

ФОРМА 4. ОПИСАНИЕ КРУПНОГО НАУЧНОГО ПРОЕКТА ПО ПРИОРИТЕТНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

ОПИСАНИЕ КРУПНОГО НАУЧНОГО ПРОЕКТА ПО ПРИОРИТЕТНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

I. Аннотация проекта

Тема проекта

Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории

Тематика проекта

Компьютерные и информационные науки. Математические науки. Физические науки и астрономия. Химические науки и науки о материи. Науки о Земле и об окружающей среде. Биологические науки. Энергетика, механика и машиностроение. Медицинские науки.

Ключевые слова

Цифровая платформа, мониторинг экосистем, гидрологический режим, антропогенные примеси, биоразнообразие, медико-экологический мониторинг, опасные геологические процессы

Сроки реализации проекта

17.08.2020

31.12.2022

Ожидаемые результаты проекта

В области Формирования концептуальных основ инструментальной, инфраструктурной и прикладных цифровых платформ экологического мониторинга и прогнозирования будут разработаны:

- Концептуальные основы инструментальной, инфраструктурной и прикладной цифровых платформ экологического мониторинга как открытых систем алгоритмизированного сетевого взаимодействия независимых участников экологического мониторинга, объединенных единой информационной средой, приводящих к снижению транзакционных издержек и к повышению эффективности услуг за счёт применения пакетов цифровых технологий работы с данными (хранения, обработки, анализа).
- Инфраструктурные компоненты и сервисы Big Data, обеспечивающие обработку пространственно-временных данных (ПВД) для цифрового анализа, моделирования и прогнозирования экологической обстановки, а также для представления в виде конечного информационного продукта: отображение ПВД в виде таблиц, диаграмм, карт, в том числе 3D карт.
- Технологии и тематические WPS-сервисы выявления и оценки изменений состояния растительного покрова по временным сериям данных дистанционных наблюдений под воздействием деструктивных факторов (включая пожары, вырубki, вспышки массового размножения насекомых, техногенные загрязнения, аномальные метеорологические явления).
- Технология и WPS-сервисы сбора, хранения и обработки информации о состоянии различных физико-химических параметров атмосферы.
- Научные основы прототипирования региональных Центров хранения и обработки Big Data цифрового экологического мониторинга, анализа, моделирования и прогнозирования экологической обстановки.
- Методы и технологии сбора, хранения и обработки мульти- и гиперспектральных ДДЗ для задач

2020-1902-01-2153

25.05.2020

1

d8b3ae43189a3d5870605b83cdbc183a

8:48

оперативного мониторинга экологической обстановки.

- Численные методы оценки информативности данных гетерогенных систем мониторинга в контексте решения задач обратного моделирования атмосферных процессов.
- Технология Big Data для анализа мониторинговых данных по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геодинамическим параметрам опасных геологических процессов, протекающих в пределах территорий с техногенным воздействием.
- Технология динамического картографирования лесного покрова и других типов наземных экосистем по временным сериям данных дистанционных наблюдений на различных уровнях пространственной дифференциации.

В области Формирования концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере будут:

- Развита и отработана методика автоматического мониторинга газовых примесей, химического состава аэрозоля, метеопараметров и проведена их адаптация на двух опорных станциях.
- Разработана новая технология мониторинга аэрозольных примесей в атмосфере до высот 4-6 км в период лесных пожаров и других природных и техногенных проявлений в горной котловине оз. Байкал.
- Созданы научные основы прототипирования сети мониторинга и прогнозирования развития экологической ситуации региона, оценки рисков опасных природных и техногенных воздействий на региональные природные экосистемы.
- Созданы алгоритмы и параллельные программы статистического моделирования: атмосферных процессов для оценки вероятностей их экстремальных состояний, процессов образования и динамики атмосферных аэрозолей.
- Разработаны модели реконструкции полей разового и длительного загрязнения на основе модельных описаний процессов атмосферного переноса примесей и данных мониторинговых исследований загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова в зоне действия точечных, линейных и площадных источников.
- Разработаны фундаментальные основы радиогеофизических методов цифрового мониторинга и диагностики литосферы и атмосферы с апробацией для Байкальской природной территории (БПТ).
- Разработана методология создания моделей атмосферы для различных типов атмосферных параметров, обеспечивающих решение уравнения переноса.
- Создана технология и программное обеспечение для проведения атмосферной коррекции спутниковых данных на основе математических моделей 6S, MODTRAN, DISORT с использованием моделей атмосферы и выполнено сравнение и оценка применимости моделей 6S, MODTRAN, DISORT для задачи атмосферной коррекции.
- Создана технология и программное обеспечение для детектирования лесных пожаров с использованием ИК-каналов различных спутниковых приборов, обеспечивающих обнаружение малоразмерных очагов и очагов с малой интенсивностью за счет проведения атмосферной коррекции спутниковых измерений.

В области Формирования концептуальных основ мониторинга гидрологических режимов водоемов будут:

- Оценено современное экологическое состояние бассейна оз. Байкал.
- Разработаны on-line методы мониторинга гидрологического режима рек БПТ.
- Разработаны методы и технологии проведения мониторинга толщины льда.
- Разработаны методы, технологии и информационно-технологическая инфраструктура для мониторинга и интерпретации флуктуаций потоков энергии в атмосфере и водном бассейне, оценки потенциала возобновляемых природных энергоресурсов, контроля состояния атмосферы и прогноза переносов эмиссии загрязняющих веществ от энергоисточников.
- Разработана система моделей и методология для мониторинга и комплексного среднесрочного и

долгосрочного прогнозирования и управления режимами регулирования уровня оз. Байкал и водохранилищ ГЭС Ангарского каскада с учетом экологических, водохозяйственных, социально-экономических и климатических факторов.

- Изучены основные биогеохимические закономерности поступления, распределения и аккумуляции тяжелых металлов, фталатов и СОЗ и построены биоаккумулятивные модели поведения загрязнителей в экосистеме бассейна оз. Байкал.
- Проведено эколого-гигиеническое ранжирование бассейна оз. Байкал.
- Получены оценки экологического риска для экосистем и дополнительного канцерогенного риска для населения, проживающего в Центральной экологической зоне (ЦЭЗ) озера Байкал, связанного с загрязнением воздуха, потреблением питьевой воды и рыбы и установлены основные факторы риска.

В области Формирования концептуальных основ оценки экологических рисков состояния растительного покрова будут разработаны:

- Технология выявления и оценки изменений состояния растительного покрова и агроэкосистем по временным сериям данных дистанционных наблюдений под воздействием деструктивных факторов (включая пожары, вырубки, вспышки массового размножения насекомых) и разработка способы биологической защиты сельскохозяйственных растений для исключения химического загрязнения наземных экосистем БПТ.
- Технология обеспечения оперативного представления данных пользователям, включая долговременные архивы данных о характеристиках растительных ресурсов, полученные на основе методов дистанционного зондирования по территории России и зон её экономических интересов.

