

Оригинальная статья / Original article

УДК 502.64

DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-19



Оценка природно-антропогенного воздействия на эко- и геосистемы зоны водохранилища Ирганайской ГЭС по данным дистанционного зондирования

Раисат Т. Раджабова, Лейла Ш. Ахмедова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Раисат Т. Раджабова, кандидат биологических наук, доцент кафедры рекреационной географии и устойчивого развития, Институт экологии и устойчивого развития, ФГБОУ «Дагестанский государственный университет»; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21. Тел. +79887846760

Email raisatr@yandex.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-3729-9224>**Формат цитирования**

Раджабова Р.Т., Ахмедова Л.Ш. Оценка природно-антропогенного воздействия на эко- и геосистемы зоны водохранилища Ирганайской ГЭС по данным дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 3. С. 193-203. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-19

Получена 6 марта 2024 г.

Прошла рецензирование 24 июня 2024 г.

Принята 15 августа 2024 г.

Резюме

Настоящее исследование посвящено изучению изменений в природных объектах, вызванных воздействием различных факторов, с использованием данных аэро- и космических съемок. Этот анализ служит важным направлением в исследованиях дистанционного зондирования и географии. Современные программные комплексы для работы с данными дистанционного зондирования существенно усовершенствованы, что позволяет ученым проводить более углубленный анализ и синтезировать данные за длительные временные отрезки.

При проведении таких исследований используются не только актуальные изображения, но и архивные картографические материалы, где важную роль играют временная датировка и точность отображения географических объектов. В данном контексте были проанализированы снимки TM/Landsat, сделанные в промежутки времени с 2006 по 2014 год.

Значительные колебания метеорологических условий, например, изменяющиеся уровни влажности, также могут быть проанализированы с использованием данных дистанционного зондирования. Исследование показывает, что водохранилища, охватывающие общую площадь от 60 до 70 квадратных километров и объем до 250 миллионов кубических метров, увеличивают уровень абсолютной влажности на 10–15 %. В регионах с высокими температурами этот эффект становится ещё более заметным.

Прогнозы свидетельствуют, что такие изменения микроклимата оказывают значительное воздействие на аграрные системы, в частности в Ирганайской долине, а также в Майданском, Унцукульском и Гимринском селах. Это особенно заметно в изменениях количества осадков во время вегетационного периода.

Ключевые слова

Микроклимат, природно-антропогенные системы, космические снимки, ГИС-технологии, Ирганайское водохранилище.

Assessment of natural and anthropogenic impacts of the Irganay Hydroelectric Power Station reservoir zone on eco- and geosystems using remote sensing data, Dagestan, Russia

Raisat T. Radzhabova and Leila Sh. Akhmedova

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Raisat T. Radzhabova, PhD in Biology, Associate Professor, Department of Recreational Geography and Sustainable Development, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79887846760

Email raisatr@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3729-9224>

How to cite this article

Radzhabova R.T., Akhmedova L.Sh. Assessment of natural and anthropogenic impacts of the Irganay Hydroelectric Power Station reservoir zone on eco- and geosystems using remote sensing data, Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2024; 19(3):193-203. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-19

Received 6 March 2024

Revised 24 June 2024

Accepted 15 August 2024

Abstract

Aim. The research and mapping of natural object dynamics using aerial and satellite imagery is one of the long-established and actively developing fields of remote sensing and geographic research. The current phase is characterised by the wide availability of remote sensing data processing software, which offers almost unlimited possibilities for transforming and integrating datasets from different periods.

Material and Methods. For the effective use of archival maps in studying territorial dynamics, two interconnected factors are critical: the date of the map's creation and the positional accuracy of the mapped objects. The materials used in this study were TM/Landsat satellite images from the periods 2002–2017 and 2006–2014.

Results. Reservoirs with a surface area of up to 60–70 km² and a volume of up to 250 million m³ increase absolute air humidity by 10–15 %. In areas with a hot climate, the impact of a reservoir on air humidity is even more pronounced.

Conclusions. The anticipated significant changes in the microclimate are expected to affect the structure of agricultural production in the Irganay valley and in the villages of Maidanskoye, Untsukul, and Gimry, particularly through changes in precipitation distribution during the growing season.

Key Words

Microclimate, natural-anthropogenic systems, satellite images, GIS technologies, Irganai reservoir.

ВВЕДЕНИЕ

В современную эпоху научного и технологического прогресса геоинформационные системы (ГИС) становятся важным элементом в различных исследованиях, связанных с науками о Земле. Эти системы возникают на стыке нескольких дисциплин: картография, геоинформатика и дистанционное зондирование, образуя мощный научный инструмент [1]. Космическая съемка занимает особенно важное место в исследованиях Земли и солнечной системы. Со времён 1960-х годов она является одним из ключевых методов для получения данных о состоянии нашей планеты и её окружения. Средства, используемые для космической съемки, включают от искусственных спутников Земли до межпланетных станций. Наряду с ними задействуются пилотируемые космические корабли на околоземных орбитах, орбитальные станции длительного базирования и другие технические разработки. Эти методы и инструменты позволяют с высокой точностью отслеживать различное антропогенное воздействие на природные комплексы, что находит отражение в данных с космических и аэрофотоснимков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс исследования и картографирования изменений природных объектов на основе данных аэрокосмических съемок является одной из наиболее быстро развивающихся сфер в области дистанционного зондирования и географических исследований. В наши дни особенно актуальным становится широкий доступ к программным комплексам для обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Эти программные решения позволяют глубже анализировать, преобразовывать и объединять данные, собранные в разные временные периоды, что значительно расширяет границы понимания и интерпретации пространственных и временных изменений в природных объектах.

