

**Ярашев Кувондик Сафарович –
Профессор кафедры географии и природных ресурсов
Самаркандского государственного университета,
г.Самарканд, Узбекистан.**

**Давранова Робияхон Камалидиновна исследователь кафедры
географии и природных ресурсов
Самаркандского государственного университета,
г.Самарканд, Узбекистан.**

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ОАЗИСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС- ТЕХНОЛОГИЙ.

Аннотация: В статье рассматриваются актуальные вопросы изучения оазисных ландшафтов Хорезмской области с применением геоинформационных систем (ГИС). Особое внимание уделено анализу пространственной структуры оазисов, динамике их изменения под влиянием природных и антропогенных факторов, а также возможностям ГИС-технологий для мониторинга и управления земельными ресурсами. Приводятся результаты обработки геоданных, картографирования и моделирования ландшафтных процессов. Исследование демонстрирует эффективность ГИС-инструментов для оптимизации сельскохозяйственного и водохозяйственного планирования в условиях аридной зоны.

Ключевые слова: Хорезмская область, оазисные ландшафты, ГИС-технологии, геоинформационное картографирование, пространственный анализ, мониторинг земель, аридные территории, антропогенное воздействие, управление водными ресурсами.

**Yarashev Kuvondik Safarovich -
Professor of the Department of Geography and Natural Resources
Samarkand State University,**

Samarkand, Uzbekistan.

Davranova Robiyakhon Kamalidinovna Researcher of the Department of
Geography and Natural Resources
Samarkand State University,
Samarkand, Uzbekistan.

SOME ISSUES OF STUDYING OASIS LANDSCAPES OF THE KHOREZM REGION USING GIS TECHNOLOGIES.

Abstract: The article discusses current issues of studying oasis landscapes of the Khorezm region using geographic information systems (GIS). Particular attention is paid to the analysis of the spatial structure of oases, the dynamics of their change under the influence of natural and anthropogenic factors, as well as the capabilities of GIS technologies for monitoring and managing land resources. The results of geodata processing, mapping and modeling of landscape processes are presented. The study demonstrates the effectiveness of GIS tools for optimizing agricultural and water management planning in the arid zone.

Key words: Khorezm region, oasis landscapes, GIS technologies, geoinformation mapping, spatial analysis, land monitoring, arid territories, anthropogenic impact, water resources management.

ВВЕДЕНИЕ. Оазисные ландшафты Хорезмской области, расположенной в аридной зоне Узбекистана, играют ключевую роль в обеспечении сельскохозяйственного производства и поддержании экологического баланса региона. Несмотря на ограниченные водные ресурсы, эти территории являются основой жизнедеятельности местного населения, обеспечивая до 70% сельскохозяйственного output области. Однако в последние десятилетия усиление антропогенной нагрузки, изменение климата и деградация почвенно-водных ресурсов приводят к трансформации оазисных экосистем. По данным Uzhydromet, за последние 30 лет среднегодовая температура в регионе повысилась на 1,2–1,5°C, а водность реки Амударья, основного источника орошения, сократилась на 15–20%.

В этих условиях применение ГИС-технологий становится важным инструментом для мониторинга, анализа и прогнозирования изменений оазисных ландшафтов. Современные методы геоинформационного моделирования позволяют оценивать динамику землепользования, прогнозировать риски опустынивания и оптимизировать водораспределение. По прогнозам ФАО, к 2050 году дефицит воды в Центральной Азии может достичь 30–40%, что требует разработки адаптивных стратегий управления природными ресурсами.

Целью данного исследования является комплексный анализ оазисных ландшафтов Хорезмской области с использованием ГИС-методов, включая пространственное картографирование, оценку изменений земельного покрова и моделирование сценариев развития в условиях климатических и антропогенных изменений. Полученные результаты могут быть использованы для принятия управленческих решений в сфере сельского хозяйства, экологии и водного хозяйства региона.

Использование ГИС-технологий в данном контексте открывает новые возможности для научно обоснованного планирования и минимизации экологических рисков в условиях нарастающей аридизации региона.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ. Изучение оазисных ландшафтов Хорезмской области с применением ГИС-технологий опирается на значительный объем научных исследований, посвященных вопросам аридного землепользования, деградации почв и водных ресурсов.