В области Формирования концептуальных основ мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимических процессов будут:

- Разработана методика оценки состояния геологической среды и прогнозирования проявлений опасных процессов в пределах ЦЭЗ БПТ.
- Создана базовая модель воздействия опасных геодинамических, гидрогеологических и инженерно-геологических процессов на геологическую среду ЦЭЗ БПТ и разработаны рекомендации по минимизации их влияния на экосистему оз. Байкал.
- Разработана технология Big Data для анализа мониторинговых данных по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геодинамическим параметрам опасных геологических процессов, протекающих в пределах территорий с техногенным воздействием.
- Получена информация по химическому составу абиотических и биотических компонентов БПТ.
- Выделены эталонные критерии качества компонентов окружающей среды, которые можно будет использовать при изучении антропогенной изменчивости водоемов в качестве экологически ориентированных нормативов качества и целевого состояния водных объектов.
- Разработана объективная сеть отбора компонентов БПТ и прилегающих к ней территорий на основе полученных в результате реализации проекта и имеющихся у коллектива проекта долговременных рядов наблюдений за абиотическими и биотическими компонентами.
- Разработаны, апробированы и внедрены новые роботизированные комплексы для оптимизации процессов исследования компонентов водных и наземных геосистем, реализованные на базе воздушных и морских судов, позволяющие реализовать оперативные и низкочастотные исследования труднодоступных площадей методами гидро и геофизики, гидрохимии, лазерной и мультиспектральной съемки.
- Разработаны методы и технологии быстрой обработки, интерпретации и представления получаемых данных для оперативного проведения эколого-геохимического мониторинга районов БПТ.
- Построены карты опасностей, природного, техногенного, экологического и комплексного рисков чрезвычайных ситуаций для БПТ в показателях опасности и уязвимости территории.

- Построены физико-химические модели, позволяющие проследить техногенную трансформацию окружающей среды.

В области Формирования концептуальных основ медико-экологического и эпидемиологического мониторинга будут:

- Разработаны биологические модели развития отдаленных последствий воздействия дыма природных пожаров на организм с учетом прогностического вклада эпигенетических нарушений у родительского поколения в развитие патологического процесса у потомства.

- Определены критерии риска острого, хронического и отдаленного эффектов для здоровья при длительном пребывании в очаге задымления.

- Созданы численные экспериментальные модели для разработки индикаторов нарушения популяционного и индивидуального здоровья при воздействии экстремальных факторов (загрязнения атмосферного воздуха в период пожаров).

Предполагаемые результаты выполнения проекта полностью соответствуют мировому уровню исследований, а разработанные в ходе выполнения проекта фундаментальные основы, методы, модели, технологии и ПО организации комплексного экологического мониторинга позволят решать широкий спектр фундаментальных и прикладных задач.

Сведения об исполнителях проекта

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН) – головной исполнитель проекта, координатор. Исследования и разработки в рамках блоков

«Формирование концептуальных основ инструментальной и инфраструктурной цифровых платформ экологического мониторинга» и «Формирование концептуальных основ прикладных цифровых платформ» (совместно с остальными участниками). Федеральное государственное

бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки по блокам

«Формирования концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере» и «Формирование концептуальных основ мониторинга

гидрологических режимов водоемов». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН

(ИВМиМГ СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных

выбросов в атмосфере». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук

(СИФИБР СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ оценки экологических рисков состояния растительного покрова».

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской Академии наук (ИЗК СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в

блоке «Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимического процессов». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование

концептуальных основ мониторинга гидрологических режимов водоемов». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования

Сибирского отделения Российской академии наук (БИП СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ мониторинга гидрологических режимов

водоемов». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФМ СО РАН) –

исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ

мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере». Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (ФГБНУ ВСИМЭИ) – исполнитель. Исследования по блоку «Формирование концептуальных основ медико-экологического и эпидемиологического мониторинга». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ прикладных цифровых платформ». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимического процессов». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (ИОА СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере». Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН) – исполнитель. Исследования и разработки в блоке «Формирование концептуальных основ оценки экологических рисков состояния растительного покрова». Общее количество исполнителей – 181 из них: 28 д.н., 101 к.н., 74 в возрасте до 39 лет, 15 аспирантов (1 зарубежный из КНР), 10 студентов.

II. Описание проекта

Цель проекта

Создание фундаментальных основ, методов и технологий комплексного экологического мониторинга и прогнозирования на основе цифровых платформ, обеспечивающих сбор, хранение, обработку, анализ больших массивов разнородных пространственно-временных данных, а также комплекса математических и информационных моделей, сервисов и методов машинного обучения и их апробация для Байкальской природной территории.

Задачи проекта

1. Формирование концептуальных основ инструментальной и инфраструктурной цифровых платформ экологического мониторинга как открытых систем алгоритмизированного сетевого взаимодействия независимых участников экологического мониторинга, объединенных единой информационной средой, приводящих к снижению транзакционных издержек и к повышению эффективности услуг за счёт применения пакетов цифровых технологий работы с данными (хранения, обработки, анализа)
 - Разработка информационно-аналитической среды геопортального типа, обеспечивающей полный цикл работы с пространственно-временными данными и сервисами цифрового экологического мониторинга: сбор, хранение, обработка и представление.
 - Разработка инфраструктурных компонентов, обеспечивающих обработку пространственно-временных данных для цифрового анализа, моделирования и прогнозирования экологической обстановки на основе Big Data.
 - Разработка базовых пространственных сервисов, реализующих жизненный цикл пространственно-временных данных об экологическом состоянии объектов.
 - Создание цифровых моделей пространственно-временных данных.
 - Создание системы организации и планирования WPS-сервисов (базовых и тематических).
 - Разработка инфраструктурных компонент для представления в виде конечного информационного продукта: отображение пространственно-временных данных в виде таблиц, диаграмм, карт, в том числе 3D карт.

