

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.5>

**СЕРВИС МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ ГРУППИРОВКИ  
«АРКТИКА-М»**

Научная статья

**Маглинец Ю.А.<sup>1</sup>, Брежнев Р.В.<sup>2</sup>, Михалев А.С.<sup>3</sup>, Раевич К.В.<sup>4</sup>, Матюнин В.М.<sup>5,\*</sup>, Шатров Р.А.<sup>6</sup>, Антипова Е.А.<sup>7</sup>,  
Цибульский Г.М.<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9123-9281;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0001-6800-5244;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-8986-5953;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0003-2794-6026;

<sup>5</sup> ORCID : 0009-0009-2585-6570;

<sup>6</sup> ORCID : 0009-0001-6158-6231;

<sup>7</sup> ORCID : 0009-0007-1783-3980;

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (zxcinsanee[at]gmail.com)

**Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы анализа и разработки сервиса космического мониторинга лесных пожаров. Осуществлён обзор аналогичных систем, выполнен анализ требований, проектирование и программная реализация действующего макета системы. Разработанный сервис обеспечивает пользователей возможностью поиска растровых снимков и векторных контуров пожаров на заданную территорию. Сервис позволяет отображать спутниковые снимки и векторные контуры пожаров на карте, визуально задавать координаты нужной территории. Особенностью сервиса является возможность оперирования с данными уникальной космической группировки Арктика-М. Ключевым объектом исследования является получение и обработка спутниковых данных.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, лесные пожары, космический мониторинг, Арктика-М.

**NATURAL FIRE MONITORING SERVICE, BASED ON DATA FROM THE "ARCTIKA-M" SATELLITE  
CONSTELLATION**

Research article

**Maglinets Y.A.<sup>1</sup>, Brezhnev R.V.<sup>2</sup>, Mikhalev A.S.<sup>3</sup>, Raevich K.V.<sup>4</sup>, Matyunin V.M.<sup>5,\*</sup>, Shatrov R.A.<sup>6</sup>, Antipova E.A.<sup>7</sup>,  
Tsibul'skii G.M.<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9123-9281;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0001-6800-5244;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-8986-5953;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0003-2794-6026;

<sup>5</sup> ORCID : 0009-0009-2585-6570;

<sup>6</sup> ORCID : 0009-0001-6158-6231;

<sup>7</sup> ORCID : 0009-0007-1783-3980;

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

\* Corresponding author (zxcinsanee[at]gmail.com)

**Abstract**

The article examines the issues of analysis and development of space monitoring service of forest fires. The review of similar systems is carried out, requirements analysis, design and software implementation of the current system layout are performed. The developed service provides users with the possibility to search for raster images and vector fire contours for a given territory. The service allows to display satellite images and vector contours of fires on the map, visually set coordinates of the required territory. The special feature of the service is the possibility to operate with the data of the unique Arktika-M space constellation. The key object of the research is acquisition and processing of satellite data.

**Keywords:** Earth remote sensing, forest fires, space monitoring, Arktika-M.

**Введение**

Лесные пожары являются критической проблемой во многих частях мира, представляя собой значительную угрозу не только для природных экосистем, но и для жизни и имущества людей. В настоящее время существует ряд систем мониторинга природных пожаров по данным спутниковой съемки. Так, сервис NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System) [1] предоставляет актуальные данные о пожарах, которые позволяют оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации. NASA FIRMS является общедоступной и бесплатной системой для использования, предоставляя возможности получения информации о местоположении, интенсивности, распространению пожаров и доступ к архивным данным.

Европейским центром по лесным пожарам (EFCC) и Европейской комиссией разработана система мониторинга и информационная платформа EFFIS (European Forest Fire Information System) [2]. Она обеспечивает ежедневный мониторинг и контроль пожарной опасности в Европе и в районе Средиземного моря, включает в себя

метеорологические прогнозы и оценку развития ситуации до 6 дней [3]. Платформа формирует интерактивные карты, на которых отображается текущее положение лесных пожаров. Для каждого пожара предоставляется информация о его местоположении, интенсивности, размерах и степени контроля. Имеются инструменты фильтрации и поиска для настройки отображаемой информации.

