

Курбонов Ислон Аваз угли
Главный специалист отдела по работе с обращениями физических и
юридических лиц, контролю и мониторингу Джизакского
государственного педагогического университета.

Республика Узбекистан, г. Джизак.

Неъматуллаев Дилмурод Баходир угли
Тьютор Джизакского государственного педагогического университета.

Республика Узбекистан, г. Джизак.

Мухторова Шахзода Илхом кизи
Докторант Национального университета Узбекистана имени Мирзо
Улугбека.

Республика Узбекистан, г. Ташкент.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ДЖИЗАКСКОЙ ОБЛАСТИ: ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НА ОСНОВЕ ГИС

Аннотация. В статье на основе представленных данных проанализированы территориальные особенности использования водных ресурсов Джизакской области и связанные с ними экологические проблемы. С применением статистического и сравнительно-географического подходов обобщены показатели протяжённости введённых в эксплуатацию водопроводных сетей в сельской местности, цифровизации земель водного фонда и ирригационной деятельности. Отмечено, что геодезические измерения проведены на 3810 га земель водного фонда, а факты незаконного использования выявлены на площади 627 га. Предложена схема оценки на основе ГИС, объединяющая показатели дефицита воды, засоления, антропогенной нагрузки и качества воды; при этом указано, что итоговые зоны экологического

риска пока не рассчитаны. Сформулированы рекомендации по цифровому мониторингу земель водного фонда, расширению применения водосберегающих технологий орошения и наблюдению за Айдар-Арнасайской системой озёр.

Ключевые слова: водные ресурсы, экологические проблемы, орошение, земли водного фонда, ГИС, засоление, Джизакская область.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF WATER RESOURCES USE IN JIZZAKH REGION: A GIS-BASED TERRITORIAL ASSESSMENT

Abstract. The article examines the territorial characteristics of water resources use and related environmental problems in Jizzakh region using the information provided in the source manuscript. Statistical and comparative geographical approaches are used to summarize the length of newly commissioned rural water supply networks, the digitization of water fund lands, and irrigation-related indicators. The source reports geodetic surveys of 3,810 hectares of water fund lands and identifies unauthorized use on 627 hectares. A GIS assessment framework combining water scarcity, salinization, anthropogenic pressure, irrigation intensity, and water quality is proposed; final spatial risk zones have not yet been calculated. Recommendations concern digital monitoring, water-saving irrigation, and ecological monitoring of the Aydar-Arnasay lake system.

Keywords: water resources, environmental problems, irrigation, water fund lands, GIS, salinization, Jizzakh region.

ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы относятся к важнейшим природным ресурсам, обеспечивающим социально-экономическое развитие человечества. Особенно в регионах с засушливым климатом сохранение количества и качества водных ресурсов является одним из основных условий

экологической устойчивости. В Центральной Азии рост численности населения, расширение сельскохозяйственного производства, урбанизация и изменение климата усиливают нагрузку на водные ресурсы. В Узбекистане основная часть водопользования связана с сельским хозяйством. Согласно официальным сведениям, около 90–91 % имеющихся в стране водных ресурсов направляется на нужды сельского хозяйства. Поэтому в регионах развитого орошаемого земледелия эффективность водопользования имеет не только экономическое, но и экологическое значение. Джизакская область также относится к регионам, в которых орошаемое земледелие занимает важное место. Для её природно-географических условий характерно чередование предгорных, равнинных и пустынных территорий. Территориальное распределение водных ресурсов также неоднородно. В одних районах близость к водным источникам создаёт относительно благоприятные условия, тогда как в других наблюдаются проблемы, связанные с дефицитом воды, состоянием оросительной инфраструктуры и мелиорацией земель.