- Разработка концепции «цифрового двойника», позволяющего оценивать состояние экологической системы на каждом шаге ее жизненного цикла.
 - Разработка прототипа регионального Центра хранения и обработки больших пространственно-временных данных цифрового экологического мониторинга, анализа, моделирования и прогнозирования экологической обстановки.
2. Формирование концептуальных основ прикладных цифровых платформ (ПЦП), оперирующих тематическими данными и WPS-сервисами на уровне отдельных видов экологического мониторинга или их групп. ПЦП должны поддерживать алгоритмический обмен сервисами между участниками с использованием единой информационной среды и информационно-технологической инфраструктуры:
- Разработка технологии и тематических WPS-сервисов выявления и оценки изменений состояния растительного покрова по временным сериям данных дистанционных наблюдений под воздействием деструктивных факторов (включая пожары, вырубки, вспышки массового размножения насекомых, техногенные загрязнения, аномальные метеорологические явления).
 - Разработка технологии и WPS-сервисов сбора, хранения и обработки информации о состоянии различных физико-химических параметров атмосферы.
 - Разработка методик сбора, хранения, обработки и валидации мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ с использованием, в том числе комплекса наземных оптических и радиофизических инструментов ИСЗФ СО РАН.
 - Разработка численных методов оценки информативности данных гетерогенных систем мониторинга в контексте решения задач обратного моделирования атмосферных процессов.
 - Разработка технологии Big Data для анализа мониторинговых данных по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геодинамическим параметрам опасных геологических процессов, протекающих в пределах территорий с техногенным воздействием.
 - Разработка технологии быстрой обработки, интерпретации и представления данных эколого-геохимического мониторинга БПТ.
 - Разработка технологии динамического картографирования лесного покрова и других типов наземных экосистем по временным сериям данных дистанционных наблюдений на различных уровнях пространственной дифференциации.
 - Разработка основных методов и технологий по выявлению, учету и анализу распределения тяжелых металлов, фталатамов и СОЗ для цифрового мониторинга, а также прогнозирования экологической обстановки БПТ.
 - Разработка научных основ прототипирования региональных Центров хранения и обработки Big Data цифрового экологического мониторинга, анализа, моделирования и прогнозирования экологической обстановки.
 - Создание прототипа прикладной цифровой платформы регионального мониторинга и прогнозирования экологической обстановки.
3. Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере:
- Разработка методов тестирования метеорологических и турбулентных параметров, радиационных характеристик, аэрозольных и газовых примесей в приземном слое атмосферы и в верхних слоях тропосферы.
 - Разработка технологии автоматизированной экспертной интерпретации данных автоматического мониторинга атмосферы в реальном масштабе времени для БПТ, оценка возможного воздействия переносов антропогенных загрязнений и экстремальных природных явлений на лесные и водные экосистемы региона.
 - Разработка мажорантных оптимизационных моделей и распределённых алгоритмов численной реконструкции полей концентраций примесей и оценки эмиссии от точечных и площадных источников, выявление функциональных связей между данными наземного и спутникового мониторинга.

- Разработка математических методов, позволяющих унифицированно обрабатывать различные типы данных мониторинга качества атмосферы на основе ансамблей решений сопряженных уравнений и операторов чувствительности обратных задач идентификации источников загрязнений.
 - Разработка алгоритмов и параллельных программ статистического моделирования атмосферных процессов с оценкой вероятностей их экстремальных состояний, процессов образования и динамики спектра атмосферных аэрозолей.
 - Разработка фундаментальных основ радиогеофизических методов цифрового мониторинга и диагностики литосферы и атмосферы с апробацией для БПТ.
 - Разработка технологии зондирования литосферы и тропосферы, в том числе по данным сети станций АПИК.
 - Разработка методических и программных средств решения задач детектирования очагов горения и дистанционного лазерного зондирования аэрозольных примесей тропосферы в горной котловине оз. Байкал.
4. Формирование концептуальных основ мониторинга гидрологических режимов водоемов:
- Разработка on-line методов и технологий гидрологического мониторинга рек БПТ.
 - Разработка методов и технологий мониторинга толщины льда
 - Разработка системы моделей для мониторинга и оптимального управления гидроэнергетическими ресурсами водохозяйственного комплекса бассейнов Байкала и Ангары с учетом экологических и социально-экономических факторов.
 - Оценка конкурентоспособности, обоснование мест наилучшего размещения возобновляемых источников энергии для перехода к низкоуглеродной энергетике для БПТ.
 - Исследование гидрохимических процессов в оз. Байкал и водных объектах его бассейна.
 - Выявление закономерностей распределения концентраций основных макрокомпонентов, биогенных элементов, тяжелых металлов, фталатов и СОЗ в природных средах (вода, донные отложения).
 - Установление количественных биогеохимических закономерностей поступления, распределения и аккумуляции тяжелых металлов, фталатов и СОЗ в различных геоэкосистемах оз. Байкал.
 - Построение биоаккумулятивных моделей для геоэкосистем оз. Байкал, оз. Гусиное для всех исследуемых веществ.
 - Выявление основных источников загрязнения глобального, регионального и локального происхождения.
 - Исследование жирнокислотного состава эндемичных видов биоты для выявления липидных биомаркеров, характеризующих среду их обитания.
5. Формирование концептуальных основ оценки экологических рисков состояния растительного покрова:
- Разработка технологии лесопатологического мониторинга и разработка способов биологической защиты сельскохозяйственных растений для исключения химического загрязнения наземных экосистем БПТ.
 - Разработка технологии мониторинга биоразнообразия БПТ.
 - Разработка технологии лесопожарного мониторинга ЦЭЗ БПТ.
6. Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимических процессов:
- Разработка методов оценки состояния геологической среды и прогнозирования проявлений опасных процессов в пределах ЦЭЗ БПТ.
 - Разработка технологии Big Data для анализа мониторинговых данных по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геодинамическим параметрам опасных геологических процессов, протекающих в пределах территорий с техногенным воздействием.
 - Физико-химическое моделирование процессов миграции и трансформации загрязняющих веществ в абиотических компонентах экосистем БПТ.

- Эколого-геохимические исследования водных и наземных экосистем в отношении воздействия потенциально токсичных элементов и соединений.
 - Разработка автоматизированных стационарных средств наблюдений и отбора проб.
 - Разработка методического и методологического базиса применения новых технологий геоэкологического мониторинга.
 - Разработка новых воздушных и водных беспилотных роботизированных судов, которые позволят выполнять маловысотные дистанционные зондирования и гидрогеохимические наблюдения в природных условиях БПТ.
 - Разработка новых сенсоров для гидрофизических, гидрохимических, лидарных, геофизических исследований поверхности и верхней части геологической и водной среды природных и природно-антропогенных комплексов БПТ.
7. Формирование концептуальных основ медико-экологического и эпидемиологического мониторинга:
- Разработка качественных и количественных индикаторов для ведения мониторинга и прогнозирования медико-экологической ситуации при экстремальном воздействии факторов окружающей среды.
 - Разработка биологических моделей развития отдаленных последствий воздействия дыма природных пожаров на организм с учетом прогностического вклада эпигенетических нарушений у родительского поколения в развитие патологического процесса у потомства.
 - Разработка численных экспериментальных моделей для определения индикаторов нарушения популяционного и индивидуального здоровья при воздействии экстремальных факторов (загрязнения атмосферного воздуха в период пожаров).
 - Разработка методов выявления эколого-эпидемиологических характеристик природных очагов на основе одномоментного скрининга патогенных микроорганизмов, членистоногих и людей.

Актуальность и значимость проекта

По решению 20-й сессии Комитета Всемирного наследия ЮНЕСКО оз. Байкал было включено в Список всемирного природного наследия, при этом руководством России были даны специальные рекомендации, включающие, в том числе, необходимость продолжить поддержку научных исследований и мониторинга оз. Байкал. Российская Федерация несет ответственность, в том числе за сохранение его экосистемы в природном состоянии, но при этом хозяйственная деятельность на БПТ не может быть прекращена, в связи с чем постоянное развитие средств и методов геоэкологического контроля является важной задачей государственного уровня, в том числе в соответствии с требованиями Стокгольмской, Роттердамской, Базельской и Минаматской конвенций, подписанных и ратифицированных РФ. Важным аспектом предлагаемого проекта является выявление техногенных факторов, влияющих на биоразнообразие Байкала, рек и водохранилищ БПТ, особенно это относится к байкальским эндемикам, населяющим эти водоемы. Одной из приоритетных геоэкологических проблем БПТ является загрязнение природной среды органическими и неорганическими экотоксикантами и радионуклидами, включая вещества первого класса опасности - ртуть и СОЗ.

