

Геоинформатика. 2024. № 4. С. 4–20.  
*Geoinformatika*. 2024;(4):4–20.

### Геоинформационные системы

Научная статья  
 УДК 551.4.08, 550.83.016, 550.343.4  
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2024-4-4-20>

## Обзор российских геоинформационных сервисов природоохранной тематики на основе открытого программного обеспечения

© 2024 г. — А.С. Плотникова<sup>1, а)</sup>, В.А. Хамедов<sup>2, б)</sup>, Е.А. Архипцева<sup>1, в)</sup>, Е.С. Подольская<sup>1, д)</sup>, А.Н. Нарыкова<sup>1, е)</sup>, А.Б. Алексеев<sup>1, ф)</sup>

<sup>1</sup>Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН; Москва, Россия

<sup>2</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий; Новосибирск, Россия

<sup>а)</sup>plotnikova-as-cepl@yandex.ru, <sup>б)</sup>khamedov.vladimir@mail.ru, <sup>в)</sup>lena.arkhiptseva@mail.ru, <sup>д)</sup>podols\_kate@mail.ru,

<sup>е)</sup>narykovaanna@yandex.ru, <sup>ф)</sup>poxpox@mail.ru

**Аннотация:** В статье приведен обзор 50 российских геосервисов природоохранной тематики, реализованных с применением открытого программного обеспечения государственными и коммерческими научными организациями, вузами и частными лицами. Показана роль геосервисов в осуществлении междисциплинарного сотрудничества различных исследовательских групп и представлении полученных результатов при выполнении экологических проектов. Геосервисы систематизированы по тематике применения и соотнесены с Единой системой государственного экологического мониторинга (ЕСГЭМ). Дано описание функциональных возможностей геосервисов и используемых для их реализации библиотек с открытым исходным кодом. Приведены доступные посредством геосервисов данные дистанционного зондирования Земли, тематические геопрограммные продукты, места нахождения объектов экологических исследований и др. Результаты проведенного обзора могут быть полезны исследователям, специализирующимся в науках о жизни на Земле, при выборе технологий создания геосервиса и поиске геопрограммных данных для различных подсистем экологического мониторинга.

**Ключевые слова:** *геоинформационный сервис; интерактивные карты; открытое программное обеспечение; Leaflet; OpenLayers; OpenStreetMap; Mapbox; Google Earth Engine; API Yandex.Map; система государственного экологического мониторинга.*

*Для цитирования:* Плотникова А.С., Хамедов В.А., Архипцева Е.А., Подольская Е.С., Нарыкова А.Н., Алексеев А.Б. Обзор российских геоинформационных сервисов природоохранной тематики на основе открытого программного обеспечения // Геоинформатика. — 2024. — № 4. — С. 4–20. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2024-4-4-20>.

### Geoinformation system

Original article

## An overview of Russian geographic information services on environmental issues based on open source software

© 2024 — A.S. Plotnikova<sup>1, а)</sup>, V.A. Khamedov<sup>2, б)</sup>, E.A. Arkhiptseva<sup>1, в)</sup>, E.S. Podolskaia<sup>1, д)</sup>, A.N. Narykova<sup>1, е)</sup>, A.B. Alekseev<sup>1, ф)</sup>

<sup>1</sup>Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences; Moscow, Russia

<sup>2</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies; Novosibirsk, Russia

<sup>а)</sup>plotnikova-as-cepl@yandex.ru, <sup>б)</sup>khamedov.vladimir@mail.ru, <sup>в)</sup>lena.arkhiptseva@mail.ru, <sup>д)</sup>podols\_kate@mail.ru,

<sup>е)</sup>narykovaanna@yandex.ru, <sup>ф)</sup>poxpox@mail.ru

**Abstract:** A review of fifty Russian environmental geoservices implemented using open source software by governmental and commercial scientific organizations, universities and individuals has been carried out. The role of geoservices in the implementation of interdisciplinary cooperation between various research groups and presentation of environmental projects' results is shown. Geoservices are organized according to their application and associated with the Unified System of State Environmental Monitoring (USSEM). Functional capabilities of geoservices and the open source libraries used for their implementation are described. Remote sensing data, thematic geospatial products, location of environmental research objects, etc. available through the geoservices were presented. Review results can be useful to researchers in life and Earth sciences when choosing technologies for creating a geoservice and searching for geospatial data for various subsystems of environmental monitoring.

**Key words:** *geoservice; interactive maps; open source software; Leaflet; OpenLayers; OpenStreetMap; Mapbox; Google Earth Engine; API Yandex.Map; the system of state environmental monitoring.*

*For citation:* Plotnikova A.S., Khamedov V.A., Arkhiptseva E.A., Podolskaia E.S., Narykova A.N., Alekseev A.B. An overview of Russian geographic information services on environmental issues based on open source software. *Geoinformatika*. 2024;(4):4–20. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2024-4-4-20>. In Russ.

## Введение

Для эффективной реализации существующих экологических проектов необходимо обеспечить комплексное использование информации природоохранной тематики и имеющихся программно-технических решений в области геоинформационных технологий. Особенностью современных научных исследований окружающей среды является выполнение их на стыке наук. Широко распространена междисциплинарная кооперация исследователей в области экологии, геоботаники, лесоведения, почвоведения, дистанционного зондирования Земли и ряда других [1]. Разработка новых методов и технологий исследования, получение знаний посредством междисциплинарного сотрудничества создают задел для будущих перспективных научных направлений.

В настоящее время геоэкологические исследования часто сопряжены с получением результатов в виде пространственных данных. Организация кооперации тематических специалистов различных областей знаний должна учитывать необходимость представления пространственных данных в доступной форме. В веб-среде поставленная задача решается с помощью геоинформационных сервисов (геосервисов). Как известно, геосервисы представляют собой информационные ресурсы в виде самостоятельного продукта или подключаемого сервиса с инструментами для работы с геоданными [2, 3]. Функциональные возможности геосервисов обеспечивают загрузку, хранение, обработку и анализ пространственных данных. Тематическим специалистам для работы с пространственными данными посредством геосервисов не требуется наличие специализированной географической информационной системы и навыков работы с ней.

Проведенные ранее обзоры существующих отечественных геосервисов для экологических исследований особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [4] и лесных экосистем [5] показали, что в основном геосервисы используются только для визуализации полученных пространственных данных. Функциональные возможности веб-технологий по созданию инструментов анализа геоданных в большинстве примеров оставались невостребованными.

Цель данного исследования — ознакомить профильных специалистов с возможностями современного открытого программного обеспечения (ПО) по созданию геосервисов на примере российских разработок природоохранной тематики. Результаты обзора могут быть полезны тематическим специалистам в области экологии, климатологии, лесоведения, почвоведения, геоботаники, использующим в исследованиях пространственные данные или осуществляющим оценку эффективности существующих природоохранных мероприятий [6]. Кроме того, анализ функциональных возможно-

стей геосервисов представляет интерес для сотрудников ООПТ, служащих профильных министерств и ведомств, внедряющих открытые данные природоохранной тематики, а также студентов и аспирантов экологических специальностей.

