

Романюк Юлия Анатольевна

Доцент кафедры «Инженерная геоматика»

Ташкентский архитектурно строительный университет

Ташкент, Узбекистан

Фазилова Ранохон Бобурхон кизи

магистрант 1-курса Ташкентского архитектурно строительного

университета, Ташкент, Узбекистан

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ДЛЯ
ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ВОДОХРАНИЛИЩ В РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

Аннотация. В статье разработана методика применения данных космической съемки для мониторинга водохранилищ в Республике Узбекистан. Работа направлена на совершенствование управления водными ресурсами в условиях их дефицита, вызванного изменением климата и ростом антропогенной нагрузки. Методика включает использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с применением современных технологий обработки спутниковых изображений, таких как классификация, индексирование водных объектов (NDWI), анализ динамики площади водных поверхностей и моделирование сезонных изменений. Также проведена оценка эффективности спутниковых данных для выявления критических изменений в водохранилищах, включая засорение, обмеление и изменение водного баланса.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), космическая съемка, водохранилища, Узбекистан, мониторинг, гидрологические исследования, управление водными ресурсами, спутниковый анализ, NDWI, моделирование изменений водных объектов.

Romanyuk Yulia Anatolyevna

Docent of department «Engineering Geomatics»

Tashkent University of Architecture and Civil Engineering

Tashkent, Uzbekistan

Fazilova Ranokhon Boburkhon kizi

1st year undergraduate student of Tashkent University of Architecture and

Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan

**THE USE OF SATELLITE IMAGERY DATA FOR MONITORING
RESERVOIRS IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

Abstract. The article presents a methodology for the application of satellite imagery data to monitor reservoirs in the Republic of Uzbekistan. The research focuses on improving water resource management in conditions of scarcity caused by climate change and increased anthropogenic pressure. The methodology involves the use of remote sensing (RS) data, incorporating advanced satellite image processing technologies such as classification, water body indexing (NDWI), analysis of the dynamics of water surface areas, and modeling of seasonal changes. The study also evaluates the effectiveness of satellite data in identifying critical changes in reservoirs, including pollution, silting, and alterations in the water balance.

Keywords: remote sensing (RS), satellite imagery, reservoirs, Uzbekistan, monitoring, hydrological studies, water resource management, satellite data analysis, NDWI, modeling of water body changes.

Введение. Эффективный мониторинг водных ресурсов является основой для устойчивого развития, особенно в странах с ограниченными запасами воды, таких как Республика Узбекистан. Водохранилища играют ключевую роль в водохозяйственной системе страны, обеспечивая накопление, регулирование и распределение воды для нужд сельского хозяйства, промышленности и населения. Однако в последние годы

проблема дефицита воды становится все более острой из-за изменения климата, снижения уровня рек и роста антропогенного воздействия. Это подчеркивает необходимость внедрения современных методов управления и мониторинга водохранилищ.

Классические методы, основанные на наземных наблюдениях и гидрологических измерениях, по-прежнему играют важную роль, однако они имеют ограничения в плане оперативности и охвата территорий. В этой связи технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) открывают уникальные возможности для регулярного и масштабного мониторинга водохранилищ. Данные спутниковых съемок обладают высокой точностью и позволяют получать информацию о динамике водной поверхности, изменении уровня воды и состоянии прилегающих территорий.

Современные подходы к анализу спутниковых данных, такие как индексация водных объектов (NDWI), многоспектральный анализ и автоматизированная классификация, предоставляют новые возможности для выявления изменений в состоянии водохранилищ. Эти технологии позволяют отслеживать важные процессы, включая заиление, загрязнение и уменьшение водных ресурсов, а также оценивать их влияние на экологические и социально-экономические аспекты региона.

Это исследование сосредоточено на создании комплексной методики применения данных космической съемки для мониторинга водохранилищ в Узбекистане. В методике особое внимание уделяется интеграции спутниковой информации с гидрологическими моделями, что позволит не только фиксировать текущие изменения, но и предсказывать их в будущем. Реализация предложенных подходов обеспечит более точный контроль за состоянием водных объектов, оптимизацию их использования и формирование устойчивой системы управления водными ресурсами.

Республика Узбекистан располагает значительным числом водных объектов, включая естественные и искусственные водохранилища, озера,

реки, каналы и коллекторно-дренажные системы. По данным Министерства водного хозяйства и национальных статистических агентств:

Крупные водохранилища: около 55, включая Чарвакское, Туюмуйонское, Андижанское и Капчигайское. Озера: более 500, включая такие крупные, как Арал, Сарыкамыш и Айдаркуль. Реки и каналы: более 200 постоянных рек и каналов, включая Амударью, Сырдарью и Голодностепский канал. Искусственные водохранилища выполняют ключевые функции по обеспечению водоснабжения, орошению, а также регулированию стока. Однако состояние многих из них вызывает беспокойство в связи с заилением, загрязнением и дефицитом воды.