Организация подобных исследований требует проведения геоэкологических исследований на больших площадях. Значительные преимущества по сравнению с классическими вариантами наблюдений представляют предлагаемые в проекте роботизированные системы плавающего и летающего типа, которые обеспечивают высокую экономическую эффективность, экологичность и оперативность наблюдений.

Вследствие глобального повышения температуры приземной атмосферы температурный градиент между теплыми и холодными областями Земли сглаживается, что приводит к снижению интенсивности атмосферных циркуляций, и региональные климатические режимы смещаются в сторону аномальности. Широкомасштабное проявление лесных пожаров в 2015-2019 годах и катастрофические наводнения в 2019 году в Восточной Сибири являются прямым проявлением

подобных климатических аномалий. Лесные пожары являются мощным природным и антропогенным фактором, существенно изменяющим функционирование и состояние лесов, наносят урон экологии, экономике, а часто и человеческие жизни оказываются под угрозой. Одним из общепринятых современных подходов к решению этой проблемы является использование спутниковых систем мониторинга, оснащенных широким спектром современной аппаратуры ДДЗ. Однако наблюдение поверхности из космоса производится через атмосферу, которая искажает результаты спутниковых измерений. Для достижения максимальной точности решения целого ряда тематических задач, включая восстановление температуры поверхности, детектирование очагов горения, идентификацию типов поверхности, требуются разработка новых методов и технологий атмосферной коррекции спутниковых изображений земной поверхности, а также разработки технологий обработки мульти и гиперспектральных данных ДДЗ.

Проблема заболеваний, вызванных вирусными и бактериальными патогенами в России, особенно в регионах Сибири и Дальнего Востока, актуальна на протяжении более 70 лет. Рост заболеваемости зависит от множества биотических и абиотических факторов, которые обеспечивают высокий лоймопотенциал природных и антропогенных очагов. В последние годы росту инфекционной заболеваемости населения способствует антропогенная трансформация очагов, потепление климата, а также наводнения и пожары, вызывающие неадекватное поведение переносчиков опасных патогенов и их прокормителей, что в основном еще больше усугубляет эпидемиологическую безопасность для населения. Содержание в дыме природных пожаров значительного количества продуктов неполного сгорания, являющихся потенциальными репро- и генотоксикантами, определяет необходимость исследования функционального состояния репродуктивной системы и здоровья последующих поколений в условиях задымления в модельных экспериментах. Особое значение при этом приобретает возможность оценки взаимосвязи между состоянием генома и эпигенома половых клеток у родительского поколения и развитием патологических состояний у потомства. Эти обстоятельства вызывают повышенное внимание исследователей и специалистов практического здравоохранения к этой важной проблеме. Реализация современных подходов с применением передовых методов, технологий и программно-аппаратных средств онлайн мониторинга, моделирования и прогнозирования позволит улучшить общую эпидситуацию и предотвратить рост заболеваний среди населения.

Резкая активизация бактериальных и грибных болезней деревьев, повышение плотности таких опасных насекомых-вредителей, как сибирский и непарный шелкопряд, физиологическое ослабление деревьев в результате смены термического режима и повышение чувствительности к действию техногенных загрязнений, высокая пожарная опасность в сибирских лесах, сокращение растительного биоразнообразия и все возрастающее проникновение инвазионных видов растений требуют постоянного контроля за ситуацией в лесах.

Аномальные события последних лет явственно свидетельствуют о неэффективности действующих методик государственного мониторинга подобных природных изменений. Институтами СО РАН накоплен большой практический опыт по изучению изменений в гидросфере, литосфере, биосфере, атмосфере, здоровье человека под действием природных и антропогенных факторов, и этот опыт может быть успешно применен при решении текущих актуальных вызовов подобного характера.

С другой стороны, формирование цифровой платформы мониторинга основывается на необходимости решения следующих проблем:

- экспоненциальный рост междисциплинарных научных данных и знаний, характерный при непрерывном мониторинге крупных природных объектов БПТ;
- распределенность и разноформатность междисциплинарных данных, непрерывно поступающих в рамках мониторинга;
- критическое сокращение сроков, отводимых на принятие решений, при возрастающем уровне ответственности за эти решения, в том числе при оценке оперативной ситуации и принятии мер для предотвращения и снижения негативных последствий различного рода природных и

антропогенных катастроф, проектировании сложных технических систем и социально-эколого-экономических комплексов, а также перспективного управления территориальным развитием. Решение перечисленных проблем и реализация мониторинга и прогнозирования экологической обстановки БПТ невозможны без реализации цифровых инструментальных и инфраструктурных платформ, обеспечивающих полный цикл работы с данными мониторинга: сбор, хранение, обработка и представление в виде конечного информационного продукта. Создание цифровых платформ находится в рамках приоритетного направления НТР РФ, а именно переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта (п. а Стратегии НТР).

Разработанные в рамках проекта методы и технология лесопатологического мониторинга БПТ, а также способы биологической защиты сельскохозяйственных растений для исключения химического загрязнения наземных экосистем БПТ внесут существенный вклад в создание и внедрение систем рационального природопользования (п. г Стратегии НТР).

Выявления и оценки изменений состояния растительного покрова и агроэкосистем по временным сериям данных дистанционных наблюдений под воздействием деструктивных факторов (включая пожары, вырубki, вспышки массового размножения насекомых) и разработка способов биологической защиты сельскохозяйственных растений для исключения химического загрязнения наземных экосистем БПТ.

В ходе реализации проекта будут разработаны научные основы и создана пилотная сеть мониторинга опасных геологических процессов БПТ. Комплексный подход в организации сети мониторинга и научно-обоснованный выбор объектов для наблюдения позволит эффективно оценивать динамику опасных геологических процессов, оказывающих действенное влияние на состояние уникальной экосистемы оз. Байкал, его водных ресурсов. Данная оценка позволит перейти на новый уровень исследования взаимодействия человека и природы, выработать на современном уровне систему поддержки и принятия решений, что позволит снизить риски от угроз природного и техногенного характера (п. д, ж Стратегии НТР).

Разработка экспериментальной модели природного пожара и обоснование с ее помощью прогностических критериев формирования нарушений ЦНС у потомства послужит фундаментальной основой при разработке профилактических мер на основе персонализированной медицины, и технологий здоровьесбережения (п. в Стратегии НТР). Несмотря на значимость проблемы предупреждения влияния экстремальных факторов среды на здоровье населения, системы комплексного мониторинга и прогнозирования на основе современных цифровых технологий не реализованы. Реализация данного проекта даст возможность эффективного ответа на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий (п. ж Стратегии НТР), позволит обеспечить готовность региона к большим вызовам, возможность своевременной оценки рисков, обусловленных научно-технологическим развитием интенсивно развивающегося региона Сибири (п. и Стратегии НТР).

Предлагаемые в проекте исследования будут способствовать выполнению Поручения Президента РФ по результатам проверки исполнения законодательства по сохранению оз. Байкал и его экологическому оздоровлению в части формирования механизмов осуществления государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал, обеспечивающего прогнозирование изменений состояния окружающей среды.

