деятельности.

В рамках реализации проекта в 2023 году начата работа по разработке следующих сервисов, готовых к последующей интеграции в первую версию цифровой платформы в 2024 году:

1. Сервис "Карта пожаров". Развитие систем оперативного спутникового мониторинга термических аномалий необходимо для того, чтобы представители Рослесхоза, МЧС могли эффективно выявлять нарушения и применять меры ответственности за проведение сельскохозяйственных палов, для этого требуется оперативное информирование о признаках проведения сельскохозяйственных палов. По результатам работ 2023 года:

* выполнена оценка современного состояния и перспективных систем дистанционного зондирования для мониторинга тепловых аномалий (УГТ2);
* выполнено формирование ключевых участков и тестовых территорий (УГТ2) для обеспечения работ по кросс калибровке и оценке достоверности определения термических аномалий в различных природных условиях;
* разработано программное обеспечение по обработке данных дистанционного зондирования с целью получения производных продуктов по пожарам и термическим аномалиям (УГТ5);

1. Система оперативного доступа к материалам космической съемки Земли, получаемым из открытых источников:

* выполнена оценка возможности использования открытых материалов космической съемки и производных продуктов, созданных на их основе (УГТ2);
* разработано программное обеспечение сквозного процесса обработки данных космической съемки из открытых источников (УГТ5);
* разработано программное обеспечение и выполнено создание обменных форматов данных по предоставлению доступа к геопространственным данным (УГТ9);

1. Модуль автоматической поставки данных ДЗЗ из открытых источников, визуализации данных и тематических продуктов, загрузки данных ДЗЗ и продуктов из внешних систем:

* разработан технический проект модуля, который обеспечивает регулярное пополнение локальной базы данных архивными и оперативными данными из открытых источников по набору критериев (УГТ 2);
* разработан макета модуля автоматической поставки данных ДЗЗ (УГТ 3);

Система оперативного доступа к материалам космической съемки Земли и автоматической поставки данных ДЗЗ позволяет собрать набор оперативных данных, для выявления признаков вредного антропогенного воздействия, в частности:

* Признаки механической обработки почв (вспашка, культивация).
* Групповой состав выращиваемых сельскохозяйственных культур и ротацию культур в ходе севооборота.
* Признаки зарастания сорной растительностью.
* Признаки нарушений в технологиях обработки средствами защиты растений.
* Признаки развития различных видов почвенной эрозии (ветровой, водной).
* Признаки проведения сельскохозяйственных палов.
* Признаки утечек удобрений и средств защиты растений из мест хранения (загрязнение водоёмов).

1. Разработка системы каталогизации, поиска и хранения данных дистанционного зондирования Земли:

* выполнено создание и автоматизирование каталога данных ДЗЗ с функцией хранения и поиска по запросам пользователя и разработка технической документации, описывающей API для процедуры заказа данных ДЗЗ;

1. Сервис «Мониторинг состояния с/х угодий» необходим для того, чтобы представители Росприроднадзора и Россельхознадзора могли своевременно и эффективно осуществлять контроль за целевым использованием земель согласно Земельному кодексу РФ, им необходимо получить информацию о состоянии земель, видам деятельности, осуществляющейся на ней и оказываемой антропогенной нагрузке, степени загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами, могли своевременно выявлять и пресекать нарушения использования земель сельскохозяйственного назначения, в соответствии с постановлением Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. № 1482, необходимо оперативно получать информацию о состоянии земель, видам деятельности, осуществляющейся на ней и оказываемой антропогенной нагрузке, степени загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Также сервис будет полезен для представителей научных институтов, агрохолдингов, совхозов и частных фермеров, что бы они могли эффективно оптимизировать агротехнические мероприятия по обработке почв и сельскохозяйственных полей (в том числе внесение удобрений и обработка СЗР, мелиоративные мероприятия), им необходимо получать актуальную информацию о состоянии растительности на разных стадиях ее развития, типе почв, ее агрохимических и агрофизических показателях, степени эродированности территории, погодных условиях, данных о предыдущих агротехнических мероприятиях. Для этого по результатам 2023 года:

* разработана проектная документация на сервис «Мониторинг состояния с.-х. угодий» (УГТ 2);
* создана база данных эталонных образов объектов для сервиса «Мониторинг состояния с.-х. угодий» (УГТ 3).

**Проект №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты»**

*Подпроект 2.1 Разработка сенсоров и систем мониторинга углеродсодержащих парниковых газов (СО2, СH4) и газов-загрязнителей (СО, NH3, NOx, H2S, SO2).*

1. Разработаны методики масштабируемого синтеза газочувствительных полупроводниковых материалов методами химического осаждения из раствора с последующей термической обработкой и распылительного пиролиза в пламени.

2. Разработана методика масштабируемого синтеза плазмонных материалов для производства мотка шириной 5 мм и длиной 3 м (0.015 м2).

3. Осуществлен синтез широкой номенклатуры полупроводниковых оксидов металлов с различными модификаторами, обеспечивающими специфическую чувствительность к целевым газам, методами химического осаждения с последующей термической обработкой и распылительного пиролиза в пламени. Для синтезированных материалов определены элементный и фазовый состав, а также параметры микроструктуры: размер кристаллических зерен, размер частиц и агломератов, величина удельной площади поверхности.

4. Установлено влияние параметров синтеза плазмонных композитов на их морфологию и коэффициент усиления комбинационного рассеяния на примере модельного красителя родамина 6Ж.

5. Разработаны отечественные прототипы плазмонных сенсоров с уникальными характеристиками: предел обнаружения менее 10-6 М; время анализа менее 1 мин; стоимость единичного анализа менее 200 руб.; возможность селективного определения ароматических токсикантов (ПАУ, ПАГС и т.д.), маркеров качества воды, воздуха и топлива при ПДК < 10-6 М.

6. Разработана конструкторская документация и изготовлены прототипы микронагревателей на основе кремниевой МЭМС-структуры, с нагреваемой областью 500 мкм на диэлектрической мембране 1 мкм с параметрами: размер кристалла 2х2 мм; размер мембраны 0.9 мм; материалы контактов и нагревательного элемента – Pt; ширина контактов 32 мкм; расстояние между контактами 96 мкм; диапазон рабочих температур – до 600оС.

7. Разработана конструкторская документация и изготовлены прототипы микронагревателей на основе МЭМС-структуры на керамической подложке с параметрами: размер кристалла 2х2 мм; материалы контактов и нагревательного элемента – Pt; ширина контактов 100 мкм; расстояние между контактами 100 мкм; диапазон рабочих температур – до 550оС.

