

20 E.I. Pankova and V.A. Vorob'eva. Definitions, chemical parameters, methods, and criteria for evaluation of soil salinization. in Salt-Affected Soils of Russia (Akademkniga, Moscow, 2006), pp. 6–49.

ТҮЙІН

Бұл мақалада Жайық-Көшім суару жүйесіндегі көлтабанның топырағында әртүрлі су бастыру мөлшеріне байланысты топырақтың агрохимиялық талдау нәтижелері берілген. Тәжірибе учаскесінің топырағы қара қоңыр аздап кебірленген, ауыр құмбалшықты, лай бөлшектерінің элювиалды-иллювиальды таралуы байқалады.

Бұл топырақтардың төменгі горизонттарда әлсіз сортаңданғандығы анықталды. Қара қоңыр топырақтарындағы қарашірік мөлшері бақылауда 1,74-тен 3500-4000 м3/га су бастыру мөлшеріне байланысты 2,42%-ға дейін өзгерді. Тәжірибенің барлық нұсқалары үшін топырақтың (жоғарғы горизонттың) азотпен қамтамасыз етілу дәрежесі төмен болды - 6,8-7,7 мг/кг, фосфор мөлшері орташа және 16,2-ден 29,3 мг/кг-ға дейін өзгерді, калий мөлшері жоғары және 432,5-тен 583,2 мг/кг топыраққа дейін. Топырақ профилі төмендеген сайын қоректік заттардың мөлшері төмендеді.

Топырақтың жоғарғы горизонттарында әлсіз сілтілі реакция, ал төменгі бөлігінде орташа сілтілі реакция болды.

Топырақтағы алмасатын катиондардың жалпы мөлшері (А горизонты) су бастыру мөлшеріне байланысты 100 г топыраққа 23,2-ден 27,68 мг-экв дейін өзгерді.

Су бастырылмаған эксперимент нұсқасында сортаң горизонттағы ТСС катиондарының құрамындағы алмасатын натрий мөлшері әлсіз сортаңдықты көрсетті, ал 2500-ден 4500 м3/га-ға дейін су бастыру мөлшеріне байланысты кебірлену төмендеді.

Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, көлтабандағы топырақ құнарлылығының негізгі элементтерінің мөлшері су бастыру мөлшеріне байланысты, жоғарлау тенденциясы байқалады.

УДК 631.92
МРНТИ 89.57.45

Умбеткалиев Н.М., магистр биологии, <https://orcid.org/0000-0002-5175-2195>

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, ул. Жангир хана 51, г. Уральск, 090009, Республика Казахстан, nurlan-72kzt@mail.ru

Оңаев М.Қ., кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, ул. Жангир хана 51, г. Уральск, 090009, Республика Казахстан, maratonaev@mail.ru

Денизбаев С.Е., магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, ул. Жангир хана 51, г. Уральск, 090009, Республика Казахстан, serik.edres.denizbaev69@mail.ru

Кайнушева Д.Р., магистр технических наук, <https://orcid.org/0009-0008-8315-7017>

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, ул. Жангир хана 51, г. Уральск, 090009, Республика Казахстан, dilyara_ruslanovna_31@mail.ru

Umbetkaliyev N.M., master of biological sciences, <https://orcid.org/0000-0002-5175-2195>

Zhangir khan university, Uralsk city, Zhangir khan street, 51, 090009, Republic of Kazakhstan, nurlan-72kzt@mail.ru

Ongayev M.K., candidate of technical sciences, the main author, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

Zhangir khan university, Uralsk city, Zhangir khan street, 51, 090009, Republic of Kazakhstan, maratonaev@mail.ru

Denizbayev S.E., master of agricultural sciences, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

Zhangir khan university, Uralsk city, Zhangir khan street, 51, 090009, Republic of Kazakhstan, serik.edres.denizbaev69@mail.ru

Kainusheva D.R., master of technical sciences, <https://orcid.org/0009-0008-8315-7017>
Zhangir khan university, Uralsk city, Zhangir khan street, 51, 090009, Republic of Kazakhstan,
dilyara_ruslanovna_31@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА УСЛОВИЯ ЗАТОПЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИМАНА THE INFLUENCE OF RELIEF FEATURES ON THE DEGREE OF FLOODING OF THE ESTUARY SECTIONS