Открытое программное обеспечение, или ПО с открытым кодом, по сравнению с проприетарным обладает рядом преимуществ: исходный код доступен для использования, преобразования и дальнейшего распространения, позволяет выполнить проверку уязвимости системы (<https://opensource.org/osd/>). В настоящее время многочисленны примеры геосервисов природоохранной тематики глобального охвата, созданных на основе открытого программного обеспечения Leaflet, OpenLayers, Mapbox, Google Earth Engine (GEE). В качестве примеров можно привести геосервисы с информацией о выбросах метана (<https://methanewatch.kayrros.com/map>); запасах почвенного органического углерода (SoilGrids, <https://soilgrids.org>; FAO, <https://data.apps.fao.org/glosis/>); наблюдениях природы, биоразнообразии (INaturalist, <https://www.inaturalist.org/observations>); лесном покрове (Global Forest Watch, <https://www.globalforestwatch.org/map/>); биоразнообразии, углероде и воде (<https://clck.ru/3AJUXj>); прогнозе погоды ([www.windy.com/](http://www.windy.com/)); снежном покрове (<https://clck.ru/3AJ86P>).

В настоящем исследовании тематическая классификация геосервисов (табл. 1) представлена в соответствии со статьей 63 Федерального Закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Предлагаемая классификация позволяет дифференцировать анализируемые геосервисы в соответствии с Единой системой государственного экологического мониторинга (ЕСГЭМ). Так, в ЕСГЭМ выделены следующие подсистемы мониторинга: состояния и загрязнения окружающей среды, атмосферного воздуха; радиационной обстановки; земель; животного мира; лесопатологии и воспроизводства лесов; лесной пирологии и таксации; состояния недр; водных объектов, внутренних морских вод и территориального моря; биологических ресурсов; исключительной экономической зоны; континентального шельфа; уникальной экологической системы озера Байкал.

Помимо перечисленных выше подсистем экологического мониторинга, тематическая классификация геосервисов содержит разделы: «Комплексные экологические геопорталы» и «Мониторинг климатически активных веществ». К разделу «Комплексные экологические геопорталы» были отнесены примеры геосервисов, содержащие несколько тематических интерактивных карт различных подсистем мониторинга ЕСГЭМ. В частности, геопортал «Биоресурсы Архангельской области» включает интерактивные карты мониторинга земель, лесных, почвенных, водных и животных ресурсов. Раздел «Мониторинг климатически активных веществ» добавлен в классификацию геосервисов

ввиду реализации в России с 2022 г. важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» [7].

### Используемые для создания геосервисов природоохранной тематики компоненты открытых геоинформационных технологий

Настоящее исследование акцентирует внимание на одном из наиболее распространенных видов геосервисов — интерактивных картах [8]. В общей сложности было проанализировано 50 интерактивных карт, созданных российскими научными (30 % рассмотренных примеров), государственными (28 %), коммерческими (26 %) организациями, вузами (12 %) и частными лицами (4 %). Объектами исследования в приведенных примерах выступали: климатические показатели, пулы углерода и потоки парниковых газов в наземных экосистемах, опасные явления погоды и состояние атмосферного воздуха, пожарная опасность лесных экосистем, бассейны рек, представители животного мира — млекопитающие, дождевые черви, зообентос и др. (см. табл. 1).

Наиболее часто используемые компоненты открытых геоинформационных технологий представлены на рис. 1. Так, в 54 % рассмотренных геосервисов использовалась предназначенная для веб-картографирования библиотека с открытым исходным кодом Leaflet (<https://leafletjs.com/>). Библиотека имеет небольшой набор инструментов,

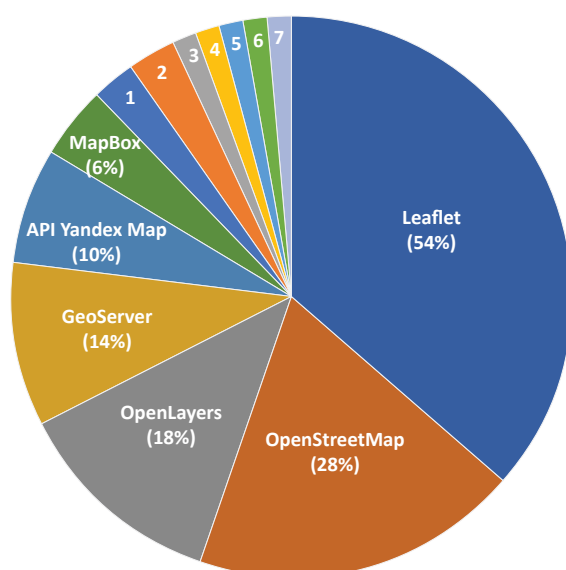
расширение которого возможно посредством создания дополнительных плагинов. Для сервисов, реализованных с использованием данной библиотеки, нет ограничений по числу одновременно обрабатываемых обращений.

Функциональные возможности библиотеки OpenLayers (<https://openlayers.org/>) привлекались в 18 % рассмотренных примеров геосервисов. Библиотека основана на Open Source JavaScript, поддерживается лицензией открытого исходного кода FreeBSD. Библиотека не ограничивает число одновременно обрабатываемых обращений. OpenLayers позволяет отображать тайлы, векторные данные и маркеры, загруженные из разных источников.

При создании геосервисов также активно используется API Yandex.Map (<https://yandex.ru/dev/maps/>), состоящий из набора API-интерфейсов (Application Programming Interface — интерфейс программирования приложения) для работы с готовыми Яндекс-сервисами: картами, поисковой системой, расписанием транспорта и т. д. С помощью API Yandex.Map возможно получение доступа к хранящимся на серверах Яндекса данным и использование их при создании собственных геосервисов. API Yandex.Map можно использовать как бесплатно, так и на коммерческой основе. Бесплатный доступ предусматривает соблюдение ряда условий: использование API-ключа; общедоступный геосервис; некоммерческий проект; отображение на карте Яндекса данных, полученных средствами API; запрет сохранения или изменения данных, по-

Рис. 1. Компоненты открытых технологий, используемые для создания геосервисов

Fig. 1. Open source software used to create geoservices



1 — MapServer (4 % геосервисов); 2 — Yandex DataLens (4 %); 3 — Google Earth Engine (2 %); 4 — JawgMaps (2 %); 5 — MapGL JS API (2 %); 6 — MapSurfer.NET (2 %); 7 — OpenMap Tiles (2 %)

1 — MapServer (4 % geoservices); 2 — Yandex DataLens (4 %); 3 — Google Earth Engine (2 %); 4 — JawgMaps (2 %); 5 — MapGL JS API (2 %); 6 — MapSurfer.NET (2 %); 7 — OpenMap Tiles (2 %)

**Табл. 1.** Обзор российских геосервисов природоохранной тематики  
 Функциональные возможности: 1 — фильтрация / поиск объектов; 2 — создание новых векторных объектов; 3 — скачивание данных в векторном/растровом формате, печать карты; 4 — измерение расстояния / площади / периметра / определение координат; 5 — идентификация объектов; 6 — редактирование данных; 7 — анализ данных / дополнительный функционал

**Tab. 1.** An overview of Russian geoservices on environmental issues.  
 Functionality: 1 — filtering / searching for objects; 2 — creating new vector objects; 3) downloading data in vector/raster formats, printing a map; 4 — measuring distance / area / perimeter / determining coordinates; 5 — identification of objects; 6 — data editing; 7 — data analysis / additional functionality