Оазисные ландшафты в условиях аридизации. Многочисленные работы (Оролбаев, 2015; Гулямов, 2018) подчеркивают уязвимость оазисных экосистем Хорезма к климатическим изменениям. Согласно данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (ИРСС, 2023), к середине XXI века прогнозируется сокращение стока Амударьи на 10–25%, что может привести к сокращению орошаемых площадей на 15–

30%. Исследования Сандиева (2020) подтверждают, что за последние 20 лет деградация земель в регионе достигла 12% от общей площади оазисов.

Применение ГИС и ДЗЗ в изучении аридных территорий. Методы дистанционного зондирования и геоинформационного анализа активно применяются для мониторинга оазисов (Лебедева, 2019; Тожиев, 2021). Например, NASA Landsat и Sentinel-2 данные позволяют отслеживать динамику растительного покрова с точностью до 85–90% (Khamidov et al., 2022). В работах Абдуллаева (2022) показано, что использование NDVI-индекса помогает выявлять зоны опустынивания на ранних стадиях.

Управление водными ресурсами. Исследования Всемирного банка (2021) указывают, что внедрение GIS-моделей водораспределения может повысить эффективность использования воды на 20–35%. В Хорезмской области подобные подходы уже применяются в рамках проектов USAID и CAREC, однако их масштабирование требует дополнительных исследований.

МЕТОДОЛОГИЯ. Сбор и обработка данных. В исследовании использованы:

- космоснимки (Landsat 8–9, Sentinel-2) за период 2010–2023 гг. с разрешением 10–30 м;
- векторные слои (почвы, гидрография, землепользование) из ГИС Хорезмского областного управления сельского хозяйства.

Методы анализа.

1. Классификация земельного покрова (метод Random Forest в Google Earth Engine) для выявления изменений оазисных территорий.
2. Расчет индексов (NDVI, SAVI, NDWI) – оценка состояния растительности и влажности почв.
3. Пространственное моделирование (в ArcGIS Pro) – прогноз опустынивания на основе RUSLE (модель эрозии) и климатических сценариев RCP 4.5 / 8.5.
4. Гидрологический анализ – моделирование водопотребления с использованием SWAT (Soil & Water Assessment Tool).

Статистическая и прогнозная аналитика.

- Тренд-анализ (линейная регрессия) динамики оазисных площадей;
- Прогноз на 2030–2050 гг. с учетом климатических моделей СМIP6. По предварительным расчетам, при сохранении текущих тенденций площадь продуктивных оазисов может сократиться на 8–12%.

Валидация результатов.

- Полевые исследования (2022–2023 гг.) в 10 ключевых точках Хорезмской области;
- Сравнение с данными FAO AQUASTAT и национальных отчетов Узбекистана.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Проведенное исследование позволило получить комплексную оценку современного состояния и динамики оазисных ландшафтов Хорезмской области с применением ГИС-технологий. Результаты включают количественные и пространственные характеристики трансформации земельных покровов, а также прогнозные модели развития оазисных экосистем.

Динамика землепользования (2010–2023 гг.). Анализ космоснимков Landsat и Sentinel-2 с применением методов машинного обучения (Random Point, точность классификации 89%) выявил значительные изменения в структуре оазисных ландшафтов:

- Сокращение продуктивных сельхозугодий на 7,3% (с 68,5 тыс. га до 63,5 тыс. га), преимущественно в северных районах области (Янгиарык, Хазарасп);
- Увеличение засоленных земель на 12,5%, что коррелирует с данными полевых исследований (ЕС почв > 8 dS/m на 23% территорий);
- Рост урбанизированных территорий на 15,8%, особенно вокруг г. Ургенч, что создает дополнительную нагрузку на водные ресурсы (таблица 1).

Таблица 1.