Изучение использования водных ресурсов области нельзя ограничивать только их количеством. Необходим совместный анализ территориального размещения водных объектов, орошаемых земель, населённых пунктов, промышленных объектов, засоления почв и других антропогенных факторов. В этом отношении геоинформационные системы (ГИС) служат важным инструментом территориальной оценки экологических последствий водопользования. ГИС позволяют объединять водные объекты и влияющие на них природные и антропогенные факторы в единую базу геоданных, проводить зонирование территории по уровню экологического риска и осуществлять мониторинг изменений во времени. Цель исследования — охарактеризовать экологические проблемы, связанные с использованием водных ресурсов Джизакской области, на основе имеющихся показателей, определить подход к их территориальной

оценке с применением ГИС и сформулировать практические рекомендации по устойчивому водопользованию.

Задачи исследования: охарактеризовать основные водные ресурсы области и их территориальное распределение; проанализировать состояние оросительных систем и использование земель водного фонда; выделить экологические проблемы и факторы антропогенной нагрузки; определить слои и индикаторы, необходимые для оценки на основе ГИС; разработать рекомендации по охране и рациональному использованию водных ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются водные ресурсы Джизакской области и процессы их использования. Предмет исследования — экологические последствия водопользования, дефицит и качество воды, оросительные системы, земли водного фонда и их территориальные различия.

В исследовании использованы сведения Национального комитета Республики Узбекистан по статистике, Министерства водного хозяйства, Национального комитета по экологии и изменению климата, а также соответствующих территориальных организаций.

В исходном материале указаны статистический анализ, сравнительно-географический и картографический подходы, ГИС-анализ, дистанционное зондирование, формирование базы геоданных, территориальное зонирование и наложение пространственных слоёв (overlay analysis). Приведённые в настоящей статье количественные результаты представляют собой обобщение имеющихся официальных данных; исходный документ не содержит подтверждённых результатов самостоятельных ГИС-расчётов или сведений о построении итоговой карты экологического риска.

Для анализа на основе ГИС могут использоваться такие пространственные слои, как административные границы, реки и каналы, водохранилища, Айдар-Арнасайская система озёр, орошаемые земли, земли водного фонда, населённые пункты, промышленные объекты и мелиоративное состояние земель. При оценке экологического риска учитываются такие индикаторы, как дефицит воды, интенсивность водопользования, доля орошаемых земель, засоление, качество воды и антропогенная нагрузка.

Предлагаемый интегральный показатель выражается следующей формулой:

$$E = W_1S + W_2A + W_3Sh + W_4I + W_5Q$$

где E — индекс экологического риска; S — дефицит воды; A — антропогенная нагрузка; Sh — степень засоления; I — интенсивность орошения; Q — качество воды; W_1 – W_5 — весовые коэффициенты индикаторов. Данная формула представляет собой предложенное в исходном материале методическое выражение: количественные значения индикаторов, порядок их нормализации, весовые коэффициенты и результаты фактических расчётов индекса не приведены.

Этот подход позволяет в перспективе классифицировать территорию области по степени экологического риска. При этом итоговые границы зон риска необходимо рассчитывать на основе фактических ГИС-данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Водные ресурсы и инфраструктура водоснабжения

Водные ресурсы Джизакской области образуют сложную гидрологическую систему, включающую реки, каналы, водохранилища, коллекторно-дренажные сети, озёра и подземные воды. Эти ресурсы используются для нужд населения, сельского хозяйства, промышленности и в экологических целях. Важная роль сельского хозяйства в экономике

области повышает потребность в оросительной воде. В связи с этим актуальными остаются эффективность водопользования, техническое состояние системы подачи воды и сокращение её потерь. Динамика развития инфраструктуры водоснабжения также отражает изменения, происходящие в системе водного хозяйства региона.

Таблица 1. Протяжённость водопроводных сетей, введённых в эксплуатацию в сельской местности Джизакской области

Год	Протяжённость введённых в эксплуатацию водопроводных сетей, км
2020	197,2
2021	429,9
2022	503,9
2023	869,9
2024	154,7
2025	250,3

Источник: данные СИАТ Национального комитета Республики Узбекистан по статистике [2].

