

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Институт вычислительного моделирования СО РАН – обособленное подразделение
ФИЦ КНЦ СО РАН

УДК 004.4:004.9
№ гос. регистрации 01201356262
Инв. № 0206/2016

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

_____ Шабанов В.Ф.
_____ 2017 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
БАЗОВЫЙ ПРОЕКТ IV.38.2.2 "МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ
ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ" ПРОГРАММЫ СО РАН
IV.38.2 "НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИНФРАСТРУКТУРЫ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ «ОБЛАЧНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ
И СЕРВИСНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЙ".

№ ГОС. РЕГИСТРАЦИИ 01201356262

(заключительный)

Номер проекта в ИСГЗ ФАНО 356-2014-0206

Приоритетное направление (номер и наименование) Информационно-телекоммуникационные системы

Программа ФНИ (номер и наименование) 38. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, развитие технологий и стандартов GRID

Протокол Ученого совета _____
№ __ от «__» _____ 2017 г.

Руководитель проекта _____ Н.Я. Шапарев
д.ф.-м.н., профессор " " _____ 2017 г.

Красноярск, 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы г.н.с., д.ф.-м.н.	_____	Н.Я. Шапарев
	(подпись, дата)	
Исполнители: в.н.с., д.ф.-м.н.	_____	А.Д. Апонасенко
	(подпись, дата)	
в.н.с., д.б.н.	_____	В.В. Заворуев
	(подпись, дата)	
с.н.с., к.б.н.	_____	А.В. Андрианова
	(подпись, дата)	
с.н.с., к.ф.-м.н.	_____	П.В. Белолипецкий
	(подпись, дата)	
н.с., к.т.н.	_____	Г.П. Высоцкая
	(подпись, дата)	
с.н.с., к.б.н.	_____	Г.В. Макарская
	(подпись, дата)	
с.н.с., к.ф.-м.н.	_____	О.Э. Якубайлик
	(подпись, дата)	
н.с., к.т.н.	_____	А.А. Кадочников
	(подпись, дата)	
н.с., к.ф.-м.н.	_____	П.В. Постникова
	(подпись, дата)	
н.с., к.т.н.	_____	А.В. Токарев
	(подпись, дата)	
м.н.с.	_____	Ю.А. Пономарева
	(подпись, дата)	
Нормоконтролер	_____	А.В. Вяткин
	(подпись, дата)	

РЕФЕРАТ

Отчёт 35 с., 12 рис., 1 табл., 4 прил.

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ, ГЕОПОРТАЛ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВЕБ-ГИС, ВЕБ-КАРТОГРАФИЯ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МЕТАДАННЫЕ, АРХИВ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ, ЗООБЕНТОС, ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, АМФИПОДЫ, ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ТЕМПЕРАТУРА МИРОВОГО ОКЕАНА.

Основные результаты по проекту связаны с математическим и программным, информационно-аналитическим обеспечением. На основе технологий геоинформационные веб-системы разработаны комплекс программно-технологических компонент для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды, функционирующий в распределенной вычислительной архитектуре. Разработаны сервисы интерактивной веб-визуализации картографических данных на основе шаблонов, созданы новые сервисы для ДДЗ и растровых данных, расширены возможности программных средств для создания тематических карт, информационных запросов, построения легенды на основе палитры. Реализована поддержка встраиваемых ресурсов в векторном формате, обеспечена обработка ответов веб-ГИС на запросы в формате сервисов WFS и WMS, поддержка запросов в POST формате, создан единый URL для доступа к картографическим сервисам. В системе каталогизации геопространственных ресурсов реализована поддержка протокола CSW, обеспечена поддержка распределенного режима работы.

Создана подсистема формирования архива спутниковых данных космического аппарата МЕТЕОР-М2, поступающих из регионального центра ДДЗ Роскосмоса. Реализованы программные средства оперативной предварительной обработки спутниковых данных. Изучены закономерности видового и возрастного изменения адаптационного потенциала гидробионтов для ряда малых рек и озер Красноярского края и Хакасии. Проанализирована кинетика образования свободных радикалов у различных представителей зообентоса из р. Енисей и амфипод из р. Ус (приток Енисея). Продолжены исследования скачкообразных изменений глобального климата. Обнаружены скачкообразные изменения, выражающиеся в синхронном возникновении положительных аномалий температуры. Результаты исследований опубликованы в рецензируемых отечественных и зарубежных научных изданиях, разработанное программное обеспечение стало технологической основой для ряда региональных информационных систем.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Разработка информационных и геоинформационных моделей для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды, с учетом анализа требований типовых моделей наблюдений и потоков данных. Создание программно-технологического обеспечения системы сервисов доступа к данным в распределенной вычислительной среде	6
2. Исследования методов и технологий интеграции разнородных распределенных информационных систем для поддержки научных исследований	11
3. Систематические исследования количественных характеристик трофических звеньев экосистем малых рек на примере отдельных территорий на юге Красноярского края. Анализ взаимосвязей между компонентами водной среды и определение экологического статуса озер с различной степенью солености, расположенных в Хакасии	16
4. Анализ результатов исследования скачкообразных изменений климата и проявлений аномальной динамики температуры поверхностного слоя Мирового океана	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ А	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	33
ПРИЛОЖЕНИЕ В	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	35

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с планом работ на 2016 г., исследования проводились по следующим темам:

1. Разработка информационных и геоинформационных моделей для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды, с учетом анализа требований типовых моделей наблюдений и потоков данных. Создание программно-технологического обеспечения системы сервисов доступа к данным в распределенной вычислительной среде.
2. Исследования методов и технологий интеграции разнородных распределенных информационных систем для поддержки научных исследований.
3. Систематические исследования количественных характеристик трофических звеньев экосистем малых рек на примере отдельных территорий на юге Красноярского края. Анализ взаимосвязей между компонентами водной среды и определение экологического статуса озер с различной степенью солености, расположенных в Хакасии.
4. Анализ результатов исследования скачкообразных изменений климата и проявлений аномальной динамики температуры поверхностного слоя Мирового океана.

За отчетный период получены следующие результаты, изложенные в соответствующих разделах.

Настоящий отчет является заключительным по теме: БАЗОВЫЙ ПРОЕКТ IV.38.2.2 "МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ" ПРОГРАММЫ СО РАН IV.38.2 "НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ «ОБЛАЧНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ И СЕРВИСНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЙ", по которой были представлены отчеты по этапам 2013, 2014, 2015 годов.

1 Разработка информационных и геоинформационных моделей для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды, с учетом анализа требований типовых моделей наблюдений и потоков данных. Создание программно-технологического обеспечения системы сервисов доступа к данным в распределенной вычислительной среде

Исследования отчетного периода были связаны с проектированием и разработкой программно-технологического обеспечения для геоинформационных веб-приложений. В частности, был модернизирован ряд ранее созданных программных блоков и библиотек, расширены инструментальные возможности геопортала ИВМ СО РАН. В результате выполнения работ сформированы новые прикладные программные сервисы, которые используются рядом приложений природно-ресурсной тематики.

Формируемая карта геоинформационной веб-системы мониторинга может содержать набор растровых и векторных тематических слоев геоданных, дополнительные информационно-справочные слои изображений снизу (подложка) и сверху (поверх) тематических данных пользователя, такие как собственные картографические подложки, карты-схемы сторонних сервисов, надписи наименований географических объектов. Клиентское программное обеспечение обеспечивает интерактивность создаваемых карт в стандартном веб-браузере. Настройка параметров представления данных предусматривает возможность выбора формата геоданных на клиенте (векторный или растровый), управления различными параметрами отображения (интерактивная легенда, перечень полей, отображаемых в таблицах атрибутики), использования настраиваемых шаблонов для отображения табличной информации по объектам слоя, управления правами доступа к данным – от возможностей визуализации слоя или карты через веб-браузер до предоставления доступа через картографические веб-сервисы WMS/WFS, редактирования через веб-интерфейс или загрузки в виде shape-файлов. Неотъемлемой частью тематических веб-карт на основе геопортала является настраиваемый сервис растеризации и кэширования данных, обеспечивающий заметный прирост производительности для «тяжелых» многослойных карт. Хорошим дополнением для карт на геопортале служат набор картографических подложек – карты-схемы, мозаики спутниковых снимков, цифровые модели рельефа, геоданные сторонних веб-сервисов.

Первый блок разработанного за отчетный период модернизированного программного обеспечения связан с визуализацией данных по объектам интерактивной

веб-карты. Инструменты геопортала позволяют просматривать информацию во всплывающем окне в HTML формате при запросе на веб-карте с помощью щелчка мыши. Информацию можно получить:

- по объектам отдельного слоя геопортала;
- по объектам некоторых или всех слоев карты геопортала;
- по координате с помощью информационного сервиса геопортала «адресный поиск».

В ранних версиях геопортала визуализацией данных по объектам при запросе пользователя управлял разработчик картографического веб-приложения. Создавалась универсальная форма информационного всплывающего окна, которая позволяла отображать атрибутивную информацию объектов в доступном виде вне зависимости от ее содержания. В текущей версии геопортала был добавлен механизм визуализации данных по объектам интерактивной веб-карты на основе системы шаблонов и внешних сервисов. Новые возможности системы позволяют оператору, создающему карты и слои геопортала, самому формировать вид результата информации по объектам слоев конечному пользователю. Первый способ позволяет управлять выводом информации об объектах с помощью TWIG-шаблонов (<http://twig.sensiolabs.org/>). TWIG – компилирующий обработчик шаблонов с открытым исходным кодом, написанный на языке программирования PHP. Шаблоны позволяют изменять порядок и форму вывода атрибутивных данных по объектам в слоях карты, включая различное стилевое оформление (цвета, параметры шрифтов и т.д.). Второй способ позволяет при выводе информации использовать внешний сервис по указанной ссылке, в который передается набор атрибутивных данных. Такие сервисы помогут создавать более сложные варианты ответа с применением других сторонних сервисов и баз данных.

Механизм работы программного блока для визуализации данных по объектам выглядит следующим образом. При выполнении информационного запроса по векторным объектам на веб-карте формируется массив атрибутивных данных по всем слоям карты (для которых существует такая возможность, определенная оператором системы) в виде индексированного или ассоциативного массива. Затем, в зависимости от настроек картографического веб-приложения, возможны два варианта –

- атрибутивная информация передается в виде массива в веб-приложение, где формируется HTML-код результата запроса;
- на основе массива атрибутивных данных формируется результат в HTML формате и передается в веб-приложение.