Название	Разработчик	Территория исследования	Объект исследования/ мониторинга	Компоненты геосервисов	Содержание карты	Функциональные возможности						
						1	2	3	4	5	6	7
КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГЕОПОРТАЛЫ												
Проект Цифровая Земля <a href="https://dgearth.ru/">https://dgearth.ru/</a>	АО «ТерраТех»	Россия	Лесные, с/х и водные экосистемы, землепользование, стихийные бедствия	ORBISmap JS API, Leaflet	ЛЕС-КОНТРОЛЬ: лесопокрытые площади, ситуационные карты местности, параметры лесного фонда, изменения лесного фонда. СЕЛЬХОЗ-МОНИТОРИНГ: инвентаризация с/х земель, ситуационные карты, изменение структуры землепользования, развитие посевов, прогнозирование урожайности, соблюдение севооборотов. ЧС: мониторинг половодий, паводков, наводнений, пожаров. ЭКО-МОНИТОРИНГ: полигоны складирования отходов, незаконные свалки, стоки, нарушенные и загрязненные земли	+	-	+	+	+	-	Есть API; личный кабинет; расширенный доступ по запросу. Выбор картографической основы
Публичный информационный уровень Территориальной информационной системы Югры <a href="https://pubweb.admhmao.ru/">https://pubweb.admhmao.ru/</a>	ООО «Техноком»	Ханты-Мансийский АО	Окружающая среда и социальная география	Leaflet, OSM, MapServer	ЭКОЛОГИЯ: объекты обработки, утилизации и обезвреживания отходов; пункты приема (сбора) вторичного сырья, опасных отходов; шламовые амбары; объекты размещения отходов производства и потребления; заповедники, заказники; охраняемые зоны; ООПТ; территории традиционного природопользования; оленьи пастбища. ЧС: действующие/ликвидированные пожары; угрозы пожаров населенным пунктам; объекты лесовосстановления; ООПТ; участки лесного фонда, переданные в аренду. Уровни пожарной опасности. БО: организации, осуществляющие утилизацию БО (группов животных). Материально-техническое обеспечение Ветслужбы Югры. Маршруты транспортировки и утилизации БО	+	-	-	+	+	-	Выбор картографической основы
Экологическая карта Республики Татарстан <a href="https://ecokarta.tatar.ru">https://ecokarta.tatar.ru</a>	Министерство экологии и природных ресурсов РТ	Республика Татарстан	Окружающая среда	OpenLayers	Несанкционированное размещение отходов. Затонувшие суда. Автозаправочные станции. Природоохранные мероприятия: ликвидация свалок, очистка и благоустройство озера, сокращение скотомогильников и др. Лицензионные и согласованные участки. Недропользование. ООПТ. Рекреационные территории. Водные объекты	+	-	-	+	+	-	Возможность создавать табличные отчеты. Выбор картографической основы



Продолжение табл. 1/ Continuation of the tab. 1

Название	Разработчик	Территория исследования	Объект исследования/ мониторинга	Компоненты геосервисов	Содержание карты	Функциональные возможности								
Мониторинг климата по субъектам РФ; состояние и тренды углеродного баланса и др. <a href="https://map.igse.ru/categories/3/">https://map.igse.ru/categories/3/</a> (по состоянию на октябрь 2024 г.)	ИТКЭ	Россия	Показатели климата, природных и хозяйственных систем в разрезе субъектов РФ	Leaflet, OSM	Нормы и тренды температуры и осадков; комплексная оценка загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий; загрязнение снежного покрова; потоки парниковых газов и параметры углеродного бюджета управляемых/природных экосистем; состояние и тренды опасных гидрометеорологических явлений	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>МОНИТОРИНГ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ</b>														
Космическая обсерватория: леса России из космоса <a href="http://carbon.cepl.rssi.ru/maps/">http://carbon.cepl.rssi.ru/maps/</a>	ЦЭПЛ РАН	Россия	Пулы углерода в лесных экосистемах	GeoServer, OpenLayers	Растительный покров; преобладающие породы; запас углерода; возраст; бонитет; запас стволевой древесины — ежегодные карты с 2001 по 2020 гг.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сеть мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах <a href="https://ritm-c.ru/results/monitoring-network/">https://ritm-c.ru/results/monitoring-network/</a>	ЦЭПЛ РАН	Россия	Полигоны интенсивного и экстенсивного уровня мониторинга	API Yandex Map	Точки полигонов мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах. Уровни мониторинга: экстенсивный, интенсивный I и II типов, биогеоценозы. Предоставление доступа к паспортам полигонов	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>														
Глобальный спутниковый мониторинг с/х VEGA-GEOGLAM <a href="http://vega.geoglam.ru">http://vega.geoglam.ru</a>	ИКИ РАН	Планета Земля	Дистанционный с/х мониторинг	Технологии ИКИ РАН (UNISAT, Geo-SMIS, Geo-ProCSMIS), Leaflet	Спутниковые данные: среднего и высокого разрешения, композитные и радиолокационные изображения, данные с МКС. Растительность: анализ состояния полей и растительности по районам, карты сельскохозяйственной растительности. Метеоданные. Картография. Анализ данных: цветовая коррекция изображений	+	+	+	+	+	+	+	+	Цветовая коррекция изображений. Наложение рельефа на карту. Оценка состояния с/х полей
Генетическое разнообразие борщевика Сосновского <a href="https://sites.google.com/view/sosn-dna-msu/karta-c-образцами">https://sites.google.com/view/sosn-dna-msu/karta-c-образцами</a>	Биологический факультет МГУ	Россия	Борщевик Сосновского	Leaflet, OSM	Год получения образца борщевика Сосновского	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Интерактивная обучающая платформа Российской Арктики <a href="http://interarctic.ru/map">http://interarctic.ru/map</a>	Европейский университет в Санкт-Петербурге	Арктическая зона РФ	Экологические показатели муниципальных образований	Marbox, OSM	В границах муниципальных образований статистика экологически рискованных предприятий; загрязняющих веществ; очищенных загрязнений в воздухе; загрязняющих веществ в воздухе	-	-	-	-	-	-	-	-	Возможность многолетнего мониторинга экологических показателей
ИС «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курилы» VolSatView <a href="http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru/static/index.sht">http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru/static/index.sht</a>	ИКИ РАН, ИВиС ДВО РАН, ВЦ ДВО РАН, ДЦ НИЦ «Планета»	Камчатский край, Сахалинская область	Вулканы Камчатки и Курил	Технологии ИКИ РАН (UNISAT, Geo-SMIS, Geo-ProCSMIS), Leaflet	Спутниковые данные: среднего и высокого разрешения, композитные и радиолокационные изображения, геостационарные данные. Тематические данные по вулканам: термальные аномалии, тепловые шлейфы, лавовые потоки и др. Моделирование тепловых шлейфов. Данные камер наблюдения. Метеоданные. Картография	+	+	+	+	+	+	+	+	Анализ данных: цветовая коррекция изображений