8. Разработана конструкторская документация и изготовлены элементы макета одноволновой лидарной системы, которая будет обладать следующими техническими характеристиками: дальность зондирования не менее 6 км, время обновления информации не более 3 мин.; апертура приемного телескопа не менее 400 мм, длина волны зонирования в диапазоне 532-1064 нм (будет уточнено при выполнении работ 2024 г); угол зондирования по вертикали 0 – 90 град.; разрешение по дистанции не хуже 15 м.

*Подпроект 2.2. Разработка тест систем для исследования состава и токсичности воды, выживаемости микроорганизмов и их метаболитов в условиях загрязнений*

1. Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, чувствительные к растворенному кислороду в диапазоне концентраций 5 – 400 10-6 М, время получения сигнала 10 с, точность измерений 7%.

2. Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, чувствительные к растворенному кислороду в диапазоне концентраций 0.01 – 1000 10-6 М, время получения сигнала 5 с, точность измерений 9%.

3. Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, чувствительные к кислотности воды в диапазоне рН 5 – 9, время получения сигнала 8 с, точность измерений 10%.

4. Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, обладающие селективной чувствительностью к содержанию ионов меди (+2) в диапазоне концентраций 10-8 – 10-5 М, предел обнаружения 10-7 М, время получения сигнала 8 с, точность измерений 10%.

Результаты проекта, полученные в 2023 г, могут быть реализованы на предприятиях – производителях газоаналитического и климатического оборудования для систем мониторинга, обеспечивающих точное определение выбросов загрязнений в атмосферный воздух, а также обеспечивающих мониторинг качества водных ресурсов на основе определения содержания вредных примесей и микроорганизмов.

**Потенциал коммерциализации проектов Центра НТИ**

***Проект №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия».***

В рамках аналитического блока работ был сформирован список потенциальных потребителей, которые могут быть заинтересованы:

* в приобретении Системы или ее модулей;
* в приобретении информации, собираемой Системой либо ее аналитики;
* в приобретении услуг, оказываемые с помощью Системы;
* в приобретении оказываемых сервисных услуг (консультационные услуги, услуги по обучению персонала, диагностические и ремонтные работы).

В рамках поставленных бизнес-целей заинтересованными сторонами могут быть как организации, входящие в государственный сектор экономики, и образующие модель внедрения системы в формате B2G («бизнес для государства»), так и частные предприятия, образующие модель B2B («бизнес для бизнеса»). Также частные лица могут пользоваться системой в формате B2C («бизнес для клиентов»).

а. «Бизнес для государства» («B2G»).

Конечным потребителем являются органы государственной власти и бюджетные учреждения (например: Минприроды России, Минцифры России, Минсельхоз России, МЧС России, Минтранс России, Росгидромет, Росприроднадзор, Рослесхоз, Роснедра, Росводресурсы, Росрыболовство, Росморпорт, Росморречфлот, Роспотребнадзор, Росстат, Ростехнадзор, Госкорпорация «Росатом» и ее дочерние организации (ФГУП «Атомфлот», ФГУП «Гидрографическое предприятие», ФГБУ «Главсевморпуть», АО «Гринатом», ФГУП «ФЭО»), ППК «РЭО», органы государственной власти субъектов Российской Федерации).

б. «Бизнес для бизнеса» («B2B»).

Конечным потребителем являются юридические лица, использующие разрабатываемую систему для своих бизнес-целей:

* Промышленные предприятия (например, ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Лукойл» и др.).
* Рыбоводческие предприятия (например, ООО «Инарктика СЗ» и др.).
* Морской транспорт и логистика (например, ПАО «Дальневосточное морское пароходство», ООО «Северное морское пароходство», ПАО «Новороссийский морской торговый порт», АО «Порт Восточный» и др.).
* Научные организации (например, ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», ООО «Арктический научно-проектный центр шельфовых разработок» и др.).

в. «Бизнес для клиентов» («B2C»).

Конечным потребителем являются физические лица, получающие информацию о состоянии окружающей среды.

Основная продукция, которая будет получена в результате реализации проекта для последующей коммерциализации – цифровая платформа комплексного мониторинга антропогенного воздействия, состоящая из сервисов:

* сервис 1 “Мониторинг основных факторов антропогенного воздействия” - предоставление фактических данных, собранных с датчиков в режиме реального времени, а также результатов статистического анализа этих данных;
* сервис 2 “Верификация и валидация данных” - предоставление инструментов для выполнения верификации и валидации данных ДЗЗ и БПЛА натурными измерениями. Верификация и валидация данных с датчиков наблюдений путем сравнения полученных данных с фондовыми данными и организации единичных инструментальных замеров;
* сервис 3 “Контроль нарушений природоохранных требований и ограничений природопользования” - предоставление данных о зафиксированных природоохранных нарушениях и ограничений природопользования, выявленных в ходе мониторинга основных факторов антропогенного воздействия, дистанционного мониторинга с помощью спутниковой съемки и БПЛА;
* сервис 4 “Прогнозирование состояния окружающей среды” - предоставление инструментов по прогнозированию состояния окружающей среды с учетом факторов антропогенного воздействия, работающих на собираемых данных;
* сервис 5 “Поддержка принятия решений по применению мер компенсации антропогенного воздействия” - предоставление инструментов поддержки принятия решений по применению мер компенсации антропогенного воздействия (применение интегральной оценки состояния окружающей среды, всемирного индекса качества воздуха и тд.) с учетом оценки эффективности различных методов компенсации антропогенного воздействия с возможностью кастомизации под определенные задачи.
* сервис 6 “Спутниковый мониторинг окружающей среды” - предоставление доступа к спутниковым изображениям, результатам тематической обработки ДЗЗ, инструментам автоматизированного анализа данных ДЗЗ;
* сервис 7 “Мониторинг окружающей среды с помощью БПЛА” - предоставление доступа к данным авиасъемки, результатам измерения установленного на БПЛА оборудования (газоанализаторы и пр.), инструментам автоматизированной обработки и анализа данных с БПЛА;
* база данных о состоянии окружающей среды.

Согласно Программе работы Центра, лицензирование и получение дохода по этим разработкам запланировано в 2027 г.

***Проект №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты»***

Основная продукция, которая будет получена в результате реализации проекта для последующей коммерциализации:

* датчики, сенсорные модули и мультисенсорные газоанализаторы для детектирования основных загрязнителей (неорганические газы) и высокотоксичных полиароматических углеводородов в воздухе на уровне предельно допустимых концентраций в воздухе населенных мест с возможностью обработки и передачи данных;
* многопараметрические электрохимические тест-системы для анализа состава и токсичности воды с возможностью обработки и передачи данных.