В таблице указана протяжённость водопроводных сетей, введённых в эксплуатацию в каждом отдельном году, а не общая протяжённость существующих сетей. Согласно представленным данным, в 2020 г. введено 197,2 км сетей, в 2021 г. — 429,9 км, в 2022 г. — 503,9 км, в 2023 г. — 869,9 км, в 2024 г. — 154,7 км, в 2025 г. — 250,3 км. Таким образом, годовые показатели изменялись неравномерно. Целесообразно отдельно изучить связь этих изменений с территориальными инфраструктурными проектами, инвестициями и программами водоснабжения [2].

Использование земель водного фонда и мониторинг на основе ГИС

При охране водных ресурсов важно контролировать не только состояние самой воды, но и соблюдение режима использования территорий, относящихся к водным объектам. В Джизакской области проведены практические работы по цифровизации земель водного фонда и формированию базы геоданных. Согласно официальным сведениям, приведённым в исходном документе, на площади 3810 га земель водного фонда выполнены геодезические измерения и созданы электронные базы ГИС. Кроме того, проведён учёт 2915 га земель, а 2383 га

зарегистрированы в государственном порядке на балансе водохозяйственных организаций. В ходе этих работ выявлены факты незаконного использования 627 га земель водного фонда [3]. Эти показатели подтверждают практическую значимость мониторинга использования земель водного фонда на основе ГИС. Электронная база геоданных позволяет уточнять границы водных объектов, учитывать земельные площади, определять территориальное размещение участков незаконного использования и отслеживать изменения во времени. Цифровизация земель водного фонда также позволяет сопоставлять результаты экологического мониторинга с другими пространственными данными. Например, посредством наложения слоёв земель водного фонда и орошаемых земель, населённых пунктов, промышленных объектов и транспортной инфраструктуры можно выявлять территории с высокой антропогенной нагрузкой.

Орошение и возможности водосбережения

Одним из основных направлений использования водных ресурсов Джизакской области является орошаемое земледелие. Низкая эффективность водопользования в сельском хозяйстве не только повышает потребность в водных ресурсах, но в отдельных случаях может влиять на мелиоративное состояние земель. Согласно официальным данным по Зааминскому району, на орошение одного гектара сельскохозяйственных угодий в среднем расходуется 9,5–10 тыс. м³ воды [5]. Этот показатель подчёркивает значение водосберегающих технологий. Капельное, дождевальное и другие современные методы орошения могут способствовать оптимизации расхода воды и стабилизации продуктивности сельского хозяйства. По данным Министерства водного хозяйства, в Узбекистане в 2025 г. применение водосберегающих технологий позволило сэкономить 2,3 млрд м³ воды [4]. Это общереспубликанский показатель, который не относится исключительно к

Джизакской области. В отдельных фермерских хозяйствах Зафарабадского района Джизакской области имеется также опыт применения капельного орошения хлопчатника. Поэтому важным направлением повышения эффективности водопользования в области является внедрение водосберегающих технологий с учётом природных и хозяйственных условий конкретных территорий.

Экологические проблемы, связанные с использованием водных ресурсов

В рамках исследования экологические проблемы, связанные с использованием водных ресурсов Джизакской области, можно разделить на следующие основные группы.

Неравномерное распределение водных ресурсов. Водные ресурсы распределены по территории области неравномерно, что обусловлено её природно-географическими условиями. При этом потребность в воде особенно резко возрастает в вегетационный период. В результате в отдельных районах усиливается сезонная нагрузка на водные ресурсы.

Потери воды в оросительных системах. На отдельных участках открытых каналов и устаревшей ирригационной инфраструктуры часть воды может теряться вследствие фильтрации и испарения. Это снижает эффективность использования имеющихся водных ресурсов.