Продолжение табл. 1/ Continuation of the tab. 1

Название	Разработчик	Территория исследования	Объект исследования/ мониторинга	Компоненты геосервисов	Содержание карты	Функциональные возможности							
СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ													
Краевая ведомственная ИАС о состоянии окружающей среды <a href="http://www.krasesecology.ru/Operative/Radio">http://www.krasesecology.ru/Operative/Radio</a>	КГБУ «ЦРМПиООС»	Красноярский край	Негативное воздействие радиации на здоровье и жизнь населения	API Yandex Map	Места контроля и динамика изменения средних и максимальных значений мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения. Сводная информация о значении мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения	-	-	-	-	-	-	-	-
ООПТ <a href="https://gclink.com/XIFQ6X0w">https://gclink.com/XIFQ6X0w</a>	ООО «ORBIS»	Тюменская область	ООПТ	ORBISmap, JS API, Leaflet	ООПТ регионального и федерального значения	+	+	+	+	+	+	+	Выбор картографической основы
Раздельный сбор отходов <a href="https://gclink.com/QsMrtSg0">https://gclink.com/QsMrtSg0</a>	ЦСРИРСУ	Кировская область	Раздельный сбор отходов	Leaflet	Пункты приема вторичного сырья	+	-	+	+	-	+	+	Выбор картографической основы. Размещение карты на стороннем веб-ресурсе
Реестр зеленых насаждений <a href="https://gclink.com/UfwZCQrr">https://gclink.com/UfwZCQrr</a>	ООО «Info Click»	Калининград	Старовозрастные и редкие породы деревьев	Openlayers, 3Liz	Описание вида и основных параметров дерева, фотография	+	+	+	+	+	+	+	Размещение карты на стороннем веб-ресурсе
Реестр зеленых насаждений <a href="https://gclink.com/4RwvTT01">https://gclink.com/4RwvTT01</a>	ООО «ORBIS»	Тюмень	Зеленые насаждения	ORBISmap JS API, Leaflet	Высота, возраст, диаметр, порода, тип посадки, плотность зеленых насаждений	+	+	+	+	+	+	+	Выбор картографической основы
Цветущая Москва <a href="https://gclink.com/TLA5bC6">https://gclink.com/TLA5bC6</a>	Физическое лицо	Москва	Цветение растений	API Yandex Map	Описание цветущего растения и его местоположения	+	+	+	+	+	+	+	-
Маяк натуралиста <a href="https://vsempo.xyz/iaab/mayak/">https://vsempo.xyz/iaab/mayak/</a>	Лаборатория Сергея Голубева	Россия	Состояние окружающей среды	Leaflet, OSM	Система учета сообщений о состоянии окружающей среды, загрязнениях, хищниках, опасных природных процессах, природных явлениях, заболеваниях	+	-	-	-	-	-	-	Новостная лента о состоянии окружающей среды
СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА													
Смерчи в лесной зоне России <a href="https://tornado.gispsu.ru">https://tornado.gispsu.ru</a>	ПГНИУ	Россия	Смерчи, ветровалы	Leaflet, OSM, JavgMaps, GeoServer	Места фиксации смерчей, ветровалов	+	-	-	-	-	-	-	Фильтрация по типу явления, диапазону дат, региону. Интерактивные графики. Выбор карт. основы
Опасные явления погоды в ЦФО <a href="https://convective-storms.gispsu.ru/">https://convective-storms.gispsu.ru/</a>	ПГНИУ	ЦФО	КОЯП: шквалы, смерчи, крупные ливни	Leaflet, OSM, React, Geo-Server	Места фиксации случаев КОЯП	+	-	-	-	-	-	-	Фильтрация по типу явления, диапазону дат, субъекту РФ, источнику данных. Интерактивные графики. Русско- и англоязычный интерфейс

Продолжение табл. 1/ Continuation of the Tab. 1

Название	Разработчик	Территория исследования	Объект исследования/ мониторинга	Компоненты геосервисов	Содержание карты	Функциональные возможности								
						+	-	+	-	+	-	+	-	
Краевая ведомственная ИАС данных о состоянии окружающей среды <a href="http://www.krasesecology.ru/">http://www.krasesecology.ru/</a>	КГБУ «ЦРМП и ООС»	Красноярский край	Состояние атмосферного воздуха	API Yandex Map	Пункты контроля состояния атмосферного воздуха. Концентрации загрязняющих веществ	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Единая система экомониторинга Оренбургской области <a href="http://esomonitoring.orb.ru/map/">http://esomonitoring.orb.ru/map/</a>	АСУ ПРО	Оренбургская область	Состояние атмосферного воздуха	Leaflet, OSM	Температура воздуха. Концентрации загрязняющих веществ	+	-	+	-	-	-	-	-	Возможность выбора картографической основы
Погодно-климатические условия в Московском регионе <a href="https://carto.geogr.msu.ru/mosclim/">https://carto.geogr.msu.ru/mosclim/</a> (ссылка актуальна по состоянию на май 2024 г.)	НИВЦ и географический факультет МГУ	Москва и пригороды	Погодно-климатические условия	OpenLayers, VUE2	Оперативные и архивные данные с 2005 г.: значения температуры и влажности воздуха, давления, скорости ветра и облачности. Результаты их статистического анализа. Отображение показателей теплоощущения человека — биометеорологических индексов UTCI и PET	+	-	+	-	-	-	-	-	Интерактивные графики. Сравнение временных рядов метеостанций. Вычисление отклонения метеовеличин от среднего по региону фонового значения
Мониторинг качества окружающей среды <a href="https://green.tsu.ru/monitoring/">https://green.tsu.ru/monitoring/</a>	ОГБУ «Облкомприрода»	Томск и пригороды	Состояние атмосферного воздуха	Leaflet, OSM	Показатели качества воздуха: оксид углерода, диоксид азота, фенол, формальдегид, свинец, медь, бензол, бензапирен, водород хлористый, взвешенные частицы	+	-	+	-	-	-	-	-	Выбор картографической основы. Ветер: прогноз NCEP GFS
Мосэкомониторинг <a href="https://mosecom.mos.ru/karta/">https://mosecom.mos.ru/karta/</a>	Мосэкомониторинг	Москва	Состояние атмосферного воздуха	2GIS: MapGL JS API	Содержание в воздухе: оксид углерода/азота, метана, сероводорода, аммиака, диоксида азота/серы, озона приземного, взвешенных частиц PM10/PM2.5, бензола, нафталина, стирола, толуола, фенола, формальдегида	-	-	-	-	-	-	-	-	Выбор языка русский/английский
<b>ЛЕСОПАТОЛОГИЯ, ВОСПРОИЗВОДСТВО ЛЕСОВ, ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ</b>														
Интерактивная карта «Леса России» <a href="https://pub.figisik.gov.ru/map/">https://pub.figisik.gov.ru/map/</a> (по состоянию на октябрь 2024 г.)	ФГБУ «Рослесинфорг»	Россия	Лесные экосистемы	HTML, PHP, JavaScript, Leaflet	Государственный лесной реестр: характеристики лесов по целевому назначению; распределение площади лесов и запасов древесины по преобладающим породам и группам возраста и др. Границы субъектов РФ, лесничеств, ООПТ, питомников	+	-	+	-	+	+	+	+	Выбор картографической основы
ЛВПЦ России <a href="https://hcvfr.ru/maps/hcvf-russia">https://hcvfr.ru/maps/hcvf-russia</a>	ГК «СКАНЭКС»	Россия	Леса высокой природоохранной ценности	Leaflet	Лесохозяйственные границы. Леса высокой природоохранной ценности. ООПТ и редкие виды. Данные спутникового мониторинга (Sentinel-2, Landsat-8)	+	-	+	-	+	+	+	+	Размещение карты на стороннем веб-ресурсе. Выбор карт. основы
ИСДМ-Рослесхоз. Мониторинг ПО. Открытые данные <a href="https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml">https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml</a>	ИКИ РАН	Россия	Пожарная опасность	Технологии ИКИ РАН (UNISAT, Geo-SMIS, Geo-ProcSMIS), Leaflet	Административные границы, лесные и нелесные пожары, данные КМСС, покрытые лесом земли, видимый и инфракрасный MODIS, композит Landsat	-	-	+	-	+	+	+	-	-