Согласно Программе работы Центра, лицензирование и получение дохода по этим разработкам запланировано в 2027 г. В настоящее время в рамках договора с ООО «ИРЗ-Локомотив», г. Ижевск, на базе полупроводниковых датчиков проводится разработка и изготовление опытных образцов анализатора водорода в выдыхаемом воздухе человека в настольном и портативном исполнении, которые проходят клинические испытания в Первом Московском государственном медицинском университете имени И.М. Сеченова.

**3. Деятельность Центра НТИ по управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности**

В рамках реализации проекта в 2023 году были зарегистрированы в ФИПС следующие РИД (2 программы для ЭВМ и 3 базы данных):

* + - 1. Программа для ЭВМ: «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке» (Свидетельство о регистрации №2023688904 от 25.12.23);
      2. Программа для ЭВМ: «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений» (Свидетельство о регистрации №2023687580 от 18.12.23);
      3. База данных размеченных материалов аэрофотосъемки для автоматизированного детектирования объектов мусора в прибрежной зоне с помощью нейросетевых алгоритмов (Свидетельство о регистрации №2024620114 от 11.01.24);
      4. База данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в летне-осенний сезон 2021 г. (Свидетельство о регистрации №2023624673 от 18.12.23);

5. База данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского моря в летне-осенний сезон 2022 гг. (Свидетельство о регистрации №2023624698 от 18.12.23).

Лицензионные соглашения в отчетном году не заключались.

Наибольший потенциал коммерциализации из зарегистрированных РИД представляет программа для ЭВМ «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке». В настоящее время с учётом сложившейся геополитической обстановки большое значение приобретают морские грузоперевозки по Северному морскому пути (СМП), в большом объёме переориентированные на грузополучателей в восточно-тихоокеанском регионе. Объёмы грузоперевозок в плане развития СМП в ближайшие годы будут расти кратно – если в 2023 году объём грузоперевозок составлял 36,254 млн т (рекордный максимум за всю историю использования маршрута), то плановый показатель на 2024 год – 80 млн т, на 2030 и 2035 годы – 150 и 230 млн т соответственно. Высокие требования грузополучателей к соблюдению принципов устойчивого развития, как следствие, вызывают и повышенное внимание к объёмам выбросов парниковых газов и углеродному следу морских грузоперевозок, как к одному из весомых факторов, влияющих на климатические изменения – особенно для арктического региона. Разработанный программный модуль позволяет оперативно и в доступном формате получать информацию об объёмах выбросов в пространственно-временном разрезе – как для отдельных районов интереса, так и за промежуток времени. Потенциальные пользователи модуля – основные морские грузоперевозчики и недропользователи, на регулярной основе составляющие отчётность по соблюдению принципов устойчивого развития и, в частности, отчитывающиеся по объёмам выбросов парниковых газов.

**Стратегия работы Центра с РИД**

***Проект №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия».***

Цифровая платформа – это бизнес-модель, позволяющая потребителям и поставщикам связываться онлайн для обмена продуктами, услугами и информацией.

Отраслевая открытая цифровая платформа комплексного мониторинга антропогенного воздействия будет поставляться в следующих формах:

− SaaS (Software as a Service) — программное обеспечение как услуга

− API, REST API.

Ключевыми источниками выручки будут выступать:

− продажи Системы или её модулей потребителям;

− продажа информации, собираемой системой либо ее аналитики конечным пользователям всех трёх секторов.

− услуги, оказываемые с помощью Системы;

− оказываемые сервисные услуги (консультационные услуги, услуги по обучению персонала, диагностические и ремонтные работы).

Результаты проекта могут быть реализованы в нескольких сегментах рынка:

* «Бизнес для государства» («B2G»), т.е. конечным потребителем будут органы государственной власти и бюджетные учреждения;
* «Бизнес для бизнеса» («B2B»), т.е. конечным потребителем будут юридические лица, использующие разрабатываемую систему для своих бизнес-целей;
* «Бизнес для клиентов» («B2C»), т.е. конечным потребителем будут физические лица, получающие информацию о состоянии окружающей среды.

В рамках реализации проекта №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия» в 2023 году созданы следующие РИД:

1. Программа для ЭВМ: «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке».

Продукт предназначен для расчёта величины выбросов парниковых газов от судоходства на шестиугольных ячейках дискретной глобальной системы сеток по данным Автоматической идентификационной системы (АИС), содержащим координаты перемещения судов с метками времени. Программа может применяться в экологическом мониторинге, морской логистике, при оценке антропогенного воздействия в качестве самостоятельного приложения или встраиваемого модуля.

Программа позволяет задавать среднее значение выбросов на морскую милю и коэффициент наклона функции линейной зависимости значения выбросов от скорости для каждого судна, выбирать источник данных, размер ячейки, формат результирующего файла.

На выходе в формате CSV указываются идентификатор ячейки и величина выбросов в этой ячейке. В формате GeoJSON дополнительно предоставляются сведения о координатах полигона ячейки.

1. Программа для ЭВМ: «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений».

Программа предназначена для расчёта траектории распространения плёночных загрязнений биологического и антропогенного генезиса, при проведении экологического мониторинга акваторий, при транспортировке и добычи нефти и нефтепродуктов, контроле соблюдения правил МАРПОЛ 73/78 и природоохранного законодательства.

Для расчёта дрейфа алгоритм обращается к гидрометеорологическим данным из открытых источников, скачивает необходимый массив, обрезает скачанные данные по выбранной акватории, рассчитывает геострофические течения.

Программа позволяет рассчитать дрейф плёночных загрязнений на три дня до даты обнаружения загрязнения или спрогнозировать дрейф на три дня после даты обнаружения.

1. База данных размеченных материалов аэрофотосъемки для автоматизированного детектирования объектов мусора в прибрежной зоне с помощью нейросетевых алгоритмов.

База данных (БД) создана с целью разработки нейросетевых алгоритмов анализа данных с беспилотных летательных аппаратов для задач экологического мониторинга. БД содержит уникальную информацию с размеченными данными аэрофотосъемки для экологического мониторинга прибрежного мусора, позволяет автоматизировать процесс обнаружения и классификации мусорных объектов на морских побережьях, повышая эффективность и точность оценки экологического состояния территорий. Систематизация данных позволяет повысить эффективность использования существующих данных и накапливать новые данные, получаемые в результате экологического мониторинга. БД может быть использована для оказания услуг по экологической реабилитации территорий, подверженных негативному воздействию и полезна для организаций, занимающихся охраной окружающей среды, государственных и негосударственных организаций, исследовательских институтов, а также для лиц, работающих над решением проблемы мусора на прибрежных территориях.