Наблюдается устойчивое увеличение объёма и улучшение качества данных, получаемых благодаря космическим наблюдениям, что значительно расширяет возможности проведения аналитических работ в области сравнительного исследования. Одной из важнейших вех в этой области стало открытие свободного доступа к архиву снимков, выполненных космическими аппаратами Landsat, начиная с 2008 года. Эти материалы, охватывающие период более чем в 35 лет, предоставляют уникальные возможности для мониторинга и анализа изменений на Земле, вызванных как человеческой деятельностью, так и природными факторами. Растущий архив изображений с такой обширной историей, несомненно, представляет собой бесценный ресурс для географических и экологических исследований.

Разработка технологических основ исследования земной поверхности с применением космических и аэрофотоснимков остаётся одним из ключевых направлений научных поисков. Геополитические анализы в сфере гуманитарных и научных исследований всё чаще основываются на данных, полученных из космоса, включая моделирование природно-человеческих систем и анализ динамики изменений ландшафтов. Введение геоинформационных систем способствовало интеграции картографических и цифровых дистанционно зондированных данных, обеспечивая более эффективное решение экологических, урбанистических и социальных вопросов.

Принятие методологических решений в области анализа и использования геопространственных данных

включает в себя оценку точности картографических изображений в зависимости от времени их создания и детальности плановых позиций. В данном контексте ключевым аспектом является не только создание карт, но и поддержание их актуальности и точности на протяжении времени, что непосредственно влияет на качество проводимых исследований и разработок в этой сфере [2].

Объектом исследования данной работы является Ирганайское водохранилище с площадью 18 км², которое образовалось в результате строительства плотины на реке Аварское Койсу.

Водохранилище расположено на территории муниципального образования «Унцукульский район», который по площади собственных земель относится к малоземельным районам Дагестана, так как земель в районе в 2,2 раза меньше, чем в среднем по Республике Дагестан (рис. 1) [3].

Общая площадь земельного фонда Унцукульского района составляет 74,9 тыс. га, но это учитывая площадь земель, которые расположены и на территории других районов.

Район потерял в результате строительства Ирганайского водохранилища огромную площадь земель – 2284 га, что для малоземельного района является почти катастрофическим, так как район садоводческий, а под воду ушли 406 га садов. Наибольшие потери земель наблюдаются в муниципальных образованиях Ирганайский, Унцукульский, Араканский, Зиранинский, Майданский.

Более половины населения Унцукульского района занимается сельским хозяйством, это здесь ключевой сектор экономики. Садоводство является традиционной отраслью сельского хозяйства в районе. По земельному балансу здесь имеется 610 га многолетних насаждений, в том числе 488 га – косточковые культуры и 122 га – семечковые. За хозяйствами общественного сектора числится – 51 га, КФХ – 95 га, ЛПХ – 464 га. В недавнем прошлом продукция садоводства обеспечивало свыше 60–65 % валовой продукции сельского хозяйства района. В настоящее время продукция садоводства снизилась и не превышает 35–40 %. Однако в силу совокупности субъективных и объективных причин, садоводство оказалось в наиболее тяжелом положении среди других отраслей района особенно после строительства Ирганайской ГЭС, где под зону водохранилища попали и ушли под воду 406,7 га плодоносящих садов.

Население столетиями выращивает на данной территории фрукты, в основном абрикосы, адаптируя новые сорта к местным условиям и пытаясь сохранить старые. Культура абрикоса широко распространена географически, но ее промышленное производство ограничено районами, где имеются необходимые экологические условия. В нашей стране этим условиям отвечает Внутригорный Дагестан и особенно Унцукульский район, где имеются большие природные и человеческие ресурсы для расширения производства высококачественных плодов абрикоса.

Уменьшение земельного фонда сильно сказывается на экономике близлежащих населенных пунктов, так как плотность населения на данной территории с каждым годом увеличивается, а садоводство, которое являлось основным источником дохода у населения, понесло ощутимые потери.