К недостаткам указанных систем следует отнести англоязычный интерфейс, а также потенциальные риски отказа в их использовании в условиях существующей геополитической ситуации. Данным недостатком лишены разработки, созданные в Российской Федерации. Так, информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) [4] выполняет следующие основные задачи:

- сбор и хранение и обработка спутниковых данных, включая возможность работы с архивными данными;
- интеграцию результатов обработки спутниковых данных с информацией, полученной из других источников;
- представление результатов обработки данных пользователю в виде, удобном для анализа и принятия решений [5].

Однако ИСДМ-Рослесхоз, являясь ведомственной системой, имеет ограниченный доступ для пользователей.

Система оперативного мониторинга пожаров, разработанная в НИИ аэрокосмического мониторинга [6], позволяет просматривать актуальную карту пожаров на территории России, а также получать более подробную информацию о пожарах, такую как вероятность сильного лесного пожара по 100-балльной шкале, дата и время первого обнаружения, широта и долгота. Преимуществом представленной системы является ее общедоступность. К числу недостатков следует отнести отсутствие архивных данных о пожарной обстановке на территории России, что ограничивает её аналитические возможности. Кроме того, отсутствие дополнительной информации о площадях пожаров ограничивает возможности оценки масштабов возгораний и их динамики, а также отсутствие возможности просмотра спутниковых снимков уменьшает визуальную составляющую мониторинга природных пожаров.

Геоинформационный сервис «Карта пожаров» [7], разработанный группой компаний «СКАНЭКС», регулярно детектирует новые участки природных пожаров по всей России [8]. Данный сервис обеспечивает мониторинг лесных пожаров в режиме близком к реальному времени. Данные о пожарной обстановке представлены в виде контуров пожаров, горячих точек, а также информационной карточки с временем обнаружения пожара, координат, его площади и силе.

Преимуществом данного сервиса является его общедоступность. К недостаткам следует отнести отсутствие архивных данных о пожарной обстановке и спутниковых снимков, что ухудшает возможности визуального восприятия данных о природных пожарах.

Как следует из этого краткого рассмотрения, задачи организации информационных систем мониторинга лесных пожаров, в том числе, создаваемых на основе технологий импортозамещения, являются актуальными. Одним из потенциальных направлений исследования в упомянутой области является привлечение данных новых спутниковых систем, вводимых в эксплуатацию в РФ. Так, с целью изучения Арктики в дополнение к уже существующей спутниковой группировке метеорологического назначения на базе геостационарных аппаратов «Электро-Л» [9], создаётся перспективная группировка космических аппаратов «Арктика-М» на высокоэллиптических орбитах [10], в настоящее время группировка насчитывает два спутника, второй из которых введён в эксплуатацию весной 2024 года.

С позиций настоящего исследования, данная группировка представляет интерес в первую очередь тем, что, после окончания её формирования на орбите, она позволит получать оперативную информацию по ареалу распространения бореальных лесов на территории России на регулярной основе, с периодичностью, близкой к режиму реального времени. Уникальность исследования определяется тем, что в настоящее время как в российской, так и в зарубежной научной литературе не представлено разработок, позволяющих осуществлять мониторинг лесных пожаров по данным высокоэллиптической спутниковой съёмки. Анализируемые данные обладают определённой спецификой [11]. Прежде всего, это – широкая полоса обзора поверхности, которая составляет весь видимый диск Земли и часть околоземного космического пространства, что позволяет объективно оценивать различные условия, влияющие развитие пожара. При этом возможности детектирования ограничены низким пространственным разрешением: данные сенсора МСУ-ГС имеют пространственное разрешение в видимом диапазоне 1 км, в ИК-диапазоне – до 4,0 км, в зависимости от широты наблюдения.

