УДК 528.88

Кусаинова Айсулу Амирхановна, ассоциированный профессор, PhD
(КарТУ им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан)
Kusainova Aisulu Amirkhanovna, associate professor, PhD
(Abylkas Saginov KarTU, Karaganda, Kazakhstan)

Гарагуль Александр Сергеевич, доцент, к.т.н.
(ОмГАУ им. П.А. Столыпина, г. Омск, Россия)
Garagul Alexander Sergeevich, associate professor,
candidate of technical sciences
(P.A.Stolypin OmSAU, Omsk, Russia)

Хамзе Нурай Мараткызы, студент 4-курса
(КарТУ им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан)
Hamze Nurai Maratkyzy, 4th year student
(Maps named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И СТЕПЕНИ ВЛАЖНОСТИ ТЕРРИТОРИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ

STUDY OF THE DYNAMICS OF THE STATE OF VEGETATION COVER AND THE DEGREE OF HUMIDITY OF THE TERRITORY USING SATELLITE SPECTRAL INDICES

Аннотация. В статье рассматривается динамика состояния растительного покрова и уровня влажности на территории угольного разреза, расположенного в районе поселка Шубаркуль (Центральный Казахстан) на основе анализа спутниковых спектральных индексов NDVI, NDMI и NDWI за 2016-2022 годы. Исследование проводилось в районе расположения угледобывающего предприятия.
Annotation. The article examines the dynamics of the vegetation cover and moisture levels in the area of a coal mine located near the Shubarkul settlement (Central Kazakhstan), based on an analysis of satellite spectral indices NDVI, NDMI, and NDWI for the period from 2016 to 2022. The study was conducted in the area where the coal mining enterprise is located.

Деградацию земель следует оценивать в динамике, поскольку это быстро развивающийся процесс, требующий непрерывного долгосрочного мониторинга. Использование спутниковых снимков, сделанных в разные периоды исследования, позволяет выявить участки, на которых состояние растительного покрова и влажность подстилающей поверхности изменились по сравнению с предыдущими наблюдениями. Для проведения геоэкологического мониторинга необходимы снимки за несколько лет,

поскольку один спутниковый снимок отражает состояние территории только на определенную дату [1, 2].

Мультиспектральные спутниковые системы Sentinel-2 и Landsat-8 позволяют получать спектральные изображения, с помощью которых можно оценить состояние растительного, почвенного и водного покрова. Например, мультиспектральный прибор MSI использует 13 спектральных диапазонов, в том числе диапазоны видимого, ближнего инфракрасного и коротковолнового инфракрасного излучения. Такое количество диапазонов позволяет рассчитывать спектральные индексы, которые чувствительны к состоянию растительности и ее влажности [3].

Цель данного исследования - изучить состояние растительности и уровень влажности почвы в районе угольных карьеров в окрестностях поселка Шубаркуль (рис. 1). Полученные данные, основанные на анализе спутниковых индексов, помогают выявить ранние признаки неблагоприятных изменений в состоянии земель. Их дальнейшее использование позволяет своевременно подать предупредительный сигнал в соответствующие органы до того, как процесс деградации станет очевидным при визуальном наблюдении. Для данного исследования был выбран район Шубаркульского угольного разреза из-за высокой техногенной нагрузки, вызванной деятельностью угледобывающего предприятия.

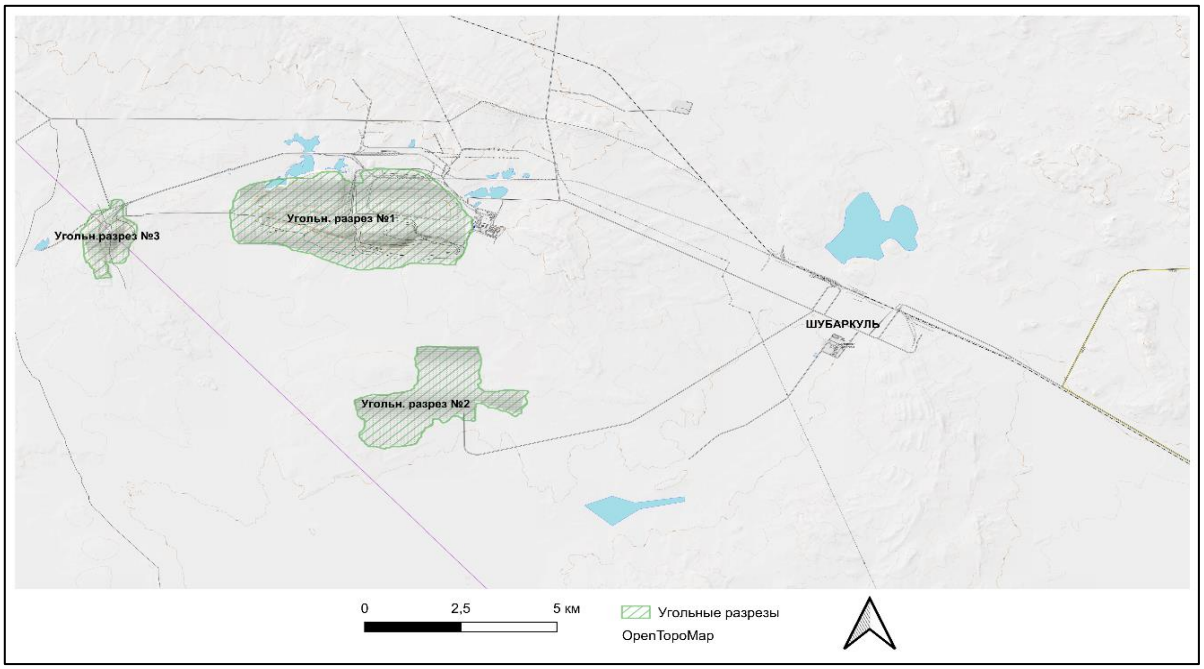

Рисунок 1-Территория угольного разреза Шубаркуль

В данном исследовании использовались спектральные индексы: NDVI, который указывает на наличие, густоту и «здоровье» растительности. Если значение этого индекса высокое, это говорит о густой и здоровой растительности, если низкое - о редком растительном

покрове, открытых участках почвы без растений и городских территориях; С помощью индекса NDMI можно проанализировать содержание влаги в растительности и степень увлажненности почвы. Этот индекс позволяет определить избыточный полив или недостаток влаги в растительности; Индекс NDWI показывает наличие открытых водоемов и увлажнённых участков [4,5].