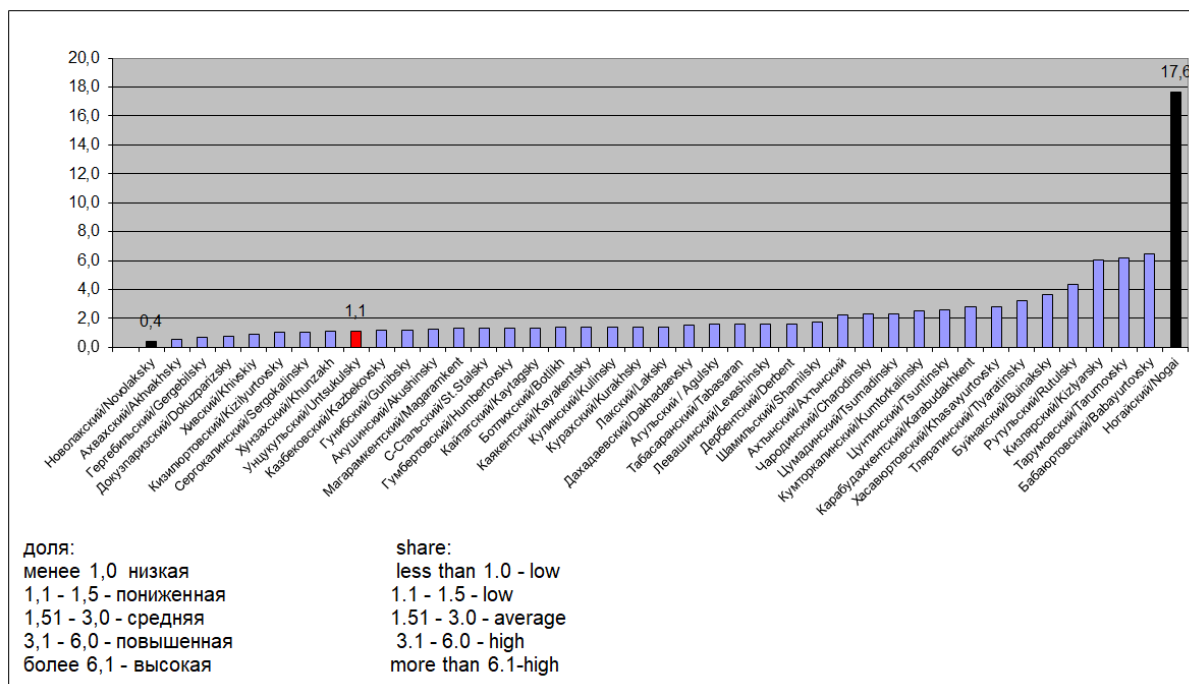


Рисунок 1. Доля земель Унцукульского района в общей площади земельного фонда Республики Дагестан
Figure 1. The share of lands in the Untsukul'sky District within the total area of the land fund of the Republic of Dagestan

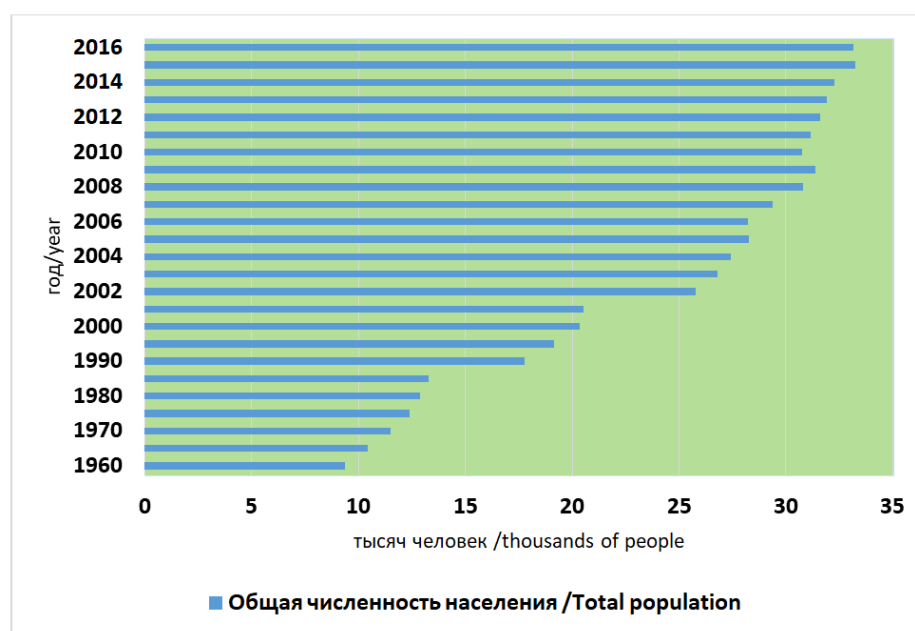


Рисунок 2. Общая численность населения м.о. «Унцукульский район» с 1960 по 2016 гг.
Figure 2. Total population of the Untsukul'sky District from 1960 to 2016

Общая численность Унцукульского района за период с 1960 по 2017 гг. увеличилась в 3,5 раз. Оценка уровня физической плотности населения исследуемого района соответствует среднему значению с 1965 по 1990 гг. и выше среднего с 1991 по 2016 гг.

В 2017–2018 годах профессорско-преподавательский состав Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета совместно со студентами организовали научную экспедицию в зону водохранилища Ирганайской ГЭС, целью которой было выявление антропогенного воздействия на эко- и геосистемы исследуемой территории. Была проведена огромная работа во всех населенных пунктах Унцукульского района, исследовано качество воды, почвы, проанализировано качество

здоровья населения и уровень образования. Результатом экспедиции стала монография «Эколого-экономический потенциал и устойчивое развитие Унцукульского района» [4], где авторы (в том числе Раджабова Р.Т. и Ахмедова Л.Ш.), внесли свой посильный вклад в разработку рекомендаций по нивелированию отрицательного воздействия на зону затопления и близлежащие населенные пункты.

В зоне затопления Ирганайского водохранилища был проведен мониторинг также специалистами Горного Ботанического сада ДФИЦ РАН под руководством директора, д.б.н. Асадулаева З.М. с целью выявления сортов плодовых и дикорастущих культур, попадающих под воду и составления их каталога.

Для исследования любой территории большую роль стали играть не только экспедиционные исследования, в результате которых накапливается большой массив данных, но и использование дистанционных методов, в том числе аэрокосмических, которые успешно развиваются начиная с семидесятых годов. Сравнение разновременных космических снимков дает возможность в течение большого времени получать объективные данные по изучаемой области.

В исследовательской работе использовались космические изображения в высоком простран-

ственном разрешении, доступные через платформу «Google Earth Pro». Анализ выполнялся на основе двух мультиспектральных изображений с метром разрешения на пиксель. Первый снимок был сделан 2 июля 2006 года спутником QuickBird, а второй – 12 октября 2014 года с помощью спутника WorldView-2. Оба изображения представлены в естественных цветах, как показано на рисунках 3А и 3В.

Для научного анализа также использовались космические снимки TM/Landsat, охватывающие весь период с 2006 по 2014 годы.



