

Научная статья

Original article

УДК 528.87

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_12_290

edn: RIORPR

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАВОДКОВОЙ
СИТУАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**
**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF RESEARCHING THE FLOOD
SITUATION USING EARTH REMOTE SENSING DATA**



Далбараев Ариан Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Экспертиза, управление и кадастр недвижимости», инженерно-технический институт, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, E-mail: arian0000@yandex.ru

Dalbaraev Arian Sergeevich, senior lecturer of the Department «Expertise, Management and Cadastre of real estate», Engineering and Technical Institute, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova", Yakutsk, E-mail: arian0000@yandex.ru

Аннотация. Дистанционное зондирование Земли играет важную роль в оперативном мониторинге и прогнозировании паводков. Спутниковые данные позволяют охватывать большие территории и быстро выявлять зоны затопления, а также оценивать масштаб происшествия, что особенно актуально для труднодоступных регионов. Ключевое преимущество дистанционного зондирования заключается в возможности получения данных независимо от погодных условий и времени суток. Например, радарные системы способны проводить съемку сквозь облачность и в ночное

время, что особенно полезно при стремительном развитии паводков. Сенсоры различных типов на спутниках предоставляют возможность не только фиксировать площадь затопления, но и анализировать уровень воды в реках и водохранилищах, исследовать влажность почвы и состояние растительности.

Abstract. Remote sensing plays a vital role in the rapid monitoring and forecasting of floods. Satellite data allows for the coverage of large areas, the rapid identification of flood zones, and the assessment of the scale of an event, which is especially important in hard-to-reach regions. A key advantage of remote sensing is the ability to obtain data regardless of weather conditions or time of day. For example, radar systems can image through cloud cover and at night, which is particularly useful during rapidly developing floods. Various types of satellite sensors make it possible not only to record flooded areas but also to analyze water levels in rivers and reservoirs, as well as soil moisture and vegetation conditions.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, космический снимок, паводок, спутники

Keywords: remote sensing, space imagery, flood, satellites

Весенние паводки для Якутии являются одной из главных сезонных проблем. Особую актуальность эта проблема приобретает для населенных пунктов, расположенных в поймах рек и низменных территориях. Традиционные методы мониторинга паводков, основанные на данных гидрологических постов и наземных наблюдений, зачастую оказываются недостаточно эффективными из-за ограниченного территориального охвата и высокой трудоемкости сбора информации. В этих условиях применение технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) открывает новые возможности для оперативного и точного мониторинга паводковых ситуаций.

Современное правовое регулирование в сфере дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляет собой сложную многоуровневую систему, включающую международные соглашения, национальное законодательство и ведомственные нормативные акты. Формирование этой системы обусловлено стремительным развитием космических технологий и возрастающей ролью спутниковых данных в решении задач мониторинга окружающей среды, прогнозирования чрезвычайных ситуаций и управления природными ресурсами.

В Российской Федерации правовая база в области ДЗЗ формируется на основе нескольких ключевых законодательных актов. Фундаментальное значение имеет закон Российской Федерации от 20.08.1993 г. № 5669-І «О космической деятельности», который определяет правовые основы организации и осуществления космической деятельности, включая дистанционное зондирование Земли. Закон устанавливает порядок лицензирования деятельности по ДЗЗ, регулирует вопросы распространения получаемых данных и закрепляет полномочия государственных органов в этой сфере [1].

Также одним из ключевых является Федеральный закон от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», который наблюдает за соблюдением обязательных требований. Вместе с этим указывает основную цель деятельности о ДЗЗ из космоса, их задачи [2].

Важную роль в правовом регулировании играет Федеральный закон от 19.07.1998 г. № 113-ФЗ "О гидрометеорологической службе", который регламентирует использование данных ДЗЗ для гидрометеорологических наблюдений и мониторинга окружающей среды. Этот закон предусматривает создание единой государственной системы информации о состоянии окружающей среды, где данные дистанционного зондирования занимают центральное место [3].

В Российской Федерации нормативно-правовая база в области ДЗЗ регулируется федеральными законами, постановлениями правительства и ведомственными актами, которые определяют порядок использования данных для мониторинга природных процессов. Основным законодательным актом для этого является Федеральный закон №149-ФЗ от 27 июля 2006 года «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», который устанавливает принципы доступа к геопространственным данным, включая данные ДЗЗ. Закон закрепляет право государственных органов и организаций использовать такие данные для обеспечения безопасности, в том числе при мониторинге паводков.