В результате информация отображается в окне браузера пользователя в месте, определенном разработчиком (Рисунок 1). При отображении результата запроса во

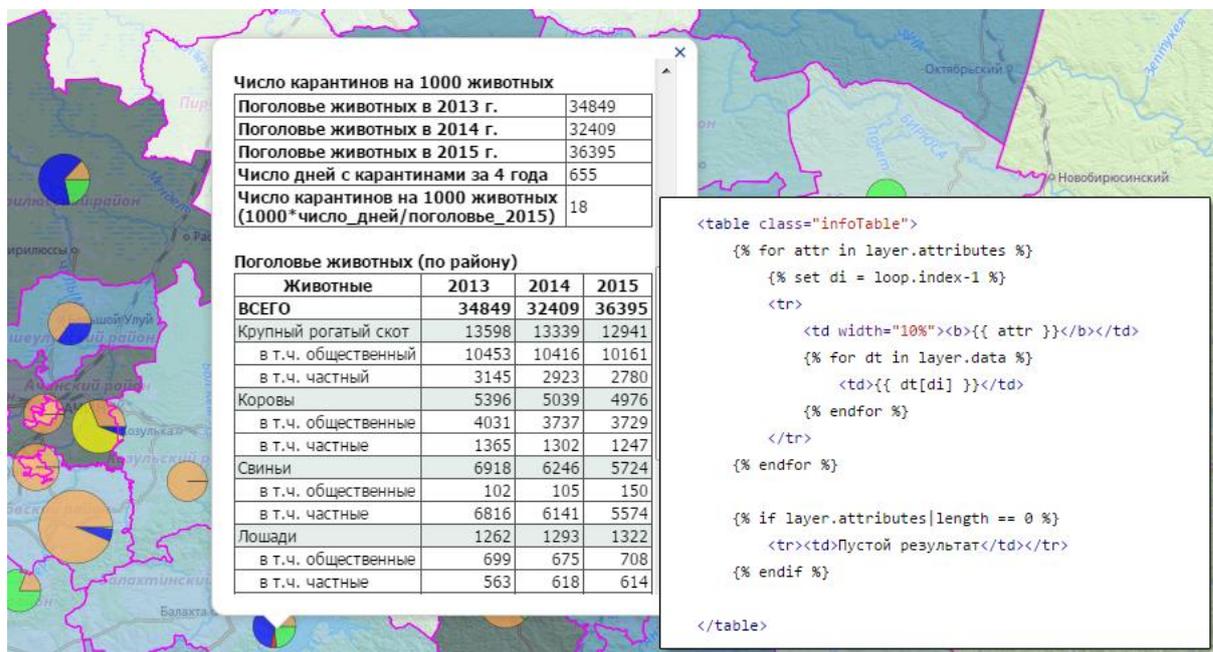


Рисунок 1 – Пример всплывающего окна с атрибутивными данными по объектам

всплывающем окне у оператора существует дополнительная возможность, позволяющая управлять размером информационного окна, что бывает необходимо для некоторых атрибутивных данных. Раньше размеры вычислялись автоматически с учетом предельных размеров окна. Для всплывающих окон определены минимальные и максимальные допустимые размеры ширины или высоты.

Визуализация веб-карты на стороне пользователя возможна в двух режимах: в виде растрового изображения или набора векторных объектов, с помощью протокола Web Feature Service (WFS). Текущий механизм визуализации данных с помощью шаблонов и внешних сервисов пока работает только в режиме растрового изображения. При отображении в векторном формате информация по объектам визуализируется с помощью универсальной формы в виде всплывающих подсказок.

Усовершенствованию подверглись запросы на веб-карте к растровым слоям пространственных данных. Ранее пользователь геопортала не мог получать информацию по растровым слоям. Сегодня реализованы новые инструменты вывода такой информации. При запросе по растровому слою пользователь может увидеть не только цвет пикселя, но и тематическое описание объектов, заданное оператором при классификации изображения,

попавших в область запроса на веб-карте. Такой инструмент расширяет возможности при отображении карт температур, почв, растительности и других тематических карт на основе данных дистанционного зондирования (Рисунок 2).

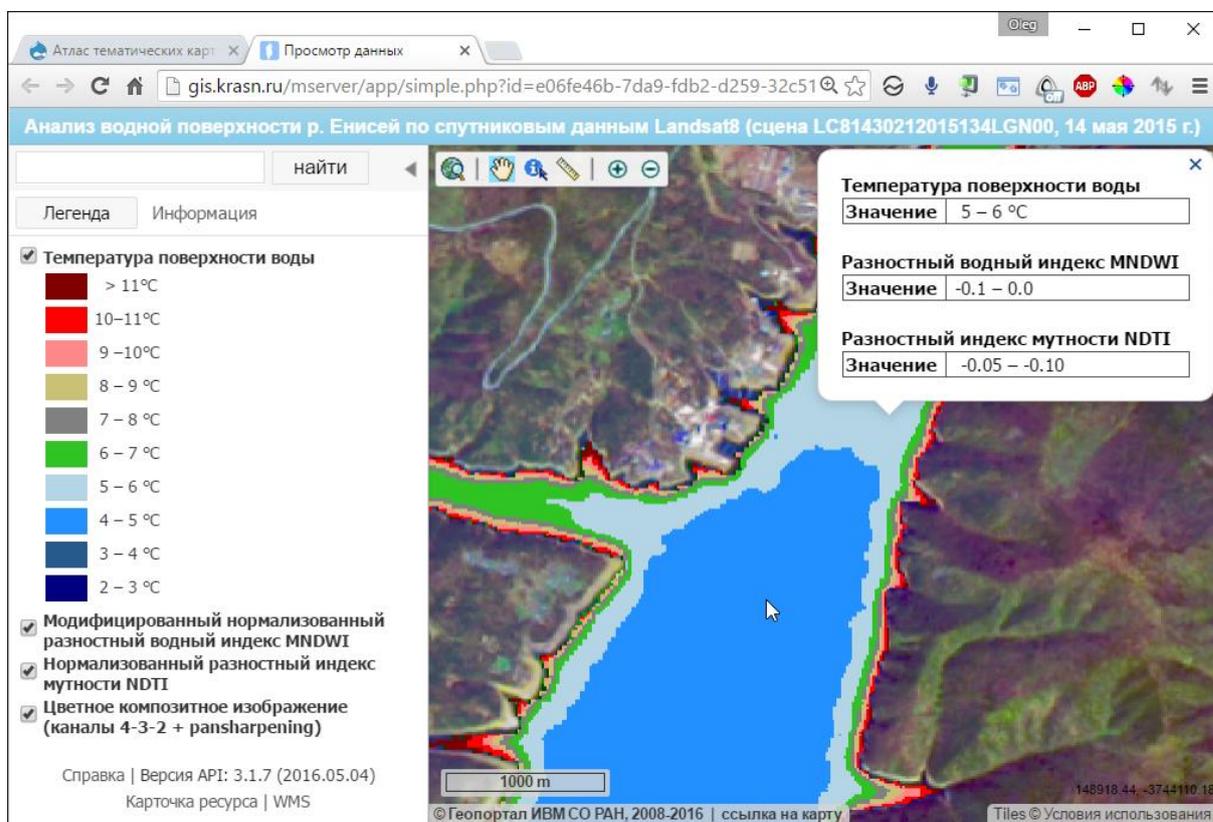


Рисунок 2 – Результаты обработки спутниковых данных Landsat 8 в форме индексированных растров на геопортале ИВМ СО РАН

Для программы редактирования тематического стиливого оформления отдельных слоев и карт «ГеоЭкспресс» улучшены возможности инструментов для настройки рабочей области карты и начального вида во встроенном картографическом веб-клиенте.

Расширены возможности геопортала ИВМ СО РАН при работе с сервисами Open Geospatial Consortium (OGC). Полностью переработана часть ядра портала для более гибкой работы с этими сервисами, что позволило использовать все существующие на сегодняшний день версии сервисов OGC Web Feature Service (WFS, 1.0.0, 1.1.0, 1.1.3, 2.0.0), Web Map Service (WMS, 1.0.0, 1.1.0, 1.1.1, 1.3.0), Web Map Tile Service (WMTS, 1.0.0, 1.0.1). Для поддержки разных версий сервисов создана библиотека для обработки данных описанных в стандарте OGC Web Services Context Document (OWS Context) для версий 1.0.0, 1.1.0. OWS Context был создан как один универсальный интерфейс ко всем

форматам и методам доступа и позволяет набору настроенных информационных ресурсов (WFS, WMS, WMTS и др.) взаимодействовать посредством распределения результатов поиска и обмена данными между ними.

Реализована поддержка встраиваемых ресурсов в формате данных сервиса WFS. На основе данных с таких сервисов могут быть созданы слои и карты с тематическим оформлением средствами геопортала. Улучшена обработка ответов геопортала на запросы в формате сервисов WFS и WMS, добавлена поддержка запросов в POST формате, создан единый URL для доступа к сервисам.

На основе разработанных технологий реализован интерфейс для ряда прикладных задач природно-ресурсной тематики, в частности, для обработки и представления радиометрических спутниковых данных SMOS, GCOM-W1, MODIS, используемых в исследованиях различных характеристик почвы (влажность, температура). Исходные данные упомянутых спутниковых систем проходят предварительную обработку, после которой могут быть представлены на геопортале. Отличительной особенностью предложенного подхода является очень простой и доступный интерфейс пользователя (Рисунок 3).

