

## ОБЗОР МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕЗОННЫХ ПАВОДКОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

ДОРОЩУК Кирилл Андреевич

Брянский государственный технический университет  
г. Брянск, Россия

*Статья посвящена применению дистанционного зондирования (ДЗ) для мониторинга сезонных паводков, подчеркивая его уникальные преимущества в повышении эффективности и точности анализа. Рассматриваются возможности ДЗ в оперативном отслеживании изменений ландшафта и выявлении угроз, а также важность высококачественных данных для оценки затопленных территорий. Обсуждаются специализированные программные инструменты, такие как ArcGIS, HEC-RAS, MIKE Zero, SMS, XPSWMM и ISIS, которые позволяют проводить гидрологические исследования и моделирование затоплений. В статье также акцентируется внимание на новых возможностях ArcGIS Pro 3.3 для симуляции движения воды и оценки рисков, что способствует разработке стратегий реагирования на чрезвычайные ситуации.*

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, мониторинг паводков, цифровые модели рельефа, ArcGIS, HEC-RAS, MIKE Zero, SMS, XPSWMM, ISIS, моделирование затоплений, гидрологические исследования, управление водными ресурсами.

Сезонный паводок представляет собой внезапное и кратковременное увеличение уровня воды в реках, которое может быть вызвано различными факторами, такими как сильные дожди, быстрое таяние снега или ледников, а также резкие сбросы воды из водохранилищ. Продолжительность паводка варьируется от нескольких минут до нескольких дней, и он может возникать в любое время года, что отличает его от более предсказуемого половодья, которое обычно происходит в определённые сезоны. Повторяющиеся паводки могут накапливаться и приводить к образованию половодья, что в свою очередь может вызвать наводнения – одно из наиболее разрушительных природных явлений, способных затопить обширные территории.

Сезонные паводки несут с собой серьёзную угрозу для жизни людей, животных и инфраструктуры, а также могут негативно сказаться на экономике региона. Поэтому своевременное обнаружение этих явлений становится необходимым инструментом для предупреждения о возможных рисках и минимизации последствий. Основная задача мониторинга на основе данных дистанционного зондирования Земли заключается в сборе и анализе данных о различных параметрах, таких как уровень воды, скорость течения рек и количе-

ство осадков, что позволяет предсказать вероятность возникновения наводнений.

Кроме того, мониторинг паводков включает в себя несколько ключевых целей. Во-первых, это информирование населения о потенциальной опасности и организация эвакуации из зон риска. Во-вторых, важно своевременно предоставлять актуальную информацию о текущей ситуации и прогнозах развития наводнений. Третья цель заключается в координации работы спасательных служб, что позволяет оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации. Наконец, сбор данных для анализа и улучшения систем предотвращения и прогнозирования наводнений является важным аспектом, который способствует повышению устойчивости регионов к таким природным катастрофам [1].

Одним из ключевых инструментов являются гидрологические станции, которые располагаются в стратегически важных местах, таких как берега рек и озёр. Эти станции обеспечивают постоянный сбор данных о уровне воды и её расходе, что позволяет оперативно реагировать на изменения и предсказывать возможные наводнения. С помощью таких станций специалисты могут отслеживать динамику водных потоков и выявлять потенциальные угрозы.

Радарное зондирование представляет со-

бой ещё один важный метод, который используется для оценки осадков и формирования карт затопленных территорий. Современные радары способны предоставлять детализированную информацию о местоположении и интенсивности дождевых осадков, что значительно улучшает точность прогнозов паводков. Это позволяет заранее предупредить население о возможных рисках [2].

Оптическое дистанционное зондирование, осуществляемое с помощью спутников и дронов, также играет важную роль в мониторинге изменений ландшафта. Эти технологии позволяют быстро и эффективно оценивать масштабы затоплений и их влияние на окружающую среду. С помощью высококачественных изображений можно выявлять уязвимые участки и планировать меры по их защите.

Метеорологические станции, фиксирующие атмосферные параметры, такие как температура, влажность и скорость ветра, предоставляют важные данные для прогнозирования погоды. Эти сведения помогают не только в оценке текущей ситуации, но и в долгосрочном планировании, что особенно важно в условиях изменяющегося климата.

Гидрохимический мониторинг, который включает анализ состава воды, позволяет выявлять загрязнения и оценивать их влияние на экосистемы. Этот метод важен для защиты водных ресурсов и предотвращения экологических катастроф, связанных с паводками.

Современные автоматизированные системы обнаружения, объединяющие данные с различных источников, обеспечивают непрерывный мониторинг и быструю реакцию на изменения. Такие системы используют датчики, спутниковые данные и специализированное программное обеспечение для анализа информации, что позволяет оперативно принимать решения в условиях кризиса.

Моделирование и прогнозирование на основе математических моделей также являются важными инструментами в борьбе с паводками. Эти модели позволяют симулировать различные сценарии развития событий, основываясь на данных о гидрологии, метеорологии и географии, что помогает оценить возможные последствия наводнений и подготовиться к ним [3].