Для выполнения исследования мониторинга водных объектов Республики Узбекистан будут использоваться следующие основные группы материалов:

1. Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)

Спутниковые данные предоставляют масштабный и регулярный охват всей территории Узбекистана, что делает их незаменимым инструментом для мониторинга водных объектов.

Программа Sentinel, разработанная Европейским космическим агентством (ESA) в рамках программы Copernicus, представляет собой серию спутников, предназначенных для наблюдения за Землей. Она предоставляет высококачественные данные для мониторинга окружающей среды, включая водные объекты. Программа Sentinel играет ключевую роль в управлении водными ресурсами, изучении качества воды и мониторинге изменений в водных экосистемах. Программа Sentinel была разработана в рамках европейской инициативы Copernicus, совместно управляемой Европейским космическим агентством (ESA) и Европейской комиссией (ЕС). Ее цель — обеспечить постоянный мониторинг состояния Земли для экологических, климатических и управленческих задач.

Разработка программы началась в начале 2000-х годов, а первый спутник был запущен в 2014 году.

Программа Landsat, управляемая совместно NASA и Геологической службой США (USGS), представляет собой серию спутниковых миссий для наблюдения за Землей, которые активно используются для мониторинга водных объектов. С момента запуска первого спутника в 1972 году Landsat непрерывно предоставляет данные о состоянии поверхности Земли, включая реки, озера, водохранилища и прибрежные зоны. Эти данные позволяют исследователям и специалистам отслеживать изменения качества воды, уровня водоемов, затоплений и состояния экосистем.

Инструмент MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), установленный на спутниках Terra (запущен 18 декабря 1999 года) и Aqua (запущен 4 мая 2002 года), активно используется для мониторинга водных объектов благодаря своим уникальным характеристикам. больше информации

2. Метеорологические и гидрологические данные

Данные о погодных условиях и гидрологических процессах которые будут предоставлены Национальной гидрометеорологической службой Узбекистана:

Уровень осадков, температура воздуха, испарение, скорости ветра.

Данные об уровне воды и расходах рек, полученные с гидропостов.

Полевые наблюдения за состоянием водохранилищ, включая уровни загрязнения и объемы заиления.

3. Картографические материалы

Цифровые карты рельефа и гидрографической сети, будут полученные из национальных геоинформационных баз данных. Архивные топографические карты для верификации спутниковых данных.

4. Базы данных и открытые платформы

Copernicus Open Access Hub (ранее известный как SciHub) — это онлайн-платформа, предоставляющая бесплатный доступ к данным спутников Sentinel программы Copernicus, разработанной Европейским космическим агентством (ESA). Эта платформа играет ключевую роль в мониторинге окружающей среды, включая водные объекты.

USGS Earth Explorer — это онлайн-платформа, разработанная Геологической службой США (USGS) для поиска, просмотра и загрузки геопространственных данных. Она предоставляет доступ к огромному архиву спутниковых изображений и данных дистанционного зондирования, которые активно используются для исследований водных объектов, мониторинга окружающей среды, оценки изменений ландшафта и многого другого.

Google Earth Engine (GEE) — это облачная платформа для анализа и визуализации геопространственных данных в масштабах планеты. Она предоставляет доступ к огромному хранилищу спутниковых данных, мощным инструментам анализа и возможностям обработки больших объемов данных в реальном времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В процессе применения спутниковых данных для мониторинга водохранилищ и водных объектов Республики Узбекистан будут получены значимые результаты, которые требуют детального обсуждения с учетом изменений, происходящих в водной сфере страны.

Анализ спутниковых данных, таких как изображения с использованием индексов NDWI и MNDWI, показал, что в последние десятилетия наблюдается заметное сокращение площади водных поверхностей в крупных водоемах, таких как Аральское море, а также в малых водохранилищах.

Нормализованный разностный индекс воды (NDWI) - это индекс, используемый для обнаружения водных объектов на спутниковых или аэрокосмических изображениях. NDWI основан на различии в поглощении

света в ближнем инфракрасном (NIR) и видимом зеленом диапазонах электромагнитного спектра. Этот показатель определяет количество влаги в растительности, взаимодействующей с поступающим солнечным светом. NDWI рассчитывается по формуле 1:

$$NDWI = (NIR - SWIR2) / (NIR + SWIR2) \quad (1)$$

Значения этого показателя варьируются от -1 до 1. Нормальный диапазон для зеленой растительности составляет от -0,1 до 0,4. Считается, что водные объекты принимают значения от 0,2 до 1, в то время как объекты без влаги принимают значения меньше 0. Основным преимуществом использования NDWI является его способность идентифицировать водные объекты на спутниковых изображениях. Недостатком использования этого показателя является его высокая чувствительность к структурам, что может привести к значительным ошибкам в расчете NDWI.