### **Анализ требований к сервису мониторинга природных пожаров**

Сервис, создаваемый на кафедре «Системы искусственного интеллекта» в институте космических и информационных систем Сибирского федерального университета, предназначен для наблюдения природных пожаров на территории Сибири и Дальнего Востока. Природный пожар рассматривается как тепловая аномалия, которая может быть зарегистрирована как всплеск радиационной температуры в спектральном диапазоне 3,5 – 3,7 мкм (вплоть до 4,0 мкм).

Для сервиса выявлены следующие основные группы функциональных требований:

1. Ввод данных пользователем. Сервис должен предоставлять пользователю возможность вводить данные о дате, координатах, используемых спутниковых приборах, облачности и т.д. для получения информации о пожарной обстановке.

2. Получение спутниковых снимков и данных о пожарной обстановке. Должна быть реализована возможность запроса данных о пожарах и спутниковых снимков по API с учетом информации, введённой пользователем.

3. Визуализация данных на карте. Пользователю должна предоставляться возможность просмотра полученных спутниковых снимков и контуров пожаров на заданной территории.

К нефункциональным требованиям следует отнести обеспечение производительности, стандартной для такого рода систем, надёжности и доступности, позволяющих обеспечить возможность непрерывной эксплуатации в любое время суток для обеспечения оперативного реагирования при возникновении пожара, а также интуитивную понятность интерфейса пользователя и легким в его освоении.

На основе анализа требований получена диаграмма вариантов использования разрабатываемого сервиса, показанная на рисунке 1.