Дистанционное зондирование (ДЗ) представляет собой мощный инструмент для мониторинга сезонных паводков, обладая рядом уникальных преимуществ, которые значительно повышают эффективность и точность анализа. Одним из ключевых аспектов является возможность охвата больших территорий, что позволяет оперативно отслеживать изменения в ландшафте и выявлять потенциальные угрозы на ранних стадиях.

С помощью данных ДЗ можно не только фиксировать начало наводнений, но и быстро реагировать на возникающие ситуации. Это особенно важно в условиях, когда время играет критическую роль в спасении жизней. Например, использование спутниковых изображений позволяет в реальном времени отслеживать уровень воды в реках и водоёмах, что даёт возможность заранее планировать эвакуацию населения из затопляемых районов.

Кроме того, анализ данных о паводках способствует более точному прогнозированию и предотвращению чрезвычайных ситуаций. На основе собранной информации можно разрабатывать стратегии по укреплению берегов и строительству защитных сооружений, что в свою очередь снижает риски и потенциальные убытки от наводнений [4].

Для достижения максимальной точности в мониторинге паводков необходимы высококачественные материалы ДЗ. Цифровые модели рельефа (ЦМР) с высоким разрешением, такие как SRTM DEM, позволяют создавать детализированные карты местности, что критически важно для оценки затопленных территорий. Однако для более точной оценки объёмов воды в затопленных зонах целесообразно использовать данные, полученные с помощью аэрофотосъёмки или радиолокационной съёмки, которые обеспечивают разрешение до десятков сантиметров.

Спутниковые изображения, полученные с помощью оптических сенсоров, таких как Landsat-7, Landsat-8 и Sentinel-2, также играют важную роль в мониторинге. Эти спутники обеспечивают данные в различных спектральных диапазонах, что позволяет более точно определять границы затопленных территорий. Важно, чтобы облачность на снимках была минимальной, так как это может существенно

повлиять на качество анализа. В условиях плохой видимости целесообразно использовать данные радарных спутников, таких как Sentinel-1, которые способны работать в любых погодных условиях.

Для детального картирования береговой линии и зон затопления необходимы снимки с высоким пространственным разрешением, например, от спутников WorldView или Jilin. Эти данные позволяют выделять даже небольшие изменения в ландшафте, что критически важно для своевременного реагирования на наводнения. Исследования показывают, что выбор поляризации радиоволн также влияет на эффективность обнаружения затопленных областей, где поляризация HH демонстрирует наилучшие результаты.

В последние годы наблюдается значительный прогресс в области мониторинга природных явлений, таких как паводки, благодаря использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эти устройства обеспечивают уникальные возможности для сбора данных, которые отличаются высокой оперативностью и разрешением. Дроны способны быстро разворачиваться и осуществлять полеты на низких высотах, что позволяет получать детализированные изображения и информацию о рельефе местности. На основе собранных данных создаются высокоточные цифровые модели, которые могут иметь пространственное разрешение до одного сантиметра. Это, в свою очередь, открывает новые горизонты для мониторинга и анализа сезонных паводков [5].

Для комплексного изучения затопляемых территорий и их последствий необходимо учитывать множество факторов, включая характеристики самого региона, затопляемые площади и объекты, подверженные риску затопления. В этом контексте важную роль играет использование специализированного программного обеспечения, которое позволяет обрабатывать и анализировать пространственные данные.

Одним из наиболее популярных инструментов в этой области является ArcGIS, разработанный компанией Esri. Это программное обеспечение предоставляет широкий спектр возможностей для работы с географическими

информационными системами (ГИС). В рамках ArcGIS доступны различные гидрологические пакеты, такие как HEC-RAS, MIKE Zero и SMS, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества.

HEC-RAS, например, предлагает пользователям возможность создания одномерных и двумерных гидродинамических моделей. Однако стоит отметить, что работа с двумерными результатами требует предварительной конвертации данных, что может усложнить процесс анализа. MIKE Zero, в свою очередь, позволяет создавать как одномерные, так и двумерные модели, а также осуществлять пред- и постобработку данных, что делает его универсальным инструментом для гидрологических исследований.

SMS, разработанный компанией Aquaveo, предлагает удобные функции для работы с растровыми данными и позволяет напрямую взаимодействовать с различными форматами файлов, включая shape-файлы и файлы AutoCAD. Это делает его особенно полезным для проектов, связанных с построением водоразделов и анализом потоков воды. Инструменты, такие как Streams from Rasters и Watershed from Rasters, позволяют быстро определять направления стока и визуализировать потенциальные пути движения воды, что является ключевым аспектом в управлении водными ресурсами и предотвращении затоплений.

Инструмент Watershed from Rasters создает домен водораздела. Этот инструмент использует объединение нескольких процессов, которые работают в определенном порядке в фоновом режиме по мере работы инструмента. Данный инструмент увеличивает скорость создания модели.

Другим значимым решением является XPSWMM, разработанное компанией XP Solutions. Этот инструмент предлагает интуитивно понятный интерфейс, который будет знаком специалистам в области геоинформационных систем (ГИС), благодаря схожести с ArcGIS. XPSWMM поддерживает импорт различных форматов данных, включая Shape файлы, файлы AutoCAD и растровые изображения в форматах ASCII и GRID, а также обеспечивает прямой экспорт данных. Для начала работы

с программой пользователям необходимо пройти регистрацию на официальном сайте [6].