Для проведения анализа были взяты спутниковые снимки за август (конкретные 5 дат) за период с 2016 по 2026 год: 11 августа 2016 года, 16 августа 2018 года, 10 августа 2020 года, 5 августа 2022 года и 9 августа 2026 года (таблица 1). Поскольку сравниваются данные за один и тот же сезон (август), влияние фактора сезонности здесь исключено. Однако межгодовая изменчивость режима осадков и температурного режима все же оказывает значительное влияние, поскольку среди этих лет были как достаточно влажные, так и засушливые. В то же время на результаты могли повлиять сроки развития растений и характер хозяйственной деятельности в регионе.

Таблица 1. Значения спектральных индексов, полученные при интерпретации спутниковых снимков Sentinel-2

Дата съемки	NDVI	NDMI	NDWI
11 августа 2016 года	0,750	0,228	-0,600
16 августа 2018 года	0,786	0,579	-0,181
10 августа 2020 года	0,691	0,467	-0,208
5 августа 2022 года	0,464	0,192	-0,326
9 августа 2026 года	0,764	0,620	-0,147

В 2016 и 2018 годах индексы NDVI и NDMI показывали более высокий уровень влажности. NDVI вырос с 0,750 до 0,786, а NDMI - с 0,228 до 0,579. В 2020 году индекс NDVI снизился до 0,691, а индекс NDMI - до 0,467. В 2022 году «здоровье» растительности и уровень влажности значительно снизились: NDVI упал до 0,464, а NDMI - до 0,192. По сравнению с 2018 годом снижение составило примерно 41 % для индекса NDVI и 67 % для индекса NDMI. Вместе с тем, показатели индекса NDWI во всем исследованном периоде остаётся ниже 1, то есть показывает отсутствие водоёмов и увлажнённых участков на исследуемой территории.

Особенно информативными можно считать спутниковые снимки за 2020 и 2022 годы. В 2022 году индекс NDVI снизился примерно на 33 %, а индекс NDMI - на 59 % по сравнению с 2020 годом. Снижение вегетационного индекса одновременно с индексом влажности требует акцентирования внимания. Такую ситуацию следует классифицировать как предупреждение или повышенный риск.

Между тем данные дистанционного зондирования Земли, такие как спутниковые спектральные индексы, не могут без гидрометеорологических данных отразить причину изменений в состоянии растительности и влажности почвы. Низкие значения спутниковых спектральных индексов могут быть связаны с засушливостью, особенностями распределения осадков и температур, изменениями подстилающей поверхности, антропогенным воздействием или совокупным влиянием нескольких факторов.

В ходе исследования были выявлены районы, в которых ухудшилось состояние растительности и снизилась степень увлажненности почвы. Спутниковый мониторинг показал, что ухудшение показателей свидетельствует о том, что эти районы могут быть подвержены деградации. Снижение самого индекса NDVI указывает на то, что растительность стала более редкой и менее здоровой.

В этом научном исследовании представлен метод анализа спутниковых снимков и спектральных индексов, полученных в результате систематического мониторинга состояния земель в течение длительного периода. Долгосрочный мониторинг позволяет своевременно выявлять районы, состояние которых постепенно ухудшается. Это способствует раннему предупреждению и предотвращению деградации земель. В результате исследования можно составить карты рисков, на которых будут отмечены районы с низкими показателями состояния растительности и влажности почвы, а также разработать рекомендации по проведению дополнительных исследований.

Список литературы

1. Пархоменко Н. А. Исследование состояния почв с использованием методов дистанционного зондирования / Н. А. Пархоменко, А. С. Гарагуль, Л. А. Пронина // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2019. – № 8(175). – С. 48-53.
2. Карапыш Д. И. Эволюция геодезических измерений: современные тенденции и перспективы, основанные на глобальных спутниковых технологиях / Д. И. Карапыш, А. С. Гарагуль // Устойчивое развитие земельно-имущественного комплекса муниципального образования: землеустроительное, кадастровое и геодезическое сопровождение : Сборник научных трудов по материалам IV национальной научно-практической конференции, Омск, 23 ноября 2023 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2023. – С. 99-103.

3. Copernicus Sentinel-2 Product Specification Document, Issue 15.1, 2025. https://sentinels.copernicus.eu/documents/d/sentinel/sentinel-2-products-specification-document-15_1 (дата обращения: 26.10.2026).
4. Мезенцева О. В. Оценка увлажнения территории по данным спутниковых снимков Landsat / О. В. Мезенцева, А. А. Кусаинова // Сибирская деревня: 70 лет с начала освоения целинных и залежных земель в России : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию с начала освоения целинных и залежных земель в России, Омск, 06 июня 2024 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 376-380.
5. Kusainova, A. Natural moistening of the forest-steppe and steppe zone of Kazakhstan in years with different availability of heat and moisture / A. Kusainova, O. Mezentseva // Bulletin of D. Serikbayev EKTU. – 2024. – Vol. 2, No. 2. – P. 65-74. – DOI 10.51885/1561-4212_2024_2_65.