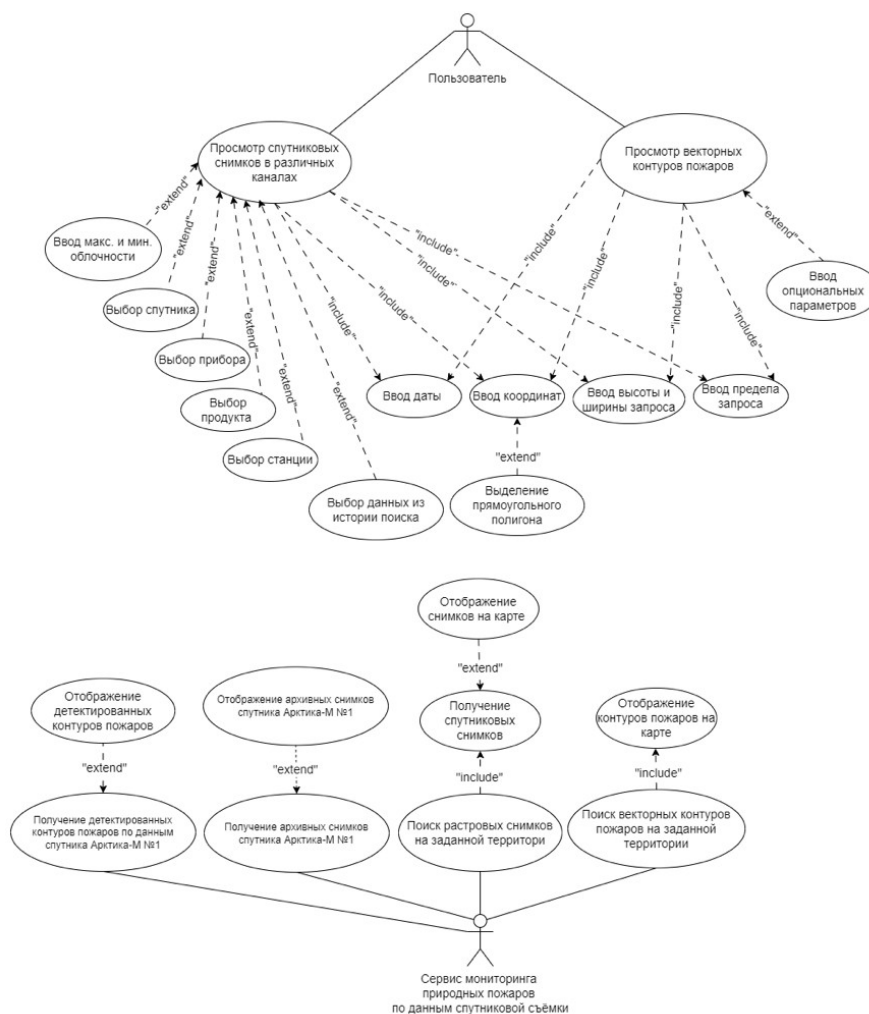


Рисунок 1 - Диаграмма вариантов использования

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.5.1>

### Архитектура системы и программная реализация

На диаграмме компонентов, изображённой на рисунке 2, описывается архитектура веб-приложения, развернутого на базе ОС Linux Ubuntu 20.4.

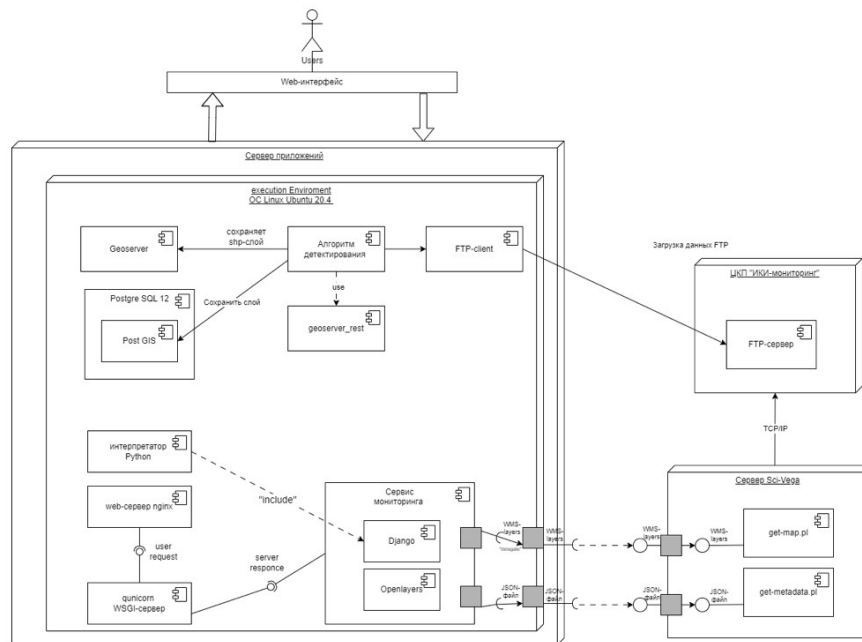


Рисунок 2 - Диаграмма компонентов  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.5.2>

Основные компоненты данной системы:

1. Веб-интерфейс пользователя. Графический интерфейс, предоставляющий диалоговые компоненты для взаимодействия пользователей с веб-сервером.
2. Сервер приложений включает в себя интерпретатор Python, веб-сервер Nginx, Gunicorn (WSGI-сервер) и сервис мониторинга, алгоритм детектирования, библиотека geoserver\_rest, Geoserver и БД PostGIS:
  - Интерпретатор Python задействован в обработке скриптов и координирует взаимодействие с другими элементами внутри сервера приложений.
  - Веб-сервер Nginx. Принимает запросы от пользователя и перенаправляет их на сервер приложений.
  - Gunicorn (WSGI-сервер). Передает запросы от Nginx к Django, действуя как шлюз между Nginx и Django.
  - Сервис мониторинга отвечает за обработку запросов от пользователя и поиск данных о пожарной обстановке на заданной территории, отображение карты подложки и картографических данных, полученных от сервиса Sci-Vega. Для работы с картой данный сервис использует библиотеку Openlayers. Также данный сервис использует библиотеку Django, которая является основным фреймворком для разработки системы, используемый для обработки логики веб-приложения.
  - Алгоритм детектирования использует библиотеку geoserver\_rest, и сохраняет полученные данные на Geoserver, и в базу данных PostGIS.
3. Сервис Sci-Vega. Включает в себя сервер для получения картографических данных (WMS-слои) и сервер для получения метаданных (JSON-файл).
4. Сервер FTP, на котором размещены фрагменты сцен в формате GeoTIFF.