Аннотация

В статье рассмотрены особенности рельефа лимана расположенного в Акжаикском районе Западно-Казахстанской области и условия затопления его участков. Характер затопления участков лиманного орошения был описан на основании картограмм, сделанных по спектральным космическим снимкам. В основе создания спектральных картограмм лежит использование NDWI. Для создания индекса NDWI были взяты данные зеленого и красного спектра с тепловых фотографий поверхности земли с последующим их индексированием на ГИС-программе QGIS3. Использовалась привязка данных NDWI к топографической съемке участка и на ее основе изучено влияние рельефных особенностей лимана на продолжительность затопления. Были сделаны следующие выводы: рельефные особенности лимана имеют влияние на различные аспекты процесса затопления: они определяют условия формирования затопления, продолжительность его действия, формирование ярусности поверхности лимана; анализ данных, полученных с помощью спектральных снимков со спутников, позволяет проводить дистанционное исследование обширных территорий лиманных земель в течение всего года; картограммы затопления территории позволяют обнаружить и выделить различные уровни затопления лимана и изучить ярусность поверхности.

ANNOTATION

The article considers the features of the relief of the estuary located in the Akzhaiksky district of the West Kazakhstan region and the conditions of flooding of its sections. The nature of the flooding of the estuary irrigation sites was described on the basis of cartograms taken from spectral satellite images. The creation of spectral cartograms is based on the use of NDWI. To create the NDWI index, green and red spectrum data were taken from thermal photographs of the earth's surface and then indexed using the QGIS3 GIS program. The NDWI data was linked to the topographic survey of the site and, based on it, the influence of the relief features of the estuary on the duration of flooding was studied. The following conclusions were drawn: the relief features of the estuary have an impact on various aspects of the flooding process: they determine the conditions for the formation of flooding, the duration of its action, the formation of the tiering of the estuary surface; the analysis of data obtained using spectral satellite images allows remote exploration of vast areas of estuarine lands throughout the year; cartograms of the flooding of the territory allow you to detect and identify different levels of flooding of the estuary and study the tiering of the surface.

Ключевые слова: лиман, система лиманного орошения, рельеф, ГИС программы, спектральные космические снимки, NDWI

Key words: estuary, estuary irrigation system, relief, GIS programs, spectral satellite images, NDWI

Введение. Использование систем лиманного орошения позволяет повысить продуктивность лиманов в два - три раза. При использовании данных систем урожайность естественных сенокосов может достигать 4 - 5 т на 1 гектар [1]. В Казахстане земли лиманного орошения занимают 864,2 тыс. га. Основные территории простираются в пределах водосборных бассейнов рек: Урал, Иртыш, Сары-су, Нура, Торгай, Есиль, Талас. [2]. Для решения проблемы дефицита воды в сельском хозяйстве в перспективе, государствам Центральной Азии нужно уже сейчас повышать эффективность использования воды с ежегодным увеличением показателя на 2,5% [3].

Из-за различий в уклонах между различными участками лимана, поверхность в отдельных его частях затопливается неравномерно; понижения находятся во влажном состоянии продолжительное время. Разность уклонов поверхности лимана и продолжительность задержки воды в различных его частях приводят к формированию ярусной структуры поверхности. Таким образом, формирование ярусности лимана зависит от рельефа.

Непрерывный мониторинг лимана представляет собой сложную задачу, поскольку требует частого и детального сбора и интерпретации данных. Лиманы представляют собой сложные системы. Для полного отражения пространственной и временной изменчивости показателей требуется выборка множества ключевых показателей. Это приводит к необходимости частого отбора проб, в противном случае это может привести к нарушению целостности картины исследования лимана.

Технологии дистанционного зондирования позволяют исследователям получить целостную картину рельефа поверхности, поэтому спутниковые данные являются ценным инструментом в исследовании лиманов. Несмотря на то, что данные дистанционного зондирования не могут полностью заменить натурные исследования, они значительно увеличивают объем доступной информации по уже проверяемым параметрам [4].

Спутниковые снимки могут помочь в изучении рельефа лиманов, что было бы сложно, при использовании традиционных методов, например, съемке территории после затопления лиманных земель. Архивированные спутниковые данные помогают в ретроспективном и долгосрочном исследовании земель лиманного орошения [5, 6].

