

И. В. БЫЧКОВ, Г. М. РУЖНИКОВ, Р. К. ФЁДОРОВ, А. К. ПОПОВА  
Институт динамики систем и теории управления имени В. М. Матросова СО РАН, Иркутск

## **ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

*Лес важнейший природный ресурс Байкальской природной территории (БПТ), обеспечивающий устойчивое развитие экологической системы озера Байкал, выполняющий водоохранные, почвозащитные и водорегулирующие функции. Рассмотрены вопросы перехода на новый технологический уклад - создание цифровой платформы мониторинга леса для поддержки его рационального использования.*

**Введение.** Байкальская природная территория включает озеро Байкал, его водоохранную зону, водосборную площадь в пределах территории Российской Федерации, прилегающие особо охраняемые природные территории, а также прилегающую к озеру территорию шириной до 200 километров на запад и северо-запад от него [1, 2]. Лесные ресурсы, являются комплексным биосферным ресурсом, обеспечивающим стабилизацию и оптимизацию природной среды БПТ [3]. На территории прибрежной полосы оз. Байкал, по учету лесного фонда, леса занимают почти 3900,7 тыс. га. [4].

Комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды в РФ осуществляются в рамках государственного экологического мониторинга (государственный мониторинг окружающей среды) [1], важной частью которого является мониторинг лесных ресурсов, в который информация поступает из государственного лесного реестра, статистических отчетов, данных инвентаризации лесов, лесных планов субъектов РФ, лесохозяйственных регламентов лесничеств, актов лесопатологических обследований, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [5–7]. Результаты мониторинга публикуются в виде ежегодного отчета, содержащего аналитическую информацию, таблицы данных, схемы, тематические карт-схемы.

Информация о состоянии лесов хранится в следующих информационных системах:

- автоматизированная информационная система «Государственный лесной реестр»;
- единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней;
- информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров;
- единый государственный фонд данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении (ЕГФД);
- геопортал «Рослесинфорг» (Интерактивная карта «Леса России») и др.

На Байкальской природной территории ведение подсистем государственного мониторинга лесов возложено на региональные филиалы ФБУ «Рослесозащита» [8] – «Центр защиты леса Иркутской области», «Центр защиты леса Забайкальского края» и «Центр защиты леса Республики Бурятия» [9, 10], а так же региональные органы власти [11–15], которые проводят регулярные и выборочные наземные и дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов, популяциями вредных организмов, оценивают общее состояние лесов.

Научный мониторинг лесов Сибири и, в том числе БПТ, поддерживают учреждения Минобрнауки [16]. Исследования в институтах СО РАН охватывают проблемы оперативного выявления пожаров и вырубок по снимкам ДЗЗ, прогнозирования направления распространения огня в лесу, обнаружения и картографирования антропогенных воздействий на лес, анализа динамики продуктивности древостоя, оценки воздействия климатических факторов, вычисления объемов стока углерода и т. д.

Для территорий БПТ, на которых затруднен мониторинг санитарного и лесопатологического состояния леса наземными методами (горные склоны Восточных Саян, северные территории и т. д.), используются системы дистанционного зондирования.

Среди значимых экологических проблем лесных ресурсов БПТ следует выделить:

- снижение запасов лесного фонда БПТ из-за лесопатологии, нелегальной заготовки древесины и пожаров, которые наносят ощутимый вред экономике и экологии;

- рост эпидемиологического поражения хвойных пород деревьев таежных массивов;
- отсутствие последовательной системы лесовосстановления и ухода за лесами, что приводит к истощению ресурса и освоению новых территорий.

В свою очередь, особенностью мониторинга состояния лесных ресурсов БПТ является:

- множественность участников мониторинга, а также локализованность ведомственных схем наблюдений, территориальная распределённость программно-аппаратных комплексов систем мониторинга леса;
- формирование больших объёмов пространственно-временных данных мониторинга леса, которые не скоординированы между собой, в параметрическом, хронологическом и других аспектах;
- различные виды хранения (в бумажном, цифровом) и разноформатность данных мониторинга, а также использование систем координат, отличных от местной в проектной документации и лесоустроительных планшетах;
- отсутствие единой системы хранения пространственно-временных данных мониторинга, содержащей достоверные данные о качественных, количественных и стоимостных характеристиках лесного фонда, а также интегрированной информационной системы оценки лесных ресурсов БПТ (состав, вырубки, пожары, возобновления лесов, лесопатологическая оценка и т. д.);
- низкая актуализация официальной лесоустроительной информации о лесах (средний возраст материалов лесоустройства в России составляет 23 года);
- слабая оперативность и ограниченность доступа к данным мониторинга, что осложняет принятие управленческих решений, а также проведение междисциплинарных научных исследований.