А



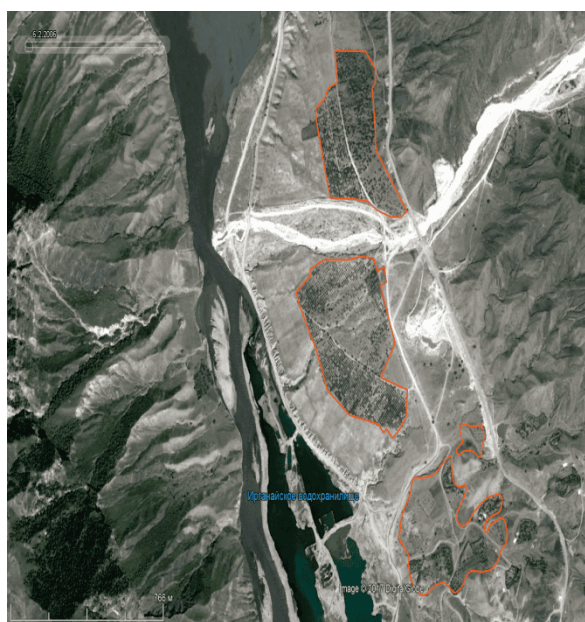
В

Рисунок 3. Многозональный космический снимок: А – 2006 года (спутник QuickBird) (сервис Google Earth Pro); В – 2014 г. (WorldView-2) (сервис Google Earth Pro)

Figure 3. Multispectral space image: А – 2006 (QuickBird satellite) (Google Service Earth Pro); В – 2014 (WorldView-2) (Google Service Earth Pro)

Проведенное компьютерное и визуальное дешифрирование временных рядов данных [2] показало, что площадь затопленных садовых территорий составила 406,7 гектара. Исследование продемонстрировало

эффективность дистанционных методов мониторинга для определения и анализа подтопленных земель на основе космических данных (рис. 4А и 4В).



А



В

Рисунок 4. Многозональный космический снимок: А – 2006 года (спутник QuickBird) (сервис Google Earth Pro); В – 2014 г. (WorldView-2) (сервис Google Earth Pro)

Figure 4. Multispectral space image: А – 2006 (QuickBird satellite) (Google Service Earth Pro); В – 2014 (WorldView-2) (Google Service Earth Pro)

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интерпретация космических изображений акватории Ирганайского водохранилища с последующим сопоставлением снимков разных времён позволила точно определить границы садовых участков, исключённых из сельскохозяйственного оборота из-за подтопления. Этот процесс подробно показан на серии карт рисунков 3, 4, 5 и 6.

На территориях, попавших под воду, необходимо было провести природоохранные

мероприятия. Это включало демонтаж, бережное сохранение и дальнейшее продуктивное применение плодородного почвенного слоя (ППС) с зон, предназначенных для затопления в процессе создания водохранилища, а также тех участков, которые отводились под строительство основных и вспомогательных сооружений гидроэнергетического комплекса [5]. Однако, данные экологические действия не были осуществлены (см. рис. 5А, В).



Рисунок 5. Многозональный космический снимок: А – 2006 года (спутник QuickBird) (сервис Google Earth Pro); В – 2014 г. (WorldView-2) (сервис Google Earth Pro)

Figure 5. Multispectral space image: А – 2006 (QuickBird satellite) (Google Service Earth Pro); В – 2014 (WorldView-2) (Google Service Earth Pro)

Изъятие земельных участков, связанное со строительством любого нового сооружения, выступает как один из ключевых неблагоприятных воздействий на компоненты окружающей среды. Ирганайский гидроузел, включающий в себя не только основное водохранилище, но и различные вспомогательные и

структурные элементы, оказывает серьёзное отрицательное воздействие на экологическую обстановку в этом регионе. Этот факт делает негативные последствия для природы значительно более обширными, чем предполагалось на стадии проектирования [5].



Рисунок 6. Многозональный космический снимок: А – 2006 года (спутник QuickBird) (сервис Google Earth Pro); В – 2014 г. (WorldView-2) (сервис Google Earth Pro)

Figure 6. Multispectral space image: А – 2006 (QuickBird satellite) (Google Service Earth Pro); В – 2014 (WorldView-2) (Google Service Earth Pro)

Предусмотренная закладка новых садов не была произведена, хотя это было одним из основных требований в перечне компенсационных мероприятий.

Дагестан характеризуется четко выраженной вертикальной поясностью и разнообразными климатическими условиями, где в миниатюре представлены почти все известные почвы от лугово-болотных на приморской низменности до примитивных в высокогорье. Все это способствовало на протяжении тысячелетий под воздействием естественного и искусственного отбора формированию генетического фенотипического разнообразия различных пород плодовых и декоративных растений. Внутригорный Дагестан представляет собой орографически замкнутую область со сложным рельефом и неоднородным климатом [6].

Дикорастущие плодово-ягодные растения являются в большинстве родоначальными формами их культурных сортов. Поэтому выявление, сбор и изучение генетического фонда дикорастущих и стародавних сортов плодовых народной селекции имеет большое научно-практическое значение [7]. Важно также не только собрать разнообразие плодово-ягодных растений, но и создать коллекцию всех богатств генетического фонда, которая веками создавала природа и народ в различных эколого-географических условиях, тем самым уберечь их от

уничтожения. Затоплением значительных территорий со стародавними садами, нависла угроза потери части генетического фонда местных ценных пород плодовых культур.

Так у абрикоса и персика (основных культур Внутреннегорного Дагестана) обнаружены сверххранние, средне и позднеспелые и вместе с ранее выявленными и известными сортами можно составить конвейер бесперебойного снабжения консервных заводов этой ценной продукцией начиная с 20 мая до октября и решить вопрос пиковых нагрузок перерабатывающих предприятий, что имеет большое практическое значение в повышении экономической эффективности садоводства Внутреннегорного Дагестана.