Материалы и методы исследования. В данном исследовании изучалось влияние рельефных особенностей на степень затопления участков лимана на территории Западно-Казахстанской области. Методика основывалась на использовании данных космических съемок в определении ярусов на поверхности лиманов. Были изучены спектральные снимки со спутника, сделанные в период с середины марта до середины июня. На основе результатов обработки космических снимков на геоинформационной программе QGIS3, были подготовлены картограммы затопления территории лимана. Картограммы отображали различный уровень затопления территории лимана за определенный промежуток времени.

На спутниковых тепловых снимках фиксируется инфракрасное излучение, испускаемое объектами и поверхностью Земли в различных диапазонах длин волн [7]. Отражение длин волн в различных диапазонах отображаются на разных каналах спутникового оборудования, образуя на определенный участок местности комплект разночастотных фотографий. Используя определенные каналы снимков с различных спутников, можно создать картограммы затопления территории лимана (таблица 1). В качестве источника данных для данных картограмм были взяты снимки с космического спутника Landsat-8 [8]. Непрерывность данных со спутников Landsat 8 расширяет возможности, лежащих в основе исследований изменений на исследуемом участке [9].

Таблица 1 – Каналы спектральных снимков с Landsat-8

Канал	Характеристика канала	Длина волн (мкм)	Разрешение снимка (м)
3	Зелёный	0,630 – 0,680	30
8	Панхроматический	0,500 – 0,680	15

Для изучения характера затопления лимана был применен индекс NDWI (Normalized Difference Water Index). Индексы космических фотографий - это числовые значения, полученные из обработки данных, снятых космическими спутниками или аэрокосмическими системами, которые представляют различные аспекты поверхности Земли или других объектов, полученные из спектральных измерений и обработки данных, полученных со спутниковых сенсоров [10].

Нормализованный Разностный Водный Индекс (NDWI) был впервые предложен Макфитерсом в 1996 году [11]. Индекс нормализованной разницы воды (NDWI) используется для обнаружения открытых водных поверхностей и их выделения на спутниковых изображениях, на фоне окружающей почвы и растительности [12]. Индекс NDWI определяется на основе использования сочетания GREEN-NIR (зеленый и ближний инфракрасный), что

позволяет выявить даже небольшие изменения в содержании воды в водоемах [13,14] (таблица 2).

Таблица 2 – Формула вычисления NDWI

Источник данных	Уравнение NDWI для разных данных
Landsat 8	$(B03 - B05) / (B03 + B05)$

Выбор конкретных длин волн обоснован стремлением достичь наибольшего отражения от водных объектов в зеленом спектре и минимального отражения в ближнем инфракрасном спектре, где обычно поверхность земли и растительность имеют более высокие показатели.

В результате, водные объекты имеют положительные значения индекса NDWI, а поверхность земли и наземная растительность - нулевые или отрицательные значения [15] (таблица 3).

Таблица 3 – Диапазоны значения индекса NDWI

Исследуемая поверхность	Показания индекса
Водная поверхность	0,2 – 1
Затопленные, влажные поверхности	0,0 – 0,2
Поверхности с умеренной засухой, неводные поверхности	-0,3 – 0,0
Засушливые поверхности, неводные поверхности	-1 – -0,3

NDVI имеет определенные преимущества перед другими индексами растительности, поскольку он меньше зависит от свойств почвы [16]. Индекс NDWI используется для выделения водных объектов на карте, улучшения их контура и отслеживания их изменений во времени. Индекс воды NDWI учитывают основную физическую характеристику воды на спутниковых снимках: уменьшение отражательной способности от видимого до инфракрасного диапазона волн [17]. В инфракрасном диапазоне света вода практически не отражает, и этот индекс использует это свойство для точного определения водных объектов на карте и отслеживания степени мутности воды [18].

Данные, полученные из спутниковых изображений с применением индекса NDWI, используются для создания картограмм, где цветовая палитра отображает изменения значений во времени. На этих картах более высокие значения NDWI, приближающиеся к +1, указывают на высокое содержание или наличие воды, в то время как более низкие значения NDWI, достигающие -1, могут указывать на признаки засушливых условий [19]. Стандартный диапазон для зеленой растительности обычно колеблется от -0,1 до 0,4. Принято, что водные объекты обычно имеют значения от 0,2 до 1, в то время как объекты без влаги имеют значения ниже 0. Главным достоинством использования индекса NDWI является его способность выявлять водные объекты на спутниковых снимках [20, 21].