Это обосновывают актуальность перехода на новый технологический уклад – организацию цифрового экологического мониторинга лесов БПТ, что предполагает внедрение цифровых платформ (ЦП), киберфизических систем, интеграцию сенсоров и датчиков в оборудование, замену физических или аналоговых ресурсов цифровыми данными, также переход на цифровой способ связи, записи и передачи данных с помощью цифровых устройств [17–19].

**Цифровая платформа.** ЦП – это открытая система алгоритмизированного сетевого взаимодействия независимых участников определённого вида деятельности, 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. ЦП для организации взаимодействия участников определённого вида деятельности должна обладать единой информационно-технологической средой, а также быть интегрированной в единую телекоммуникационную инфраструктуру. По уровню обработки информации выделяют базовые типы цифровых платформ: инструментальная цифровая платформа, инфраструктурная цифровая платформа, прикладная цифровая платформа [19].

**Организация платформы цифрового мониторинга лесных ресурсов Байкальской природной территории.**

В силу больших объёмов, пространственно-временного характера и распределённости данных цифрового мониторинга леса наиболее естественным способом их интеграции является применение стандартов Open Geospatial Consortium (OGC), концептуальных основ инфраструктуры пространственных данных (ИПД) интеграционного типа, сервис-ориентированной архитектуры Web-приложений (SOA, Service Oriented Architecture) и внедрении концепции цифровых платформ, сквозных технологий, больших данных [20, 21].

Платформенный подход организации цифрового мониторинга лесных ресурсов БПТ предполагает создание базовых типов ЦП для совместного использования услуг, сервисов и данных всеми участниками ЦП.

Инструментальная цифровая платформы (ИЦП) мониторинга леса БПТ содержит инструментальное программное обеспечение поддержки доступа участников к разработке и отладке прикладных информационных и программно-аппаратных средств мониторинга путём предоставления типовых функций, интерфейсов и сервисов обработки пространственно-

временных данных. 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, обеспечивающих и предоставление сбор тематических данных;
- развертывания геопорталов доступа к тематическим данным и сервисам.

Инфраструктурная цифровая платформа (ИнЦП) мониторинга леса БПТ содержит средства технологической обработки данных, источники данных, что позволит, строить прикладные сервисы по автоматизации деятельности участников мониторинга, с использованием сквозных цифровых технологий. ИнЦП должна содержать средства доставки, обработки, хранения данных, а также инфраструктуру развертывания ИЦП, сервисы (программные решения на базе ИЦП), средства разработки, отладки и интеграции сервисов.

Прикладная цифровая платформа (ПЦП) цифрового мониторинга леса оперирует обработанными данными на уровне отдельной группы или вида мониторинга в целом. ПЦП поддерживает алгоритмический обмен услугами (сервисами) между участниками с использованием единой информационной среды и информационно-технологической инфраструктуры. ПЦП получает за счёт объединения множества потоков в рамках одной информационной среды.

Цифровая платформа экологического мониторинга леса БПТ позволяет:

- осуществить междисциплинарную интегрированность схем и методов всех участников мониторинга леса;
- создать базовые типы цифровых платформ распределённого экологического мониторинга леса, автоматизировать регистрацию параметров в режиме (24/12/365), в том числе с помощью IoT-датчиков, а также онлайн транслировать данные в ЦОД;
- создать распределённую (облачную) сеть центров (ЦОД) обработки междисциплинарных пространственно-временных данных мониторинга леса, для повышения качества оригинальных математических и информационных моделей и программного обеспечения комплексной обработки данных;
- повысить достоверность пространственно-временных данных мониторинга леса за счёт их множественности (Big Data) и комплексности получения из распределённой сети сенсоров и данных ДЗЗ;
- создать базовые и тематические WPS-сервисы и планировать их использование между участниками ЦП для выявления и оценки изменений состояния леса под воздействием деструктивных факторов (включая пожары, вырубki, вспышки массового размножения насекомых, техногенные загрязнения, аномальные метеорологические явления) по данным дистанционных наблюдений;
- создать информационно-аналитическую среду комплексной оценки, анализа и прогнозирования значимых экологических проблем лесных ресурсов БПТ, использующей информационно-математические методы, современные распределённые сервис-ориентированные и сквозные технологии обработки больших пространственно-временных данных мониторинга лесов;
- повысить информационную доступность результатов научных исследований для управления лесными ресурсами БПТ, прогнозирования основных рисков, связанных с антропогенной нагрузкой на природу, обеспечения безопасности населения.