#### Базовый сценарий работы сервиса

Для получения и отображения данных на сервисе пользователем задаются параметры запроса для поиска и отображения спутниковых снимков на заданной территории, они включают в себя координаты, дату, предел запроса, а также необязательные параметры, такие как выбор спутника, прибора, продукта, станции и ввод максимальной и минимальной облачности.

После на сервисе мониторинга формируется ссылка на основе введенных данных и отправляет запрос "GetMetaData" на веб-сервис Sci-Vega по адресу <http://sci-vega.ru/fap/toproxy/export/local>. Результатом выполнения запроса является структура, содержащая набор метаданных, отвечающих заданным критериям поиска. Типовой json запрос отображен на рисунке 4. Структура разбита на следующие секции:

- INFO - общая информация о результатах запроса;
- DATA – метаданные.

В секции INFO находятся следующие разделы:

1. query – информация о запросе, содержит следующие параметры:
  - previous – номер предыдущей порции метаданных;
  - next – номер следующей порции метаданных;
  - count – число сцен в порции;
  - first – номер первой сцены из общего списка в текущей порции;
  - estimated\_count – общее число сцен, полученных по запросу;
  - last – номер последней сцены из общего списка в текущей порции;

2. servers – информация о серверах, на которых находятся данные. Является служебной;

3. stations – информация о центрах приёма, с которых были получены данные.

Секция DATA представляет собой массив структур, описывающих каждую сцену. В структуре для каждой сцены находятся следующие разделы:

1. common – общие параметры для всей сцены:

– station – центр приёма, где она была получена;

– contour\_wkt – полигон в формате WKT, описывающий контур сцены;

– dt – дата и время сцены;

– corrected – флаг, прошла ли сцена дополнительную географическую коррекцию;

– contour – координаты углов сцены в формате lon1, lat1, ..., lon4, lat4;

– satellite – идентификатор КА, с которого была получена сцена;

– device – идентификатор прибора, с которого была получена сцена;

2. products – параметры продуктов, имеющихся для этой сцены:

– идентификатор продукта – идентификатор типа продукта:

– server – сервер, на котором хранится продукт;

– id – уникальный идентификатор продукта;

– center – центр хранения, в котором хранится продукт.

```
"INFO" : {"project": "fap..."},
"DATA" : [
  {
    "common" : {
      "station" : "USGS",
      "daynight" : "unknown",
      "satellite" : "LANDSAT 8",
      "dt" : "2021-05-03 05:10:48",
      "device" : "OLI_TIRS"
    },
    "products" : {
      "v_pan" : {
        "id" : "21050305104823270610",
        "product" : "source_pan",
        "server" : "nffc_hrsatdb"
      }
    }
  }
]
```

Рисунок 3 - Пример типового JSON-файла  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.5.3>

Для того чтобы отобразить спутниковый снимок на заданной территории, необходимо сформировать запрос "GetMap" на веб-сервис Sci-Vega. Ссылка формируется следующим образом. Берутся параметры из предыдущего запроса, а также уникальный идентификатор продукта (id) из JSON-файла, в соответствии со снимком, который необходимо отобразить.

В результате выполнения запроса "GetMap" на карте подложке отобразится спутниковый снимок на заданной территории. Пример полученного спутникового снимка приведен на рисунке 5.