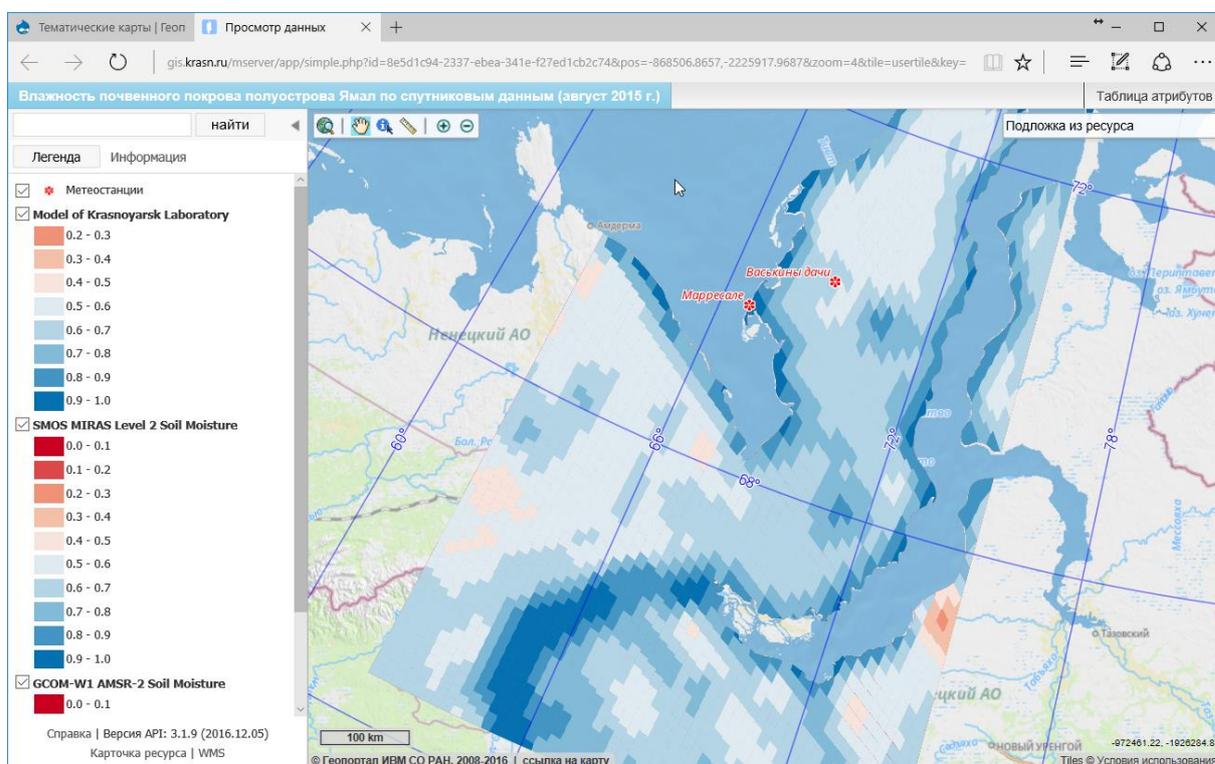


Рисунок 3 – Интерфейс информационной системы по влажности почвенного покрова арктических территорий по данным дистанционного зондирования

2 Исследования методов и технологий интеграции разнородных распределенных информационных систем для поддержки научных исследований

В течение отчетного периода были проведены исследования, направленные на создание современной информационно-вычислительной инфраструктуры, обеспечивающей средства хранения, обработки и анализа геопространственных данных. Основное внимание было сосредоточено на задачах обеспечения доступа к удаленным ресурсам, распределенной обработки геопространственных данных.

Была выполнена работа по расширению функциональных возможностей геопортала ИВМ СО РАН по следующим направлениям:

- организация доступа к каталогу метаданных по стандартному протоколу OGC CSW;
- реализация механизма полуавтоматического импорта метаданных со сторонних каталогов и сервисов.

Использование протокола CSW (Catalog Service for the Web) Консорциума OGC (Open Geospatial) поможет значительно расширить применение геопортала ИВМ СО РАН, который уже содержит средства и сервисы для хранения, каталогизации, публикации и загрузки пространственных данных, поиска и фильтрации по метаданным, интерактивной веб-визуализации.

Стандарт CSW определяет механизм поиска и публикации метаинформации о пространственных данных, сервисов и информационно связанных с ними объектов. Служба обеспечивает информационный обмен в распределенных системах, повышает эффективность поиска геопространственных данных клиентскими приложениями. Каталог содержит записи, которые кодируются в XML формате в соответствие с одним из стандартов хранения метаданных – ISO 19139, Dublin Core, DIF, FGDC и Atom. Пример отдельных элементов метаданных – заголовок, формат, тип (данные, набор данных, сервис), ограничивающая область на карте, проекция, и др. Запросы каталогу могут отправляться несколькими способами по протоколу HTTP: GET с параметрами (KVP), POST с form параметрами (KVP), POST с документом XML. Спецификация CSW 2.0.2 определяет следующие операции для каталога:

- *GetCapabilities* – получить метаинформацию о самом сервисе.
- *DescribeRecord* – получить описание элементов информационной модели ресурсов.
- *GetRecords* – выполнить поиск записей в каталоге с использованием фильтров.
- *GetRecordById* – получить запись каталога по ее уникальному идентификатору.

- *GetDomain* – получить набор допустимых значений для отдельных полей метаданных.
- *Harvest* – выполнить загрузку метаданных с другого источника (сервера).
- *Transaction* – создать/изменить/удалить записи каталога.

Были проанализированы существующие библиотеки и отдельные приложения для организации CSW доступа к каталогу. Предъявлялись следующие требования к реализации: отсутствие ограничений на распространение приложения, кроссплатформенность, простота установки и поддержки, расширяемость.

В результате за основу было взято решение *руссв* – полноценная реализация сервера OGC CSW на языке Python. Приложение имеет открытый код, распространяется под лицензией MIT и работает на всех основных платформах (Windows, Linux, Mac OS X). *Руссв* позволяет публиковать и выполнять сбор метаданных через несколько вариантов API (CSW, OpenSearch, OAI-PMH, SRU), обеспечивая основанную на стандартах реализацию службы каталогов. Поддерживается несколько форматов метаданных с прозрачной конвертацией – ISO, Dublin Core, DIF, FGDC и Atom.

Для сбора метаданных с внешних серверов была доработана информационная модель каталога геопортала. Добавлен новый элемент – «Каталог», в котором задается адрес источника (URL), периодичность его опроса и другие настройки. После выполнения импорта, у элемента создаются информационные ресурсы в виде дочерних узлов.

Основные элементы схемы расширения геопортала ИВМ СО РАН (Рисунок 4):

- *Каталог ресурсов* – внутренний каталог ресурсов геопортала со своим программным интерфейсом по протоколу SOAP – CatalogAPI.
- *Руссв* – развернутое приложение *руссв* с базой данных на PostgreSQL и 2 экземплярами каталогов – публичным и служебным. Публичный каталог доступен извне по протоколу CSW и содержит метаописания ресурсов геопортала.
- *Сервис синхронизации* – служебный сервис, обеспечивающий наполнение публичного каталога *руссв*, запуск задач сбора данных через служебный каталог *руссв*.
- *Внешние сервера* – различные источники пространственных данных и метаданных, с доступом по протоколам WMS, WFS, WMTS, CSW.

Поскольку *руссв* является отдельным приложением, а не программной библиотекой, был разработан отдельный служебный сервис синхронизации данных. Сервис запускается по расписанию и выполняет 2 основные задачи:

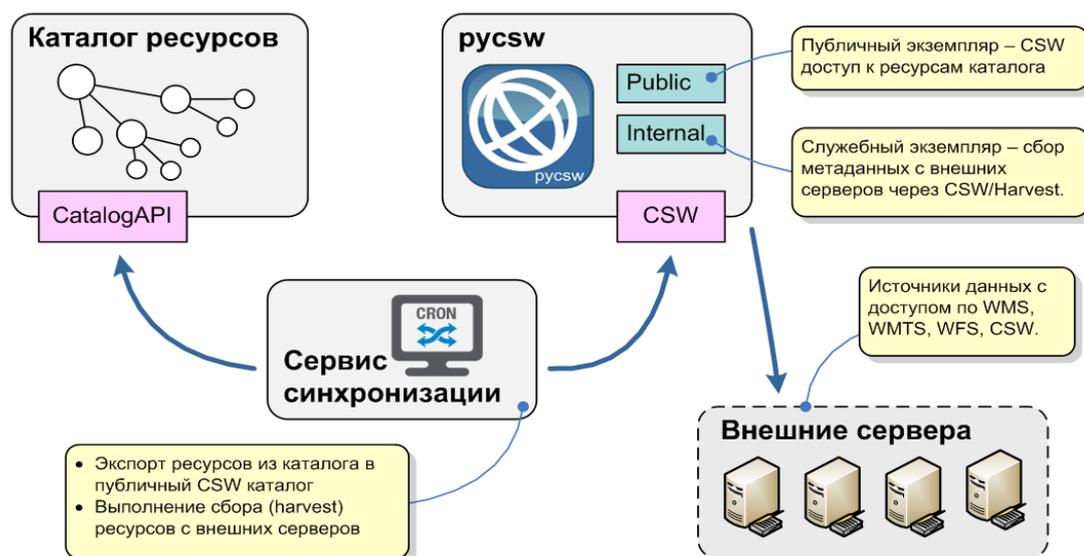


Рисунок 4 – Сервисы OGC CSW для геоportала ИВМ СО РАН

1. *Наполнение базы данных русsw.* Сервис подключается к каталогу геоportала по SOAP протоколу и выполняет обход всех публичных ресурсов. Если некоторые ресурсы были добавлены/изменены/удалены – выполняется соответствующая операция на публичном экземпляре каталога русsw. Процесс выполняется инкрементально, модифицируются только те ресурсы, которые были обновлены. Метаданные передаются в XML формате, регламентированном стандартом ISO 19115:2003/19139:2007. Если на геоportале метаданные были заданы только в упрощенной форме – выполняется автоматическая конвертация.
2. *Организация сбора (harvest) данных.* Для выполнения этой задачи используется возможности русsw в части импорта данных с внешних источников. Используется отдельный, служебный экземпляр каталога русsw, который недоступен извне геоportала. При очередной итерации сервис синхронизации опрашивает все созданные элементы типа «Каталог» на геоportале через CatalogApi. Для новых объектов, либо для тех, у которых подошло время очередной синхронизации, выполняется асинхронный запрос Harvest к русsw. В результате его выполнения служебный экземпляр каталога русsw заполняется метаданными ресурсов с внешнего источника. Далее сервис синхронизации создает соответствующие информационные ресурсы в каталоге геоportала.

Предложенное решение успешно апробировано и работает в тестовом режиме на геоportале ИВМ СО РАН; используется в ряде веб-приложений.

В отчетном периоде выполнены работы по созданию архива спутниковых данных с иностранных космических аппаратов TERRA, AQUA, Suomi NPP и отечественных аппаратов Ресурс-П и Метеор-М2. Данные загружаются по выделенному каналу с сервера Сибирского регионального центра дистанционного зондирования Земли (СРЦ ДЗЗ) в структуре Роскосмоса, открытого в сентябре 2015 года на базе АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева.

