

УДК 004.5+528.9

**И.В. Бычков, Г.М. Ружников, Р.К.Фёдоров,  
А.К. Попова, Ю.В. Авраменко**

Институт динамики систем и теории управления  
имени В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация

## **ЦИФРОВОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕГИОНАЛЬНОГО СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрены направления создания и развития комплексного цифрового мониторинга и оценки изменений Байкальской природной территории с использованием больших объёмов пространственно-временных тематических данных, сервис-ориентированной парадигмы, стандартов OGC, Web-сервисов и внедрения современных информационно-телекоммуникационных технологий.

**I.V. Bychkov, G.M. Ruzhnikov, R.K. Fedorov,  
A.K. Popova, Yu.V. Avramenko**

V.M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS,  
Irkutsk, Russian Federation

## **DIGITAL ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY AS A TOOL FOR REGIONAL SOCIO- ECONOMIC DEVELOPMENT**

*Abstract.* The directions of creation and development of integrated digital monitoring and assessment of changes in the Baikal natural territory using large volumes of spatial and temporal thematic data, service-oriented paradigm, OGC standards, Web services and the introduction of modern information and telecommunication technologies are considered.

Развитие территорий характеризуется значительным количеством социально-эколого-экономических индикативных показателей и сложностью их мониторинга, анализа и использования в системах поддержки принятия управленческих решений.

Основными элементами перехода территории на экологически сбалансированный путь развития являются - стабилизация расходов

природного сырья и энергии, замена экологически опасных технологий и производств на экологически приемлемые чистые виды продукции, снижение доли «эксплуатирующих природу» отраслей хозяйства за счет приоритетного развития наукоемких отраслей.

Байкальская природная территория (БПТ) представлена уникальными ландшафтами, требующими своего сохранения в естественном виде согласно «Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО» и законодательства Российской Федерации [1].

Вообще, исследования уникальных экологических систем, таких как БПТ, проводимые в мире и России, базируются на комплексном мониторинге, хранении и обработке больших объёмов научных данных и знаний о системе.

Под экологическим мониторингом понимается комплексная система регулярных наблюдений в пространстве и во времени за состоянием окружающей среды и её изменениями под воздействием природных и антропогенных факторов [2].

Среди экологических проблем БПТ можно выделить:

- существенное изменение ландшафтов из-за массовых пожаров и хозяйственной деятельности;

- снижение водосборной площади озера Байкал, водности притоков озера Байкал загрязнение подземной гидросферы;

- рост загрязнений антропогенного характера и выпадения кислых атмосферных осадков;

- снижение запасов лесного фонда из-за лесопатологи, нелегальной заготовки древесины и пожаров;

- аномальное развитие нитчатых водорослей, вымирание эндемичных байкальских губок, увеличение эмиссии метана, вселение несвойственных озеру Байкалу видов;

- опасные эндогенные и экзогенные геологические процессы, такие как сейсмичность, обвалы, сели и т.п.

Экологический мониторинг БПТ осуществляется уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, а также органами исполнительной власти Республики Бурятия, Забайкальского края и Иркутской области в порядке, установленном постановлением Правительства РФ. В свою очередь, научный экологический мониторинг поддерживают учреждения Минобрнауки.

Особенности систем экологического мониторинга БПТ:

отсутствие систем комплексного мониторинга в режиме (24/365/12), а также непрерывного анализа состояния экологии БПТ;

локализованность ведомственных схем наблюдений, территориальная распределённость программно-аппаратных комплексов мониторинга;

формирование больших объёмов пространственно-временных данных мониторинга БПТ, которые не скоординированы между собой, в параметрическом, хронологическом и других аспектах, а также из-за их разноформатности;

ограниченность доступа к данным мониторинга, что осложняет принятие управленческих решений, а также проведение междисциплинарных научных исследований.

Всё это обосновывает актуальность внедрения цифровой трансформации в систему экологического мониторинга БПТ.

Под цифровизацией понимается внедрение киберфизических систем, интеграция IoT датчиков в оборудование, замену физических или аналоговых ресурсов цифровыми данными.

В силу больших объёмов, пространственно-временного характера и распределённости данных цифрового мониторинга БПТ наиболее естественным способом их интеграции является применение стандартов Open Geospatial Consortium (OGC), основ инфраструктуры пространственных данных (ИПД) интеграционного типа, сервис-ориентированной архитектуры Web-приложений (SOA, Service Oriented Architecture) и внедрение концепции цифровых платформ, сквозных технологий, Big Data, IoT [4,5].

По определению, цифровая платформа (ЦП, digital platforms) – это открытая система алгоритмизированного сетевого взаимодействия независимых участников мониторинга, объединённых единой информационной средой, приводящая к снижению транзакционных издержек и к повышению эффективности услуг, за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными (хранения, обработки, анализа и т.д.) и изменения системы разделения труда [3].

Платформенный подход организации цифрового мониторинга БПТ по уровню обработки информации и предоставлению услуг выделяет базовые типы: инструментальную (ИПЦ), инфраструктурную (ИнЦП), прикладную (ПрЦП), которые образуют иерархию.

**Инструментальная цифровая платформа (ИЦП)** мониторинга БПТ содержит инструментальное программное обеспечение поддержки

доступа участников к разработке и отладке прикладных информационных и программно-аппаратных средств мониторинга путём предоставления типовых функций, инструментальных (универсальных) сервисов и их интерфейсов по обработке пространственно-временных данных.