Продолжение табл. 1/ Continuation of the tab. 1

Название	Разработчик	Территория исследования	Объект исследования/ мониторинга	Компоненты геосервисов	Содержание карты	Функциональные возможности												
						+	-	+	-	+	-	+	-					
Карта пожарной обстановки на ООПТ федерального значения <a href="https://sooi.mprigr.gov.ru/gis/projects/oopt/">https://sooi.mprigr.gov.ru/gis/projects/oopt/</a>	ГК «СКАНЭКС»	Россия	Пожарная опасность	Leaflet	Термочки на ООПТ. Термочки за 24 ч. Пожарная опасность. Границы ООПТ	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	Возможность указания на карте площадной зоны интереса. Выбор картографической основы	
Анализ плотности населения вблизи лесов <a href="https://dataLens.yandex/gkht26ix72l46?state=1565c00686">https://dataLens.yandex/gkht26ix72l46?state=1565c00686</a>	Филиал ФБУ ВНИИЛМ "Центр лесной пирологии"	Россия	Пожарная опасность	Yandex Data-Lens	Плотность населения и динамика численности населения в границах лесных районов и лесничеств	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Территориально-распределенная визуализация границы снежного покрова <a href="https://firescience.ru/project/sneg/info.html">https://firescience.ru/project/sneg/info.html</a>	Филиал ФБУ ВНИИЛМ "Центр лесной пирологии"	Россия	Пожарная опасность	Yandex Data-Lens	Граница снеговой линии в режиме реального времени на территории России. Высота снежного покрова представлена 5 категориями + 1 категория «нет данных»	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Лесные пожары <a href="https://map.yalao.ru/eks/forest_fires?frame=true">https://map.yalao.ru/eks/forest_fires?frame=true</a>	ГКУ «Ресурсы Ямала»	Ямало-Ненецкий АО	Пожарная опасность	Leaflet	Пожары официальные ИС ЯСЕНЬ 2023 г. Населенные пункты ЯНАО Границы муниципальных образований	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Выбор картографической основы	
Цифровое Приморье. Лесохозяйственное деление и незаконные рубки <a href="https://opendata.primorsky.ru/">https://opendata.primorsky.ru/</a>	Администрация губернатора Приморского края	Приморский край	Лесоустройство и лесопользование	Open MapTile-OSM	Незаконные рубки, ущерб, число инспекторов; изъятая техника; лесохозяйственное деление (кварталы, лесничества, участки лесничества)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
МОНИТОРИНГ ЖИВОТНОГО МИРА																		
Млекопитающие России <a href="https://rusmam.ru/atlas/map">https://rusmam.ru/atlas/map</a>	Термилогическое общество РАН	Россия	Млекопитающие	OpenLayers, OSM	Точки обнаружения млекопитающих. ООПТ	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Выбор картографической основы
Экообразование школьников. Исследование дождевых червей <a href="http://cepl.rssi.ru/science/projects/earthworms/">http://cepl.rssi.ru/science/projects/earthworms/</a>	ЦЭПЛ РАН	Россия	Дождевые черви	Leaflet, Mapbox, OSM	Точки обнаружения дождевых червей	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рыболовные участки ЯНАО <a href="https://map.yalao.ru/eks/Rybolovstvo">https://map.yalao.ru/eks/Rybolovstvo</a>	ГКУ «Ресурсы Ямала»	Ямало-Ненецкий АО	Рыболовные участки	Leaflet	Рыболовные участки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Выбор картографической основы



Продолжение табл. 1/ Continuation of the tab. 1

Название	Разработчик	Территория исследования	Объект исследования/ мониторинга	Компоненты геосервисов	Содержание карты	Функциональные возможности
Гидроэкологическая безопасность бассейна р. Селенга <a href="https://selenga.gispsu.ru/">https://selenga.gispsu.ru/</a>	ПГНИУ	Бассейн р. Селенга	Бассейн р. Селенга	Leaflet, OSM, GeoServer	Наблюдательная сеть: метеостанции, гидрологические посты. Бассейны рек: Селенги, частные бассейны рек. Опасные природные процессы: пострадавшие от наводнений НП, зоны затопления по данным Sentinel-2, потенциально опасные наледи, наледность, плотность овражно-балочной сети, типы селей и частота их проявления. Климатические и гидрологические параметры	Фильтрация по климатическим параметрам, периоду. Интерактивные графики стат. информации
Температура поверхности воды р. Енисей <a href="https://gis.krasn.ru/go/luuu">https://gis.krasn.ru/go/luuu</a>	ИВМ СО РАН	Часть р. Енисей	Температура поверхности воды	OpenLayers, GeoServer	Температура поверхности воды р. Енисей по спутниковым данным Landsat	Выбор картографической основы
<b>СОСТОЯНИЕ НЕДР</b>						
Цифровой двойник недр России. ГИС-Атлас «Недра России» <a href="https://mega.vsegei.ru/">https://mega.vsegei.ru/</a>	Геологический институт им. А.П. Карпинского	Россия	Недра	MapServer	Административно-территориальное и муниципальное деление, геология, минерально-сырьевая база, недропользование, геологические памятники и ООПТ, ГИС-пакеты оперативной информации, электронные справочники, международные проекты	Добавление векторных данных и внешнего ресурса по URL-адресу; аутентификация пользователей; картографическая основа — ЕЭКО РФ
Геопортал Югра <a href="https://ugra.crgu.ru">https://ugra.crgu.ru</a> (по состоянию на октябрь 2024 г.)	АУ «НАЦ РН им. В.И. Шпилльмана»	Ханты-Мансийский АО	Западно-Сибирская нефтегазовая провинция	OpenLayers, API Yandex Map, jQuery, jqGrid, jsTree	Лицензирование территорий. Геолого-разведочные работы. Использование природных ресурсов. Тектоническая карта. Нефтегеологическое районирование и структурный каркас Западно-Сибирской нефтегазовой провинции	Выбор объекта из списка и на карте

лученных средствами API; запрет скрытия и видоизменения на карте копирайта и логотипа Яндекса; запрет использования API для мониторинга и диспетчеризации; ограничение суточного лимита запросов к API.

Технология *Yandex.DataLens* используется для работы с большими объемами данных. Предоставляет пользователю возможность создавать инструменты визуализации и анализа пространственных данных из различных источников. В *Yandex.DataLens* реализована фильтрация, сортировка и группировка данных.

*Google Earth Engine* — облачная открытая онлайн-платформа для работы с большими объемами геопространственных данных — дистанционного зондирования Земли и тематическими наборами. Доступ к инструменту осуществляется посредством редактора кода *Earth Engine Code Editor* на основе языка программирования JavaScript [9]. *GEE* содержит архив общедоступных геопространственных данных *Earth Engine Data Catalog* — MODIS, Landsat, Sentinel, климатические, геофизические данные и др. Помимо этого, пользователи имеют возможность загружать собственные данные. Платформа предоставляет достаточно широкие функциональные возможности — от анализа спутниковых данных до применения методов машинного обучения.

Инструмент *Earth Engine Apps* позволяет разрабатывать и публиковать интерактивные веб-приложения, основанные на анализе геопространственных данных в *GEE*. Опубликованные приложения могут быть как общедоступными, так и созданными для ограниченного круга лиц.

Следует обратить внимание, что в проведенном обзоре российских геосервисов природоохранной тематики только один пример создан посредством *Earth Engine Apps*. В отечественных экологических исследованиях использование *GEE* пока не нашло широкого применения. В тоже время число зарубежных научных исследований, выполненных с использованием облачной платформы, увеличивается с каждым годом. В работе [10] проведен анализ географии публикаций с упоминанием *GEE*, показавший востребованность платформы среди ученых США (97 статей), Китая (96), Бразилии (26) и других стран.

Справочные материалы по работе с компонентами открытых технологий — Leaflet, OpenLayers, API Yandex. Map и Google Earth Engine представлены в табл. 2. По каждой технологии указаны поддерживаемые форматы векторных и растровых данных, проекции и доступные картографические основы, приведены ссылки на образовательные ресурсы, инструкции, документацию и примеры использования.