Для обеспечения дальнейших научных исследований организована периодическая загрузка данных КА Метеор-М2 с комплекса многозональной спутниковой съемки (КМСС). Данные аппаратуры КМСС представлены в виде трех спектральных каналов: зеленый МСУ-50 (0,37-0,45 мкм), МСУ-100 (0,535-0,575 мкм); красный МСУ-50 (0,45-0,51 мкм), МСУ-100 (0,63-0,68 мкм); ближний инфракрасный МСУ-50 (0,58-0,69 мкм), МСУ-100 (0,76-0,9 мкм). Полоса захвата прибора при двух одновременно работающих камерах – 900 км и разрешение – 60-120 м. Загружаются и архивируются данные с прибора МСУ-МР (многоканальное сканирующее устройство малого разрешения) в виде спектральных диапазонов съемки: красный (0,5-0,7 мкм); ближний инфракрасный (0,7-1,1 мкм); средний инфракрасный (1,6-1,8 мкм); средний инфракрасный (3,5-4,1 мкм); дальний инфракрасный (10,5-11,1 мкм); дальний инфракрасный (11,5-12,5 мкм). Полоса захвата (при съемке с орбиты 835) – 2800 км и пространственное разрешение < 1,0 км.

Полученные данные с регионального центра каталогизируются и архивируются. Дополнительной обработке подвергаются данные КА Метеор-М2, формируется синий канал на основе данных других трех каналов прибора КМСС для создания цветного изображения. Формируются продукты в виде растрового многоканального изображения в формате GeoTIFF с индексами NDVI (нормализованный относительный индекс биомассы, Normalized Difference Vegetation Index) и NDWI (нормализованный разностный водный индекс, Normalized Difference Water Index). Индекс NDVI предназначен для обнаружения и оценки интенсивности вегетации растений. Для расчета индекса используются значения спектральной яркости в красном и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. Индекс NDWI показывает содержание влаги в почве и листьях растений. Для расчета индекса используются значения спектральной яркости в зеленом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра.

Разработан в тестовой версии веб-интерфейс каталога спутниковых данных для просмотра архива. Пример веб-интерфейса представлен на Рисунке 5.

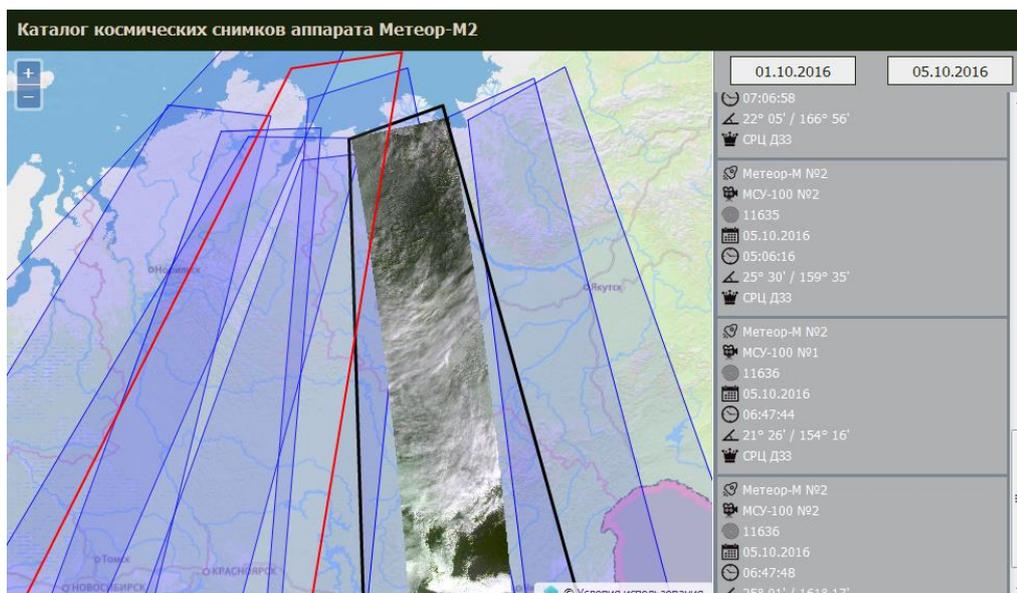


Рисунок 5 – Веб-интерфейс каталога спутниковых снимков

Подготовлен набор серверных приложений на языке программирования Python с использованием библиотеки GDAL (Open Source библиотека для чтения и записи растровых и векторных геопространственных форматов данных) и серверных скриптов для командного процессора bash для загрузки и каталогизации данных с внешнего сервера:

- Вывод информации о снимке (формат данных, проекция, размер, кол-во каналов и их размерность (кол-во бит данных на один пиксель), наличие цветовой палитры, статистика по каналам в виде гистограммы частоты значений пикселей и среднее значение по каналу), используемой для дальнейшей обработки растровых изображений.
- Создание тематических продуктов на основе исходных снимков. В данный момент реализован расчет нормализованного относительного индекса биомассы NDVI и нормализованный разностный водный индекс NDWI.
- Создание трех растровых изображений с красным, зеленым и синим каналом по отдельности. Синий канал рассчитывается по двум другим каналам и ближнему инфракрасному каналу прибора КМСС.
- Склейка каналов в один растр из трех каналов с преобразованием к 8-битному формату и повышение контрастности изображений с помощью алгоритма, основанного на эквализации гистограммы, для дальнейшего отображения данных в интерфейсе веб-каталога.

- Формирование изображений для разных масштабов отображения и в нескольких проекциях для отображения их в интерфейсе веб-каталога с целью ускорения работы приложения и уменьшения нагрузки на сервер.

Проведена работа по настройке серверного оборудования для доступа к ресурсам Сибирского регионального центра ДЗЗ Госкорпорации «Роскосмос» на базе АО «Информационные спутниковые системы» и их архивации на серверах ИВМ СО РАН. Сформировано хранилище для спутниковых данных и результатов их обработки.

3 Систематические исследования количественных характеристик трофических звеньев экосистем малых рек на примере отдельных территорий на юге Красноярского края. Анализ взаимосвязей между компонентами водной среды и определение экологического статуса озер с различной степенью солености, расположенных в Хакасии

В ходе ранее проведенных экспедиционных исследований на малой горной реке Ус и ее притоках (юг Красноярского края, национальный природный парк “Ергаки”) был собран материал, позволяющий выявить особенности антиоксидантной активности тканей у представителей реофильного зообентоса, в частности у амфипод.

Известно, что адаптации живых организмов к условиям окружающей среды формируются и проявляются на самых различных уровнях – от молекулярного до биоценотического. В настоящее время метаболическая антиоксидантная система (АОС) считается ключевым звеном адаптационных процессов, а ее активация рассматривается как универсальный отклик биоты на негативное воздействие окружающей среды. Использование компонентов АОС в качестве биомаркеров стрессовых воздействий на гидробионтов активно внедряется и имеет большие перспективы в системе мониторинга водных экосистем.

В ходе натурных и экспериментальных исследований проанализирована кинетика образования свободных радикалов у различных представителей зообентоса из р. Енисей (амфиподы, олигохеты, пиявки, хирономиды) и амфипод из р. Ус (малая горная река, приток Енисея). Параметры кинетики радикалообразования регистрировали методом люминолзависимой хемилюминесценции при иницировании оксидативного стресса перекисью водорода *in vitro* в гомогенатах тканей гидробионтов. Выявлено, что у амфипод, в отличие от других беспозвоночных, процесс антиоксидантной активности

характеризуется двумя вспышками хемилюминесценции (Рисунок 6). По величине общего

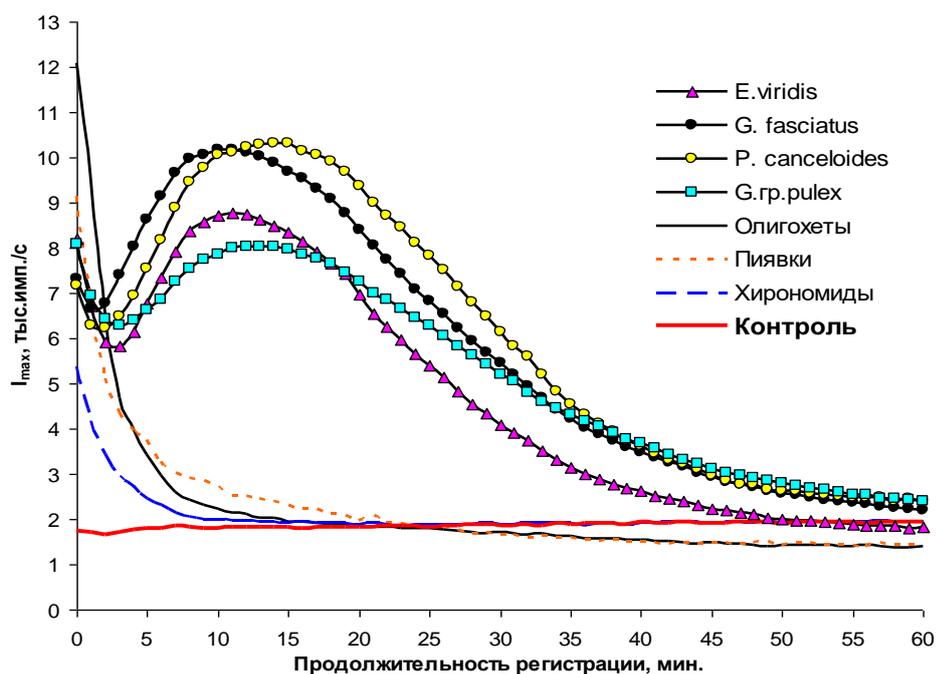


Рисунок 6 – Хемилюминесцентная кинетика радикалообразования в тканях представителей зообентоса при инициации оксидативного стресса

объема генерированных свободных радикалов, определяемого площадью под хемилюминесцентной кривой, амфиподы достоверно превосходили олигохет, пиявок и хирономид. Выявленные отличия, вероятно, связаны с особенностями липидно-белкового, ферментативного состава гомогенатов тканей гидробионтов. В гомогенатах тканей амфипод присутствуют в значимом количестве липиды и цитохромы, активно участвующие как в элиминации, так и в образовании свободных радикалов, в результате развивается цепная реакция, приводящая к появлению 2-й вспышки хемилюминесценции.