Методология разработки самого программного обеспечения базируется на комплексном применении современных сервис-ориентированных и сквозных технологий, распределенном хранении и обработке пространственно-временных данных, использовании декларативных спецификаций и интеллектуализации с использованием методов, технологий глубокого обучения.

ИЦП включает инструменты создания трех основных типов компонентов, встраиваемых в общую среду:

- разработки WPS сервисов и их композиций, предназначенных для программной обработки данных, реализующих стандарты интероперабельности программного обеспечения;

- создания сервисов обмена данными, поддерживающих предоставление и сбор тематических данных;

- развертывания геопорталов, обеспечивающих доступ к тематическим данным и сервисам.

Информационная среда ИЦП включает геопорталы, сервисы получения и обработки пространственно-временных данных на основе открытых стандартов OGC. Сервисы ИЦП могут быть реализованы на различных операционных системах, средах разработки и т.д., а проблема их совместимости решается применением механизмов виртуализации.

ИЦП содержит инструменты создания типовых геопорталов и сервисов в облачной среде на основе заранее сконфигурированных шаблонов виртуальных машин. Имеются шаблоны с системами Zoo project, 52°North Web Processing Service (WPS), упрощающие реализацию стандарта. В типовой геопортал встроены инструменты формирования сервисов ввода и редактирования реляционных пространственных данных и их предоставления на основе REST. Реализована регламентированная передача данных для обработки WPS-сервисами. Геопортал позволяет создавать новые WPS-сервисы путем композиции существующих, используя языки JavaScript или JSON, спецификации DAG []. Для коллективного использования, с учетом роста числа задач и объемов информации по мониторингу БПТ, ИЦП поддерживает масштабирование информационно-вычислительных ресурсов, их хранение и обработку данных.

**Инфраструктурная цифровая платформа (ИнЦП)** поддерживает разработку участниками мониторинга БПТ прикладных программно-аппаратных средств, Т-сервисов обработки и распределенного хранения данных на основе информационной средой (геопортального типа), сервис-ориентированных и сквозные технологий, использовании декларативных спецификаций и интеллектуализации.

Тематический сервис (Т-сервис) - это сервис, создаваемый на базе ИЦП и функционирующий в рамках ИнЦП, решающий задачи заданного направления цифрового мониторинга БПТ (водные объекты, леса, водные биологические объекты, атмосферный воздух и т.д) на основе пространственно-временных данных, получаемых от участников платформы или внешних источников. Специализация Т-сервисов определяется задачами направления мониторинга, а функциональность типом обрабатываемой информации (геопространственной, навигационной, биологической и др.). Т-сервис использует функции и интерфейсы для обработки пространственно-временных данных, их сервисов и комбинаций, реализованные в инструментальной цифровой платформе.

Структура ИнЦП цифрового мониторинга БПТ включает:

- каталоги Т-сервисов предоставления и обработки данных мониторинга участников;
- базовые пространственные данные и сервисы ИЦП, обеспечивающие единые справочники и классификаторы и работу ИнЦП;
- масштабируемые вычислительные ресурсы, выполнения сервисов;
- система планирования и выполнения сервисов на распределенных вычислительных ресурсах;
- сервисы публикации данных в виде карт и диаграмм.

В качестве информационно-технологических компонент ИнЦП мониторинга БПТ используется инфраструктура центров коллективного пользования ИДСТУ СО РАН «Интегрированная информационно-вычислительная сеть Иркутского научно-образовательного комплекса (ИИВС ИРНОК)» и «Иркутский суперкомпьютерный центр (СВКЦ) СО РАН».

**Прикладная цифровая платформа (ПрЦП)** экологического мониторинга БПТ оперирует обработанными данными на уровне отдельного направления или мониторинга в целом.

ПрЦП поддерживает алгоритмический обмен услугами (сервисами) между участниками с использованием единой информационной среды и информационно-технологической инфраструктуры. ПрЦП получает эффект за счёт объединения множества потоков в рамках одной информационной среды.

#### **Список использованных источников**

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.11.2006 г. № 1641-р "О Федеральном законе от 1 мая 1999 г. N 94-ФЗ "Об охране озера Байкал".

2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. // – Л.: Гидрометеиздат, 1979, – 376 с

3. Осипов Ю.М., Юдина Т.Н., Гелисханов И.З. Цифровая платформа как институт эпохи технологического прорыва // Экономические стратегии. 2018 № 5 (155). С. 22–29.

4. Bychkov I., Ruzhnikov G., Hmelnov A., Fedorov R, Popova A. Digital Monitoring of Lake Baikal and its Coastal Area. 2nd Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2019), CEUR Workshop Proceedings, 2019, Vol.2463, pp. 13-23

5. Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е. [и др.] Инфраструктура информационных ресурсов и технологии создания информационно-аналитических систем территориального управления. // Новосибирск: Издательство СО РАН, – 2016. – 240 с.

УДК 630\*431.5:502

**А.В. Волокитина<sup>1</sup>, Т.М. Софронова<sup>2</sup>, М.А. Корец<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОХРАНЫ ОТ ПОЖАРОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

*Аннотация.* На основе многолетних фундаментальных пирологических исследований предлагается совершенствовать охрану от пожаров растительности