1. База данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в летне-осенний сезон 2021 г.

Целью создания базы данных (БД) является объединение результатов экологического мониторинга на 50-ти станциях в границах Северного морского пути (СМП) в летне-осенний сезон 2021 г. БД включает уникальную информацию о комплексном экологическом состоянии СМП и предназначена для систематизации информации о следующих компонентах морской экосистемы: качество атмосферного воздуха, океанографические, гидрохимические и гидробиологические показатели, качество донных отложений, учет птиц и морских млекопитающих, характеристика важных экосистемных компонентов, биологических инвазий и метагеномных исследований, оценка загрязнённости микропластиком.

Областью применения БД является анализ данных с целью расчета оценки экологических последствий антропогенного воздействия при эксплуатации СМП. БД может стать основой для проведения серии многолетних мониторинговых работ, а также может использоваться как инструментарий моделирования и прогнозирования морских экосистем Арктической зоны РФ. Структура БД позволяет дополнять её новыми учётными данными, полученными из последующих экспедиций.

1. База данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского моря в летне-осенний сезон 2022 гг.

Цель создания базы данных (БД) - объединение результатов фонового экологического мониторинга, проведенного в летне-осенний сезон 2022 г. в границах Северного морского пути (СМП).

БД содержит уникальную информацию о комплексном экологическом состоянии СМП, она служит для систематизации и накопления информации о таких компонентах морских экосистем Арктической зоны РФ как: фитопланктон, бактериопланктон, зоопланктон, ихтиопланктон, зообентос, морские млекопитающие и птицы, о метагеномных исследованиях, а также о показателях качества атмосферного воздуха, донных отложений, океанографические, гидрохимические и гидробиологические показатели. Содержит данные по оценке загрязнённости органическими веществами и микропластиком.

Область применения БД – использование данных для анализа и расчета последствий антропогенного воздействия при эксплуатации СМП на морские экосистемы Арктической зоны РФ. БД может являться основой для проведения серии многолетних работ по мониторингу окружающей среды и использоваться для моделирования и прогнозирования состояния морских экосистем Арктической зоны РФ. Структура БД дает возможность дополнять ее новыми данными, которые могут быть получены в научных экспедициях в будущем.

Планируется использование РИД внутри Системы, а также рассматривается выход на внешний рынок.

***Проект №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты»***

Бизнес-модель проекта - разработка технологий и доведение их до уровня УГТ не ниже 5 одновременно с патентованием и продажей лицензий индустриальным партнерам. В случае наличия инвестора возможно проведение последующих работ в составе консорциума и совместного доведения технологий до УГТ 9.

В рамках проекта №2 в 2023 году проведены работы, которые лягут в основу заявок на РИД, подача которых планируется в 2024 г (предварительные названия, будет проведено уточнение по результатам патентного поиска):

* Способ изготовления и состав газочувствительного полупроводникового материала (заявка на патент на изобретение, представление заявки в 2024 г);
* Способ изготовления и состав плазмонной сенсорной платформы для детектирования и дифференциации полиароматических соединений в воздухе (заявка на патент на изобретение, представление заявки в 2024 г);
* Способ изготовления наноэлектродов для электрохимических сенсоров кислорода для определения качества водных ресурсов (заявка на патент на изобретение, представление заявки в 2024 г).

**4. Образовательная деятельность Центра НТИ**

В 2023 году были подготовлены специалисты по следующим основным направлениям деятельности Центра:

* Аналитическая химия, специалитет;
* Данные радиолокационного зондирования для тематического картографирования, бакалавриат;
* Физико-химические методы анализа, бакалавриат;
* Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов, магистратура;
* Физическая электроника, бакалавриат;
* Химические и электрохимические методы формирования наночастиц, бакалавриат;
* Химия функциональных неорганических материалов, специалитет.

Сведения о подготовленных специалистах приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

**Сведения о подготовленных специалистах в рамках реализации Программы Центра НТИ в 2023 г.**

| **Типы программ** | **Наименование категории** | **Кол-во, чел.** | **Доля** |
| --- | --- | --- | --- |
| Основные | Бакалавриат | 3 | 5,0 % |
| Магистратура | 5 | 8,3% |
| Специалитет | 2 | 3,3% |
| Аспирантура | 1 | 1,7% |
| Дополнительные | Программы повышения квалификации | 49 | 81,7% |
| Итого | | 60 | 100% |

Сотрудники Центра ведут также активную работу с участниками Консорциума по внедрению материалов по тематике Центра в учебные программы ВУЗов-партнёров. Ожидаемые совместные курсы приведены в таблице 4.2. В отчётном 2023 году специалистов, подготовленных по тематике Центра в ВУЗах-партнёрах, не запланировано.

Таблица 4.2

**Сведения о разрабатываемых в рамках реализации Программы Центра НТИ совместно с участниками консорциума курсов и программ в 2023 г.**

| **Наименование вуза** | **Наименование Программы** |
| --- | --- |
| Алтайский Государственный Технический Университет им.И.И.Ползунова | Машинное обучение в физике и нейросетевые алгоритмы. |
| Нижегородский Государственный Университет им.Н.И.Лобачевского | Основы дистанционного зондирования и тематические продукты на их основе в сфере экологического мониторинга;  Мультисенсорные анализаторы;  Химические методы формирования наночастиц;  Машинное обучение в физике и нейросетевые алгоритмы. |
| Российский Государственный Гидро-метеорологический Университет (СПб) | Основы дистанционного зондирования и тематические продукты на их основе в сфере экологического мониторинга;  Мультисенсорные анализаторы;  Химические методы формирования наночастиц. |
| Тульский Государственный Университет | Основы дистанционного зондирования и тематические продукты на их основе в сфере экологического мониторинга;  Химические методы формирования наночастиц. |

В отчётном году не осуществлялись программы дополнительного специального образования, соответственно, доход от образовательной деятельности Центром в этом году не предусмотрен.

**Разработка новых образовательных продуктов**

В отчётном году кадровый состав Центра был сформирован в мае-июне, поэтому разработка новых образовательных продуктов осуществляется, начиная с сентября 2023 г. Все перспективные программы находятся в стадии доработки и согласования с ВУЗами-партнёрами.