Кроме того, у амфипод наблюдались межвидовые и возрастные отличия по параметрам кинетики генерации свободных радикалов. У *Gmelinoides fasciatus* Stebb. пик интенсивности генерации свободных радикалов и общее их количество за 60-минутный период регистрации достоверно превосходили данные показатели для *Gammarus sp.* и *Eulimnogammarus viridis* Dybowski. С возрастом наблюдалось увеличение объема продукции свободных радикалов у *E. viridis* и *Gammarus sp.* и снижение у *G. fasciatus*. Отмечено достоверно более высокое значение объема генерации свободных радикалов у *G. fasciatus* и *E. viridis*, обитающих в Енисее в зоне с повышенной антропогенной нагрузкой, т.е. ниже г. Красноярска (Рисунок 7).

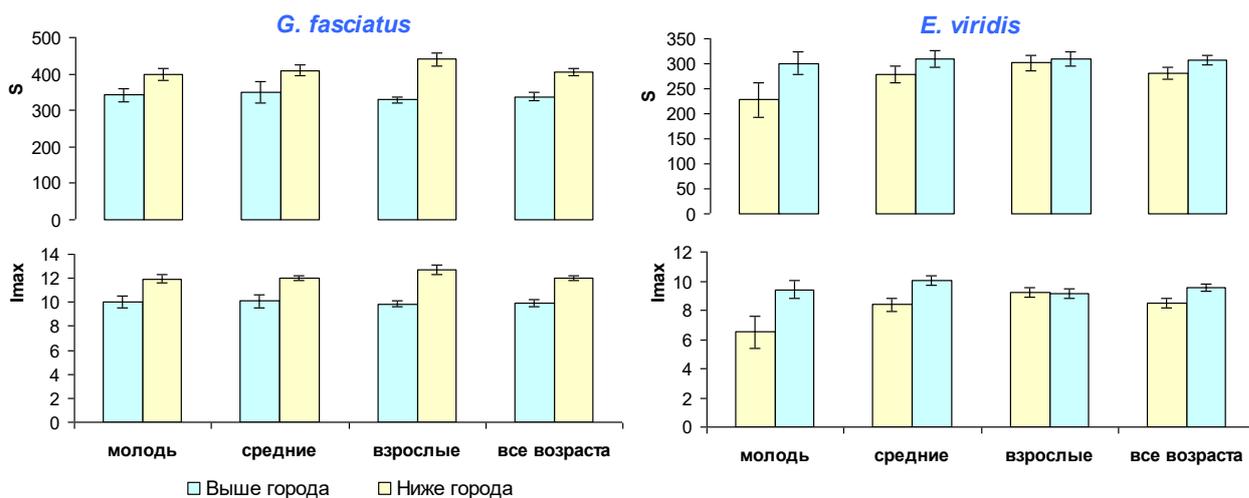


Рисунок 7 – Величина общего объема за весь период регистрации в 1 час (S) и максимальной интенсивности (I_{\max}) генерации свободных радикалов у разновозрастных особей амфипод из р. Енисей выше и ниже г. Красноярска

В ходе двухгодичного мониторинга были исследованы озера (Иткуль, Матарак, Шунет, Власьево, Белё) с разной степенью солености (от пресных до слабосоленых), расположенные в степной зоне Республики Хакасия. Наличие соленых озер – явление закономерное для районов с аридным климатом. Степная зона Республики Хакасия, в частности Ширинский район, является одной из уникальных территорий, где расположено около 167 озер с разной степенью минерализации, которые пользуются широкой известностью у туристов и имеют рыбохозяйственное значение, и кроме того, обладают бальнеологическим потенциалом и содержат большое количество лечебных грязей. Однако степень изученности гидробиологических характеристик и экологического состояния этих озер крайне недостаточна.

На данном этапе собран материал по бактерио-, фитопланктону и литоральному зообентосу; в воде измеряли температуру, pH, БПК₅, содержание кислорода, взвешенного минерального (M) и растворенного органического вещества (POB), концентрацию хлорофилла «а» (C_{хл}). Отбор и обработку проб проводили по стандартным методикам.

Исследованные озера по степени солености относятся к трем категориям: пресное (Иткуль), солоноватые (Матарак, Власьево), соленые (Шунет, Белё). Несмотря на принадлежность к единым географическим и климатическим условиям, экосистемы озер различались по гидрологическим и гидрохимическим показателям (Табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические характеристики озер Хакасии.

Показатели	Иткуль	Матарак	Власьево	Шунет	Белё
Площадь, км ²	23.3	0.79	1.84	0.47	78
Средняя глубина, м	10.4	3	5	3	23
T, °C воды	18.5	20.1	18.5	21.1	21.8
pH	8.50	8.00	9.30	8.60	9.60
O ₂ , мг/л	8.60	10.6	8.92	7.17	8.97
Общая минерализация, г/л	0.67	1.45	3.80	11.9	12.5
	пресное	слабосоленое	умеренносолоноватое	слабосоленое	слабосоленое
M, мг/л	21.4	24.0	73.2	40.5	8.14
POB, мг/л	2.33	8.42	3.58	26.9	0.57
БПК ₅ , мгО ₂ /л	3.78	6.08	2.84	2.60	1.89
C _{хл} , мкг/л	3.74	5.96	7.58	6.49	1.41

Озеро Белё характеризовалось наименьшими значениями M, POB, БПК₅ и высоким pH. В оз. Власьево зафиксированы максимальные концентрации взвешенных веществ, а в Шунете – растворенной органики. Оз. Матарак отличалось высокими значениями растворенного кислорода и БПК₅. В период исследования содержание O₂ в воде озер не опускалось ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов (6 мг/л). С ростом минерализации наблюдалось обеднение видового состава зообентоса, увеличение доли синезеленых водорослей в альгоценозах и амфипод в бентоценозах озер (Рис. 8).

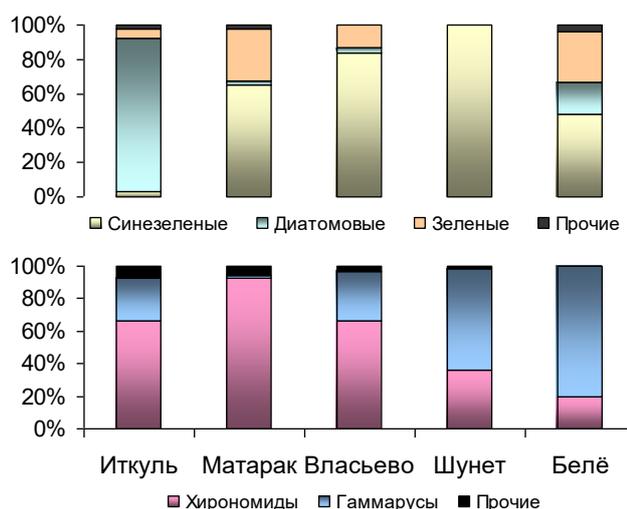


Рисунок 8 – Структурообразующие комплексы зообентоса и фитопланктона (% от общей численности) в озерах Хакасии

Минимальные значения численности и биомассы фитопланктона зафиксированы в оз. Белё, которое при этом отличалось богатством альгофлоры; максимальные - напротив, отмечены в оз. Шунет с бедным видовым составом (Рисунке 9). Причиной слабого

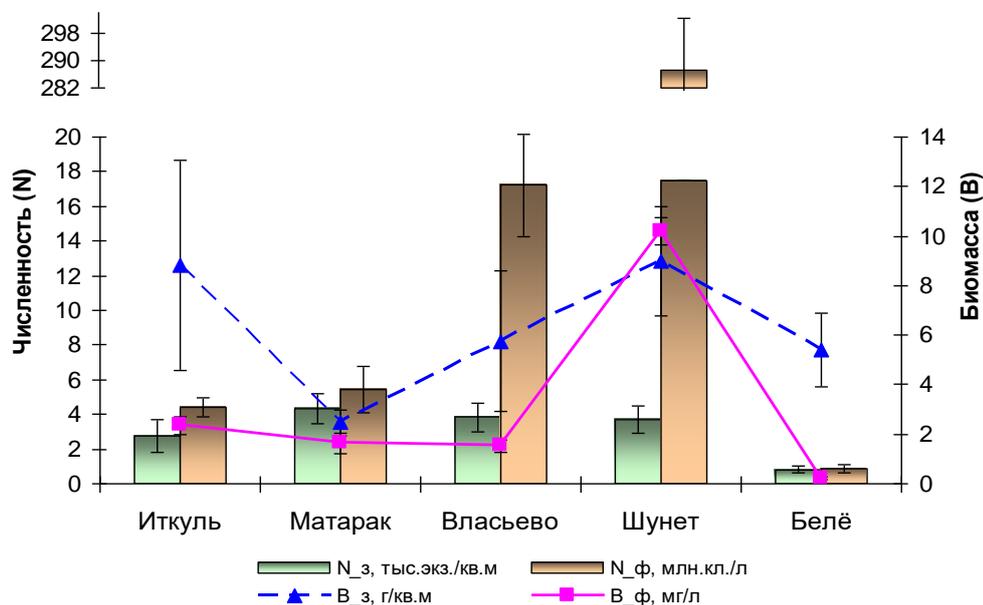


Рисунок 9 – Численность (N) и биомасса (B) фитопланктона (ф) и зообентоса (з) в озерах Хакасии

количественного развития фитопланктона в оз. Белё является его недостаточная обеспеченность биогенными элементами, значительно ниже их оптимальных концентраций. Кроме того, здесь отмечены наименьшие концентрации РОВ и М.

Общая численность зообентоса во всех исследованных озерах оказалась примерно на одном уровне – 3-4 тыс. экз./м², за исключением оз. Белё – менее 1 тыс. экз./м² (Рис. 9). Наблюдается тенденция роста биомассы с увеличением минерализации выше 1.45 г/л (оз. Матарак), при этом биомасса зообентоса в оз. Матарак достоверно ниже, чем в оз. Шунет (при $P < 0.05$). Выявленная нами тенденция подтверждается и литературными данными, которые свидетельствуют об увеличении средних показателей численности и биомассы макрозообентоса при повышении солёности воды от 1.5 г/л. Исключением является оз. Белё, где аналогично фитопланктону, выявлены наименьшие количественные показатели донной фауны. Ограниченность качественного и количественного развития зообентоса в оз. Белё связана, наряду с повышенной солёностью, с почти полным отсутствием органических илов на всех участках дна, что сдерживает развитие детритофагов.