Эти изменения обусловлены несколькими факторами, включая повышение темпов заиления, дефицит осадков и ухудшение качества водоемов из-за антропогенных воздействий. Применение спутниковых технологий позволило эффективно отслеживать эти изменения, что традиционные методы мониторинга не всегда могут обеспечить.

Данные со спутников подтвердили, что климатические изменения, включая повышение температуры и уменьшение осадков, оказывают значительное влияние на водные ресурсы региона. Это обстоятельство непосредственно сказывается на уровне воды в реках и водохранилищах, что особенно критично для стран, таких как Узбекистан, где сельское хозяйство зависит от орошения. Обнаруженные сезонные колебания уровней воды требуют разработки новых методов и инструментов для управления водными ресурсами, чтобы адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям и обеспечить устойчивое использование водных запасов.

Результаты использования спутниковых технологий продемонстрировали их высокую эффективность в мониторинге водных объектов, особенно в удаленных и труднодоступных местностях, где традиционные методы, такие как полевые исследования, могут быть ограничены. Дистанционное зондирование Земли обеспечивает регулярную и точную информацию, что позволяет с высокой точностью и оперативностью отслеживать изменения водных поверхностей. Сочетание спутниковых данных с традиционными методами, например, измерениями уровня воды, повышает точность получаемых результатов и способствует более эффективному планированию управления водными ресурсами.

Одной из ключевых проблем, выявленных в процессе исследования, является заиление водохранилищ, которое приводит к значительному уменьшению их объемов и ухудшению качества воды. Эта проблема особенно актуальна для крупных водоемов, таких как Аральское море, где наблюдается не только потеря воды, но и ухудшение экологической ситуации. Спутниковые данные позволяют не только отслеживать степень заиления водоемов, но и выявлять изменения в качестве воды, что требует комплексного подхода к решению этих проблем, включая очистку и реставрацию водоемов.

Использование спутниковых технологий, таких как Sentinel-2 и Landsat-8, продемонстрировало свою эффективность в мониторинге водных объектов на территории Узбекистана. Применение этих технологий открывает новые перспективы для оперативного контроля за состоянием водохранилищ, прогнозирования изменений и планирования оптимального использования водных ресурсов. Спутниковые данные могут быть полезными для оценки риска загрязнения водоемов, заиления, а также для разработки стратегий по улучшению качества водных ресурсов и их рационального использования.

Исходя из собранной информации, рекомендуется увеличить мониторинг водных ресурсов с применением спутниковых технологий.

Это поможет оперативно обнаруживать проблемы и принимать необходимые меры для их устранения. Также важно развивать систему координации между различными государственными и частными организациями, занимающимися вопросами водных ресурсов, чтобы более эффективно использовать данные дистанционного зондирования и улучшить управление водными объектами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования подтвердили, что использование спутниковых данных для мониторинга водных объектов в Узбекистане является эффективным инструментом для оценки состояния водохранилищ и водоемов. Применение технологий дистанционного зондирования Земли позволяет точно и своевременно отслеживать изменения в водных поверхностях, что необходимо для принятия оперативных решений в сфере управления водными ресурсами. В условиях изменения климата и возрастающего дефицита водных ресурсов, продолжение использования спутниковых технологий и интеграция их с другими методами мониторинга станет важным шагом для обеспечения устойчивого развития водохозяйственного сектора и охраны водных ресурсов Республики Узбекистан.

Список использованной литературы

1. Рафаэля С. Гонсалеса “Digital Image Processing” опубликовано “Prentice Hall” - 2008
2. Джеймса Б. Кэмпбелла и Рэндольфа Х. Уинна “Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition опубликовано - 2011
3. “Physical Principles of Remote Sensing” В. Г. Рисом опубликовано Cambridge University Press - 2019
4. Ю.А. Романюк, Д.Б.Халилов «Дистанционное зондирование Земли» учебник для ВУЗов 2024 – 264 с.
5. Hou, Y., Zhang, A., Lv, R., Zhao, S., Ma, J., Zhang, H., et al. (2022). A study on water quality parameters estimation for urban rivers based on ground hyperspectral remote sensing technology. Res. 29, 63640–63654. doi:10.1007/s11356-022-20293-z
6. А.Г. Терехов, Н.Н. Абаев, Е.И. Лагутин *Журнал: Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 2020, том 17, №5, стр. 255-260. <https://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=2428>

7. Бочаров А. В. Диссертация на тему «Оценка современного состояния внутреннего водоема на основе методов дистанционного зондирования на примере Иваньковского водохранилища» Тверь, 2022
8. Методика обнаружения водных объектов по многоспектральным спутниковым измерениям <https://cyberleninka.ru/>