Можно полагать, что такое разнообразие форм и сортов плодовых пород является результатом мутационных и гибридизационных процессов в природе, естественного отбора и проявления адаптации, которое продолжается и в настоящее время.

В ходе мониторинга специалистами Горного Ботанического сада ДФИЦ РАН обнаружены (с учетом ранее известных сортов) 152 ранее не описанных или же описанных, но деревья, которых требует охраны [7] и исследованы все сады хозяйств, приусадебные участки, труднодоступные хутора и естественные заросли. Перечень приведен ниже в таблице 1.

Таблица 1. Список местных сортов (местные названия), спасенных из зоны затопления Ирганайского водохранилища [7]

Table 1. List of local varieties (local names) rescued from the flood zone of the Irganai reservoir [7]

Абрикос Apricot	Персик Peach	Виноград Grape	Яблоня Apple	Груша Pear
Чанхил курак Chankhil Kurak	Исхак Isaac	Герлепаб малахлусен From the many angels	Паки барлапаб эч Cancer red	Хъахлаб гени White Genius
Гъзикли курак Gazikil kurak	Августовский Augustowski	Бахынаб Male	Катил Бетлеп Killer Head	Паки барлапаб гени Red Heart Genius
Августовский Augustowski	Чвалта белый Pocket white	Хъахлаб кларцин Even the white	Мусал эч Musal et	Охцер гени Ohcer genius
Сентябрьский September	Чвалта желтый Pocket yellow	Кокан цибил Cocan cibil	Жибгобиж Jibgobij	Падишах Padishah
Зубейда Zubeida	Солдатасул микьир Soldier's Eight		Ханзал эч Hanzal et	Ханапил гени Genius of Hanapil
Сянец Хонобаха Sjanec Honobaha	Без названия (П-1) Untitled (P-1)		Шамиль Shamil	
Гъзикли бургул кьваг Gazikil drill explosion				
Цахлиаб курак Single chicken				
Без названия (А-3) Untitled (A-3)				
Без названия (А-4) Untitled (A-4)				

Территория Ирганайского водохранилища, как и многие аналогичные объекты, сталкивается с несовместимостью между давно устоявшимися водными режимами рек и новой геоморфологической структурой прилегающих участков. Ирганайская ГЭС изменила первоначальный рельеф речной долины, заполнив её большими объёмами воды, что привело к изменениям в климатических и геологических условиях региона. Эти

трансформации могут привести к изменению микроклимата, что может оказывать значительное влияние на жизнь местных жителей и условия ведения аграрной деятельности, формировавшиеся веками.

Воздействие водохранилищ на микроклимат региона их расположения весьма значительное и разнообразное. Одним из наиболее заметных эффектов появления таких крупных водных объектов является

существенное повышение как абсолютной, так и относительной влажности воздуха в прилегающих районах. Исследования показывают, что водоемы с площадью поверхности более 60–70 км² и объемом воды до 250 млн м³ могут привести к увеличению абсолютной влажности на 10–15 %. В условиях жаркого климата этот эффект усиливается, вызывая большие изменения местного микроклимата, что, в свою очередь, сказывается на агрокультурном производстве. Например, возможно, что такая модификация микроклимата изменит режим осадков в период вегетации в таких зонах, как Ирганайская долина и села Майданское, Унцукуль и Гимры [5].

Отдельные исследования [8], такие как анализ температурных показателей, демонстрируют, что вблизи водохранилищ происходит снижение среднемесячной температуры воздуха на 0,3–1,5 °С весной (апрель–май) и заметное повышение на 0,6–2,5 °С осенью (август–ноябрь). Также наблюдается изменение характера облачности над акваториями, что указывает на комплексное влияние водоемов на атмосферные процессы. Образование водохранилищ приводит к появлению множества новых климатических особенностей, не свойственных ранее данным регионам. Эти метеорологические изменения представляют значительные вызовы для местного хозяйства, особенно для сельского и лесного секторов, так как адаптация к новым условиям требует пересмотра подходов к управлению и технологии.

Процессы изменения климата на местном уровне происходят на фоне более масштабных глобальных климатических сдвигов. Эти изменения могут, как усиливать, так и сглаживать воздействия, создаваемые местными факторами, такими как функционирование крупных водохранилищ. Взаимодействие антропогенных и природных факторов может либо суммироваться, либо компенсировать друг друга, что усложняет прямое прогнозирование климатических условий на определенных территориях. Глобальные изменения климата, вызывая обратные связи, корректируют параметры теплового баланса атмосферы и гидросферы. Эти изменения следует учитывать при разработке прогнозных моделей климатических параметров на региональном уровне.

Для детального анализа возможных изменений микроклимата в районе Ирганайского водохранилища требуется систематическое проведение гидрометеорологических исследований. Необходимо создать сеть метеорологических станций на ключевых пунктах в зоне влияния ГЭС, а также оснастить их соответствующими измерительными приборами. Исследования должны включать мониторинг температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, температуры поверхности водоема. Также важны визуальные наблюдения за облачностью, количеством осадков, наличие туманов и явления гололеда.