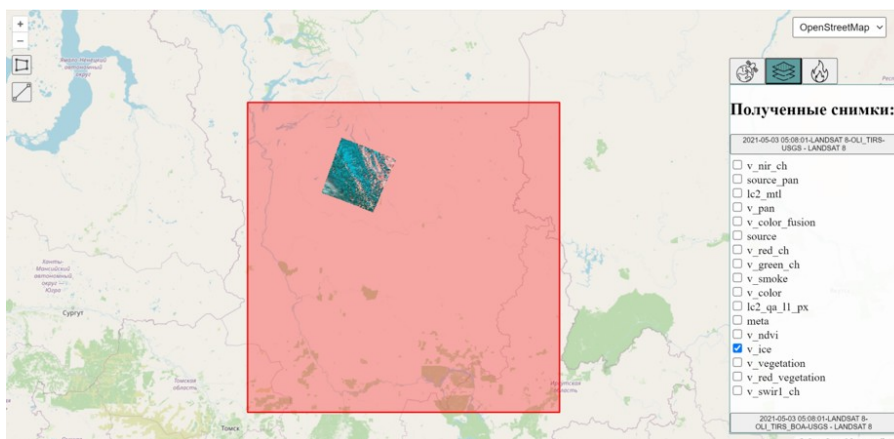


Рисунок 4 - Пример полученного спутникового снимка  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.5.4>

Для получения и отображения контуров пожаров необходимо также задать координаты, дату, а также опциональные параметры. На основе введенных параметров на сервисе мониторинга формируется WMS-слой. Далее создается запрос к веб-сервису Sci-Vega, используя извлеченные параметры, чтобы получить векторный слой с контурами пожаров. Пример полученного контура можно наблюдать на рисунке 6.

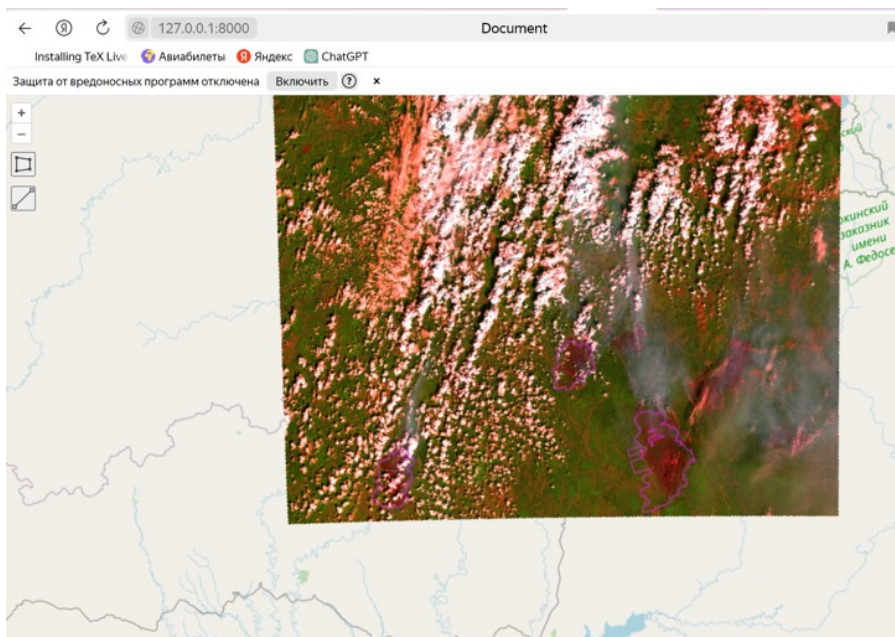


Рисунок 5 - Пример полученного контура пожара  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.5.5>

### Заключение

В работе представлены результаты разработки и апробации сервиса мониторинга природных пожаров по данным спутниковой съемки, позволяющей обеспечить заинтересованных пользователей свободным доступом к оперативному мониторингу пожарной обстановки. Сервис разработан на кафедре «Системы искусственного интеллекта» в институте космических и информационных систем Сибирского федерального университета,

Выполнен комплекс задач, который включал в себя выявление и анализ требований, проектирование и программную реализацию. Для реализации сервиса подобран технологический стек программных средств, обеспечивающих эффективную и надежную разработку. Основой для Backend-разработки выбран Django Framework. Для разработки интерфейса веб-приложения использованы стандартные технологии: HTML5 для разметки веб-страниц, CSS для стилизации и оформления элементов, а также JavaScript для программирования взаимодействия с пользователем и обеспечения динамичности интерфейса. Для реализации функциональности по отображению карт и работы с геоданными использована библиотека OpenLayers.