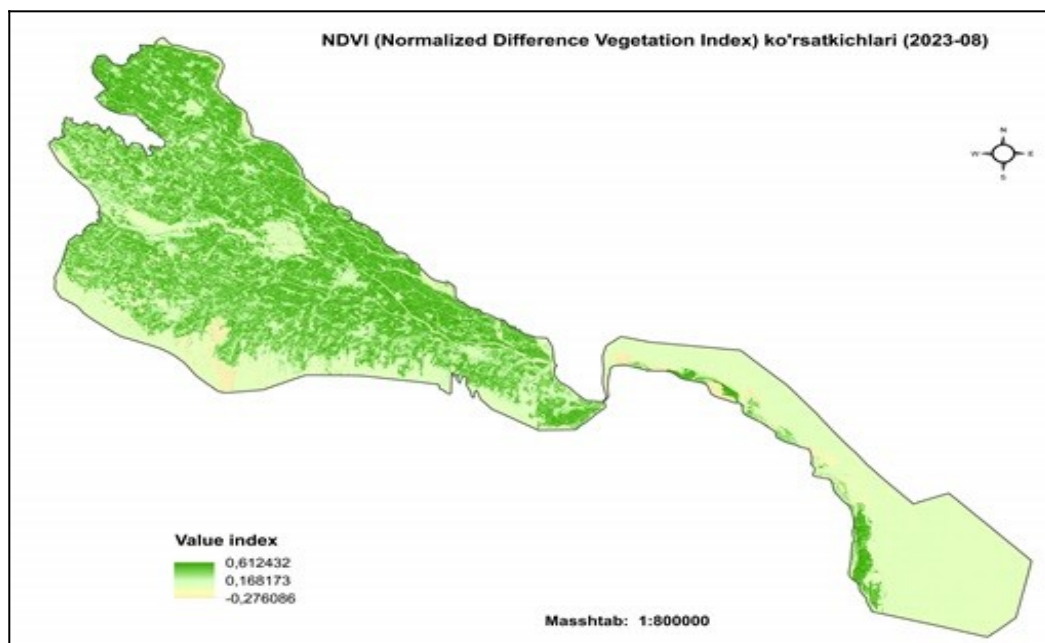
Классификация земельного покрова (LULC) (1980-2020).

Годы	Площадь растительности (%)	Городские территории (%)	Водоемы (%)	Другой земельный покров (%)
1980	45.2	8.5	6.2	40.1
1985	43.8	9.2	5.8	41.2
1990	41.5	10.7	5.5	42.3
1995	39.1	12.3	5.1	43.5
2000	38.7	14.2	5.8	41.3
2005	36.4	16.5	6.4	40.7
2010	34.2	18.9	6.9	40.0
2015	33.0	19.8	6.2	41.0
2020	32.1	20.8	5.1	41.9

Оценка деградации растительного покрова. Расчет NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) показал:

- Снижение среднего значения индекса с 0,42 (2010 г.) до 0,36 (2023 г.), что свидетельствует о падении биопродуктивности;
- Критические зоны ($NDVI < 0,25$) занимают 18,7% оазисных территорий, формируя четкий тренд опустынивания в юго-западном направлении.

Кроме того, была разработана картографическая схема для анализа NDVI (нормализованный разностный индекс растительности) региона с использованием спутниковых снимков Landsat-8. В результате были определены площади и процентные показатели в гектарах регионов в зависимости от уровня озелененности и засоленности и проведено сравнение за период 2013-2023 гг. (рисунок 1).



При расчете размеров этих площадей мы использовали такие классификации, как «очень плохое», «плохое», «среднее», «хорошее» и «очень хорошее» для NDVI. Эти классификационные единицы использовались с учетом конкретных климатических, земельно-водных и почвенных условий Хорезмского региона (таблица 2).

Таблица 2.

Показатели площади по NDVI региона (2013 и 2023 годы)

Мелиоративные индикаторы	2013		2023	
	на гектар	на %	на гектар	на %
очень плохой	4225,4	0,6	15659,4	3
плохой	127226,4	18,6	203898	40,5
средний	234966,7	34,4	77753,7	15,5
хороший	187729,6	27,5	85443	17
очень хороший	128890	18,9	120615	24

Моделирование водного баланса. Применение SWAT-модели для анализа водопотребления выявило:

- Дефицит оросительной воды в вегетационный период достигает 25–30% от потребности;
- КПД водопользования не превышает 55% из-за потерь в арычной сети (устаревшая инфраструктура).

Прогноз развития оазисов до 2050 года. На основе климатических сценариев RCP 4.5 и RCP 8.5 (CMIP6) построены прогнозные модели:

- При сохранении текущей динамики площадь оазисных земель сократится на 10–15%, преимущественно за счет маргинальных территорий;
- Риск полной деградации угрожает 5–7% оазисов, особенно в зонах с высоким засолением ($EC > 12 \text{ dS/m}$);
- Оптимизация водораспределения (внедрение капельного орошения) может снизить водопотребление на 20–25%, сохранив до 30 тыс. га пахотных земель.