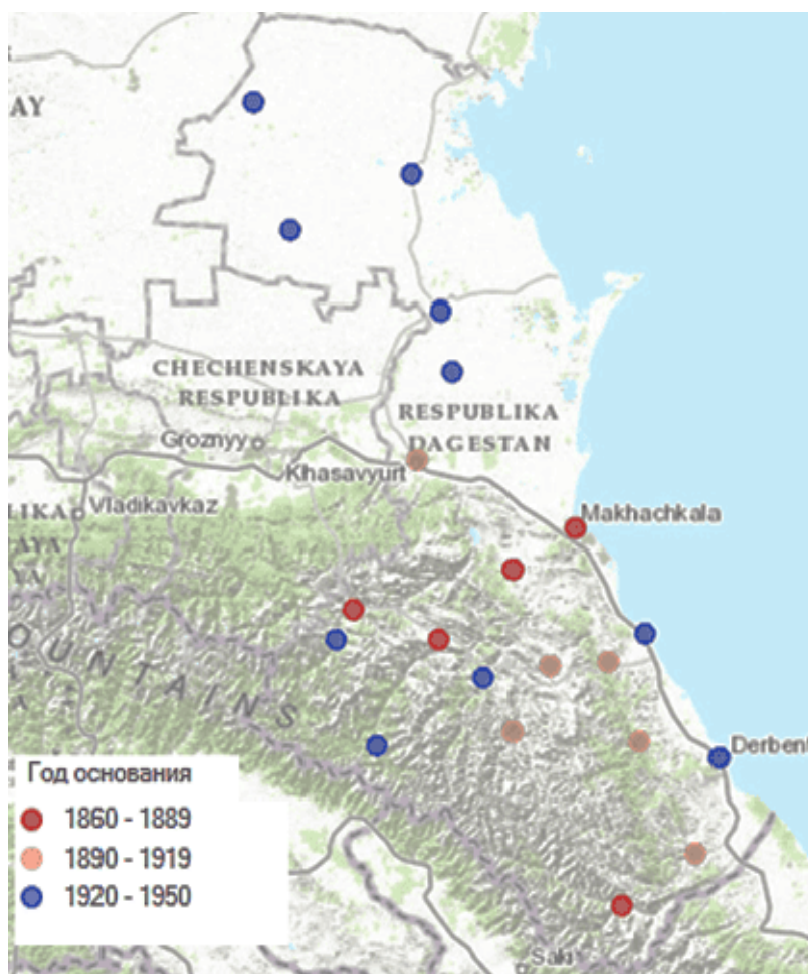


Рисунок 7. Размещение метеостанций по территории Дагестана

Figure 7. Placement of meteorological stations throughout the territory of Dagestan

В экосистеме Унцукульского района метеорологические станции отсутствуют, что затрудняет систематический сбор метеоданных. До конца сентября 2007 года информация о погодных условиях собиралась на гидропосте у Балаханского моста, однако после попадания в зону влияния водохранилища этот источник данных перестал быть эффективным. Для получения актуальной информации о погодных условиях в этом районе можно использовать данные из близлежащих метеопунктов, расположенных в городах и населённых пунктах, таких как Буйнакск, Гуниб и Ботлих [9].

Для изучения изменений климатических параметров в Республике Дагестан мы провели анализ многолетних средних температур на базе данных метеостанций, охватывающих период с 1951 по 2010 год. Исследование осуществлялось в два этапа, каждый из которых длился 30 лет: первый с 1951 по 1980 год, второй – с 1981 по 2010 год. Это дало возможность собрать достаточно статистического материала для сопоставительного анализа.

Полученные результаты приведены ниже в диаграмме (рис. 8).