Для оценки санитарно-экологического состояния озер Хакасии использовался интегральный подход, при этом учитывались следующие показатели: М, БПК₅, численность бактерио- и биомасса фитопланктона, индексы сапробности фитопланктона и зообентоса. В целом, качество вод во всех озерах соответствовало 3 классу “Удовлетворительной чистоты” разряда “Слабо загрязненная”. Исследованные озера разнообразны по своему трофическому статусу, который оценивали по концентрации хлорофилла «а», биомассе фитопланктона и зообентоса. Оз. Белё следует признать олиготрофным, остальные относятся к мезотрофному классу с переходом к евтрофному.

4 Анализ результатов исследования скачкообразных изменений климата и проявлений аномальной динамики температуры поверхностного слоя Мирового океана

Предметом исследований в отчетном периоде стали свойства скачкообразных изменений глобального климата. На предыдущем этапе выполнения работ было получено, что при очистке от краткосрочных климатических вариаций наблюдаемое с середины 20 века потепление имеет вид ступенчатой функции. В ходе выполнения этого этапа были проанализированы результаты исследования проявления скачкообразных изменений климата в динамике температуры поверхностного слоя (ТПС) Мирового океана. Вначале была исследована пространственно-временная динамика ТПС с помощью метода главных компонент. Идея подхода заключается в разложении пространственно-временных данных о поверхностной температуре океана в виде суммы произведений пространственных эмпирических ортогональных функций EOF_i(широта, долгота) и временных зависимостей так называемых главных компонент PC_i(t):

$$\begin{aligned} \text{ТПС (широта, долгота, время)} = & \text{EOF}_1(\text{широта, долгота}) * \text{PC}_1(\text{время}) + \\ & \text{EOF}_2(\text{широта, долгота}) * \text{PC}_2(\text{время}) + \dots + \\ & \text{EOF}_n(\text{широта, долгота}) * \text{PC}_n(\text{время}) + \text{Остаток(широта, долгота, время)} \end{aligned}$$

Разложение, минимизирующее остаточный член, можно осуществить с помощью инструментария, предоставляемого Climate Explorer (расположен на сайте climexp.knmi.nl).

Перед анализом данные наблюдений трансформировались в среднемесячные аномалии посредством вычитания многолетних средних значений для соответствующего месяца каждой географической ячейки 2 градуса долготы на 2 градуса широты. Собственные вектора масштабировались так, что они представляют пространственную корреляцию с соответствующей главной компонентой. На Рисунок 10 представлена

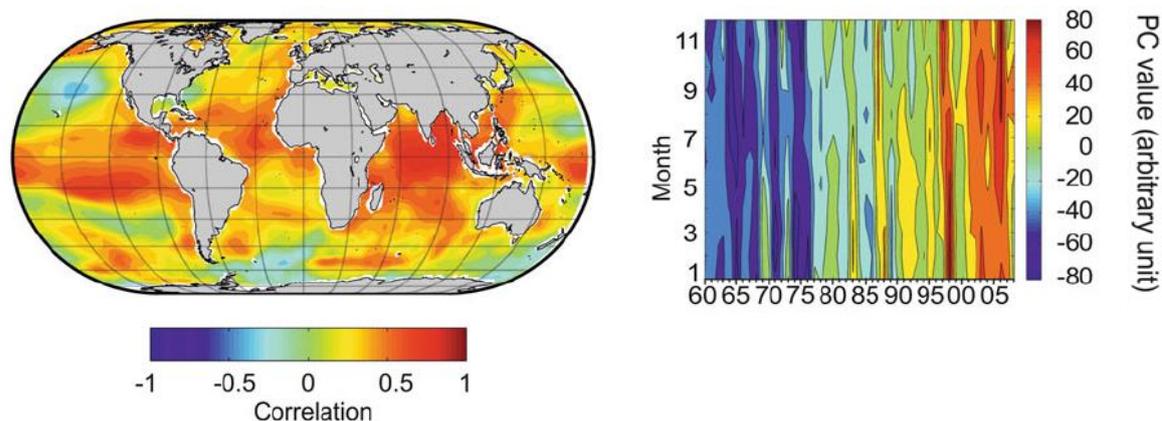


Рисунок 10 – Карты эффектов первой главной компоненты и её пространственной динамики.

динамика главной компоненты и её корреляция с температурными аномалиями поверхностного слоя океана.

В результате, при исследовании динамики температуры поверхностного слоя мирового океана были также обнаружены скачкообразные изменения, выражающиеся в синхронном возникновении положительных аномалий температуры, которые распространяются от экватора к полюсам во всех океанах обоих полушарий.

С 1950 года наблюдалось три скачкообразных (с масштабом порядка года) изменения температуры поверхности океана после 1976, 1987 и 1997 Эль-Ниньо. Также наблюдается много свидетельств, что очередное скачкообразное изменение происходит в настоящее время после Эль-Ниньо 2015-2016 годов. Ниже, на Рисунке 11 показана динамика температурных аномалий различных океанов в 1960-2010 годах. Механика скачкообразных изменений остаётся неясной, но наблюдается распространение потепления от экватора к полюсам. Поэтому выдвигается предположение, что климатические изменения происходят вслед за энергией, переносимой течениями из тропических морей. Синхронное распространение положительных температурных аномалий в направлении полюсов позволяет объяснить синхронность и связь

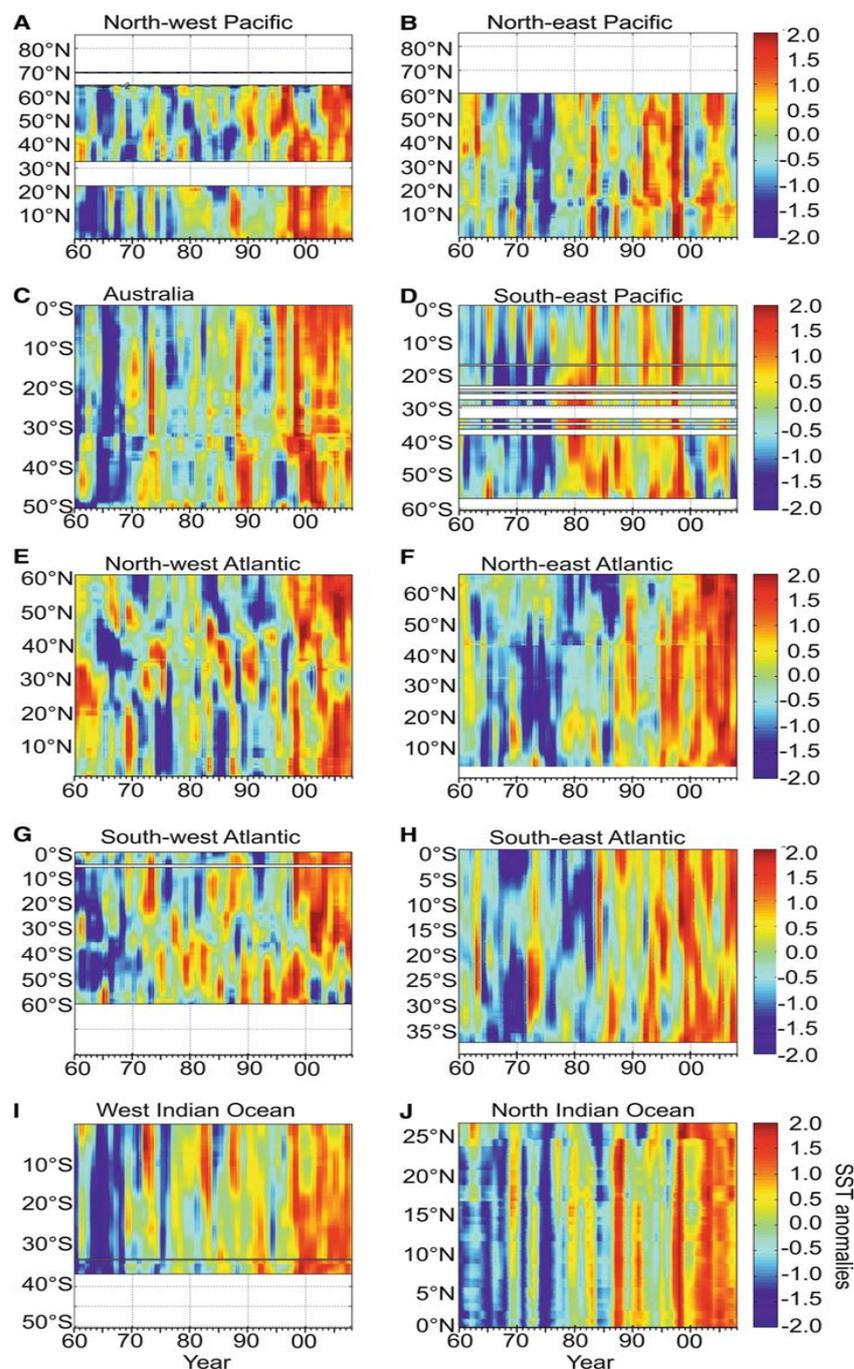


Рисунок 11 – Динамика температурных аномалий различных океанов в 1960-2010 гг

наблюдаемых скачкообразных изменений параметров гидросферы, экосистем и криосферы.

Можно сделать вывод, что для моделирования такой ступенчатой динамики не применимы подходы, основанные на поступательной динамике роста CO_2 и температуры. Ступенчатая динамика температурных аномалий показывает обязательное присутствие в

климатической системе терморегулирующих механизмов. Наблюдения показывают так называемую паузу, квазистационарное состояние температуры с 1998 по настоящее время.

Отчёты Межправительственной группы экспертов по изменению климата объясняют это тем, что пауза есть результат естественных периодических колебаний климата. Эти естественные вариации могут изменять энергобаланс атмосфера-космос и теплообмен с океаном. Важный момент в объяснениях экспертов МГЭИК – существующая пауза есть результат случайного стечения обстоятельств. Однако полученная нами ступенчатая функция является контраргументом этому взгляду. Потому что, даже сложение случайных обстоятельств для появления паузы с 1998 по 2014 маловероятно.