Результаты исследования. Используя 3 и 5 спектральные каналы космических снимков со спутника LANDSAT 8, на платформе ГИС программы QGIS 3 были подготовлены картограммы затопления территории лимана по различным датам. Картограммы представили собой изображение индекса NDWI в 30 метровом разрешении (рисунок 1).

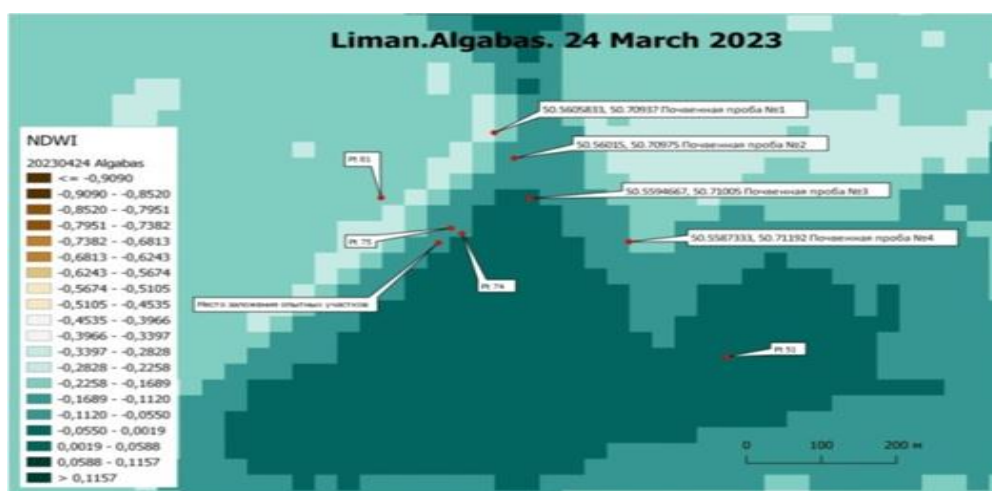


Рисунок 1 – Картаграмма распределения индекса NDWI на территории лимана 24 марта 2023 года

От особенностей рельефа поверхности зависит степень и сроки затопления участка лимана. Неровности рельефа формируют направление движения воды с возвышенностей в понижения. Большие уклоны способствуют более быстрому движению и распределению воды, тогда как слабые изменения высот могут создавать места, где вода задерживается, увеличивая возможность затопления (рисунок 2).

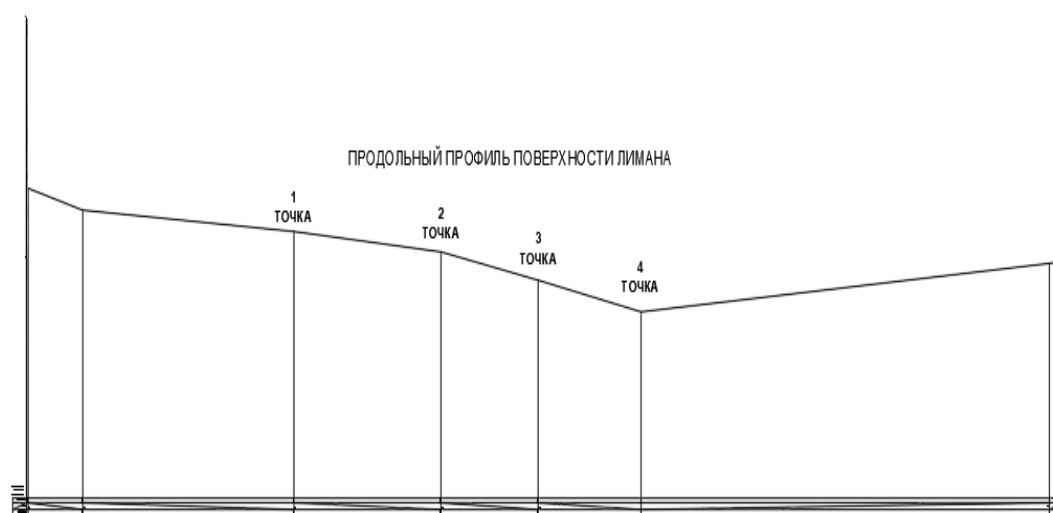


Рисунок 2 – Продольный профиль поверхности лимана

Задерживание стока поверхностной воды приводит к увеличению срока нахождения поверхности лимана во влажном состоянии или к продолжительному затоплению.