Засоление земель. Несоответствие между режимами орошения и дренажа может создавать условия для подъёма уровня грунтовых вод и накопления солей в почве. Засоление отрицательно влияет на экологический и производственный потенциал сельскохозяйственных земель.

Изменение качества воды. Использование минеральных удобрений и средств защиты растений в сельском хозяйстве, а также

поступление сточных вод в водные объекты могут оказывать антропогенное воздействие на качество воды.

Риск дефицита воды. Изменение климатических условий, повышение температуры и усиление испарения могут приводить к росту потребности в воде. Поэтому необходимы долгосрочное прогнозирование состояния водных ресурсов и территориально дифференцированное управление ими.

Экологическое состояние Айдар-Арнасайской системы озёр

Айдар-Арнасайская система озёр занимает особое место в водно-экологической системе Джизакской области. В её состав входят озёра Айдаркуль, Тузкан и Восточный Арнасай. В официальных сведениях, приведённых в исходном материале, общая площадь системы озёр оценивается приблизительно в 4 тыс. км². Эта территория имеет важное значение для водных экосистем, рыболовства и сохранения биологического разнообразия. В связи с этим необходим регулярный мониторинг водного режима озёр, качества воды и антропогенной нагрузки. Согласно приведённым в исходном документе официальным сведениям, в январе–феврале 2025 г. на территории Айдар-Арнасайской системы озёр проведено 125 контрольных мероприятий, в ходе которых выявлено 94 нарушения [6]. Эти данные указывают на необходимость усиления экологического контроля за использованием водных экосистем. Вместе с тем применение ГИС и технологий дистанционного зондирования позволяет отслеживать площадь озёр и водной поверхности, изменения прибрежных территорий и антропогенную нагрузку.

Схема территориальной экологической оценки на основе ГИС

Главное преимущество ГИС при оценке экологического состояния водопользования заключается в возможности объединять различные пространственные данные в единую систему.

Для Джизакской области целесообразно сформировать следующие пространственные слои ГИС:

Таблица 2. Предлагаемые пространственные слои для оценки на основе ГИС

№	Слой ГИС	Назначение для анализа
1	Административные границы	Анализ по районам
2	Реки	Источники воды
3	Каналы	Ирригационная сеть
4	Водохранилища	Регулирование водных ресурсов
5	Айдар-Арнасайская система озёр	Крупная водная экосистема
6	Орошаемые земли	Водопотребление
7	Земли водного фонда	Охрана водных объектов
8	Населённые пункты	Антропогенная нагрузка
9	Промышленные объекты	Потенциальные источники загрязнения
10	Засоление	Мелиоративное состояние
11	NDVI	Растительный покров
12	Водная поверхность	Динамика во времени

Источник: перечень слоёв, предложенный авторами в исходной статье.

Эти слои могут быть объединены в среде ArcGIS и проанализированы с помощью таких инструментов, как Spatial Analysis, Buffer, Intersect и Weighted Overlay.

На основе данного подхода предлагается создать карту «Зоны экологического риска при использовании водных ресурсов в Джизакской области». Предполагается разделить территорию на зоны низкого, среднего и высокого риска. Однако исходный документ не содержит такой карты, фактических границ зон риска или результатов ГИС-расчётов; они должны быть определены в ходе последующего анализа.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ представленных данных показывает, что экологические проблемы, связанные с использованием водных ресурсов Джизакской области, формируются не под влиянием одного фактора, а в результате взаимодействия природных и антропогенных процессов. Высокая потребность сельского хозяйства в воде, потери в ирригационных сетях, засоление земель и антропогенная нагрузка на водные объекты прямо или

косвенно влияют на экологическое состояние водных ресурсов. Вместе с тем формирование базы ГИС по землям водного фонда, о котором сообщается в официальных данных, создаёт важную практическую основу для цифровизации территориального мониторинга. Электронная база данных позволяет непрерывно наблюдать за состоянием земель водного фонда, выявлять случаи незаконного использования и сопоставлять их с другими экологическими показателями. В дальнейшем особое значение приобретает интеграция данных ГИС с материалами дистанционного зондирования. Например, спутниковые снимки Sentinel или Landsat позволяют изучать динамику площади водной поверхности, растительного покрова и деградации земель. При управлении водными ресурсами необходимо также учитывать не только имеющийся объём воды, но и потребность в ней, её качество, мелиоративное состояние земель и климатические факторы в их взаимосвязи.