**Заключение.** Рассмотрены вопросы создания цифровой платформы мониторинга леса Байкальской природной территории для поддержания его рационального использования и устойчивого развития экологической системы озера Байкал.

*Работа проводилась при поддержке проекта СО РАН № 00282-2019-0009  
и ЦКП ИИВС ИРНОК*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Федеральный закон** «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ
2. **Федеральный закон** «Об охране озера Байкал» № 94-ФЗ от 1 мая 1999 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. 1999. № 18, ст. 2220.
3. «Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 N 200-ФЗ.
4. **Байкал: природа и люди: энциклопедический справочник** / Байкальский институт природопользования СО РАН; отв. ред. чл.-корр. А.К. Тулохонов. Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. 608 с.
5. **Приказ Минприроды России** от 19.02.2015 N 59 «Об утверждении порядка осуществления государственного мониторинга воспроизводства лесов»
6. **Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации** от 05.04.2017 г. № 156 «Об утверждении Порядка осуществления государственного лесопатологического мониторинга».
7. **Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ** от 16 сентября 2016 г. N 480 «Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования».
8. **ФБУ «Рослесозащита»** <http://rcfh.ru/>
9. **Центр защиты леса Иркутской области.** <http://irkutsk.rcfh.ru/>
10. **Центр защиты леса Республики Бурятия.** <http://buriatia.rcfh.ru/>
11. **Министерство лесного комплекса Иркутской области.** <https://irkobl.ru/sites/alh/about/?type=special>
12. **Лесной план** // Министерство лесного комплекса Иркутской области: офиц. сайт. Режим доступа: <http://irkobl.ru/sites/alh/documents/lesplan/> (дата обращения: 03.03.2020).
13. **Указ Губернатора Иркутской области** от 29 мая 2019 года № 112-уг «Об утверждении лесного плана Иркутской области на 2019–2028 годы».
14. **Постановление Правительства Республики Бурятия** от 28.12.2018 г №763 «Об утверждении Лесного плана Республики Бурятия».
15. **Лесохозяйственные регламенты лесничеств** // Министерство лесного комплекса Иркутской области: офиц. сайт. Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/alh/documents/reglament/> (дата обращения: 03.03.2020).
16. **Ваганов Е.А.** «О состоянии и организации исследований сибирских лесов». <http://www.nsc.ru/HBC/article.phtml?nid=46&id=9>.
17. **Распоряжение Правительства РФ** от 20.09.2018 N 1989-р (ред. от 28.02.2019) «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года».
18. **Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. 2017.** – [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy.pdf> (Дата обращения 21.06.2020).
19. **Цифровые подходы к определению и типизации / Ростелеком. 2018.** – [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [http://d-russia.ru/wpcontent/uploads/2018/04/digital\\_platforms.pdf](http://d-russia.ru/wpcontent/uploads/2018/04/digital_platforms.pdf) (Дата обращения 21.06.2020).
20. **Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е., Фёдоров Р.К.** Инфраструктура информационных ресурсов и технологий и создания информационно-аналитических систем территориального управления. Н-ск: Издательство СО РАН, 2016. 242 с.
21. **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.

I.V. Bychkov, G.M. Ruzhnikov, R.K. Fedorov, A.K. Popova (Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk)

#### **Digital Platform for Monitoring Forest Resources of the Baikal Natural Territory**

**Abstract.** Forest is the most important natural resource of the Baikal natural territory (BNT), ensuring the sustainable development of the ecological system of lake Baikal, performing water protection, soil protection and water regulation functions. The issues of transition to a new technological mode – the creation of a digital platform for forest monitoring to support its rational use.