Разработанные фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории могут быть масштабированы и на другие регионы Российской Федерации.

Содержание проекта

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию фундаментальных и прикладных научных проблем экологии. Особо стоит отметить актуальность внедрения комплексной цифровизации, в частности для проведения цифрового мониторинга экологического состояния природных территорий. Это характерно как для особо охраняемых природных территорий, таких как оз. Байкал, Васюганские болота или сибирские бореальные леса, от состояния и процессов в которых существенно зависят погодные условия и экологическая обстановка в Сибири в целом, а также на Урале и Дальнем Востоке, так и для промышленно развитых регионов, например, крупный и экологически нагруженный горнодобывающий комплекс Кузбасса.

Информационные системы поддержки отдельных аспектов экологического мониторинга разрабатываются и поддерживаются в Красноярском крае (<http://gis.krasn.ru/>), в Кемеровской области (<http://biodiv.ict.sbras.ru:8080/redbook/welcome>) и в Дагестане (<http://gemgis.ru/>). Данные системы обеспечивают сбор в режиме реального времени данных о загрязнении атмосферного воздуха, метеорологическую и климатическую информацию, данные гидрологических наблюдений, состояние биоразнообразия, информации о донных отложениях, почве, грунте. Среди зарубежных можно выделить глобальную сеть наблюдений за биоразнообразием GEO BON (The Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, <https://geobon.org/>). Миссия GEO BON - улучшение сбора, координации и получения данных наблюдений за биоразнообразием и связанных с ними услуг пользователям, включая лиц, принимающих решения, и научное сообщество. В Мексике создана национальная система мониторинга биоразнообразия, состоящая из компонентов: (1) общая научная платформа; (2) набор межведомственных соглашений и договоренностей, основанных на финансовых, технических возможностях; и (3) экономически эффективный рабочий план для обеспечения постоянного сбора данных на национальном уровне. Система основана на дистанционном зондировании и обширной сети сбора данных из 2150 участков.

В работе [Wei Yang, Jun Nan, Dezhi Sun. An online water quality monitoring and management system developed for the Liming River basin in Daqing, China. *Journal of Environmental Management*, V. 88, Is. 2, 2008, pp 318-325] авторами разработана онлайн система мониторинга и управления качеством воды, в которой объединены химический датчик потребности в кислороде с технологией искусственных нейронных сетей и техникой виртуальных инструментов. Система обеспечивает эффективный подход к контролю качества воды, помогая достичь оптимальное распределение уровня воды в бассейне реки Лиминг в Дацине (КНР) на основе математической модели.

Синергия биоиндикаторов и биосенсоров для мониторинга окружающей среды рассмотрена в работе [Frank Batzias, Christina G. Siontorou. A novel system for environmental monitoring through a cooperative/synergistic scheme between bioindicators and biosensors. *Journal of Environmental Management*, 82, 2, 2007, pp 221-239]. Авторы создали систему поддержки принятия решений, апробированную на территории южной Греции. В ней для оценки состояния окружающей среды используются биоиндикаторы, что позволяет существенно минимизировать затраты на закупку и техническое обслуживание сети сенсоров.

Обоснование достижимости решения задач проекта и возможности получения ожидаемых результатов.

В связи с активным развитием по всему миру цифровой парадигмы становится приоритетом внедрение принципов цифровых платформ в решение проблем экологии, которые предоставляет методологию и инструменты для создания прикладных модулей. Это также связано с большими объемами тематических и пространственно-временных данных экологического мониторинга и с количеством существующих программно-аппаратных комплексов, а также развитием систем передачи данных. Под цифровизацией понимается процесс внедрения системного подхода к использованию цифровых ресурсов, внедрению цифровых технологий, киберфизических систем, интеграции датчиков во все компоненты оборудования, замене физических или аналоговых

ресурсов цифровыми данными.

Использование цифровых инструментальной и инфраструктурной платформ, сервис-ориентированной парадигмы, сквозных технологий, Big Data и их наполнение содержанием в форме математических и компьютерных моделей отдельных процессов и экосистем в целом, дополненных инструментами для сбора и анализа данных мониторинга экосистем, в том числе данных ДЗЗ и данных с наземных сенсорных сетей, обосновывают достижимость ожидаемых результатов.

Научная новизна проекта.

Результаты проекта обладают большой научной новизной и соответствуют современному мировому уровню исследований, т.к. развивают фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования на основе цифровых платформ, сквозных технологий, Big Data, машинного обучения, сервис-ориентированной парадигмы, инфраструктуры пространственно-временных данных.

Практическая новизна проекта

Результаты проекта имеют большую научную и практическую значимость, новизну и восполняют существующий пробел в методах, моделях, технологиях и платформенном подходе комплексирования цифровых данных и сервисов мониторинга пространственно-временной структуры полей температуры воздуха и почвы, атмосферных осадков, потоков солнечной радиации, скорости и направления ветра в пограничном слое атмосферы, полученных в БПТ, характеризующихся слабой редкой сетью метеорологических станций и научных стационаров. Создание цифровых платформ экологического мониторинга позволит поддерживать междисциплинарную интегрированность методов и технологий анализа и прогнозирования социально-эколого-экономического состояния БПТ, а также широкую информационную доступность получаемых результатов с целью прогнозирования основных рисков, связанных с экологической и антропогенной нагрузкой на природу.

Подробное описание ожидаемых результатов.

Для достижения поставленных в проекте целей исследования будут проводиться в рамках 7 блоков:

1. Формирование концептуальных основ инструментальной и инфраструктурной цифровых платформ экологического мониторинга как открытых систем алгоритмизированного сетевого взаимодействия независимых участников экологического мониторинга, объединенных единой информационной средой, приводящих к снижению транзакционных издержек и к повышению эффективности услуг, за счёт применения пакетов цифровых технологий работы с данными (хранения, обработки, анализа и т.д.) и изменения системы разделения труда.

Инструментальная и инфраструктурная платформы будут включать в себя: систему алгоритмизированных взаимоотношений, объединенных единой информационной средой, модели и технологические разработки, пакеты цифровых технологий, сервисы обработки больших объёмов пространственно-временных данных, методы организации и планирования WPS-сервисов. Потребность в создании инфраструктурной платформы связана с активным развитием аппаратного и программно-алгоритмического обеспечения мониторинга природных объектов и процессов различными сенсорами.

2. Формирование концептуальных основ прикладных цифровых платформ (ПЦП), оперирующих тематическими данными и WPS-сервисами на уровне отдельных видов экологического мониторинга или их групп.

В данном блоке будут разработаны технологии и сервисы для решения задач прикладного уровня таких, как выявление и оценка изменений состояния растительного покрова по временным сериям данных дистанционных наблюдений под воздействием деструктивных факторов, обработка информации о состоянии различных физико-химических параметров атмосферы, динамического

картографирования лесного покрова и других типов наземных экосистем и т.д.

3. Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере.

Данный блок направлен на развитие методов и технологий мониторинга и прогнозирования развития экологической ситуации, оценки рисков опасных природных и техногенных воздействий на региональные природные экосистемы, в частности загрязнение атмосферы.