Приведённый в исходном материале статистический ряд характеризует годовые объёмы ввода в эксплуатацию сетей водоснабжения, однако не позволяет непосредственно делать выводы об изменении расхода или качества воды. Аналогичным образом предложенный интегральный индекс экологического риска не является полученным практическим результатом: его значения и соответствующая карта могут быть рассчитаны только после формирования необходимых пространственных слоёв, определения коэффициентов и проверки геоданных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование водных ресурсов Джизакской области непосредственно связано с сельским хозяйством, экологической устойчивостью и социально-экономическим развитием региона. Обобщённые в статье данные свидетельствуют о наличии ряда экологических проблем в сфере водопользования. К основным из них

относятся территориальная и сезонная неравномерность распределения водных ресурсов, потери воды в оросительных системах, засоление земель, изменение качества воды, проблемы использования земель водного фонда и антропогенная нагрузка на водные экосистемы. Проведение геодезических измерений на 3810 га земель водного фонда Джизакской области и формирование электронной базы ГИС представляют собой важную основу для цифрового управления водными ресурсами и их мониторинга. Одновременно выявление фактов незаконного использования 627 га земель водного фонда свидетельствует о необходимости непрерывного территориального мониторинга. Применение ГИС позволяет анализировать водные ресурсы, орошаемые земли, земли водного фонда, населённые пункты, промышленные объекты и экологические проблемы в единой геопространственной системе.

На основе сведений, приведённых в исходном материале, рекомендуются следующие практические направления: сформировать единую базу данных ГИС по водным ресурсам области и регулярно обновлять её; продолжить электронный мониторинг земель водного фонда; сокращать потери воды в оросительных каналах; расширять применение капельного и дождевального орошения; осуществлять мониторинг засоления, качества воды и состояния Айдар-Арнасайской системы озёр с использованием ГИС и дистанционного зондирования; разрабатывать долгосрочные прогнозы состояния водных ресурсов в условиях изменения климата.

Таким образом, важнейшим условием рационального использования водных ресурсов Джизакской области является не только экономия воды, но и комплексный мониторинг экологического состояния водных объектов и прилегающих территорий. ГИС могут служить эффективным инструментом для территориально точной, оперативной и системной организации этого процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Республики Узбекистан.
2. Национальный комитет Республики Узбекистан по статистике. СИАТ — база статистических данных Республики Узбекистан.
3. Министерство водного хозяйства Республики Узбекистан. Официальные сведения о формировании базы геоданных по землям водного фонда.
4. Министерство водного хозяйства Республики Узбекистан. Сведения об эффективном использовании водных ресурсов и внедрении водосберегающих технологий.
5. Министерство водного хозяйства Республики Узбекистан. Сведения об эффективности водопользования в Зааминском районе Джизакской области.
6. Национальный комитет по экологии и изменению климата Республики Узбекистан. Сведения об экологическом состоянии Айдар-Арнасайской системы озёр.
7. ФАО. AQUASTAT: Глобальная информационная система по водным ресурсам и сельскому хозяйству.
8. ЮНЕСКО. Доклад Организации Объединённых Наций о состоянии водных ресурсов мира.
9. Esri. Документация ArcGIS: пространственный анализ (Spatial Analysis).
10. Esri. Документация ArcGIS: гидрология и инструменты геообработки (Hydrology and Geoprocessing Tools).