

Оңаев М.Қ., кандидат технических наук, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, maratonaev@mail.ru
Джапаров Р.Ш., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-1945-5825>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, dzhaparovr84@mail.ru
Умбеткалиев Н.М., магистр биологии, <https://orcid.org/0000-0002-5175-2195>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, nurlan-72kzt@mail.ru
Денизбаев С.Е., магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, serik.edres.denizbaev69@mail.ru
Аюпов Е.Е., PhD, <https://orcid.org/0000-0001-6357-2522>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, ergalib@mail.ru
Аметов Б.К., магистрант
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, ametovberdibek3107@gmail.com

Ongayev M.K., Candidate of Technical Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, maratonaev@mail.ru
Japarov R.Sh., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-1945-5825>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, dzhaparovr84@mail.ru
Umbetkaliyev N.M., Master of Biological Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-5175-2195>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nurlan-72kzt@mail.ru
Denizbayev S.Y., Master of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, serik.edres.denizbaev69@mail.ru
Ayupov Y.Y., PhD, <https://orcid.org/0000-0001-6357-2522>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ergalib@mail.ru
Ametov B.K., master's student
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ametovberdibek3107@gmail.com

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ И НОРМ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ЛИМАННОМ УЧАСТКЕ
В ПРИУРАЛЬЕ
USING GEOINFORMATION SYSTEMS TO STUDY THE DURATION AND STANDARDS OF
FLOODING IN THE ESTUARY AREA IN THE URALS**

АННОТАЦИЯ

При создании цифровой модели местности территории лимана № 50 применялась съемка с использованием спутникового приемника Spector S65 в комплексе с базовой станцией. На местности были выделены и закоординированы 4 участка, расположенные на 4 ярусах с нормами затопления 2500-3000 м³/га, 3000-3500 м³/га, 3500-4000 м³/га, 4000-4500 м³/га. В работе с космическими снимками использовалась программа с открытым кодом Quantum GIS (QGIS), которая позволила управлять геоданными, отображать, редактировать и анализировать их, а также создавать макеты карт. QGIS поддерживает множество векторных, растровых форматов, а также различные базы данных. Для определения и выделения на спутниковом снимке на фоне почвы и растительности участков,

затопленных водой, или участков во влажном состоянии, использовался индекс NDWI (Normalized Difference Water Index), который позволил установить продолжительность времени стояния воды на выделенных участках.

Анализ почвенных образцов в весенний период показал, что содержание продуктивной влаги в метровом слое на вариантах составлял от 188,2 мм при 2500-3000 м³/га до 285,8 мм при 4000-4500 м³/га, с показателем на контроле (не затопляемый участок) 121,1 мм. К уборке растений запасы продуктивной влаги почвы имели также различия на вариантах, составляя от 78,5 мм (2500-3000 м³/га) до 103,2 мм (4000-4500 м³/га).

ANNOTATION

When creating a digital terrain model (DMM) of the territory of estuary No. 50, a survey using a Spector S65 satellite receiver in combination with a base station was used. 4 sites were allocated and coordinated on the ground, located on 4 tiers with flooding rates of 2500-3000 м³/ha, 3000-3500 м³/ha, 3500-4000 м³/ha, 4000-4500 м³/ha. The open source Quantum GIS (QGIS) program was used to work with satellite images, which allowed managing geodata, displaying, editing and analyzing them, as well as creating map layouts. QGIS supports many vector and raster formats, as well as various databases. The NDWI (Normalized Difference Water Index) index was used to identify and highlight areas flooded with water or areas in a wet state on a satellite image against the background of soil and vegetation, which made it possible to determine the duration of the standing water time in the selected areas.

Analysis of soil samples in the spring showed that the content of productive moisture in the meter layer on the variants ranged from 188.2 mm at 2500-3000 м³/ha to 285.8 mm at 4000-4500 м³/ha, with an indicator on the control (non-flooded area) of 121.1 mm. By the time of harvesting the plants, the reserves of productive soil moisture also differed between the variants, ranging from 78.5 mm (2500-3000 м³/ha) to 103.2 mm (4000-4500 м³/ha).

Ключевые слова: лиман, нормы затопления, NDWI, цифровая модель местности, Quantum GIS.

Key words: estuary, flood norms, NDWI, digital terrain model, Quantum GIS.

Введение. В Западно-Казахстанской области развитие животноводства за счет формирования устойчивой кормовой базы является приоритетным направлением агропромышленного комплекса [1, 2]. В регионе сосредоточены основные площади сельскохозяйственных земель, используемые под лиманное орошение. Функционируют 8 крупных оросительно-обводнительных систем с общей площадью более 260 тысяч га. Затопление сельскохозяйственных земель паводковыми водами является экономически целесообразным и надежным способом получения стабильных урожаев кормовых трав [3, 4].