Данных индекса NDWI легли в основу создания гистограммы затопления территории лимана. Гистограмма показывает, сколько дней определенные точки на поверхности лимана находились под водой, а сколько во влажном состоянии или оставались сухими (рисунок 3).

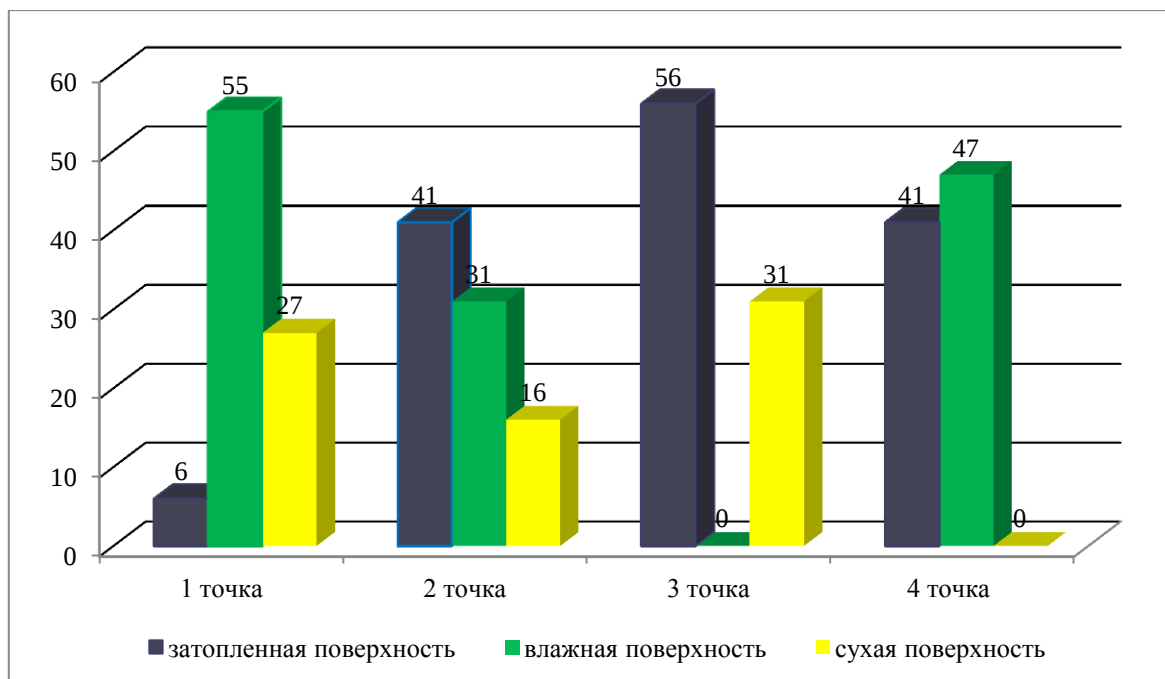


Рисунок 3 – Количества дней стояния воды в лимане

Согласно гистограмме на рисунке 3, наиболее продолжительное время под водой находились 2, 3, 4 точки. Поверхность земли на 3 точке находилась под водой больше всех остальных точек. По сравнению с другими точками, поверхность земли на 1 точке находилась во влажном состоянии наибольшее количество дней. Периоды времени с безводной поверхностью не наблюдались на 4 точке.

На первой точке период стояния с влажной поверхностью земли в 9 раз дольше, чем период затопления и в два раза дольше, чем период с сухой поверхностью. Данная точка является самой высокой на поверхности лимана, поэтому период стояния под водой на ней наиболее короткий.

На второй точке наблюдается равномерный переход от стадии нахождения в затопленном состоянии, к стадии влажной поверхности, с последующим переходом на стадию сухой поверхности.

На 3 точке не наблюдается стадия влажной поверхности земли, вероятно это связано с быстрым высыханием поверхности данного участка.

По отношению к другим точкам, поверхность 4 точки находится в лиманном понижении наиболее низко, поэтому на ней не отмечается период с сухой поверхностью.