Не менее важным инструментом является ISIS, разработанный компанией CH2M HILL. Он позволяет создавать как одномерные, так и двумерные модели, включая поддержку двумерной модели TUFLOW. ISIS предлагает гибкие возможности импорта данных, включая Shape файлы и растровые изображения, а также экспорт в форматы KML и MIF/MID, что делает его универсальным решением для гидрологических исследований.

С выходом ArcGIS Pro 3.3 появился новый инструмент для моделирования затоплений, который позволяет пользователям симулировать движение и накопление воды в различных средах. Этот инструмент интегрирует цифровые модели рельефа, данные о реках и водоемах, а также климатические параметры, что позволяет создавать многосценарные симуляции. Моделирование затоплений помогает выявить уязвимые зоны, оценить риски и разработать стратегии для их смягчения и реагирования на чрезвычайные ситуации.

ArcGIS Pro предлагает удобный интерфейс, который включает пошаговые инструкции для новых пользователей, что упрощает процесс запуска симуляций без необходимости глубоких знаний в области гидрологии. Для опытных специалистов доступны более сложные функции, такие как настройка параметров моделирования, анализ временных изменений и учет климатиче-

ских изменений. Это делает ArcGIS Pro мощным инструментом как для краткосрочного прогнозирования, так и для долгосрочного планирования и управления рисками, связанными с наводнениями.

Таким образом, дистанционное зондирование (ДЗ) является важным инструментом для мониторинга паводков, предоставляя уникальные преимущества, такие как возможность охвата больших территорий и оперативное отслеживание изменений в ландшафте. Это позволяет не только фиксировать начало наводнений, но и быстро реагировать на возникающие ситуации, что критично для спасения жизней. Спутниковые изображения и данные о водоемах помогают планировать эвакуацию и разрабатывать стратегии по предотвращению ущерба от сезонных паводков. Для повышения точности мониторинга необходимы высококачественные данные, такие как цифровые модели рельефа и спутниковые изображения с различными спектральными диапазонами. Использование радарных спутников в условиях плохой видимости также является важным аспектом. Кроме того, для комплексного анализа затопляемых зон необходимо учитывать множество факторов, включая характеристики региона и объекты, подверженные риску. Специализированное программное обеспечение играет ключевую роль в обработке и анализе пространственных данных, что способствует более эффективному управлению последствиями паводков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базарбаева С.* Системы и технологии для дистанционного зондирования земли / С. Базарбаева, Т.К. Куатбаева // Наука и инновационные технологии. – 2024. – № 2 (31). – С. 88-95.
2. *Кадочников А.А.* Опыт создания централизованного каталога данных дистанционного зондирования земли с российских спутников // Геоинформатика. – 2022. – № 4. – С. 36-43.
3. *Коновалов И.В.* Улучшение системы дистанционного зондирования земли на основе тематического моделирования / И.В. Коновалов, А.П. Татарчук // Исследования молодых ученых для развития АПК. Сборник тезисов. Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 151-153.
4. *Павлова Л.Г.* Мониторинг паводков на основе дистанционного зондирования земли / Л.Г. Павлова, Д.А. Шаймарданов, А.Ф. Атнабаев // Бюллетень науки и практики. – 2024. – Т. 10, № 7. – С. 82-85.
5. *Парубчишин Е.А.* Разработка программного обеспечения для дистанционного зондирования земли / Е.А. Парубчишин, А.А. Кучейко // К.Э. Циолковский: ключевые идеи и современные достижения космонавтики. Материалы 59-х Научных чтений, посвященных

разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга, 2024. – С. 299-302.

6. Федичкина В.П. Исследование способов мониторинга состояния земель с помощью дистанционного зондирования // Молодой исследователь Дона. – 2024. – Т. 9, № 6(51). – С. 32-35.

## REVIEW OF METHODS FOR SEASONAL FLOOD DETECTION BASED ON REMOTELY SENSED EARTH OBSERVATION DATA

**DOROSHCHUK Kirill Andreyevich**

Bryansk State Technical University

Bryansk, Russia

---

*This article focuses on the application of remote sensing (RS) for seasonal flood monitoring, emphasizing its unique advantages in improving the efficiency and accuracy of analysis. The potential of RS to rapidly track landscape changes and identify threats is discussed, as well as the importance of high quality data for flooded area assessment. Specialized software tools such as ArcGIS, HEC-RAS, MIKE Zero, SMS, XPSWMM, and ISIS that enable hydrological studies and flood modeling are discussed. The paper also emphasizes the new capabilities of ArcGIS Pro 3.3 for water movement simulation and risk assessment, which facilitates the development of emergency response strategies.*

**Keywords:** remote sensing, flood monitoring, digital elevation models, ArcGIS, HEC-RAS, MIKE Zero, SMS, XPSWMM, ISIS, flood modeling, hydrological studies, water resources management.

---