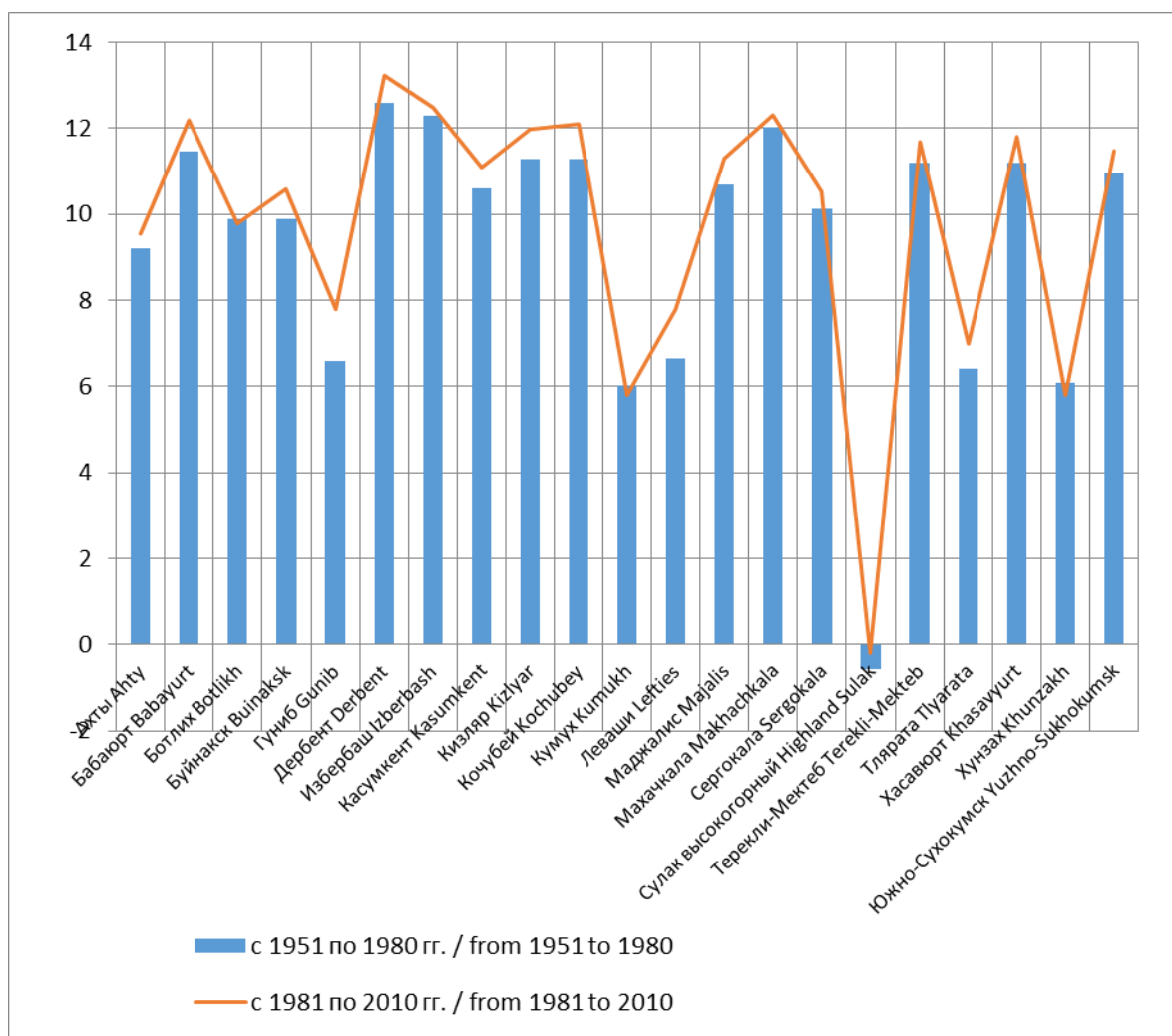


Рисунок 8. Динамика среднемноголетних температур с 1951 по 2010 гг. и с 1981 по 2010 г. по метеостанциям Республики Дагестан

Figure 8. Dynamics of average annual temperatures from 1951 to 2010 and from 1981 to 2010 at meteorological stations in the Republic of Dagestan

Результаты этого исследования продемонстрировали изменения в климатических тенденциях за указанный временной промежуток. В частности, данные метеостанций Республики Дагестан свидетельствуют о повышении среднегодовой температуры с 1981 по 2010 гг. по сравнению с периодом с 1951 по 1980 гг. Подобное изменение температурных условий на региональном уровне может ослаблять влияние, связанное с охлаждением в результате наличия Ирганайского водохранилища, особо актуального в весенне-летние месяцы. В долгосрочной перспективе это может вызвать значительные изменения в экономике аграрного сектора региона. Исследования в

области гидрометеорологии и влияния Ирганайской ГЭС на природную среду могут содействовать точному прогнозированию климатических процессов и обеспечению своевременной оценки биоклиматического потенциала различных агроклиматических зон региона.

Одним из отрицательных воздействий Ирганайской ГЭС стало также и усугубляющееся экологическое состояние самой акватории водохранилища и ее прибрежной части, которое год от года превращается в свалку всех видов мусора, путем речного переноса его из вышерасположенных районов в период паводков, проливных дождей и селевых

потоков и накопления. В 2023 году инспекторы Службы Росприроднадзора зафиксировали скопление мусора на площади, которое превышает 25 тысяч квадратных метров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регулярный анализ метеорологических показателей, связанных с водными ресурсами, крайне важен для предотвращения негативных экономических и экологических последствий. Кроме того, точные данные о климатических изменениях позволяют ученым разрабатывать новые подходы к адаптации сельскохозяйственных систем к изменяющимся условиям. Такие стратегии включают создание сортов растений, устойчивых к климатическим изменениям, что является ключевым элементом устойчивости агропромышленного сектора к потенциальным стрессовым условиям и необходимости корректировать сельскохозяйственные практики [8].

Аграрное производство, устроенное так, чтобы использовать биоклиматические ресурсы разных регионов с учётом принципов устойчивости, предполагает не только обеспечение населения необходимым количеством высококачественных продуктов питания, но также ориентацию на экономическую целесообразность, стараясь минимизировать вредное воздействие на окружающую среду [10]. В данном подходе акцентируется внимание на балансе между человеческими потребностями и способностями природы, с целью избежать нарушения гармонии экосистем и их устойчивого потенциала.

Игнорирование биоэкологических возможностей территорий и генетической пластичности растений, которые способны адаптироваться в пределах своих генетических возможностей при изменениях климатических условий, может привести к серьёзным изменениям в структуре экосистем. Поэтому, чтобы обеспечить долговременную стабильность и процветание для жителей этих регионов, важен продуманный подход к выбору и внедрению как технических, так и технологических решений. Оценка последствий применения новых технологий и методов, наряду с их влиянием на природные системы и социальное благополучие, должна стать обязательной частью стратегии устойчивого развития в аграрной области.

Отображение на космических снимках нарушений среды обитания человека в результате антропогенного воздействия на природу делает их ценным материалом для анализа современной экологической ситуации, составления карт экологической оценки территории, разработки экологических прогнозов [11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курамагомедов Б.М., Монахова Г.А., Гаджиев А.А., Ахмедова Г.А. Опыт использования геоинформационных технологий в исследованиях апвеллинга в Каспийском море // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9. № 4. С. 121–125. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2014-4-121-125>
2. Балдина Е.А., Лабутина И.А. Аэрокосмические исследования и картографирование в дельте Волги // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2011. № 2. С. 78–84.