**5. Инфраструктурное направление деятельности Центра НТИ**

Начаты работы по созданию **стенда для потокового тестирования сенсоров с высокой пропускной способностью** (срок исполнения работ до 31.12.2024). Климатический стенд предназначен определения рабочих характеристик полупроводниковых сенсоров (чувствительность, селективность, время анализа, устойчивость к переменной влажности воздуха), стабильности их характеристик при длительном непрерывном использовании в реальных условиях, оценки влияния параметров процесса изготовления на воспроизводимость характеристик. Стенд включает сенсорную камеру (загрузка сенсоров до 50 шт); блок подготовки воздуха и газов с учетом требуемой влажности; блок управления сенсорами, сбора и передачи данных на ПК; программное обеспечение для автоматизации управления работой сенсоров, сбора, обработки и визуализации данных. Климатический стенд может быть использован на договорной основе как организациями – членами консорциума, так и сторонними заказчиками.

**6. Иные результаты деятельности Центра НТИ**

1. 23 и 28 июня 2023 года состоялись открытые семинары по проектам «Сенсоры» и «Цифровая платформа», на которых руководители проектов представили результаты первого полугодия работ и обсудили дальнейшие планы в рамках деятельности Центра.
2. Руководители, сотрудники Центра и членыв Консорциума участвовали в нескольких мероприятиях профессионального форума отрасли БАС, проводимых для представителей Центров компетенций НТИ в рамках проектно-образовательного интенсива «Архипелаг-2023», проходившего в Новосибирске с 28 июля по 7 августа.
3. Сотрудники Центра принимали участие в организации и проведении XXII Всероссийской школы-конференции молодых учёных «Актуальные проблемы неорганической химии: энергия+», которая проходила с 10 по 12 ноября 2023 года в доме отдыха «Красновидово» (Можайский район Московской области). Центральной темой школы-конференции были химические аспекты разработки перспективных, снижающих антропогенное воздействие на окружающую среду способов генерирования и трансформации энергии, к которым относится водородная, солнечная и ядерная энергетика, топливные элементы, фотогальванические, термоэлектрические и электрохимические источники тока. В лекциях ведущих российских ученых из МГУ, ФИЦ ПХФ и МХ РАН, Сколковского института науки и технологий были затронуты вопросы дизайна материалов для преобразования и передачи энергии, а также рассмотрены некоторые современные методы исследования неорганических веществ с применением синхротронного излучения. Руководитель Проекта №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты» проф. М.Н. Румянцева выступила с лекцией «Фоточувствительные нанокомпозиты на основе широкозонных полупроводниковых оксидов для газовых сенсоров с низким энергопотреблением». В работе школы-конференции приняли участие 92 студента и 32 аспиранта из МГУ, ИОНХ РАН, НИУ ВШЭ, ИНЭОС РАН, НИТУ МИСиС, РХТУ, ИФХЭ РАН, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, СПбГУ, ИНХ им. А.В. Николаева (Новосибирск). Традиционно наряду с лекционной частью, конференция включала стендовую сессию работ молодых ученых и конкурс на лучшие стендовые доклады, победители которого выступили с краткими устными сообщениями о результатах своей работы. Сотрудники Центра принимали участие в работе жюри, которое оценивало стендовые доклады участников.
4. Экспертный совет по экологии и природопользованию 11 октября провёл заседание при Межпарламентской Ассамблее государств – участников СНГ, на котором выступил Николай Шабалин, исполнительный директор участника Консорциума ООО «ЦМИ МГУ», руководитель проекта «Цифровая платформа» Центра. В докладе «Обеспечение экологической безопасности Северного морского пути» Николай Шабалин рассказал о разработанной Комплексной программе мониторинга окружающей среды и биоразнообразия, о поддержке программы среди российского и зарубежного экспертного сообщества и о планах по созданию подсистемы государственного экологического мониторинга Северного морского пути.
5. В рамках программы XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU – 2023)» 24 октября состоялся круглый стол «Применение искусственного интеллекта для изучения биологических объектов», организованный членами консорциума центра – ООО «ЦМИ МГУ» и ООО «Моринтех», а также Советом по морским млекопитающим и Институтом проблем экологии и эволюции РАН. В 14 докладах и дискуссии обсуждались вопросы применения искусственного интеллекта и машинного обучения в полевых работах по изучению биоразнообразия и визуального мониторинга окружающей среды. Круглый стол очно посетило более 100 человек и столько же подключилось онлайн.
6. Младший научный сотрудник Центра Ольга Коновалова, руководитель управления научных исследований и разработок ЦМИ МГУ, приняла участие в III Конгрессе молодых учёных (Сочи, 28-30 ноября 2023 г.), где рассказала о важности постоянной связи между студентами, научными организациями и индустриальными партнёрами, о необходимости знакомить студентов с настоящими и актуальными научными исследованиями в разных направлениях и о значимости мотивации и возможностей для студентов пройти полный цикл от постановки задачи до защиты результатов своей работы.
7. 19 декабря 2023 года состоялось заседание Научно-технического совета, на котором Центр компетенций НТИ «Технологии снижения антропогенного воздействия» МГУ и компании-участники консорциума обсудили итоги работ за 2023 год и планы на ближайшие месяцы.
8. 15 сентября 2023 года состоялась стратегическая сессия по экспертной оценке инновационных направлений технологического развития г. Москвы, в ходе которой заместитель директора Центра Е.В.Кулезнёв принял участие в работе группы по экологии.