Функциональные возможности геосервисов природоохранной тематики были сгруппированы по шести направлениям (рис. 2). Как видно на диа-

грамме, наиболее часто реализованными функциями геосервисов являются: идентификация объектов на интерактивной карте (94 % примеров), фильтрация и поиск объектов (70 %), а также измерение длин, площадей, периметров и определение географических координат объектов на карте (64 %).

Одними из дополнительных часто реализованных возможностей геосервисов являются выбор картографической основы и размещение карты на стороннем веб-ресурсе — картографические мешапы (от англ. mashup). Различные виды анализа, редактирования и фильтрации пространственных данных, создание интерактивных статистических диаграмм и отчетов доступны на ограниченном числе геосервисов.

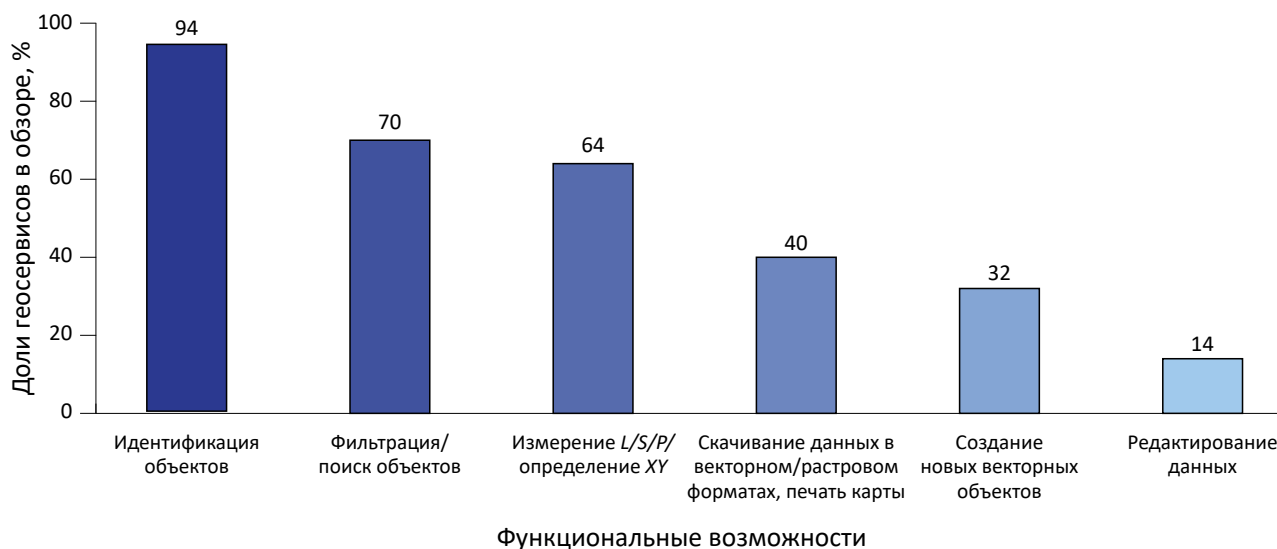
Проведенный обзор современных российских геосервисов природоохранной тематики показал, что наиболее полно функционал открытого ПО используют профессиональные команды разработчиков ряда научных (ИКИ РАН) и коммерческих (ООО «ORBIS», ГК «СКАНЭКС», ООО «NextGIS», ООО «ГрадоСервис») организаций. Так, Институтом космических исследований РАН разработана научная установка «BEGA-Science», входящая в состав Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» [11]. Примеры созданных на основе «BEGA-Science» тематических геосервисов спутникового мониторинга биосферы приведены в табл. 1. Геосервисы включают большой набор инструментов визуализации и комплексного анализа пространственных данных — цветовую коррекцию изображения, классификацию и сегментацию данных, алгебру изображений, структурный анализ и др. Особенностью «BEGA-Science» является наличие многолетних архивов спутниковых данных (NOAA, Terra, Aqua, Landsat, ENVISAT, Метеор М, Ресурс П, Канопус-В и др.) и получаемых на их основе тематических геопространственных продуктов, характеризующих состояние растительного покрова Северной Евразии. Обработка и анализ спутниковых данных выполняются посредством использования вычислительных ресурсов ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Среди геосервисов, созданных коммерческими организациями, выделим примеры компании «ORBIS» природоохранной тематики (см. табл. 1). Компания создала геоинформационную платформу ORBISmap для хранения, визуализации и управления пространственными данными в сети Интернет, входящую в реестр российского ПО. ORBISmap состоит из собственных разработок компании и свободного программного обеспечения. Платформа предоставляет достаточно широкие возможности по загрузке, публикации и визуализации пространственных данных, настройке прав доступа, подключению различных картографических основ, редактированию данных.

Табл. 2. Компоненты открытого геоинформационного ПО, используемого для создания геосервисов  
 Tab.2. Open source geoinformation software used to create geoservices

Компоненты ПО	Leaflet	OpenLayers	Yandex Map	GEE / Earth Engine Apps
Форматы данных	GeoJSON, KML, CSV, WKT, GPX, TopoJSON, WMS	XML, GML, KML, GeoRSS, JSON, GeoJSON, TopoJSON, WFS, WKT, Mapbox vector tiles	KML, GPX, YMapsML, XML	GeoTIFF, TFRecord, SHP, CSV
Проекции	EPSG: 4326, 3395, 3857	EPSG: 4326, 3857 С библиотекой proj4js дополнительные проекции	EPSG:3395	Проекции исходных данных
Картографические основы	Open Topo, Hydda, ESRI, NASA GIBS, OSM, ThunderForest, MapBox, CloudmadeOpenWeather	OSM, Google Map Tiles API, Bing, MapBox, Stadia Maps	Tiles API Yandex Map	Google Maps, Hybrid, OSM
Справочные материалы	Примеры использования <a href="https://github.com/Leaflet/Leaflet">https://github.com/Leaflet/Leaflet</a> Примеры кода <a href="https://kartena.github.io/Proj4Leaflet/">https://kartena.github.io/Proj4Leaflet/</a>	Официальная документация <a href="https://openlayers.org/doc/">https://openlayers.org/doc/</a> Примеры использования <a href="https://openlayers.org/en/latest/examples/">https://openlayers.org/en/latest/examples/</a> API <a href="https://openlayers.org/en/v8.1.0/apidoc/">https://openlayers.org/en/v8.1.0/apidoc/</a>	Tiles API <a href="https://yandex.ru/dev/tiles/doc/ru/">https://yandex.ru/dev/tiles/doc/ru/</a> Документация <a href="https://yandex.ru/dev/maps/jsapi/doc/">https://yandex.ru/dev/maps/jsapi/doc/</a> Примеры использования <a href="https://yandex.ru/dev/maps/jsbox/2.0/custom_search/">https://yandex.ru/dev/maps/jsbox/2.0/custom_search/</a>	Официальная документация <a href="https://developers.google.com/earth-engine/guides/ui_widgets">https://developers.google.com/earth-engine/guides/ui_widgets</a> Earth Engine Community Content <a href="https://developers.google.com/earth-engine/tutorials">https://developers.google.com/earth-engine/tutorials</a> Инструкция по созданию приложений от GEE <a href="https://developers.google.com/earth-engine/guides/apps">https://developers.google.com/earth-engine/guides/apps</a> Документация по созданию виджетов и панелей <a href="https://developers.google.com/earth-engine/guides/ui_widgets#uimaplayer">https://developers.google.com/earth-engine/guides/ui_widgets#uimaplayer</a> Примеры веб-приложений от Earth Engine Apps <a href="https://www.earthengine.app/">https://www.earthengine.app/</a>

Рис. 2. Функциональные возможности геосервисов  
 Fig. 2. Functionality of geoservices



L — длина, S — площадь, P — периметр, XY — координаты  
 L — length, S — square, P — perimeter, XY — coordinates

В тоже время отметим геосервисы, создаваемые при поддержке научных фондов (РФФИ, РГО, РФНФ) в рамках выполнения междисциплинарных исследований. Веб-ресурс конвективных опасных явлений погоды (КОЯП) в ЦФО, разработанный и поддерживаемый исследователями из Пермского государственного национально-исследовательского университета, предоставляет широкие функциональные возможности по фильтрации случаев КОЯП по типу явления, диапазону дат, субъекту РФ, источнику данных и получению детальной информации [12]. Помимо этого, на геосервисе реализована визуализация распределения случаев КОЯП в виде динамических интерактивных диаграмм. Аналогичными функциональными возможностями обладает веб-ГИС «Гидроэкологическая безопасность бассейна р. Селенги» [13].