Предоставлением данных ДЗЗ регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.08.2019 г. № 1087 «Об утверждении Положения о порядке и особенностях предоставления данных дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемых с космических аппаратов» [4]. Это положение регулирует порядок и особенности предоставления данных ДЗЗ из космоса, получаемых с космических аппаратов, созданных за счет средств физических и юридических лиц и не относящихся к государственным космическим аппаратам. Данные, полученные с космических аппаратов, классифицируются по величине пространственного разрешения представленных в таблице 1:

Таблица 1. Классификация пространственного разрешения

Градация данных ДЗЗ из космоса	Величина пространственного разрешения (метров)
Сверхвысокое	менее 1
Высокое	от 1 до 10
Среднее	от 10 до 100
Низкое	от 100 до 1000
Сверхнизкое	от 1000

Современные технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляют уникальные возможности для мониторинга и анализа

паводковых ситуаций. Многообразие доступных спутниковых данных и методов их обработки позволяет решать широкий спектр задач – от оперативного обнаружения зон затопления до долгосрочного прогнозирования паводковых рисков.

Для мониторинга паводков используются как оптические, так и радиолокационные спутниковые данные. Оптические спутники (Sentinel-2, Landsat 8/9) обеспечивают высокое пространственное и спектральное разрешение, что позволяет точно выделять водные объекты, анализировать состояние почвы и растительности. Однако их эффективность снижается при облачности и в ночное время.

Радиолокационные спутники (Sentinel-1, RADARSAT-2) работают в микроволновом диапазоне и способны получать данные независимо от погодных условий и времени суток. Радиолокационные снимки особенно эффективны для выделения затопленных территорий, так как вода резко отличается по отражательной способности от других типов поверхности [5,6].

Современные подходы к мониторингу можно разделить на три основные группы:

1. Оперативное обнаружение зон затопления
2. Оценка масштабов и динамики паводка
3. Прогнозирование развития паводковой ситуации

Quantum GIS (QGIS) представляет собой мощную геоинформационную систему с открытым исходным кодом, которая была выбрана в качестве основного инструмента для обработки данных дистанционного зондирования в рамках данного исследования [7]. Для дальнейшей работы были выбран снимок, доступный для общего пользования с пространственным разрешением не выше 50 см на пиксель. Объектом исследования является село Кысыл-Деревня – это сельский населенный пункт (село) в Хатын-Арынском наслеге Намского улуса в Республике Саха (Якутия), России,

расположенный в 8 километрах от улусного центра с. Намцы, административного центра района, и в 3 километрах от с. Аппаны, административного центра наслега (рисунок 1).



Рисунок 1. Спутниковый снимок села Кысыл-Деревня 2024 г.

Село включает 79 участков индивидуальной застройки. Основные объекты инфраструктуры – жилые дома, фельдшерский пункт, многофункциональный центр, детский сад. Анализ в QGIS показал, что 30 – 40% территории села находятся в зоне риска затопления, особенно участки домов, находящиеся в низменной части села высотой до 7 м над уровнем реки.

Для анализа паводковой ситуации использовался спутниковый снимок, полученные в 2024 году, охватывающий весенний паводковый сезон, который является наиболее критичным для Якутии из-за интенсивного снеготаяния и сезонных осадков. Снимок был выбраны с учетом высокого пространственного разрешения (менее 10 м), что позволило детально картировать границы затопленных территорий. Основными источникам данных стали спутники Sentinel-2 (оптические данные с разрешением 10 м для видимых и ближних ИК каналов) и Sentinel-1 (радиолокационные данные с разрешением 5×20 м в режиме Interferometric Wide swath).

В QGIS выполнялась предварительная обработка, включая геометрическую коррекцию с использованием системы координат WGS 84/Pseudo-Mercator и устранение облачного покрова для Sentinel-2 с помощью алгоритма Dark Object Subtraction (DOS), реализованного через плагин Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Для Sentinel-1 применялся Lee-фильтр в модуле GRASS (r.neighbors) для подавления шума и анализа обратного рассеяния, что позволило выделить водные поверхности под растительным покровом.