Приложение 1

Таблица 1.1

**Сведения об участии Центра НТИ на базе Химического ф-та МГУ в экосистеме НТИ**

| **Элемент экосистемы НТИ** | **Формат участия Центра** | **Результаты участия Центра** |
| --- | --- | --- |
| Направление «Рынки НТИ» | | |
| Дорожные карты НТИ  **Маринет.** 1.3. Инновационное судостроение. Определены перспективные сегменты (ниши) мирового судостроения. Начата реализация ОКР в области инновационного судостроения, в т.ч. скоростного транспорта, малого флота, оборудования для морской нефтегазовой добычи. | Проведение НИОКР в рамках стратегического Проекта №1 “Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия” в части разработки технологий освоения ресурсов мирового океана | Результаты работ по проекту 1 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Хоумнет.** Сегмент “Первая миля управления отходами”. Оптимизация «первой мили» обращения с отходами, позволяющая повторно их использовать, в том числе и другим жителям для своих нужд. | Проведение НИОКР в рамках стратегического Проекта №1 “Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия” в части разработки технологий принятия решений по применению мер компенсации антропогенного воздействия с учетом оценки эффективности различных методов компенсации антропогенного воздействия. | Результаты работ по проекту 1 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Эконет**. Сегмент 3. Промышленный симбиоз - экономика замкнутого цикла. Сегмент 5. Переработка и утилизация продуктов жизнедеятельности человека во вторичные ресурсы | Проведение НИОКР в рамках стратегического Проекта №1 “Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия” в части возможности прогнозирования обстановки и выработки рекомендаций по компенсации антропогенного воздействия, оценки эффективности различных методов компенсации антропогенного воздействия. | Результаты работ по проекту 1 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Эдунет**. Направление - Цифровые и  смешанные вовлекающие платформы /  продукты. Сегмент: Цифровые  2) Лаборатории в виртуальных и цифровых средах, симуляторы / цифровые двойники процессов;  Симуляция сложных природных и технологических процессов | Проведение НИОКР в рамках Проекта “Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия” в части разработки платформенного решения комплексного мониторинга антропогенного воздействия | Результаты работ по проекту 1 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Технет.** 3.3. Новые материалы (технологии их создания, обработки, контроля качества, инжиниринга материал – конструкция, включая аддитивные технологии) | 3.3.1. Обеспечение научно-технологического развития сферы новых материалов.  Проведение НИОКР в рамках реализации Проекта №2 в части разработки масштабируемых технологий синтеза новых газочувствительных материалов с высокой селективностью отклика к парниковым газам и газам-загрязнителям. | Результаты работ по проекту 2 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Технет.** 3.4. Формирование экосистемы технологий по направлению «Технет» НТИ. | 3.4.3. Развитие технологий сенсорики.  Проведение НИОКР в рамках реализации Проекта №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты»  3.4.1. Развитие передовых производственных технологий  Проведение НИОКР в рамках реализации Проекта №2 в части разработки конструкции и масштабируемой технологии изготовления МЭМС-структур сенсоров и МЭМС микронагревателей с массивом чувствительных элементов на основе керамики и кремниевых кристаллов | Результаты работ по проекту 2 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **ДК Технет 4.0 (Передовые производственные технологии) НТИ** | п.2.1 Разработка отечественных датчиков на уникальных чувствительных элементах или принципах работы  Проведение НИОКР в рамках реализации Проекта №2 “Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты” | Результаты работ по проекту 2 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Эконет.** Ключевой сегмент рынка 1. | Мониторинг, моделирование, прогнозирование и управление экосистемами и природными процессами. Носимые и портативные устройства для мониторинга и контроля состояния человека и природных-климатических условий, оборудование для создания и управления локальными микроклиматическими системами.  Проведение НИОКР в рамках реализации Проекта №2 “Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты” | Результаты работ по проектам 1 и 2 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Дорожные карты НТИ  **Хелснет**. Раздел 5. Медицинские данные и интеллектуальные технологии их обработки. | №1. Разработаны специализированные алгоритмы и системы, использующие искусственный интеллект и семантический анализ для решения задач в интересах здравоохранения.  Проведение НИОКР в рамках реализации Проекта №2 в части разработки датчиков резистивного типа и алгоритмов сбора и обработки данных для детектирования широкого спектра газов - биомаркеров различных заболеваний в выдыхаемом воздухе для неинвазивной диагностики и контроля эффективности лечебных мероприятий. | Результаты работ по проектам 1 и 2 подробно описаны в подразделе 2 настоящего отчета. |
| Направление «Технологии и барьеры» | | |
| Центры НТИ | Центр «Технологии снижения антропогенного воздействия» (МГУ-ХФ) установил кооперацию с другими ЦК НТИ - ИТМО, МИИГАИК, МИЭТ, МФТИ | С ИТМО являемся соисполнителями проекта по ТС «Разработка цифровой платформы ценностно-ориентированного проектирования и мониторинга системного развития рекультивируемых/реновируемых территорий» (дополнительное соглашение № 70-2021-00187/2 от 22.12.2023). Договор субподряда между ИТМО и МГУ-ХФ в процессе согласования  С МИИГАИК и МИЭТ обсуждается совместный проект “Разработка аппаратно – программного комплекса получения экологических и таксационных характеристик леса с использованием БВСс и многодиапазонного радиолокатора”  С МФТИ обсуждается совместный проект “Разработка масштабируемых комплексов оперативного мониторинга на основе иерархических систем БПЛА и многофункциональных полезных нагрузок”. |
| Инфраструктура в рамках СКВОТ | Технологии снижения антропогенного воздействия | 1. Программный модуль автоматизированного расчета углеродного следа морского судоходства на гексагональной карте для первой версии цифровой платформы - «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке».  2. Программный модуль для расчёта траектории пленочных загрязнений на поверхности моря - «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений».  3. Создан прототип первой версии цифровой платформы. Выполнено проектирование и разработка компонента визуализации собираемых данных и пользовательских интерфейсов: формирование ключевых архитектурных решений, разработка целевой архитектуры системы, анализ исходных данных, определения сущностей и связей между ними, формирование модели данных, определение состава экранных форм, разработка дизайна пользовательского интерфейса, разработка макетов экранных форм. Разработан набор программных модулей для реализации пользовательской части системы, реализации серверной части системы и интеграционных взаимодействий. В прототипе реализована визуализация следующих данных:   выходные данные программного модуля автоматизированного расчета углеродного следа морского судоходства «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке»;   данные о движении морских судов за определенный промежуток времени на заданную акваторию;   выходные данные программного модуля расчёта траектории пленочных загрязнений на поверхности моря «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений»;   данные, полученные с имеющихся датчиков, для тестирования сбора, обработки и визуализации данных;   база данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в летне-осенний сезон 2021-2022 гг. |
| Направление «Таланты и предприниматели» | | |
| Архипелаг-2023 | Руководители и сотрудники Центра компетенций НТИ «Технологии снижения антропогенного воздействия» участвовали как очно, так и заочно в нескольких мероприятиях профессионального форума отрасли БАС, проводимых для представителей Центров компетенций НТИ в рамках проектно-образовательного интенсива «Архипелаг-2023», проходившего в Новосибирске с 28 июля по 7 августа. | В лаборатории отраслевого применения БАС обсудили возможности расширения применимости беспилотных авиационных систем (БАС) в экологическом мониторинге и применении дронов в Арктике. Экспертами лаборатории «БАС в Экомониторинге», куда вошли специалисты нашего Центра, отдельно была отмечена задача создания единой цифровой платформы сбора и предоставления данных об экологической обстановке на территории РФ.  По итогам работ лабораторий, участниками были сформированы технические требования к аппаратам и полезным нагрузкам для дальнейшего обсуждения с производителями. Была отмечена необходимость развития партнерств с производителями и эксплуатантами БАС в рамках создаваемой Центром цифровой платформы.  В рамках формирования вектора развития беспилотной отрасли, представители Центра приняли участие в сессии «Единое цифровое пространство сферы аэробеспилотия» и технической лаборатории «Космические системы спутниковой связи для эксплуатации дронов». По результату участия в этих мероприятиях, были сформированы потребности участников рынка БАС в адрес законодательных органов и регуляторов отрасли, для снижения барьеров использования беспилотников.  На сессии «Роль Центров компетенций НТИ в опережающей стандартизации» вместе с директором Центра Сергеем Калюжным и заместителем директора Кулезнёвым Евгением, участники обсудили важность обеспечения долгосрочных конкурентных преимуществ в сферах, где только формируются продукты и рынки.  На встрече «Участие Центров НТИ в иных программах государственной поддержки» обсудили возможности включения Центров НТИ в реализацию важнейших государственных инициатив (Федеральный проект (ФП) «БАС», ФП «Космос», ВТН, запуск новых инициатив (катализаторы)). |

Приложение 2

Таблица 2.1.