3. Исмиханов З.Н., Абдурахманов Г.М., Гаджиев А.А., Даудова М.Г., Раджабова Р.Т., Теймуров А.А., Иванушенко Ю.Ю. Моделирование параметров социо-эколого-экономического устойчивого развития территории (на примере Унцукульского района Республики Дагестан) // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 1. С. 9–20. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-1-9-20>
4. Абдурахманов Г.М. и др. Эколого-экономический потенциал и устойчивое развитие Унцукульского района (экологический паспорт). Махачкала: Типография ИПЭ РД, 2017. 491 с.
5. Абулаева С.Г. и др. Ирганайская ГЭС и окружающая среда. Махачкала: Юпитер, 2004. 150 с.
6. Раджабова Р.Т., Алексеенко Н.А., Курамагомедов Б.М., Тажудинова З.Ш., Султанов З.М. Использование индексных изображений при дешифрировании растительного покрова Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 4. С. 126–136. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-4-126-136>
7. Асадулаев З.М., Анатов Д.М., Османов Р.М. Разнообразие и происхождение местных сортов абрикоса в Дагестане // Известия ОГАУ. 2016. № 1 (57). С. 28–30.
8. Курбанов Н.Б., Норматов И.Ш., Боев Б.М. Особенности влияния водохранилища ГЭС на изменение климата района // ELS. 2023. № 2. С. 561–570.
9. Абдурахманов Г.М., Гасанов Ш.Ш., Ахмедова Л.Ш., Раджабова Р.Т., Гусейнова Н.О. Оценка устойчивости геосистем Горного Дагестана. Махачкала: ИП Овчинников, 2011. 108 с.
10. Алексеевский Н.И. Оценка влияния изменения климата на водный режим и сток рек бассейна Волги // ВОДА: Химия и экология. 2013. № 4. С. 3–12.
11. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тугубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. Москва: Академия, 2004. 336 с.
12. Гусейнова Н.О. Применение геоинформационных технологий в геоэкологической оценке устойчивости природно-техногенных комплексов // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9. № 4. С. 114–120. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2014-4-114-120>

REFERENCES

1. Kuramagomedov B.M., Monakhova G.A., Gadzhiev A.A., Akhmedova G.A. The experience of using of the geoinformation technologies in the investigation of upwelling in the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*, 2014, vol. 9, no. 4, pp. 121–125. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2014-4-121-125>
2. Baldina E.A., Labutina I.A. Aerospace research and mapping in the Volga delta. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5: Geography]. 2011, no. 2, pp. 78–84. (In Russian)
3. Ismikhonov Z.N., Abdurakhmanov G.M., Gadzhiev A.A., Daudova M.G., Radzhabova R.T., Teymurov A.A., Ivanushenko Yu.Yu. Modeling the parameters of socio-ecological and economic sustainable development of the territory (on the example of the Untsukul'sky District of the Republic of Dagestan). *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 9–20. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-1-9-20>
4. Abdurakhmanov G.M. et al. *Ekologo-ekonomicheskii potentsial i ustoichivoe razvitie Untsukul'skogo raiona (ekologicheskii pasport)* [Ecological and economic potential and sustainable development of the Untsukul'sky district (ecological passport)]. Makhachkala, IAE RD Publ., 2017, 491 p. (In Russian)
5. Abulaeva S.G. et al. *Irganayskaya GES i okruzhayushchaya sreda* [Irganai HPP and the Environment]. Makhachkala, Yupiter Publ., 2004, 150 p. (In Russian)

6. Radzhabova R.T., Alekseenko N.A., Kuramagomedov B.M., Tazhudinova Z.Sh., Sultanov Z.M. The use of index images for decoding the vegetation cover of Inner mountain Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 126–136. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-4-126-136>
7. Asadulaev Z.M., Anatov D.M., Osmanov R.M. Diversity and origin of local apricot varieties in Dagestan. *Izvestiya OGAU* [Proceedings of OGAU]. 2016, no. 1 (57), pp. 28–30. (In Russian)
8. Kurbonov N.B., Normatov I.Sh., Boev B.M. Peculiarities of the impact of the HPP reservoir on the climate change of the region. *ELS*, 2023, no. 2, pp. 561–570. (In Russian)
9. Abdurakhmanov G.M., Gasanov Sh.Sh., Akhmedova L.Sh., Radzhabova R.T., Guseynova N.O. *Otsenka ustoichivosti geosistem Gornogo Dagestana* [Assessment of the sustainability of the Mountain Dagestan geosystems]. Makhachkala, Ovchinnikov Publ., 2011, 108 p. (In Russian)
10. Alekseevskiy N.I. Assessment of the impact of climate change on the water regime and runoff of rivers in the Volga basin. *VODA: Khimiya i Ekologiya* [WATER: Chemistry and Ecology]. 2013, no. 4, pp. 3–12. (In Russian)
11. Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. *Aerokosmicheskie metody geograficheskikh issledovaniy* [Aerospace methods of geographical research]. Moscow, Akademiya Publ., 2004, 336 p. (In Russian)
12. Guseynova N.O. Use of geoinformation technologies in an geoeological evaluation for sustainable development of natural and technogenic complexes. *South of Russia: ecology, development*, 2014, vol. 9, no. 4, pp. 114–120. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2014-4-114-120>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Раисат Р. Раджабова, Лейла Ш. Ахмедова предложили концепцию и дизайн исследования. Раисат Р. Раджабова, собрала и обработала материал, провела статистическую обработку. Лейла Ш. Ахмедова редактировала рукопись до подачи в редакцию. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Raisat R. Radjabova and Leila Sh. Akhmedova proposed the concept and design of the study. Raisat R. Radjabova collected and processed the material and conducted statistical processing. Leila Sh. Akhmedova edited the manuscript before submission to the Editor. All authors equally participated in writing the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Раисат Р. Раджабова / Raisat R. Radjabova <https://orcid.org/0000-0002-3729-9224>
Лейла Ш. Ахмедова / Leyla Sh. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0003-1347-1429>