4. Формирование концептуальных основ мониторинга гидрологичеких режимов водоемов.

Данный блок направлен на решение задач комплексного мониторинга водных объектов БПТ, оценки их экологического состояния и выявления рисков как для экосистем, так и для населения.

5. Формирование концептуальных основ оценки экологических рисков состояния растительного покрова.

В данном блоке будут разработаны новые технологии, предназначенные для мониторинга состояния и динамики растительного покрова наземных экосистем БПТ, включая агроэкосистемы. Будут развиты методы и технологии лесопожарного мониторинга, мониторинга фиторазнообразия и состояния лесов БПТ.

6. Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимических процессов.

Исследования данного блока будут направлены на разработку методик оценки состояния геологической среды и прогнозирования проявлений опасных процессов, разработки технологий Big Data для анализа мониторинговых данных по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геодинамическим параметрам опасных геологических процессов, протекающих в пределах территорий с техногенным воздействием, а также эколого-геохимическому мониторингу районов БПТ.

7. Формирование концептуальных основ медико-экологического и эпидемиологического мониторинга.

В рамках данного блока будут разработаны методы мониторинга и построены экспериментальные модели для определения индикаторов нарушения популяционного и индивидуального здоровья при воздействии экстремальных факторов (загрязнения приземных слоев атмосферного воздуха в период ландшафтных пожаров), а также развиты методы и технологии наблюдений за патогенными микроорганизмами – возбудителями опасных заболеваний на БПТ.

Детальный план работ по годам представлен в Приложении.

Научный задел по проекту

Ведущие научные школы:

В ИДСТУ СО РАН: «Многофункциональные интеллектуальные информационные и управляемые системы: теория и приложения» (ак. И.В. Бычков, гранты Президента РФ НШ-5007.2014.9, НШ-8081.2016.9).

В ИВМиМГ СО РАН: «Сибирская школа по моделированию в задачах физики атмосферы, океана и окружающей среды», основатель школы ак. Г.И. Марчук, руководители: д.ф.-м.н., В.И. Кузин, д.ф.м.н., В.В. Пененко, д.ф.-м.н. Г.С. Ривин.

В СИФИБР СО РАН: «Физиологии клетки, генной инженерии и механизмов мембранного транспорта растений» (чл.-к. РАН Р.К. Саяев).

В ИЗК СО РАН: «Эндогенные флюидные фанерозойские системы континентальной литосферы Центральной Азии» (ак. Ф.А. Летников, грант Президента РФ НШ-767.2003.5), «Петрологические индикаторы тектонической эволюции древних кратонов и складчатых областей» (чл.-к. РАН Е.В. Складаров, грант Президента РФ НШ-7417.2006.5).

В ИСЗФ СО РАН: «Экспериментальное и теоретическое исследование взаимосвязи динамических процессов в нижней и верхней атмосфере Земли» (ак. Г.А. Жеребцов, грант Президента РФ НШ-6894.2016.5)

Результаты:

1. Инфраструктура пространственных данных регионального уровня и её компоненты. (Bychkov I.V., Rugnikov G.M., Fedorov R.K., Shumilov A.S. Services and cloud infrastructure to support interdisciplinary scientific research // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018 DOI: 10.1109/RPC.2018.8482122. WoS ESCI; Fedorov R.K., Shumilov A.S., Ruzhnikov G.M. Geoportals cloud // CEUR Workshop Proceedings. 2017. Vol. 2033. pp. 305-308. Scopus)
2. Информационно-телекоммуникационная инфраструктура поддержки междисциплинарных научных исследований институтов Иркутского научного центра СО РАН «ИИВС ИРНОК». (Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Paramonov V.V., Shumilov A.S., Fedorov R.K., Levi K.G., Demberel S. Infrastructural approach and geospatial data processing services in the tasks of territorial development management // Proc. 1st Intern. Geographical Conf. of North Asian Countries on China-Mongolia-Russia Economic Corridor: Geographical and Environmental Factors and Territorial Development Opportunities. 2018. Vol. 190, №1 WoS ESCI)
3. Сервис-ориентированная технология создания информационно-аналитических и геоинформационных систем, систем принятия решений управления территориальным развитием. (Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K., Avramenko Y.V., Shumilov A.S., Shigarov A.O., Verhozina A.V., Emelyanova N.V., Sorokovoi A.A. Technology of Information and Analytical Support for Interdisciplinary Environmental Studies in the Baikal Region // Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2019. pp. 116-124. DOI: 10.1007/978-3-030-11720-7_16. (WoS))
4. Интерпретатор WPS-сценариев для реализации сложной логики применения WPS-сервисов (Fedorov R. Building service composition based on statistics of the services use // CEUR Workshop Proceedings: Proc. of 2nd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS'2019). 2019. Vol. 2463. pp. 40-46 (Scopus); Fedorov R.K., Shumilov A.S., Voskoboynikov M.L. Analysis of service calls for construction of the semantic network of services // Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. pp. 20-24 (Scopus)).
5. Сервисы на основе стандарта WPS: сервис расчета плотности точечных объектов в ячейках регулярной сетки, сервис расчета плотности линейных объектов в ячейках регулярной сетки, сервисы алгебры GRID, сервис аппроксимации точечных данных на основе метода ближайших соседей, также ряд тематических сервисов, используемых в междисциплинарных научных исследованиях и т.д. (Avramenko Y. V., Fedorov R.K., Firsova A.D. Diatom Analysis Using SOQL Language Interpreter // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2019. pp. 169-173. DOI: 10.1007/978-3-030-11720-7_22. WoS ESCI).
6. Интерактивный «Экологический атлас бассейна озера Байкал» на геопортале Байкальского информационного центра (<http://bic.iwlearn.org>, <http://geonode.iwlearn.org>), «Экологический Атлас Байкальского региона» (<http://atlas.isc.irk.ru>). (Gagarinova O.V., Sorokovoy A., Belozertseva, I.A., Emelyanova N.V., Fedorov R. Environmental Aspects of Urbanized Territories in the Baikal Region // Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2019. pp. 193-199. WoS ESCI)
7. Программный комплекс, позволяющий проводить мультикритериальную оценку возможных управленческих решений, выражаемых в моделях изменением начальных и граничных условий решения, а также учитывать географическую среду процесса. (I. N. Vladimirov, A. K. Chudnenko, Multilevel Modeling of the Forest Resource Dynamics. Math. Model. Nat. Phenom. Vol. 4, No.5, 2009, pp. 72-88. (WoS))
8. Технологии и инструменты для разработки интеллектуальных систем, интегрированных посредством общих онтологий и веб-протоколов. (E. Cherkashin, A. Shigarov, V. Paramonov et al. Model Driven Architecture Implementation Using Linked Data, Communications in Computer and Information Science, 920, 2018, pp. 412-423. (WoS))

9. Алгоритмы усвоения данных измерений для моделей переноса и трансформации атмосферных примесей (Penenko, V. V.; Tsvetova, E. A. & Penenko, A. V. Methods based on the joint use of models and observational data in the framework of variational approach to forecasting weather and atmospheric composition quality//Russian Meteorology and Hydrology, Allerton Press, 2015, 40, 365-373 (IF: 0.632, WoS Q4))

10. Разработаны общие принципы и подходы к изучению поведения химических элементов в водных и наземных экосистемах (Perrot V., Erov V.N., Pastukhov M.V., Grebenshchikova V.I. et al., Environmental Science & Technology, 2010, IF 7,149; Ciesielski T., Pastukhov M.V. et al., Chemosphere, IF – 5,108; Perrot V., Pastukhov M.V. et al., Environmental Science & Technology, 2010, IF –7,149; Ozersky T., Pastukhov M.V. et al., Environmental Science & Technology, 2017, IF 7,149; Poste, Pastukhov et al., Environmental Toxicology and Chemistry, 2018; Sklyarova et al., Applied Geochemistry, 2017, IF 2.581).