**Перечень завершенных и значимых промежуточных результатов проектов**

**Центра НТИ на базе Химического ф-та МГУ**

| **№** | **Наименование проекта,**  **срок завершения** | **Краткое описание проекта** | **Описание результата** | **Дальнейшие действия по коммерциализации** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. | Проект №1 «Создание системы комплексного мониторинга антропогенного воздействия»  *Текущий УГТ 2-3*  *(целевой - 6)*  Год завершения: 2027 | Создаваемый продукт – опытный образец отраслевой открытой цифровой платформы комплексного мониторинга антропогенного воздействия.  Цель проекта: разработка цифровой платформы «Система комплексного мониторинга антропогенного воздействия», которая должна объединять в себе разработанные решения, основанные на технологиях интернета вещей, искусственного интеллекта, ДЗЗ и БПЛА, больших данных и аналитической обработки данных. Программно-аппаратный комплекс будет осуществлять сбор, хранение, обработку и анализ данных о состоянии окружающей среды с применением сквозной технологии снижения антропогенного воздействия.  В рамках выполнения проекта планируется получить следующие основные результаты:  − разработанный опытный образец отраслевой открытой цифровой платформы комплексного мониторинга антропогенного воздействия;  − наборы виртуальных данных для проверки работоспособности системы и проведения имитационного моделирования её работы;  − объединение в единую сеть «умных устройств», на основе технологии IoT, позволяющих осуществлять мониторинг и анализ антропогенного воздействия в целом;  − внедренные технологии анализа данных, в том числе больших данных и искусственного интеллекта;  − внедрение данных дистанционного зондирования Земли с последующей аналитикой;  − пилотное внедрение системы на примере мониторинга отдельных отраслей экономики. | Основные результаты:  Выполнено проектирование цифровой платформы сбора, хранения и анализа данных о состоянии окружающей среды и антропогенного воздействия. Определены ключевые элементы наборов данных и составных частей унифицированных интерфейсов работы с виртуальными данными. Разработаны технические задания на разработку технологических решений. Разработано частное техническое задание на компонент загрузки данных из источников на интерфейсы ручной загрузки данных.  Создан прототип первой версии цифровой платформы. Выполнено проектирование и разработка компонента визуализации собираемых данных и пользовательских интерфейсов: формирование ключевых архитектурных решений, разработка целевой архитектуры системы, анализ исходных данных, определения сущностей и связей между ними, формирование модели данных, определение состава экранных форм, разработка дизайна пользовательского интерфейса, разработка макетов экранных форм. Разработан набор программных модулей для реализации пользовательской части системы, реализации серверной части системы и интеграционных взаимодействий. В прототипе реализована визуализация следующих данных:   * выходные данные программного модуля автоматизированного расчета углеродного следа морского судоходства «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке»; * данные о движении морских судов за определенный промежуток времени на заданную акваторию; * выходные данные программного модуля расчёта траектории пленочных загрязнений на поверхности моря «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений»; * данные, полученные с имеющихся датчиков, для тестирования сбора, обработки и визуализации данных; * база данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в летне-осенний сезон 2021-2022 гг.   В рамках реализации проекта в 2023 году были зарегистрированы в ФИПС следующие РИД:  1. Программа для ЭВМ: «Калькулятор выбросов парниковых газов от судоходства на гексагональной сетке»;  2. Программа для ЭВМ: «Модуль расчёта траектории распространения плёночных загрязнений».  3. База данных размеченных материалов аэрофотосъемки для автоматизированного детектирования объектов мусора в прибрежной зоне с помощью нейросетевых алгоритмов.  4. База данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в летне-осенний сезон 2021 г.  5. База данных результатов фонового экологического мониторинга акваторий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского моря в летне-осенний сезон 2022 гг. | Полученные результаты будут интегрированы в цифровую платформу «Система комплексного мониторинга антропогенного воздействия».  Индустриальными партнерами центра являются: АО «Ситроникс», Ассоциация «Кибергектар», ООО «ЦМИ МГУ», ООО «Моринтех», ООО «Морской центр», ООО ИТЦ «СКАНЭКС», АО «ТерраТех», АО «Аналитический Центр», МФТИ и т.д. Компанией ООО «Яндекс. Облако» выделен грант на предоставление облачного кластера виртуализации для обеспечения первичной инфраструктуры проекта.  Результаты проекта могут быть реализованы в нескольких сегментах рынка:   * «Бизнес для государства» («B2G»), т.е. конечным потребителем будут органы государственной власти и бюджетные учреждения; * «Бизнес для бизнеса» («B2B»), т.е. конечным потребителем будут юридические лица, использующие разрабатываемую систему для своих бизнес-целей; * «Бизнес для клиентов» («B2C»), т.е. конечным потребителем будут физические лица, получающие информацию о состоянии окружающей среды.   Ключевыми источниками выручки будут выступать:  − продажи Системы или её модулей потребителям;  − продажа информации, собираемой системой либо ее аналитики конечным пользователям всех трёх секторов.  − услуги, оказываемые с помощью Системы;  − оказываемые сервисные услуги (консультационные услуги, услуги по обучению персонала, диагностические и ремонтные работы). |