Визуализация и анализ пространственных данных реализованы в картографическом веб-приложении для анализа метеорологических условий и термического комфорта в Московском мегаполисе «Mosclim 2.0» [8]. Приложение содержит интерактивные тематические инструменты анализа данных: расчет и отображение на карте статистических показателей метеовеличин (среднее, мин/макс и т. д.) за различные временные интервалы (сутки, месяц, год); построение графиков динамики метеовеличин; отображение отклонений метеовеличин от средних фоновых значений; выбор способа визуализации по исходным местоположениям или в форме интерполированных геополей.

**Пространственные данные**, опубликованные с помощью геосервисов, представлены в векторном и растровом форматах (см. табл. 1). В векторном формате размещены границы: ООПТ регионального и федерального значения, лесохозяйственного и административного деления различного масштабного уровня, рубок леса, бассейнов рек, охотничьих угодий и др. Точечные векторные данные содер-

жат очаги природных пожаров; места обнаружения представителей животного мира и фиксации опасных погодных явлений; пункты контроля состояния атмосферного воздуха и радиационного воздействия; объекты инфраструктуры и приема вторичного сырья.

В растровых форматах опубликованы спутниковые данные среднего и высокого разрешения, композитные и радиолокационные изображения, геостационарные данные. Помимо этого, размещены тематические карты различных характеристик лесных экосистем и агроландшафтов, состояния недр. Также в растровых форматах представлены результаты регионального моделирования пепловых шлейфов, численности и биомассы дождевых червей.

### Заключение

Современные геосервисы являются одним из важнейших средств представления и анализа геопро пространственной информации. Доступность информации геосервисов обеспечивает возможность ее использования широким кругом пользователей без предъявления специальных требований к программно-техническим средствам. В связи с этим за последние 5 лет наблюдается устойчивый тренд увеличения числа проектов природоохранной тематики, использующих геосервисы для представления полученных геопро пространственных результатов. Благодаря развитию открытых технологий Leaflet, OpenLayers, API Yandex.Map и Google Earth Engine расширенные функциональные возможности геосервисов при реализации междисциплинарных экологических исследований стали доступны не только крупным командам профессиональных разработчиков, но и малым научным группам. Перспективным направлением развития геосервисов в настоящее время является возможность осуществления анализа пространственных данных непосредственно в интерфейсе сервиса.

### Сокращения

АУ «НАЦ РН им. В.И. Шпильмана»	Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана
ВЦ ДВО РАН	Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН
ГЛР	Государственный лесной реестр
ДЦ НИЦ «Планета»	Дальневосточный Центр НИЦ «Планета»
ЕТРИС ДЗЗ Роскосмос	Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли
ИВМ СО РАН	Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН
ИВиС ДВО РАН	Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН
ИКИ РАН	Институт космических исследований РАН

КГБУ «ЦРМПиООС»	Краевое государственное бюджетное учреждение «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края»
НИВЦ МГУ	Научно-исследовательский вычислительный центр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
ОГБУ «Облкомприрода»	Областное государственное бюджетное учреждение «Областной комитет охраны окружающей среды и природопользования»
ПГНИУ	Пермский государственный национально-исследовательский университет
ЦСРИРисУ	Центр стратегического развития информационных ресурсов и систем управления
ЦЭПЛ РАН	Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

Исследование выполнено в рамках гранта РНФ № 23-24-00543 «Геопространственное моделирование сообществ дождевых червей Северо-Западного Кавказа методами машинного обучения».

#### Список источников

1. Лукина Н.В. Глобальные вызовы и лесные экосистемы // Вестник РАН. – 2020. – Т. 90. – № 6. – С. 528–532. DOI: 10.31857/S0869587320060080.
2. Потанин М.Ю. Веб-ГИС технологии: обзор основных направлений развития // Системный анализ в науке и образовании. – 2014. – № 2. – С. 43–52.
3. Хамедов В.А. Разработка цифрового сервиса предоставления информации об ООПТ // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 4. – № 2. – С. 211–217. DOI: 10.33764/2618-981X-2023-4-2-211-217.
4. Алексеенко Н.А., Кошкарев А.В., Курамагомедов Б.М., Медведев А.А. Геопорталы российских особо охраняемых природных территорий // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 5. – С. 34–46. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-947-5-34-46.
5. Плотникова А.С., Харитонова А.О., Ершов Д.В., Сочилова Е.Н. Опыт применения геоинформационных сервисов в экологических исследованиях лесных экосистем // Геодезия и картография. – 2021. – Т. 82. – № 12. – С. 34–45. DOI: 10.22389/0016-7126-2021-978-12-34-45.
6. Пивоварова О.В., Конищев Е.С. Оценка эффективности природоохранной деятельности в Российской Федерации: проблемы и перспективы // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27. – № 12. – С. 56–61. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-12-56-61.
7. Важнейший инновационный проект государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»: утв. распоряжением Правительства РФ от 29 октября 2022 г. № 3240-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/1mzFsrTbEhIX7QJkLOED80wn1rEDAMp.pdf> (дата обращения: 08.10.2024).
8. Варенцов М.И., Самсонов Т.Е., Шурыгина А.А., Каргашин П.Е., Ярынич Ю.И., Константинов П.И. Картографическое веб-приложение для анализа метеорологических условий и термического комфорта в Московском мегаполисе // ENVIROMIS 2022. Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды (Томск, 12–17 сентября 2022 г.). – Томск : Томский ЦНТИ, 2022. – С. 402–405.
9. Zhao Q., Yu L., Li X., Peng D., Zhang Y., Gong P. Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – No. 18. – 3778. DOI: 10.3390/rs13183778.
10. Amani M., Ghorbanian A., Ali Ahmadi S., Kakooei M., Moghimi A., Mirmazloumi S. M., Moghaddam S.H.A., Mahdavi S., Ghahremanloo M., Parsian S., Wu Q., Brisco B. Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing Big Data applications: a comprehensive review // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2020. – Vol. 13. – pp. 5326–5350. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
11. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Бриль А.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Миклашевич Т.С., Плотников Д.Е., Радченко М.В., Стыщенко Ф.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А., Хвостиков С.А., Ховратович Т.С. Система "Вега-Science": особенности построения, основные возможности и опыт использования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – № 6. – С. 9–31. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
12. Шихов А.Н., Абдуллин Р.К., Чернокульский А.В., Ажигов И.О., Ярынич Ю.И., Спрыгин А.А., Коренев Д.П. Создание картографической базы данных и веб-сервиса «Конвективные опасные метеорологические явления на территории Центрального федерального округа» // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27. – № 3. – С. 120–135. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-120-135.
13. Пьянков С.В., Гармаев Е.Ж., Абдуллин Р.К., Шихов А.Н., Аюржанаев А.А., Черных В.Н., Судницына Т.В. ГИС гидроэкологической безопасности бассейна р. Селенги: структура, информационное наполнение и функциональные возможности // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2023. – Т. 29. – № 1. – С. 88–103. DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-88-103.