Заключение. На основе анализа и интерпретации космических снимков можно выделить участки с разным водным режимом. Характер затопления лиманов зависит от рельефных особенностей участка. Картограммы затопления, сделанные на основе спектральных снимков позволяют дистанционно мониторить площадь затопления лимана. На основе рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

- рельефные особенности поверхности участка влияют на условия формирования режима затопления, продолжительность затопления, характер освобождения от воды; ярусность поверхности лимана;

- интерпретация данных спектральных снимков со спутников позволяет дистанционно исследовать большие территории лиманных земель в течении всего года;

- на основе анализа картограмм затопления территории можно обнаружить и выделить ярусы поверхности лимана, результаты изучения которых будут заложены в основу создания методики восстановления и увеличения продуктивности лиманов.

Благодарность. Данное исследование было профинансировано Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках BR21881871 «Разработка технологий и приемов заготовки кормов в кормовых угодьях Казахстана в контексте устойчивого

управления», мероприятия «Разработка новых приемов производства полноценных кормов на землях лиманного орошения».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Крамаренко, Л.М. Приемы улучшения эколого-мелиоративного состояния почв и повышения производства кормов на крупных системах лиманного орошения в Саратовском Заволжье: тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 06.01.02, кандидат сельскохозяйственных наук. - Саратов, 1999. - 184 стр.

2 Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель РК за 2021 год. [Электронный ресурс] / Нур-Султан, 2021. - Режим доступа: https://www.gov.kz/uploads/2022/4/11/b09469de9be9cc54d2cc0e9cc7a77e84_original.7131188.pdf

3 Казахстану угрожает хронический дефицит воды. Эксперты нашли выход. [Электронный ресурс]. - 2023. - Режим доступа: <https://lsm.kz/kazakhstanu-nuzhny-millions-i-ob-edinenie-so-stranami-ca-dlya-resheniya-problem-vody>

4 M. Mantas, A.J.S.C. Pereira, J. Neto, J. Patrício, J.C. Marques. Monitoring estuarine water quality using satellite imagery. The Mondego river estuary (Portugal) as a case study / M. Mantas, A.J.S.C. Pereira, J. Neto // Ocean & Coastal Management. – 2013. - Volume 72. - Pages 13-21

5 Michael A. Wulder, Jeffrey G. Masek, Warren B. Cohen, Thomas R. Loveland, Curtis E. Woodcock. Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat / Michael A. Wulder, Jeffrey G. Masek, Warren B. Cohen, et al. // Remote Sensing of Environment. – 2012. - Volume 122. – P. 2-10.

6 Zheng Duan, W.G.M. Bastiaanssen. Estimating water volume variations in lakes and reservoirs from four operational satellite altimetry databases and satellite imagery data. Author links open overlay panel / Zheng Duan, W.G.M. Bastiaanssen // Remote Sensing of Environment. – 2013. - Volume 134. – P. 403-416

7 Сайт Геологической службы США. [Электронный ресурс] / USGS, 2023. - Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

8 Landsat-8 (Ландсат-8) [Электронный ресурс] / Иннотер, 2023. - Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>

9 D.P. Roy, M.A. Wulder, T.R. Loveland, C.E. Woodcock, R.G. Allen, M.C. Anderson, D. Helder, J.R. Irons, D.M. Johnson, R. Kennedy, T.A. Scambos, C.B. Schaaf, J.R. Schott, Y. Sheng, E.F. Vermote, A.S. Belward, R. Bindaschadler, W.B. Cohen, F. Gao, J.D. HippleZ. Zhu d. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research / D.P. Roy, M.A. Wulder, T.R. Loveland, et al. // Remote Sensing of Environment. – 2014. - Volume 145. – P.154-172

10 Балдина, Е.А., Грищенко М.Ю. Методика дешифрирования разновременных космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне / Е.А. Балдина, М.Ю. Грищенко // Вестник Московского университета. – 2014. - серия 5: География. №4. – С.35-42.

11 SentinelHub: NDWI Normalized Difference Water Index [Электронный ресурс]. - 2023. - Режим доступа: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/>

12 S.K. McFEETERS. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features / S.K. McFEETERS // International Journal of Remote Sensing. - 1996. - Volume 17, - Issue 7

13 Bo-cai Gao. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space / Bo-cai Gao // Remote Sensing of Environment. – 1996. -Volume 58, Issue 3. –P. 257-266

14 Трифонова, Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: учебное пособие для вузов / Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н.. — Москва. : Академический проект, 2020. — 349 с.