Были проведены исследования влияния изменений биотемпературы и осадков на биоценозы Евразии. Анализ изменений климата показал, что в разных районах Евразии процессы протекают неравномерно. Тренды основных климатических параметров не совпадают для разных сезонов и временных интервалов. Особенности циркуляции атмосферы над ее континентальной частью таковы, что в зависимости от годового хода осадков ее можно разделить на три долготных сектора – западный, переходный и восточный. Кроме того, если в зимний период среднемесячные температуры растут почти на всей территории Сибири, то в период вегетации такого повсеместного потепления нет.

На Европейской части России и на Урале в этот период происходили изменения климата, способствующие сокращению площади степей и увеличению площади лесов. При этом в Европейской части России сокращения площадей тундры не происходило, тогда как на Урале такое сокращение произошло. На территории Западной Сибири произошло увеличение площади степей и леса при уменьшении площади тундры, при этом в ее восточной части увеличилась доля площадей с климатическими условиями, подходящими для произрастания леса и соответственно уменьшилась зона степей. В Восточной Сибири сокращалась доля площади с климатическими условиями соответствующим различным разновидностям тундры и возрастала доля площади, пригодной для существования леса и степей. В Средней Азии процесс изменений климата не был столь монотонным. Зона с климатом, пригодным для произрастания лесов сначала сокращалась, но после 1942 года снова начала возрастать и за 100 лет вернулась к прежнему уровню. При этом произошло сокращение зоны пустынь и несмотря на ее кратковременное расширение за 100 лет она скратилась на 7% от общей площади, также незначительно сократилась зона степей, и на 5% выросла зона пустынных кустарников. В восточном циркуляционном секторе был выделен район, включающий Прибайкалье и

север Монголии и Китая между 105° – 125° в.д. и 45° – 55° с.ш. В этом районе зона с климатом, пригодным для произрастания лесов за 100 лет сократилась на 20% от общей площади при этом основные изменения произошли в последние десятилетия. При этом произошло расширение зоны степей на 10% и увеличение зоны пустынных кустарников на 10% (Рисунок 12).

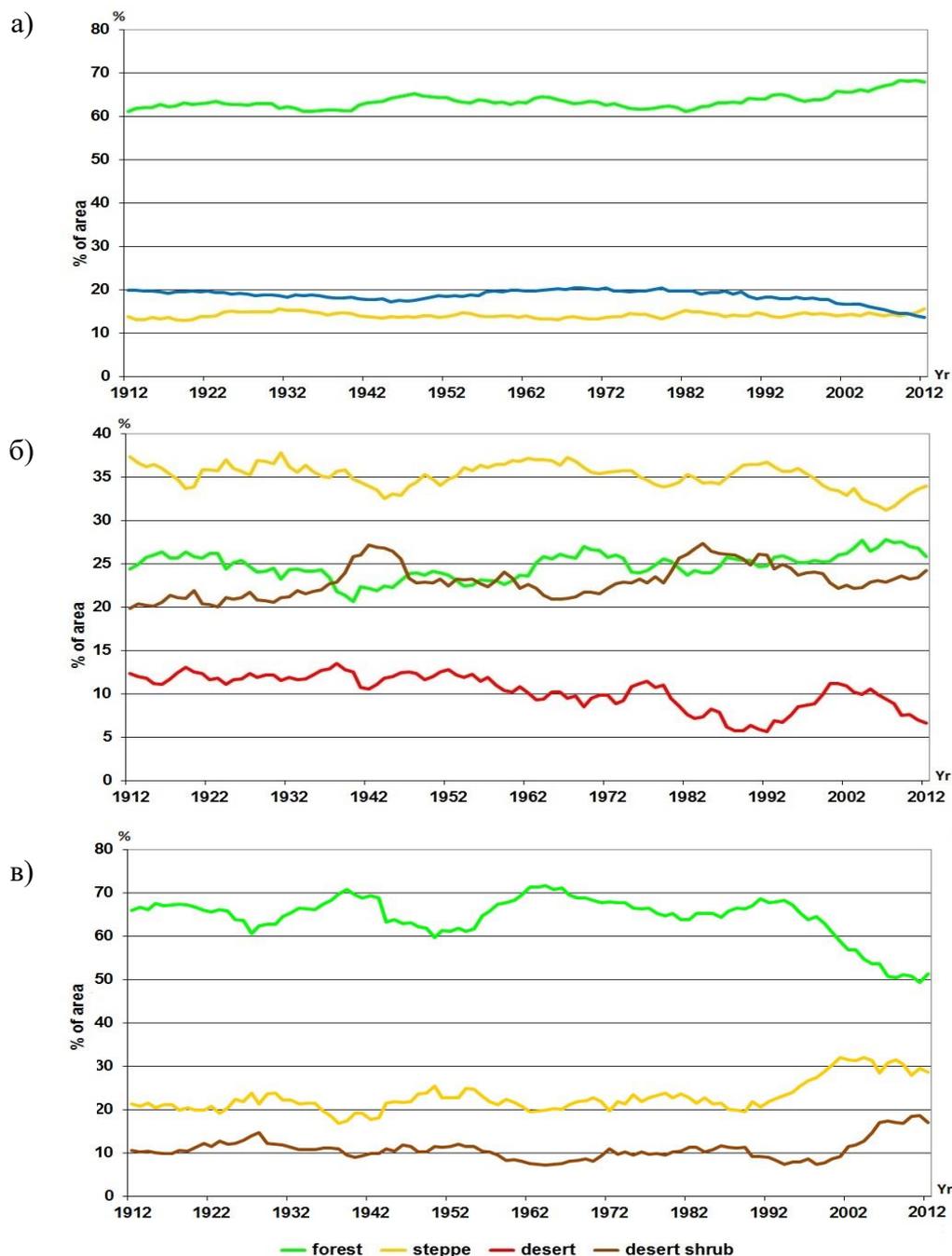


Рисунок 12 – Изменения соотношения площадей основных климатических классов за период с 1912 по 2012 гг.: а) в районе между 40° - 140° в.д. и 50° - 80° с.ш., б) между 40° - 83° в.д. и 37° - 60° с.ш., в) между 105° - 125° в.д. и 45° - 55° с.ш.

Таким образом, характер изменений климата очень сильно зависят от принадлежности к циркуляционной зоне. При этом степень проникновения дальневосточного муссона на запад может существенно варьировать. В результате можно сделать вывод, что наблюдаемые изменения климата не оказывают однозначно негативного или позитивного влияния на биоценозы, если рассматривать территорию Сибири в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За отчетный период выполнен полный цикл исследований, запланированных по данному проекту. В ходе его выполнения получены результаты, приоритет которых подтверждается рейтинговыми публикациями в ведущих российских и зарубежных научных журналах.

Разработан набор программных модулей и веб-сервисов, предназначенный для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды. В основе предлагаемого подхода лежит информационно-вычислительное обеспечение геопортала ИВМ СО РАН (геоинформационная платформа, реализованная в распределенной архитектуре). Выполнена программная реализация ряда проблемно-ориентированных геоинформационных веб-систем, которые находятся в опытной эксплуатации.

Для прикладных геоинформационных веб-систем на основе геопортала создан набор специальных программных средств. Реализованы сервисы интерактивной веб-визуализации картографических данных по щелчку мыши на основе компилирующего обработчика шаблонов, которые позволяют изменять порядок и форму вывода атрибутивных данных по объектам в слоях карты, включая различное стилевое оформление – цвет, параметры шрифтов, и т.д. Созданы новые веб-сервисы для представления растровых данных, в том числе – для данных дистанционного зондирования, которые включают средства создания тематических карт, управления информационными запросами, построения легенды на основе палитры. Реализована поддержка геопорталом встраиваемых ресурсов в векторном формате WFS, поддержка запросов в POST формате, создан единый URL для доступа к сервисам.

Для обеспечения задач интеграции разнородных распределенных геопространственных данных в системе каталогизации ресурсов на основе геопортала ИВМ СО РАН реализована поддержка протокола OGC CSW, который определяет механизм поиска и публикации метаинформации о пространственных данных, сервисов и информационно связанных с ними объектов. В результате обеспечена работа каталога пространственных метаданных в распределенном режиме, с передачей (синхронизацией) информации между распределенными узлами в сети.

Создана подсистема формирования архива спутниковых данных космического аппарата МЕТЕОР-М2, поступающих из регионального центра ДДЗ Роскосмоса. Реализованы программные средства оперативной предварительной обработки

спутниковых данных, в том числе – генерация превью-изображений, синтезированных растровых изображений в естественном цвете, изображений со спектральными индексами NDVI, NDWI (нормализованные разностные вегетационный и водный индексы).

В рамках очередного этапа исследований характеристик трофических звеньев экосистем были изучены закономерности видового и возрастного изменения адаптационного потенциала гидробионтов для ряда малых рек и озер Красноярского края и Хакасии. Была проанализирована кинетика образования свободных радикалов у различных представителей зообентоса из р. Енисей и амфипод из р. Ус (приток Енисея). Выявлено, что у амфипод, в отличие от других беспозвоночных, процесс антиокислительной активности характеризуется двумя вспышками хемилюминесценции. Значимость этих результатов связана с тем, что использование компонентов метаболической антиоксидантной системы в качестве биомаркеров стрессовых воздействий на гидробионтов имеет большие перспективы в системе мониторинга водных экосистем.