11. Систематизирована и структурирована информация по технико-экономическим и экологическим характеристикам электростанций и котельных Байкальской природной территории (Saneev B.G., Ivanova I.Y., Maysyuk E.P., Izhbuldin A.K. The main directions of solving energy-related environmental problems in the central ecological zone of the Baikal natural territory // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol.381. No.1. 012082. 2019. WoS ESCI).

12. Разработан методический подход и комплекс инструментальных средств для оценки снижения антропогенного влияния энергетических объектов на природную среду при переходе на альтернативные энергоносители и возобновляемые источники энергии (Maysyuk E.P., Kozlov A.N., Ivanova I.Y. Influence of Technical Characteristics of Solid Fuels at Estimation of Emissions from Small Boiler Plants // Energy Systems Research. Vol.1. No.2. 2018. P.43-50).

13. Разработана методика и модельный инструментарий для оценки эффективности использования, выбора места размещения и оптимального состава оборудования возобновляемых источников энергии (Sidorov D., Panasetsky D., Tomin N., Karamov D., Zhukov A., Muftahov I., Dreglea A., Liu F., Li Y. Toward zero-emission hybrid AC/DC power systems with renewable energy sources and storages: A case study from Lake Baikal region//Energies. Vol.13. No.5. 1226. 2020. WoS Q3)

14. Выявлены факторы, влияющие на массу токсикантов, попадающих в атмосферу при лесных пожарах. Создана база данных связывающая качество атмосферного воздуха и обращаемость населения за скорой медицинской помощью в период массовых лесных пожаров, рассчитаны потенциальные риски для здоровья различных возрастных групп населения (Свидетельство о гос. регистрации БД №2015621824 от 28.12.2015 г.).

Научная инфраструктура:

1. ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН» с суммарной пиковой производительностью 90,24 TFlops.

2. ЦКП «ИИВС ИРНОК», включающий систему хранения и виртуализации.

3. Приборный комплекс и ПО системы мониторинга уровня Байкала.

4. Спутниковая приемная станция для приема данных метеорологических спутников низкого разрешения серии NPOES (NOAA). Система автоматической обработки данных ДЗЗ с получением информации о лесных пожарах на территории видимости станции.

5. Станция приема данных спутникового зондирования для мониторинга состояния и состава атмосферы и земной поверхности 2.4 XLB.

6. Для проведения химических анализов атомно-абсорбционный спектрофотометр «Solaar M6», оснащенный электротермическим атомизатором FS90 и ртутно-гидридной приставкой VP-100, атомно-эмиссионный спектрометр Profile Plus, ионный хроматограф Dionex ICS-1600, газо-жидкостный хроматограф Agilent 7890B с масс-спектрометрическим детектором типа тройной квадруполь Agilent 7000C укомплектованный новыми расширенными инструментами оптимизации функции мониторинга множественных реакций и базой данных по пестицидам и загрязнителям окружающей среды, высокоэффективный жидкостный хроматограф Agilent 1200 c

спектрофотометрическим детектором на диодной матрице, спектрофотометр Agilent Technologies 3843, спектрофотометр UV-VIS, портативный турбидиметр Hanna HI98703, оксиметр Hanna HI9147, кондуктометр Hanna HI98304, портативный рН-метр Testo 230.

7. Измерительные комплексы АПИК.

8. Разработаны новые технологии ДЗЗ с применением оригинальных роботизированных беспилотных носителей и сенсоров (патенты РФ №172078 от 19.05.2016, 2673505 от 29.05.2017).

9. Базы данных экологического мониторинга по трем направлениям: исследование биоразнообразия, лесной мониторинг, состояние пахотных земель.

Международное сотрудничество

Международные договоры.

ИДСТУ СО РАН проводит исследования по совместному с Институтом астрономии и геофизики Монгольской академии наук проекту «Инфраструктура и технологии создания сервисно-ориентированной информационно-аналитической системы зонирования сейсмической опасности больших литосферных блоков Прибайкалья и Монголии» (грант РФФИ № 17-57-44006_Монг_а). Ранее ИДСТУ СО РАН принимал участие в международных проектах СО РАН с НАН Беларуси, НАН Украины, Монгольской академией наук: «Конструирование высокоспецифичных низкомолекулярных ингибиторов репликации вируса клещевого энцефалита с использованием специализированной вычислительной инфраструктуры и скрининга активности in vitro» (2013 г.), «Разработка моделей, методов и алгоритмов для оценки состояния растительных сообществ лесостепной и степной зон с использованием данных космического мониторинга» (2013 г.), «Моделирование загрязнения г. Улан-Батор на основе ГИС-технологий» (2011-2012 гг.), «Модель инфраструктуры пространственных данных научных учреждений Монголии» (2013-2014 гг.), «Математическое моделирование и информационные технологии в задачах оценки и прогнозирования здоровья населения города Улан-Батор в зависимости от социальных, экологических и экономических факторов» (2013-2014 гг.). В Институте действуют соглашения о научном и образовательном сотрудничестве с Институтом математики Монгольского государственного университета, Институтом математики Академии наук Республики Чехия, Институтом математики Университета г. Севилья (Испания), Университетом г. Санныя (Италия), Институтом автоматизации Академии наук провинции Хэйлуцзян (КНР), Приштинским университетом в Косовской Митровице (Сербия), Caton Global Technology Co Ltd (Пекин, КНР), Northwestern Polytechnical University School of Marine Science and Technology – NWPU-SMST (КНР), Институтом математики Вьетнамской академии наук и технологий и Институтом математики Национального университета Монголии, Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada (CICESE, Мексика), K.N. Toosi University of Technology (Islamic Republic of Iran), University of Novi Sad Technical faculty "Mihajlo Pupin" (Zrenjanin, Serbia), Liaoning University of Petroleum and Chemical Technology (Fushun, China).