15 EOS DATA ANALYTICS: NDWI: Нормализованный Разностный Водный Индекс [Электронный ресурс]. - 2023. - Режим доступа: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndwi/>

16 Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, Farah Abdelouahed, Elbadaoui Kamal. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics / Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, et al. // Cell Symposia. Heliyon. - 2022. - Volume 8, Issue 12, e12204

17 Adrian Fisher, Neil Flood, Tim Danaher. Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia / Adrian Fisher, Neil Flood, Tim Danaher // Remote Sensing of Environment. – 2016. - Volume 175. - Pages 167-182

18 Hafiza Wajiha Khalid, Rao M. Zahid Khalil, Muhammad Ateeq Qureshi. Evaluating spectral indices for water bodies extraction in western Tibetan Plateau / Hafiza Wajiha Khalid, Rao M. Zahid Khalil, Muhammad Ateeq Qureshi // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. - 2021. - Volume 24, Issue 3, Part 2. –P. 619-634

19 Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, Farah Abdelouahed, Elbadaoui Kamal. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics / Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, et al. // Heliyon. – 2022. – Volume 8, Issue 12, e12204

20 Иннотер: Виды водных индексов и их применение [Электронный ресурс] : – 2023. – Режим доступа: <https://innoter.com/articles/vidy-vodnykh-indeksov-i-ikh-primenenie/>

21 Дубинин, М. Вегетационные индексы: Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]: – Интернет журнал, 2006. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/vi.html>

REFERENCES

1 Kramarenko, L.M. Priemy uluchsheniya ekologo-meliorativnogo sostoyaniya pochv i povysheniya proizvodstva kormov na krupnyh sistemah limannogo orosheniya v Saratovskom Zavolzh'e: tema dissertacii i avtoreferata po VAK RF 06.01.02, kandidat sel'skohozyajstvennyh nauk. - Saratov, 1999. -184 str.

2 Svodnyj analiticheskij otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' RK za 2021 god. [Elektronnyj resurs] / Nur-Sultan, 2021. - Rezhim dostupa: https://www.gov.kz/uploads/2022/4/11/b09469de9be9cc54d2cc0e9cc7a77e84_original.7131188.pdf

3 Kazahstanu ugrozhaet hronicheskij deficit vody. Eksperty nashli vyhod. [Elektronnyj resurs]. - 2023. - Rezhim dostupa: <https://lsm.kz/kazahstanu-nuzhny-millions-i-ob-edinenie-so-stranami-cadlya-resheniya-problem-vody>

4 M. Mantas, A.J.S.C. Pereira, J. Neto, J. Patrício, J.C. Marques. Monitoring estuarine water quality using satellite imagery. The Mondego river estuary (Portugal) as a case study / M. Mantas, A.J.S.C. Pereira, J. Neto // Ocean & Coastal Management. – 2013. - Volume 72. - Pages 13-21

5 Michael A. Wulder, Jeffrey G. Masek, Warren B. Cohen, Thomas R. Loveland, Curtis E. Woodcock. Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat / Michael A. Wulder, Jeffrey G. Masek, Warren B. Cohen, et al. // Remote Sensing of Environment. – 2012. - Volume 122. – P. 2-10.

6 Zheng Duan, W.G.M. Bastiaanssen. Estimating water volume variations in lakes and reservoirs from four operational satellite altimetry databases and satellite imagery data. Author links open overlay panel / Zheng Duan, W.G.M. Bastiaanssen // Remote Sensing of Environment. – 2013. - Volume 134. – P. 403-416

7 Sajt Geologicheskoy sluzhby SSHA. [Elektronnyj resurs] / USGS, 2023. - Rezhim dostupa: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

8 Landsat-8 (Landsat-8) [Elektronnyj resurs] / Innoter, 2023. - Rezhim dostupa: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>

9 D.P. Roy, M.A. Wulder, T.R. Loveland, C.E. Woodcock, R.G. Allen, M.C. Anderson, D. Helder, J.R. Irons, D.M. Johnson, R. Kennedy, T.A. Scambos, C.B. Schaaf, J.R. Schott, Y. Sheng, E.F. Vermote, A.S. Belward, R. Bindaschadler, W.B. Cohen, F. Gao, J.D. HippleZ. Zhu d. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research / D.P. Roy, M.A. Wulder, T.R. Loveland, et al. // Remote Sensing of Environment. – 2014. - Volume 145. – P.154-172

10 Baldina, E.A., Grishchenko M.YU. Metodika deshifirovaniya raznovremennyh kosmicheskikh snimkov v teplovom infrakrasnom diapazone / E.A. Baldina, M.YU. Grishchenko // Vestnik Moskovskogo universiteta. – 2014. - seriya 5: Geografiya. №4. – S.35-42.