| 2. | Проект №2 «Разработка сенсоров, систем мониторинга и аппаратуры для размещения на мобильных платформах, включая космические аппараты и беспилотные летательные аппараты»  *Текущий УГТ 3-4*  *(целевой - 5)*  Год завершения: 2027 | Цель проекта: разработка комплексного подхода для мониторинга состояния атмосферного воздуха, воды и почвы, в том числе в режиме реального времени, включая разработку сенсоров и систем мониторинга на мобильных платформах с использованием космических аппаратов и беспилотных летательных аппаратов для сбора, верификации и валидации данных, характеризующих антропогенную нагрузку, для принятия решений по реагированию на изменения в экологической обстановке, нейтрализации загрязнений и оценки эффективности принимаемых мер, а также возможности прогнозирования обстановки и выработки рекомендаций.  Создаваемые продукты – датчики, сенсорные модули и мультисенсорные газоанализаторы для детектирования основных загрязнителей (неорганические газы) и высокотоксичных полиароматических углеводородов в воздухе на уровне предельно допустимых концентраций в воздухе населенных мест; многопараметрические электрохимические тест-системы для анализа состава и токсичности воды; одноволновая лидарная система для определения состава аэрозольных облаков, формирующихся из ультрадисперсных взвешенных частиц, и параметров их движения. | Основные результаты:  - Разработаны методики масштабируемого синтеза газочувствительных полупроводниковых материалов методами химического осаждения из раствора с последующей термической обработкой и распылительного пиролиза в пламени.  - Разработана методика масштабируемого синтеза плазмонных материалов для производства мотка шириной 5 мм и длиной 3 м (0.015 м2).  - Осуществлен синтез широкой номенклатуры полупроводниковых оксидов металлов с различными модификаторами, обеспечивающими специфическую чувствительность к целевым газам, методами химического осаждения с последующей термической обработкой и распылительного пиролиза в пламени. Для синтезированных материалов определены элементный и фазовый состав, а также параметры микроструктуры: размер кристаллических зерен, размер частиц и агломератов, величина удельной площади поверхности.  - Установлено влияние параметров синтеза плазмонных композитов на их морфологию и коэффициент усиления комбинационного рассеяния на примере модельного красителя родамина 6Ж.  - Разработаны отечественные прототипы плазмонных сенсоров с уникальными хаарактеристиками: предел обнаружения менее 10-6 М; время анализа менее 1 мин; стоимость единичного анализа менее 200 руб.; возможность селективного определения ароматических токсикантов (ПАУ, ПАГС и т.д.), маркеров качества воды, воздуха и топлива при ПДК < 10-6 М.  *-*Разработана конструкторская документация и изготовлены прототипы микронагревателей на основе кремниевой МЭМС-структуры, с нагреваемой областью 500 мкм на диэлектрической мембране 1 мкм с параметрами: размер кристалла 2х2 мм; размер мембраны 0.9 мм; материалы контактов и нагревательного элемента – Pt; ширина контактов 32 мкм; расстояние между контактами 96 мкм; диапазон рабочих температур – до 600оС.  - Разработана конструкторская документация и изготовлены прототипы микронагревателей на основе МЭМС-структуры на керамической подложке с параметрами: размер кристалла 2х2 мм; материалы контактов и нагревательного элемента – Pt; ширина контактов 100 мкм; расстояние между контактами 100 мкм; диапазон рабочих температур – до 550оС.  - Разработана конструкторская документация и изготовлены элементы макета одноволновой лидарной системы, которая будет обладать следующими техническими характеристиками: дальность зондирования не менее 6 км, время обновления информации не более 3 мин.; апертура приемного телескопа не менее 400 мм, длина волны зонирования в диапазоне 532-1064 нм (будет уточнено при выполнении работ 2024 г); угол зондирования по вертикали 0 – 90 град.; разрешение по дистанции не хуже 15 м.  - Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, чувствительные к растворенному кислороду в диапазоне концентраций 5 – 400 10-6 М, время получения сигнала 10 с, точность измерений 7%.  - Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, чувствительные к растворенному кислороду в диапазоне концентраций 0.01 – 1000 10-6 М, время получения сигнала 5 с, точность измерений 9%*.*  *-*Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, чувствительные к кислотности воды в диапазоне рН 5 – 9, время получения сигнала 8 с, точность измерений 10%.  - Разработаны и изготовлены электрохимические сенсоры на основе нанокапилляров, обладающие селективной чувствительностью к содержанию ионов меди (+2) в диапазоне концентраций 10-8 – 10-5 М, предел обнаружения 10-7 М, время получения сигнала 8 с, точность измерений 10%. | Результаты проекта могут быть реализованы в нескольких сегментах рынка отрасли разработки и создания оборудования для систем мониторинга, обеспечивающих точное определение выбросов загрязнений в атмосферный воздух, а также обеспечивающих мониторинг качества водных ресурсов на основе определения содержания вредных примесей и микроорганизмов.  К выполнению работ по проекту привлечены участники консорциума: научные организации: НПК «Технологический центр» (г. Зеленоград), ИОФ РАН; коммерческие организации: ООО “Олфактум”, ООО «С-Компонент», ООО «ИКАППИК», АО «Газовые системы». В 2023 г. к Консорциуму присоединилось ООО «С-Компонент. Дубна», дочернее предприятие ООО «С-Компонент»», успешно выполнившее работы по разработке и изготовлению МЭМС структур сенсоров на основе керамики за средства софинансирования. В 2024 году к Консорциуму планируют присоединиться ООО «Фотон-био» – производитель портативных спектрометров комбинационного рассеяния для выполнения работ по созданию систем мониторинга на основе плазмонных сенсорных платформ (за средства софинансирования), а также ООО «Центр Комплексных Беспилотных Решений» – для выполнения работ по созданию бортовых газоанализаторов для размещения на БПЛА (за средства софинансирования).  Ключевыми источниками выручки будут выступать:  − продажи разрабатываемого оборудования потребителям – компаниям газодобывающего и газоперерабатывающего, нефтедобывающего, нефтеперерабатывающего и нефтехимического профиля; производителям газоаналитического, телекоммуникационного, климатического и иного оборудования;  павпв Системы или её модулей потребителям;  − оказываемые сервисные услуги (консультационные услуги, услуги по обучению персонала, диагностические и ремонтные работы). |

Приложение 3

Таблица 3.1

**Сведения об образовательных программах, созданных в Центре НТИ**

| **№** | **Форма образовательной деятельности** | **Год создания** | **Название Программы с указанием ее типа (магистратура, бакалавриат и пр.)** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Программы ООП | 2023 | - |
| 2 | Программы ДПО | 2023 | - |
| 3 | Учебные курсы | 2023 | 1. Общая и неорганическая химия; Физико-химические методы анализа – Бакалавриат 2. Химия функциональных неорганических материалов – Специалитет 3. Химические и электрохимические методы формирования наночастиц – Бакалавриат 4. Данные радиолокационного зондирования для тематического картографирования – Бакалавриат 5. Спецпрактикум "Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов" – Магистратура 6. Физическая электроника – Бакалавриат 7. Аналитическая химия 8. Машинное обучение в физике и нейросетевые алгоритмы – Бакалавриат 9. Мультисенсорные анализаторы - Магистратура |