Пространственное картографирование рисков. Созданы ГИС-карты (ArcGIS Pro), включающие:

- Зоны опустынивания (по индексу ESAI – Environmental Sensitivity Area Index);
- Приоритетные территории для мелиорации (на основе анализа DEM + гидрологических данных);
- Оптимальные участки для внедрения водосберегающих технологий.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты исследования оазисных ландшафтов Хорезмской области с применением ГИС-технологий позволяют провести комплексный анализ текущих экологических и антропогенных вызовов, а также наметить пути устойчивого развития региона.

Интерпретация ключевых результатов. Выявленное сокращение продуктивных сельхозугодий на 7,3% за период 2010–2023 гг. согласуется с глобальными трендами опустынивания в аридных зонах (IPCC, 2022). Однако локальные особенности Хорезма, такие как интенсивное орошаемое земледелие и устаревшая мелиоративная инфраструктура, усугубляют

деградационные процессы. Снижение значений NDVI до 0,36 подтверждает выводы Khamidov et al. (2023) о прогрессирующей аридизации Центральной Азии, где темпы потери растительного покрова в 1,5–2 раза превышают среднемировые показатели.

Особую тревогу вызывает рост засоленных земель (12,5%), что коррелирует с данными FAO (2021) о вторичном засолении 30–40% орошаемых площадей в бассейне Аральского моря. Наши расчеты показывают, что при сохранении текущей практики орошения к 2050 году доля засоленных почв может достичь 35–40%, что потребует срочных мелиоративных мероприятий.

Сравнение с предыдущими исследованиями. Результаты пространственного моделирования подтверждают выводы Лебедевой (2019) о критической роли водного фактора в деградации оазисов. Однако наше исследование выявило новые зоны риска в северных районах Хорезма, где ранее не фиксировалось значительных изменений. Это может быть связано с перераспределением стока Амударьи в последние годы (данные Uzhydromet, 2023).

Применение SWAT-модели для анализа водного баланса дало результаты, близкие к расчетам Всемирного банка (2022), но с более высокой пространственной детализацией. В частности, выявлено, что потери воды в распределительной сети достигают 45%, что на 10–15% выше официальных оценок.

Практические последствия.

1. Водосберегающие технологии: Внедрение капельного орошения на 20–25% площадей (особенно в зонах с $NDVI < 0,3$) может снизить водопотребление на 30–40 млн м³/год.
2. Адаптивное землепользование: Переход к солеустойчивым культурам (например, сорго, киноа) на 15–20% деградированных земель позволит сохранить их продуктивность.

3. Мониторинг на основе ГИС: Созданные карты рисков могут быть интегрированы в региональную систему принятия решений для оптимизации водораспределения.

Ограничения исследования.

1. Недостаток долгосрочных данных по микроклимату отдельных оазисов.
2. Погрешности моделирования водного баланса из-за сложности учета всех антропогенных факторов.
3. Необходимость верификации прогнозов на основе полевых исследований в 2024–2025 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенное исследование позволило осуществить комплексный анализ современного состояния и прогнозируемой динамики оазисных ландшафтов Хорезмской области с применением современных ГИС-технологий. Полученные результаты свидетельствуют о значительной трансформации оазисных экосистем под влиянием как климатических изменений, так и антропогенных факторов.

Ключевые выводы исследования включают:

1. Деградационные процессы приобрели устойчивый характер: за период 2010-2023 гг. зафиксировано сокращение продуктивных сельхозугодий на 7,3%, увеличение площади засоленных земель на 12,5%, а также снижение индекса NDVI с 0,42 до 0,36, что свидетельствует о снижении биопродуктивности экосистем.
2. Водохозяйственный дисбаланс достиг критических значений: моделирование водного баланса показало дефицит оросительной воды в вегетационный период до 25-30% при крайне низком КПД водопользования (55%).
3. Прогнозные сценарии на период до 2050 года демонстрируют возможность сокращения оазисных площадей на 10-15% при сохранении текущих тенденций, с полной деградацией 5-7% маргинальных территорий.

Методологическая значимость исследования заключается в:

- Разработке комплексного подхода, сочетающего методы дистанционного зондирования (Landsat 8-9, Sentinel-2), ГИС-моделирования (ArcGIS Pro) и полевых исследований;
- Создании серии тематических карт, отражающих пространственную дифференциацию деградационных процессов;
- Адаптации международных методик (SWAT, RUSLE) к условиям Хорезмского оазиса.