11 SentinelHab: NDWI Normalized Difference Water Index [Elektronnyj resurs]. - 2023. - Rezhim dostupa: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/>

- 12 S.K. McFEETERS. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features / S.K. McFEETERS // International Journal of Remote Sensing. - 1996. - Volume 17, - Issue 7
- 13 Bo-cai Gao. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space / Bo-cai Gao // Remote Sensing of Environment. – 1996. -Volume 58, Issue 3. –P. 257-266
- 14 Trifonova, T.A. Geoinformacionnye sistemy i distancionnoe zondirovanie v ekologicheskikh issledovaniyakh: uchebnoe posobie dlya vuzov / Trifonova T.A., Mishchenko N.V., Krasnoshchekov A.N.. — Moskva: Akademicheskij proekt, 2020. — 349 c.
- 15 EOS DATA ANALYTICS: NDWI: Normalizovannyj Raznostnyj Vodnyj Indeks [Elektronnyj resurs]. - 2023. - Rezhim dostupa: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndwi/>
- 16 Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, Farah Abdelouahed, Elbadaoui Kamal. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics / Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, et al. // Cell Symposia. Heliyon. - 2022. - Volume 8, Issue 12, e12204
- 17 Adrian Fisher, Neil Flood, Tim Danaher. Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia / Adrian Fisher, Neil Flood, Tim Danaher // Remote Sensing of Environment. – 2016. - Volume 175. - Pages 167-182
- 18 Hafiza Wajiha Khalid, Rao M. Zahid Khalil, Muhammad Ateeq Qureshi. Evaluating spectral indices for water bodies extraction in western Tibetan Plateau / Hafiza Wajiha Khalid, Rao M. Zahid Khalil, Muhammad Ateeq Qureshi // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. - 2021. - Volume 24, Issue 3, Part 2. –P. 619-634
- 19 Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, Farah Abdelouahed, Elbadaoui Kamal. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics / Adaze Essaadia, Algouti Abdellah, Algouti Ahmed, et al. // Heliyon. – 2022. – Volume 8, Issue 12, e12204
- 20 Innoter: Vidy vodnyh indeksov i ih primenenie [Elektronnyj resurs] : – 2023. – Rezhim dostupa: <https://innoter.com/articles/vidy-vodnykh-indeksov-i-ikh-primenenie/>
- 21 Dubinin, M. Vegetacionnye indeksy: Geograficheskie informacionnye sistemy i distancionnoe zondirovanie [Elektronnyj resurs] : – Internet zhurnal, 2006. – Rezhim dostupa: <http://gis-lab.info/qa/vi.html>

ТҮЙІН

Мақалада Батыс Қазақстан облысының Ақжайық ауданында орналасқан сағаның рельефінің ерекшеліктері және оның учаскелерінің су басу жағдайлары қарастырылған. Өзендік суару учаскелеріндегі су басу сипаты спектрлік спутниктік суреттерден жасалған картограммалар негізінде сипатталды. Спектрлік картограммаларды құру NDWI қолдануға негізделген. NDWI индексін жасау үшін жасыл және қызыл спектр деректері жер бетінің термиялық фотосуреттерінен алынды, содан кейін QGIS3 GIS бағдарламасы арқылы индекстелді. NDWI деректері ауданның топографиялық түсірілімімен байланыстырылды және оның негізінде сағаның рельефтік ерекшеліктерінің су басу ұзақтығына әсері зерттелді. Келесі қорытындылар жасалды: сағаның рельефтік ерекшеліктері су басу процесінің әр түрлі аспектілеріне әсер етеді: олар су басудың пайда болу жағдайларын, оның әрекет ету ұзақтығын, сағаның бетінде ярустардың пайда болуын анықтайды; спутниктерден алынған спектрлік суреттерді қолдану арқылы алынған мәліметтерді талдау жыл бойына сағалық жерлердің кең аумақтарын қашықтықтан зерттеуге мүмкіндік береді; Территорияны су басудың картограммалары сағаның су басуының әртүрлі деңгейін анықтауға және анықтауға және жер бетінің қабаттасуын зерттеуге мүмкіндік береді.