Сервис предоставляет пользователям возможность визуального задания координат нужной территории; предоставляет интерфейс для выбора и отображения спутниковых снимков и векторных контуров пожаров на карте, позволяя пользователям переключаться между различными типами данных и настраивать их отображение в соответствии с собственными предпочтениями. Особенностью сервиса является возможность оперирования с данными уникальной космической группировки Арктика-М.

**Финансирование**

Исследование осуществлено при поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках проекта «Цифровая импортозамещающая технология обнаружения лесных пожаров на основе использования уникальной российской спутниковой группировки Арктика-М с последующей интеграцией с системой ИСДМ-Рослесхоз» (№ 2023031409613). Работы поддержаны из средств гранта в форме субсидии Научно-образовательного центра «Енисейская Сибирь» № 075-15-2023-620 от 29 августа 2023 г.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Funding**

The research was supported by the Krasnoyarsk Regional Fund of Science and Technology Support as part of the project "Digital import-substituting technology for forest fire detection based on the use of the unique Russian satellite constellation Arktika-M with subsequent integration with the ISRM-Rosleskhos system" № 2023031409613. The work was supported by a grant from the "Yenisei Siberia" Research and Education Centre № 075-15-2023-620 dated 29 August 2023.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. NASA Fire Information for Resource Management System. — URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs;@0.0,0.0,3.0z> (accessed: 15.09.24).
2. European Forest Fire Information System EFFIS. — URL: [https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis\\_current\\_situation/](https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis_current_situation/) (accessed: 15.09.24).
3. СКАНЭКС // Международный опыт применения данных дзз в сфере лесного хозяйства. — URL: [https://www.scanex.ru/upload/pdf/Международный%20опыт%20применения%20данных%20ДЗЗ%20в%20сфере%20лесного%20хозяйства%20\(Европейский%20союз\).pdf](https://www.scanex.ru/upload/pdf/Международный%20опыт%20применения%20данных%20ДЗЗ%20в%20сфере%20лесного%20хозяйства%20(Европейский%20союз).pdf) (дата обращения: 15.09.24).
4. ИСДМ-Рослесхоз. — URL: <https://aviales.ru/default.aspx?textpage=117> (дата обращения: 15.09.24).
5. Ершов Д.В. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров / Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин, Е.А. Лупян [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2004. — Выпуск 1. — Т. 1. — С. 47–57.
6. НИИ «Аэрокосмос». — URL: [http://www.aerocosmos.info/emergency\\_search/](http://www.aerocosmos.info/emergency_search/) (дата обращения: 15.09.24).
7. Карта пожаров. — URL: <http://pro.fires.ru/> (дата обращения: 15.09.24).
8. СКАНЕКС. — URL: <https://www.scanex.ru/company/news/startovala-aktsiya-na-podpisku-na-servis-karta-pozharov-rgo-/> (дата обращения: 15.09.24).
9. Баканас Е.С. Опыт эксплуатации КА Электро-Л №2 и №2 – результаты оценки качества видеoinформации / Е.С. Баканас, Т.И. Бахмет, Л.К. Кочубей [и др.] // Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». — Москва : ИКИ РАН, 2022. — С. 126. — DOI: 10.21046/20DZZconf-2022a.
10. Бурцев М.А. Развитие системы диспетчеризации, управления и контроля обработки данных КА «Электро-Л» и «Арктика-М» для работы с объединённой группировкой / М.А. Бурцев, А.А. Прошин, И.Г. Сычугов [и др.] // Материалы 18-ой Всероссийской Открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 16-20 ноября 2020. — ИКИ РАН, 2020. — 70 с. — DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.
11. Бурцев М.А. Организация работы с данными КА «Арктика-М» №1 в рамках ОСД НИЦ «Планета» / М.А. Бурцев, А.А. Мазуров, А.А. Бриль [и др.] // Материалы 19-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». — Москва : ИКИ РАН, 2021.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. NASA Fire Information for Resource Management System. — URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs;@0.0,0.0,3.0z> (accessed: 15.09.24).
2. European Forest Fire Information System EFFIS. — URL: [https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis\\_current\\_situation/](https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis_current_situation/) (accessed: 15.09.24).
3. SKANJeKS [SCANEX] // Mezhdunarodnyj opyt primeneniya dannyh dzz v sfere lesnogo hozjajstva [International experience in the application of remote sensing data in the field of forestry]. — URL: [https://www.scanex.ru/upload/pdf/Международный%20опыт%20применения%20данных%20ДЗЗ%20в%20сфере%20лесного%20хозяйства%20\(Европейский%20союз\).pdf](https://www.scanex.ru/upload/pdf/Международный%20опыт%20применения%20данных%20ДЗЗ%20в%20сфере%20лесного%20хозяйства%20(Европейский%20союз).pdf) (accessed: 15.09.24). [in Russian]
4. ISDM-Rosleshos [Information system for remote monitoring of forest fires of the Federal Forestry Agency]. — URL: <https://aviales.ru/default.aspx?textpage=117> (accessed: 15.09.24). [in Russian]
5. Yershov D.V. Rossijskaja sistema sputnikovogo monitoringa lesnyh pozharov [Russian satellite monitoring system for forest fires] / D.V. Yershov, G.N. Korovin, E.A. Lupyan [et al.] // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]. — 2004. — Issue 1. — Vol. 1. — P. 47–57. [in Russian]