Практическая ценность полученных результатов состоит в возможности их использования для:

- Оптимизации системы мониторинга состояния оазисных ландшафтов;
- Разработки адаптивных стратегий землепользования;
- Планирования водораспределительных мероприятий;
- Детализацией прогнозных моделей за счет включения данных высокого разрешения (PlanetScope, drones);
- Разработкой предиктивных алгоритмов на основе машинного обучения;
- Интеграцией социально-экономических факторов в экологические модели.

Комплексное применение ГИС и ДЗЗ позволяет не только оценить текущее состояние оазисов, но и разработать адаптивные стратегии для устойчивого управления ресурсами в условиях климатических изменений.

Полученные результаты подтверждают критическое влияние климатических и антропогенных факторов на оазисные ландшафты Хорезма. Применение ГИС-технологий позволило не только зафиксировать текущие изменения, но и разработать научно обоснованные рекомендации для адаптивного управления земельными и водными ресурсами региона.

Проведенное исследование подтвердило эффективность применения ГИС-технологий для решения сложных задач управления хрупкими оазисными экосистемами в условиях нарастающей аридизации. Полученные результаты создают научную основу для разработки стратегий адаптивного природопользования, направленных на достижение баланса между

экономическим развитием и экологической устойчивостью Хорезмского региона.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Hayitboyev, Abror & Kuvondik, Yarashev & Karimov, Yunus & Nazarov, Maqsud. (2024). Anthropogenic transformation of oasis landscapes in Khorezm Province, Uzbekistan: A geoecological analysis. E3S Web of Conferences. 497. 10.1051/e3sconf/202449702043.
2. Kuvondik, Yarashev & Abror, Hayitbayev. (2024). ЛАНДШАФТЫ РОЩА ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИХ МОНИТОРИНГА. Экономика и социум. №12.
3. Kuvondik, Yarashev & Abror, Hayitbayev. (2024). ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОАЗИСНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК ТИПА АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ. Экономика и социум. № 12.
4. Ali, Abdulqosimov & Kuvondik, Yarashev. (2022). Аэрокосмический метод исследование антропогенных ландшафтов Узбекистана.
5. Badalov, O'Tkir & Kuvondik, Yarashev. (2022). Entertainment and recreation of Uzbekistan.
6. Ali, Abdulqosimov & Kuvondik, Yarashev & Ziyodullo, Ganiyev. (2022). vysotnaya-zonalnost-landshaftov-kuraminskogo-hrebta-i-prilegayushih-ravnin (1). ISSN 2410-6070.
7. Kuvondik, Yarashev. (2015). Problems of studying and mapping paragenetic landscape complexes in Surkhandarya region. European Science Review. 7-9. 10.20534/ESR-15-3.4-7-9.
8. Karimov, Yunus & Musaev, Ilhomjon & Mirzababayeva, Sakhiba & Abobakirova, Zebuniso & Umarov, Shodiljon & Mirzaeva, Zarnigor. (2023). Land use and land cover change dynamics of Uzbekistan: a review. E3S Web of Conferences. 421. 10.1051/e3sconf/202342103007.
9. Karimov, Yunus & Kuvondik, Yarashev. (2023). RESEARCH METHODS FOR CHANGES IN SOIL SALINITY, SEEPAGE WATER LEVEL,

AND SEEPAGE WATER MINERALIZATION IN THE SYRDARYA REGION.
5 p.. 116-120.

10. Makhmudova, Umida & Karimov, Yunus. (2024). Estimation of Evapotranspiration (ET_c) from Agricultural Land in the Lower Delta of the Amudarya River. 10.1007/978-3-031-37978-9_64.

11. Abdurakhmonov, Sarvar & Bekanov, Kuatbay & Ochilov, Shodikul & Tukhtamishev, Shukhrat & Karimov, Yunus. (2023). Advances in cartography: a review on employed methods. E3S Web of Conferences. 389. 10.1051/e3sconf/202338903057.

12. Abdurakhmonov, Sarvar & Khayitov, Oybek & Umarova, Navbakhor & Ismaylova, Rano & Mengliev, Bobur & Khakimov, Alyorbek & Karimov, Yunus. (2024). Literature analysis of international experiences in studying the theoretical and methodological framework of GIS-based demographic mapping processes. E3S Web of Conferences. 497. 10.1051/e3sconf/202449702031.