Для анализа динамики паводков применялся метод сравнения одновременных снимков, который позволил выявить изменения в площади и конфигурации затопленных территорий по годам. Автоматизация процессов осуществлялась с использованием Python-скриптов в PyQGIS, что сократило время обработки данных на 35% по сравнению с ручным анализом. Результаты анализа визуализировались в виде картографических материалов.

По сформированной цифровой модели местности населенного пункта в момент максимального уровня воды в 2024 году, показала, что площадь затопления составила 725 455,65 м².

Интеграция данных ДЗЗ с ЦМР показала, что паводковые воды распространялись на высоту до 7 м над уровнем реки, что привело к затоплению значительной части сельскохозяйственных угодий и 7 участков домов в границе села. По данным сводок по затопленным населенным пунктам по состоянию на 22.05.2024 г. (Министерство экологии Якутии), в с. Кысыл-Деревня было затоплено 13 дворовых территорий, 5 жилых домов, где проживают 65 человек (рисунок 2).

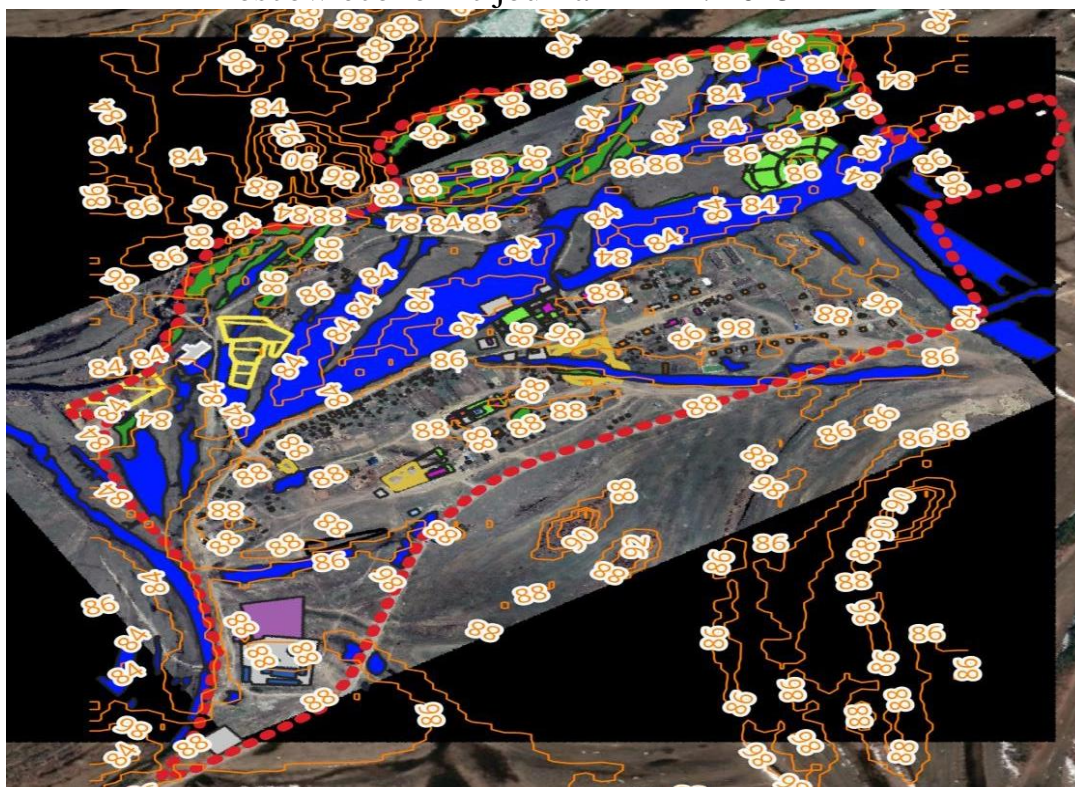


Рисунок 2. Цифровая модель населенного пункта Кысыл-Деревня

Исследование подчеркивает важность интеграции ДЗЗ и ЦМР для местного мониторинга паводков, особенно в условиях Якутии, где облачность и удаленность территорий затрудняют наземные наблюдения. Перспективы дальнейших исследований связаны с внедрением алгоритмов машинного обучения для прогнозирования паводков, использованием данных новых спутниковых миссий и установкой автоматических гидрологических станций для верификации данных ДЗЗ. Развитие таких подходов позволит создать комплексную систему управления паводковыми рисками, обеспечивая безопасность населения и устойчивое развитие села Кысыл-Деревня.