#### References

1. Lukina N.V. Global'nye vyzovy i lesnye ehkositemy [Global challenges and forest ecosystems]. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk*. 2020;90(6):528–532. DOI: 10.31857/S0869587320060080.
2. Potanin M.Yu. Web-GIS technologies: main directions of development. *System analysis in science and education*. 2014;(2):43–52.

3. *Khamedov V.A.* Development of a digital service for providing information about protected areas. *InterExpo Geo-Siberia*. 2023;4(2):211–217. DOI: 10.33764/2618-981X-2023-4-2-211-217.
4. *Alekseyenko N.A., Koshkarev A.V., Kuramagomedov B.M., Medvedev A.A.* Geoportals of Russian nature's protected areas. *Geodezija i kartografija*. 2019;80(5):34–46. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-947-5-34-46.
5. *Plotnikova A.S., Kharitonova A.O., Ershov D.V., Sochilova E.N.* Using geoservices in researching the state of forest ecosystems. *Geodezija i kartografija*. 2021;82(12):34–45. DOI: 10.22389/0016-7126-2021-978-12-34-45.
6. *Pivovarova O.V., Konischev E.S.* Evaluation of the effectiveness of environmental activities in the Russian Federation: problems and prospects. *Ecology and industry of Russia*. 2023;27(12):56–61. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-12-56-61.
7. *Vazhneishii innovatsionnyi projekt gosudarstvennogo znacheniya «Edinaya natsional'naya sistema monitoringa klimaticheskii aktivnykh veshchestv»* [The most important innovative project of national importance "Unified national system for monitoring climate-active substances"]: approved by the Order of the Government of the Russian Federation of October 29, 2022 No. 3240-r. Available at: <http://static.government.ru/media/files/1mzFsrTbEhiiX7QJkLOED8Own1rEDAMp.pdf>, (accessed 08.10.2024).
8. *Varentsov M.I., Samsonov T.E., Shurygina A.A., Kargashin P.E., Yarinich Y.I., Konstantinov P.I.* Web-mapping application for analysis of meteorological conditions and thermal comfort in Moscow megacity. In: *ENVIROMIS 2022. International conference and early career scientists school on environmental observations, modeling and information systems (Tomsk, 12–17 September 2022)*. Tomsk: Tomskii TsNTI; 2022. pp. 402–405.
9. *Zhao Q., Yu L., Li X., Peng D., Zhang Y., Gong P.* Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. *Remote Sensing*. 2021;13(18):3778. DOI: 10.3390/rs13183778.
10. *Amani M., Ghorbanian A., Ali Ahmadi S., Kakooei M., Moghimi A., Mirmazloumi S. M., Moghaddam S. H. A., Mahdavi S., Ghahremanloo M., Parsian S., Wu Q., Brisco B.* Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing Big Data applications: a comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2020;13:5326–5350. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
11. *Loupian E.A., Proshin A.A., Bourtsev M.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Bril A.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Mazurov A.A., Marchenkov V.V., Matveev A.M., Miklashevich T.S., Plotnikov D.E., Radchenko M.V., Stytsenko F.V., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Khvostikov S.A., Khovratovich T.S.* Vega-Science system: design features, main capabilities and usage experience. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2021;18(6):9–31. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
12. *Shikhov A.N., Abdullin R.K., Chernokulsky A.V., Azhigov I.O., Yarinich Yu.I., Sprygina A.A., Korenev D.P.* Development of a GIS database and web service "Hazardous convective weather events on the territory of Central Federal District". *InterCarto. InterGIS*. 2021;27(3):120–135. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-120-135.
13. *Pyankov S.V., Garmaev E.ZH., Abdullin R.K., Shikhov A.N., Aurzhanaev A.A., Chernykh V.N., Sudnitsyna T.V.* GIS of hydrological and environmental safety of the Selenga river basin: structure, content and functionality. *InterCarto. InterGIS*. 2023;29(1):88–103. DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-88-103.

Статья поступила в редакцию 10.06.2024 г., одобрена после рецензирования 25.09.2024 г., принята к публикации 27.11.2024 г.  
The article was submitted 10.06.2024; approved after reviewing 25.09.2024; accepted for publication 27.11.2024.

### Информация об авторах

#### Плотникова Александра Сергеевна

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов  
Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН)  
117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32  
e-mail: plotnikova-as-cepl@yandex.ru  
ResearcherID: I-3073-2014  
Scopus Author ID: 57198744532  
SPIN-код: 6201-3856  
AuthorID: 532371

#### Хамедов Владимир Александрович

Кандидат технических наук, доцент  
Сибирский государственный университет геосистем  
и технологий  
630108 Новосибирск, ул. Плехановского, д. 10  
e-mail: khamedov.vladimir@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-9348-1568  
Scopus Author ID: 57188726276  
ResearcherID: F-6464-2018  
SPIN-код: 8892-1197  
AuthorID: 514411

### Information about authors

#### Alexandra S. Plotnikova

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian  
Academy of Sciences  
84/32, Profsouznaya str., Moscow, 117997, Russia  
e-mail: plotnikova-as-cepl@yandex.ru  
ResearcherID: I-3073-2014  
Scopus Author ID: 57198744532  
SPIN-код: 6201-3856  
AuthorID: 532371

#### Vladimir A. Khamedov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Siberian State University of Geosystems and Technologies  
10, Plakhotnogo str., Novosibirsk, 630108, Russia  
e-mail: khamedov.vladimir@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-9348-1568  
Scopus Author ID: 57188726276  
ResearcherID: F-6464-2018  
SPIN-код: 8892-1197  
AuthorID: 514411

**Архипцева Елена Александровна**

Инженер

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов  
Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН)

117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32

e-mail: lena.arkhitektseva@mail.ru

**Подольская Екатерина Сергеевна**

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов  
Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН)

117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32

e-mail: podols\_kate@mail.ru

SPIN-код: 1271-8446

AuthorID: 1086506

**Нарыкова Анна Николаевна**

Аспирант, младший научный сотрудник

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов  
Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН)

117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32

e-mail: narykovaanna@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-4855-3101

ResearcherID: CAJ-3230-2022

SPIN-код: 2351-5419

AuthorID: 1157422

**Алексеев Александр Борисович**

Аспирант

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов  
Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН)

117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32

e-mail: poxpo@mail.ru

SPIN-код: 5478-7648

AuthorID: 168403

**Elena A. Arkhitektseva**

Engineer

Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian  
Academy of Sciences

84/32, Profsouznaya str., Moscow, 117997, Russia

e-mail: lena.arkhitektseva@mail.ru

**Ekaterina S. Podolskaia**

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian  
Academy of Sciences

84/32, Profsouznaya str., Moscow, 117997, Russia

e-mail: podols\_kate@mail.ru

SPIN-код: 1271-8446

AuthorID: 1086506

**Anna N. Narykova**

Postgraduate, Research Assistant

Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian  
Academy of Sciences

84/32, Profsouznaya str., Moscow, 117997, Russia

e-mail: narykovaanna@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-4855-3101

ResearcherID: CAJ-3230-2022

SPIN-код: 2351-5419

AuthorID: 1157422

**Alexander B. Alekseev**

Postgraduate

Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian  
Academy of Sciences

84/32, Profsouznaya str., Moscow, 117997, Russia

e-mail: poxpo@mail.ru

SPIN-код: 5478-7648

AuthorID: 168403