Продолжены исследования скачкообразных изменений глобального климата. Были обнаружены скачкообразные изменения, выражающиеся в синхронном возникновении положительных аномалий температуры, которые распространяются от экватора к полюсам во всех океанах обоих полушарий. Ступенчатая динамика температурных аномалий показывает обязательное присутствие в климатической системе терморегулирующих механизмов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные публикации

1. *Andrianova A., Shaparev N., Yakubailik O.* Geoinformation Support and Web Technologies for Problems of Hydrobiological Monitoring of Yenisei River // MATEC Web of Conferences. – 2016. – v.79 – № 01056; DOI 10.1051/mateconf/20167901056.
2. *Aponasenko A.D., Shchur L.A.* Relationships between the biomass and production of bacterio- and phytoplanktonic communities // Microbiology. – 2016. – V. 85, № 2. – P. 243-248; DOI: 10.1134/S0026261716020028.
3. *Bartsev S., Belolipetskii P., Degermendzhi A.* Multi stable states in the biosphere-climate system: towards a conceptual models. Proceedings of 5th International Workshop on Mathematical Models and their Applications. Krasnoyarsk. – 2016. – P. 38-47.
4. *Bartsev S.I., Belolipetskii P.V., Degermendzhi A.G., Ivanova Yu.D., Pochekutov A.A., and Saltykov M.Yu.* Refocusing on the Dynamics of the Earth's Climate // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2016. – V.86, №2. – P.135-142; DOI: 10.1134/S1019331616020015.
5. *Bartsev S.I., Belolipetskii P.V., Degermendzhi A.G., Saltykov M.Yu.* Conceptual models of switching between multi stable states in the "bio-sphere-climate" system // Proceedings of International Conference "Mathematical and Informational Technologies (MIT-2016)", Serbia-Montenegro. – 2016. – p. 96-97.
6. *Kadochnikov A.A.* Web mapping application for spatial data actualization system on human settlements in the region // Modern Information Technologies in Earth Sciences: Proceedings of the IV International Conference, 7-11 August 2016, Yuzhno-Sakhalinsk, 2016. – Vladivostok: Dalnauka, 2016. – P. 77-78.
7. *Kadochnikov A., Tokarev A., Chausova L.* Information and Analytical Web Mapping System «Map of Health Care of Krasnoyarsk Region // MATEC Web Conferences. – 2016. – V. 79, – P 01043; DOI: 10.1051/mateconf/20167901043.
8. *Korobko A., Postnikova P.* Database development for spatial temporal facts about Krasnoyarsk reservoir // Conference Proceedings, 16th International Multidisciplinary Scientific geoconference SGEM. – 2016. – v.3, № 1. – P. 227-234; DOI: 10.5593/SGEM2016/B31/S12.030.
9. *Makarskaya G.V., Andrianova A.V., Tarskikh S.V.* Peculiarities of the antioxidant activity of tissues of rheophilic zoobenthic species in accordance to the results of chemiluminescent

- analysis // Contemporary Problems of Ecology. – 2016. – V.9, № 5. – P. 574-581; DOI: 10.1134/S1995425516050103.
10. *Ponomareva Y.A., Ivanova E.A.* Ratio between living and dead cells and the size structure of the Yenisei River phytoplankton downstream of the Krasnoyarsk Hydroelectric Power Station // Contemporary Problems of Ecology. – 2016. – V.9, № 5. – P. 582-589; DOI: 10.1134/S1995425516050115.
 11. *Postnikova P.V.* Inter-annual dynamics of changes in hydrooptical characteristics of ecosystem of the Yenisei basin // Proc. SPIE 10035, 22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physic. – 2016. – V. 10035, № 1003535; DOI: 10.1117/12.2248511.
 12. *Shaparev N., Yakubailik O.* Usage of Web Mapping Systems and Services for Information Support of Regional Management // MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 79, № 01081; DOI 10.1051/mateconf/20167901081.
 13. *Yakubailik O.* Geospatial services & Web GIS software for environmental monitoring problems // Conference Proceedings, 16th International Multidisciplinary Scientific geoconference SGEM. – 2016. – v.1, № 2. – P. 657-664; DOI 10.5593/SGEM2016/B21/S08.082.
 14. *Yakubailik O.E.* The Formation of Regional Spatial Data Infrastructure // Журнал СВУ. Серия «Техника и технологии» – 2016. – т. 9, № 7, – С. 979-986.
 15. *Андреанова А.В., Якубайлик О.Э.* Геоинформационная веб-система для обеспечения гидробиологического мониторинга на примере зообентоса р. Енисей // Вычислительные технологии. – 2016. – т. 21, № 1. – С. 5-14.
 16. *Андреанова А.В., Шапарев Н.Я., Якубайлик О.Э.* Геоинформационное обеспечение и веб-технологии для задач гидробиологического мониторинга р. Енисей // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VII научно-практической конференции (25–28 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Юрченко; Томский государственный университет – Томск: Изд-во Томского государственного университета. – 2016. – С. 75-82.
 17. *Анонасенко А. Д., Щур Л.А.* Соотношение биомасс и продукций сообществ бактерио- и фитопланктона // Микробиология. – 2016. – V.85, № 2. – С.211-218; DOI: 10.7868/S0026365616020026.

18. Барцев С.И., Белолипецкий П.В., Дегерменджи А.Г., Иванова Ю.Д., Почкутов А.А., Салтыков М.Ю. Новый взгляд на динамику климата Земли // Вестник РАН. – 2016. – Т. 86, № 3. – С. 244-251.
19. Высоцкая Г.С. Влияние изменений биотемпературы и осадков на биоценозы Евразии // Избранные труды Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2016, Томск, Изд-во Томского ЦНТИ. – 2016. – С. 22-25.
20. Кадочников А.А., Токарев А.В. Элементы информационной системы «Банк пространственных данных Красноярского края» // Информационные ресурсы России. – 2016. – № 2. – С. 25-30.
21. Кадочников А.А., Токарев А.В., Шапарев Н.Я., Якубайлик О.Э. Информационно-аналитическая картографическая веб-система «Карта здравоохранения Красноярского края» // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VII научно-практической конференции (25–28 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Юрченко; Томский государственный университет – Томск: Изд-во Томского государственного университета. – 2016. – С.447-454.
22. Кадочников А.А., Якубайлик О.Э. Программно-технологическое обеспечение геоинформационной системы бассейна р. Енисей // ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы Междунар. науч. конф. – М.: Издательский дом «Научная библиотека». – 2016. – Т.1. – С. 111-119
23. Макарская Г.В., Андрианова А.В., Тарских С.В. Особенности антиоксидантной активности тканей у представителей реофильного зообентоса по результатам хемилюминесцентного анализа // Сибирский экологический журнал. – 2016. – V.23, № 5 – С. 697-707; DOI: 10.15372/SEJ20160507.
24. Матушко А.К., Якубайлик О.Э. Разработка прикладных ГИС на основе технологий геопортала // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2(14). – С. 202-209.
25. Пономарева Ю.А., Белолипецкий П.В. Особенности формирования фитопланктонного сообщества в нижнем бьефе Красноярской ГЭС, р. Енисей // Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ «Современное состояние биоресурсов внутренних водоёмов и пути их рационального использования». – 2016. – С.877-884.

26. Пономарева Ю.А., Иванова Е.А. Соотношение живых и мертвых клеток и размерная структура фитопланктона р. Енисей в нижнем бьефе Красноярской ГЭС // Сибирский экологический журнал. – 2016. – Т.23, № 5. – С.708-717; DOI: 10.15372/SEJ20160508.
27. Постникова П.В., Коробко А.В. Проектирование базы данных гидробиологических показателей Красноярского водохранилища // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2. – С.287-292.
28. Постникова П.В., Макарская Г.В., Апонасенко А.Д., Пономарева Ю.А. Многолетние гидробиологические исследования центральной части Красноярского водохранилища // Всероссийская конференция по крупным внутренним водоемам (V Ладожский симпозиум). Сборник научных трудов конференции. СПб.: Издательство «Лема». – 2016. – С. 318-323.
29. Постникова П.В., Филимонов В.С., Медведева С.Е. Оценка экологического состояния водоемов Алтайского края с применением гидрооптических методов и биотестирования // Вода: Химия и экология. – 2016. – № 4. – С. 56-62.
30. Турицына Е.Г., Макарская Г.В., Тарских С.В., Царев П.Ю. Возрастные особенности хемилюминесценции клеток крови перепелов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2. – С. 181-186.
31. Шапарев Н.Я., Якубайлик О.Э. Применение картографических веб-систем и сервисов для информационного обеспечения региональных управленческих задач // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VII научно-практической конференции (25–28 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Юрченко; Томский государственный университет – Томск: Изд-во Томского государственного университета. – 2016. – С. 67-75.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Сведения о созданной и оформленной интеллектуальной собственности

1. *Кадочников А.А.* Модуль представления данных информационно-справочной системы на карте города // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615263 от 19.05.2016.
2. *Кадочников А.А.* Программа построения картограмм для геоинформационного веб-приложения презентации региона на основе системы визуальных паспортов // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615177 от 17.05.2016.
3. *Токарев А.В.* Модуль администрирования для геоинформационного веб-приложения презентации региона на основе системы визуальных паспортов // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615159 от 17.05.2016.
4. *Токарев А.В.* Модуль хранения оперативных данных по лесным пожарам для геоинформационного веб-приложения // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615352 от 20.05.2016.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Количество публикации по тематике проекта за весь период выполнения проекта по годам

индикатор	Ед. измерения	Всего за 2013-2016 гг.	2013	2014	2015	2016
Количество публикаций в ведущих российских и международных журналах по результатам исследований, полученных в процессе реализации проекта	единиц	76	17	15	21	23
Количество публикаций в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science)	единиц	25	4	3	12	6
Число тезисов в конференциях	единиц	36	9	5	10	12
Число охраняемых объектов интеллектуальной собственности зарегистрированных в России	единиц	20	1	13	2	4

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Выписка из плана научно-исследовательской работы на 2016 год

Содержание работы	Планируемый результат выполнения работы
<p>1. Разработка информационных и геоинформационных моделей для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды, с учетом анализа требований типовых моделей наблюдений и потоков данных. Создание программно-технологического обеспечения системы сервисов доступа к данным в распределенной вычислительной среде.</p>	<p>1. Комбинированная распределенная вычислительная инфраструктура для систем мониторинга социально-экономических процессов и природной среды. Опытная эксплуатация проблемно-ориентированных геоинформационных веб-систем на примере задач вычислительного моделирования взаимосвязей в атмосфере и водных экосистемах.</p>
<p>2. Исследования методов и технологий интеграции разнородных распределенных информационных систем для поддержки научных исследований.</p>	<p>2. Информативная база геопространственных данных геопортала с адаптированными программными средствами обработки и представления данных.</p>
<p>3. Систематические исследования количественных характеристик трофических звеньев экосистем малых рек на примере отдельных территорий на юге Красноярского края. Анализ взаимосвязей между компонентами водной среды и определение экологического статуса озер с различной степенью солености, расположенных в Хакасии.</p>	<p>3. Закономерности видового и возрастного изменения адаптационного потенциала гидробионтов из разнотипных экосистем на основе компонентного анализа кинетики генерации активных форм кислорода тканями гидробионтов в условиях временных вариаций природных и антропогенных факторов среды обитания.</p>
<p>4. Анализ результатов исследования скачкообразных изменений климата и проявлений аномальной динамики температуры поверхностного слоя Мирового океана.</p>	<p>4. Свойства скачкообразных изменений глобального климата. Сравнительный анализ аномальных проявлений в динамике температуры и концентрации хлорофилла поверхностного слоя Мирового океана</p>