6. НИИ «Аерокосмос» [Aerospace Research Institute]. — URL: [http://www.aerocosmos.info/emergency\\_search/](http://www.aerocosmos.info/emergency_search/) (accessed: 15.09.24). [in Russian]
7. Karta pozharov [A map of fires] — URL: <http://pro.fires.ru/> (accessed: 15.09.24). [in Russian]
8. СКАНЕКС [SCANEX]. — URL: <https://www.scanex.ru/company/news/startovala-aktsiya-na-podpisku-na-servis-karta-pozharov-pro-/> (accessed: 15.09.24). [in Russian]
9. Bakanas E.S. Opyt jekspluatatsii KA Jelektro-L №2 i №3 – rezul'taty ocenki kachestva videoinformatsii [Operational experience of Electro-L spacecraft №2 and №3 – results of video information quality assessment] / E.S. Bakanas, T.I. Bakhmet, L.K. Kochubey [et al.] // Materialy 20-j Mezhdunarodnoj konferencii "Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa" [Proceedings of the 20th International Conference "Modern problems of remote sensing of the Earth from space"]. — Moscow : IKI RAS, 2022. — P. 126. — DOI: 10.21046/20DZZconf-2022a. [in Russian]
10. Burtsev M.A. Razvitie sistemy dispetcherizatsii, upravlenija i kontrolja obrabotki dannyh KA "Jelektro-L" i "Arktika-M" dlja raboty s ob#edinjonnoj gruppirovkoj [Development of the dispatching, management and control system for data processing of the Electro-L and Arktika-M spacecraft for working with the combined group] / M.A. Burtsev, A.A. Proshin, I.G. Sychugov [et al.] // Materialy 18-oj Vserossijskoj Otkrytoj konferencii Vserossijskoj Otkrytoj konferencii "Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa". 16-20 nojabrja 2020 [Materials of the 18th All-Russian Open Conference "Modern problems of remote sensing of the Earth from space". November 16-20, 2020]. — ICI RAS, 2020. — 70 p. — DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a. [in Russian]
11. Burtsev M.A. Organizacija raboty s dannymi KA "Arktika-M" №1 v ramkah OSD NIC "Planeta" [Organization of work with the data of the Arctic-M spacecraft №1 within the framework of the OSD of the SIC Planeta] / M.A. Burtsev, A.A. Mazurov, A.A. Bril [et al.] // Materialy 19-j Mezhdunarodnoj konferencii "Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa" [Proceedings of the 19th International Conference "Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from space"]. — Moscow : IKI RAS, 2021. [in Russian]