ЛИН СО РАН: Руководит Центром данных и контроля качества измерений от РФ в Международной программе EANET «Сеть станций мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии». Выполняет работы по исследованию газообразной ртути на ст. Листвянка в рамках международной программы «Глобальная система наблюдения за ртутью (Global Observation System for Mercury, GOS4M, www.gos4m.org). Участвует в Евро-азиатском эксперименте по мониторингу различных объектов окружающей среды (PAN-EURASIAN EXPERIMENT PEEX, www.atm.helsinki.fi/peex), а также в Международном европейском исследовательском проекте «Ледниковые архивы» (CNRS. DERC). Ранее выполнялись работы по международным грантам РФФИ – НЦНИЛ_а Франция 15-55-16001 «Пространственно-временные изменения химического состава снежного покрова в Восточной Антарктиде за последние 200 лет и их связь с атмосферной циркуляцией» (2015-2017гг.) и РФФИ-JSPS (Япония) «Изучение биогенных химических соединений, продуцируемых фитопланктоном озера Байкал в подледный период» (, 2018-2019 гг.).

ИВМиМГ СО РАН: В рамках договора с Евразийским национальным университетом им. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан) институтом разрабатывается система оценки и прогнозирования качества воздуха в городе Алматы. Также ИВМиМГ СО РАН участвуют в международном проекте PEEХ («Pan-Eurasian Experiment») в блоке PEEХ Modeling Platform.

СИФИБР СО РАН является участником международного научного консорциума PREREAAL «Прогнозирование активности лесных пожаров и их экологических и социо-экономических последствий в бореальной зоне посредством анализа данных различного происхождения» (проект NEFCO 2017-65 <http://www.prereal.org/Partners1.htm>). Цель проекта – создание хронологии крупных лесных пожаров в зоне тайги в последнее тысячелетие.

ИЗК СО РАН: Был активным участником и соорганизатором международных геолого-геофизических программ по линии Международного союза геодезии и геофизики: «Верхняя мантия Земли» (1965-1970 гг.) и «Геодинамический проект» (1971-1980 гг.), «Литосфера» (1981 г.). В настоящее время сотрудники ИЗК работают по международным программам: «Гидроминеральные ресурсы Монголии» (2003-2007гг.), «Изучение активных деформаций в Байкальском рифте с использованием методов сейсмо тектоники и GPS-геодезии» (с 2000г.), «Stress transfer and fault seismic potential, southern Baikal rift, Siberia» (с 2002г.), «Активные деформации и структура литосферы во внутриконтинентальных областях: комплексные исследования Монголо-Байкальской тектонической системы» (с 2003г). ИЗК СО РАН являлся базовым участником (с российской стороны) в «Совместной российско-монгольской геофизической экспедиции РАН и МАН». На базе ИЗК СО РАН и Института вулканологии и минеральных источников АНПХ КНР создан Китайско-Российский исследовательский Центр Удаляньчи–Байкал по новейшему вулканизму и окружающей среде. ИЗК СО РАН проводят совместные исследования в рамках соглашений с Институтом геофизических исследований Министерства энергетики Республики Казахстан и Институтом геологии Академии геологических наук Китая.

ИСЭМ СО РАН совместно с научными организациями Беларуси и Армении в 2020 г. завершают международный проект «Методы и технологии оценки влияния энергетики на геоэкологию региона» (грант фондов Евразийской Ассоциации поддержки научных исследований (ЕАПИ) и РФФИ). Выполняют исследования по международному проекту «Разработка научных основ формирования приоритетных направлений сотрудничества России и Монголии в энергетической сфере» (грант РФФИ и Министерства ОКНиС Монголии).

БИП СО РАН проводил исследования по международному корейско-монгольско-российскому проекту «Интегрированная модель управления водными ресурсами в бассейне реки Селенга» (2008-2010 гг.) и совместному российско-монгольско-японскому проекту «Исследование донных отложений речных дельт» (грант японского научного общества, 2013-2015гг.)

ИФМ СО РАН имеет научные контакты с Институтом Астрономии и Геофизики Монгольской академии наук. В частности, лаборатория электромагнитной диагностики ИФМ СО РАН имеет материалы по постоянному GPS позиционированию в пункте ULAB (Улан-Батор), начиная с 2005 г.

В ИОА СО РАН действует соглашение о сотрудничестве с CNRS (Франция): Лабораторией атмосферы, окружающей среды, пространственных наблюдений (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales LATMOS).

Международные конференции

ИДСТУ СО РАН ежегодно проводит International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE), Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS). В 2018 году совместно с СИФИБР СО РАН, ИГ СО РАН и ИМПБ РАН при поддержке Глобальной Информационной Системы по Биоразнообразию (GBIF) и ОНИТ РАН провели международную конференцию «Information Technologies in the Research of Biodiversity» (Информационные технологии в исследовании

биоразнообразия, Иркутск, 11-14 сентября 2018 г.).

СИФИБР СО РАН выступил организатором курса по управлению данными по биоразнообразию (Data mobilization skills: training on mobilizing biodiversity data using GBIF and BOLD tools), который проводился с 11 по 20 сентября 2018 г. Соорганизаторами курса являлись Всемирная система информации о биологическом разнообразии (Global Biodiversity Information Facility), Университет Бергена (University of Bergen, Norway), и Научная школа по биосистематике ForBio (Research School in Biosystematics – ForBio, Norway). Курс был организован в рамках Российско-норвежского научного проекта в сфере образования CPRU- 18_00248-4CPRU-201710006 «Multidisciplinary EDUcation and reSearch in mArine biology in Norway and Russia (MEDUSA)»

Проведенные международные конференции:

- 1) Международное совещание «Крупные магматические провинции Азии, мантийные плюмы и геодинамика» (20-28 августа 2011 г.);
- 2) IX Российско-Монгольская международная конференция по астрономии и геофизике (10 –13 октября 2011 г.);
- 3) IX международная школа-семинар «Физические основы прогнозирования разрушения горных пород» (2 – 6 сентября 2012 г.);
- 4) IV Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риски, прогноз, защита» (6-10 сентября 2016 г.);
- 5) XII Российско-Монгольская международная конференция по астрономии и геофизике (1-5 октября 2018 г.);
- 6) V Международная научно-практическая конференция «Селенга - река без границ», (5-6 июля 2012).
- 7) Международная научно-практическая конференция «Байкал - стратегический ресурс планеты в XXI веке (8-10 июля, 2013.
- 8) XII Международная научная конференция «Окружающая среда и устойчивое развитие Монгольского плато и сопредельных территорий» (3-4 августа 2017).
- 9) Международная научно-практическая конференции «Устойчивое развитие водных ресурсов в XXI веке: проблемы и решения» (16-20 августа 2017 г.).
- 10) XXIII Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», (2017-2019 гг).
- 11) XIII Российско-монгольская международная конференция по астрономии и геофизике «Солнечно-земные связи и геодинамика Байкальско-Монгольского региона» (15-19 июля 2019 г.)
- 12) Российско-германская конференция «Глобальные изменения климата: региональные тенденции, последствия, снижение рисков» (2 сентября 2019 г.)

Планируемые международные конференции по тематике проекта:

- 1) Международная научная конференция «Фундаментальные исследования для сохранения природы бассейна озера Байкал», 2021 г.
- 2) Международная научно-практическая конференция «Трансграничные территории Востока России: факторы, возможности и барьеры развития», 2021 г.
- 3) Международный Симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», 2021-2022 гг.
- 4) International Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS), 2020-2022 гг.

Руководитель организации-участника конкурса

(или уполномоченный представитель) _____ (И.В. Бычков)