Список источников

1. Закон РФ от 20 августа 1993 г. N 5669-1 "О космической деятельности" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: справочно-правовая система / Компания «Консультант плюс». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_3219/ (дата

обращения: 01.06.2025).

2. Закон РФ от 31 июля 2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (последняя редакция) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: справочно-правовая система / Компания «Консультант плюс». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 18.04.2025).
3. Закон РФ от 19 июля 1998 № 113-ФЗ «О гидрометеорологической службе» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Гарант.ру информационно-правовой портал / Компания «Гарант-сервис». Режим доступа: <https://base.garant.ru/12112455/> (дата обращения: 01.06.2025).
4. Постановление Правительства РФ от 24.08.2019 № 1087 «Об утверждении Положения о порядке и особенностях предоставления данных дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемых с космических аппаратов» [Электронный ресурс] // Гарант.ру информационно-правовой портал / Компания «Гарант-сервис». Режим доступа: <https://base.garant.ru/72651442/> (дата обращения: 13.04.2025).
5. Saim, A. Al. Fusion-Based Approaches and Machine Learning Algorithms for Forest Monitoring: A Systematic Review / A. Al. Saim, M. H. Aly // Wild. – 2025. – Vol. 2, No. 1. – P. 7. – DOI 10.3390/wild2010007. – EDN NYETXG.
6. Мониторинг паводков на основе дистанционного зондирования Земли / Л. Г. Павлова, Д. А. Шаймарданов, А. Ф. Атнабаев, Д. И. Мухаметов // Бюллетень науки и практики. – 2024. – Т. 10, № 7. – С. 82-85. – DOI 10.33619/2414-2948/104/11. – EDN QLEAWT.
7. Quantum GIS Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qgis.org/en/docs/index.html> (дата обращения: 01.06.2025).

References

1. Zakon RF ot 20 avgusta 1993 g. N 5669-I O kosmicheskoy deyatel`nosti (s izmeneniyami i dopolneniyami) [E`lektronny`j resurs] // Konsul`tant Plyus:

spravochno-pravovaya sistema / Kompaniya «Konsul'tant plyus». Rezhim dostupa: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_3219/ (data obrashheniya: 01.06.2025).

2. Zakon RF ot 31 iyulya 2020 № 248-FZ «O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i municipal'nom kontrole v Rossijskoj Federacii» (poslednyaya redakciya) [E`lektronny`j resurs] // Konsul'tant Plyus: spravochno-pravovaya sistema / Kompaniya «Konsul'tant plyus». Rezhim dostupa: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (data obrashheniya: 18.04.2025).

3. Zakon RF ot 19 iyulya 1998 № 113-FZ «O gidrometeorologicheskoy sluzhbe» (s izmeneniyami i dopolneniyami) [E`lektronny`j resurs] // Garant.ru informacionno-pravovoj portal / Kompaniya «Garant-servis». Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/12112455/> (data obrashheniya: 01.06.2025).

4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 24.08.2019 № 1087 «Ob utverzhdenii Polozheniya o poryadke i osobennostyax predostavleniya danny`x distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, poluchaemy`x s kosmicheskix apparatov» [E`lektronny`j resurs] // Garant.ru informacionno-pravovoj portal / Kompaniya «Garant-servis». Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/72651442/> (data obrashheniya: 13.04.2025).

5. Saim, A. Al. Fusion-Based Approaches and Machine Learning Algorithms for Forest Monitoring: A Systematic Review / A. Al. Saim, M. H. Aly // Wild. – 2025. – Vol. 2, No. 1. – P. 7. – DOI 10.3390/wild2010007. – EDN HYETXG.

6. Monitoring pavodkov na osnove distancionnogo zondirovaniya Zemli / L. G. Pavlova, D. A. Shajmardanov, A. F. Atnabaev, D. I. Muxametov // Byulleten` nauki i praktiki. – 2024. – T. 10, № 7. – S. 82-85. – DOI 10.33619/2414-2948/104/11. – EDN QLEAWT.

7. Quantum GIS Documentation [E`lektronny`j resurs]. – Rezhim dostupa: <https://qgis.org/en/docs/index.html> (data obrashheniya: 01.06.2025).

© Далбараев А.С., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № 12.