Регулируемое затопление сельскохозяйственных угодий представляет собой эффективный механизм воздействия на агроэкологические и гидрологические процессы, изменяя химические, физические и биологические характеристики почвы. Исследования показывают, что регулируемое затопление повышает, главным образом, содержание органического углерода и общего азота, что ведет к увеличению плодородия почвы [5].

Устойчивое развитие животноводства в Западно-Казахстанской области зависит от используемых агротехнических и гидротехнических мероприятий, направленных на улучшение продуктивности травостоя [6]. Правильно организованный режим орошения не только экономит водные ресурсы, но и способствует появлению на лиманах большого количества ценных растений [7]. Продуктивность лиманов обусловлена агрохимическими, агрофизическими свойствами и мелиоративным состоянием почв лиманов. К недостатку лиманного орошения можно отнести неравномерность увлажнения почвы, как во временном промежутке, так и по площади лимана. Равномерное распределение воды на лимане обеспечивает высокую урожайность [8].

Рельеф обуславливает формирование растительного покрова лиманов, также участвуя в процессах формирования почв и их географического распределения. Рельеф влияет на

движение тепла, влаги и различных веществ, тем самым определяя характер выветривания и формирование почвы на земной поверхности.

Использование технологий спутниковой связи для проведения измерительных работ и получения космических снимков, обработка полученных данных посредством геоинформационных инструментов является неотъемлемой частью научных изысканий на современном этапе работ [9, 10].

Для проведения непрерывного мониторинга орошаемых земель целесообразно использовать систему дистанционного зондирования, которая позволяет получать более полную информацию об экосистеме и осуществлять поддержку в управлении ресурсами [11], при определении границ открытой воды – нормализованный разностный водный индекс (NDWI) [12]. Благодаря использованию спектральных диапазонов NIR и GREEN, NDWI усиливает видимость водных объектов на спутниковых снимках [13].

Целью исследований было изучение продолжительности и норм затопления на лиманном участке с помощью геоинформационных систем.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являлся участок лимана, Урало-Кушумской оросительно-обводнительной системы (УКООС) расположенного в Акжайкском районе Западно-Казахстанской области.

Использовались методы геоинформационных технологий для определения продолжительности и норм затопления на лиманном участке.

При создании цифровой модели местности (ЦММ) территории лимана № 50 применялась съемка с использованием спутникового приемника Spector S65 в комплексе с базовой станцией. Данная модель была необходима для наложения на нее горизонталей, посредством использования приложения МенюГео в программе AUTOCad 2021. Получаемый формат трансформировался в программу QGIS и использовался в дальнейшем для наземного подтверждения спутниковых картограмм.

Спутниковые измерения были выполнены в соответствии с требованиями инструкции по проведению спутниковых определений координат пассивных пунктов государственной геодезической сети с применением глобальных навигационных спутниковых систем [14].

Оценка режима и периодичности затопления проводилась с использованием натуральных наблюдений и данных космических снимков территории затапливаемого участка со спутника Landsat 8-9, взятых с сайта Геологической службы США [15].

Для определения и выделения на спутниковом снимке на фоне почвы и растительности объектов открытой воды или объектов во влажном состоянии использовался индекс NDWI [16, 17].

Индекс NDWI рассчитывается с использованием комбинации зеленого видимого света (GREEN) и ближнего инфракрасного диапазона (NIR), что позволило фиксировать малейшие изменения содержания воды в водоемах. Этот индекс применяется для выявления и мониторинга изменений водных объектов.

Закладка опыта проводилась согласно методике опытного дела по Б.А. Доспехову [18].

Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом.

Варианты опыта: 1) Без затопления; 2) Норма затопления 2500-3000 м³/га; 3) Норма затопления 3000-3500 м³/га; 4) Норма затопления 3500-4000 м³/га; 5) Норма затопления 4000-4500 м³/га

Результаты и обсуждение. Технология проведения работ со спутниковой GPS аппаратурой включала следующие этапы:

- полевая рекогносцировка;
- закладка центров;
- организации базовой станции;
- полевые измерения (съемка объекта);

- камеральная обработка, вывод результатов измерений;
- составление технического отчета и оформление необходимой документации;
- полевой контроль, архивирование и сдача материалов

С целью определения элементов микрорельефа лимана, высота сечения горизонталей была проведена через 5 см. В результате получился план со значительно расчлененным рельефом, осложненным мелкими микрозападинами, в которых вода застаивалась продолжительное время, в то время как основная часть лимана в конце весны была освобождена от воды (рисунок 1).

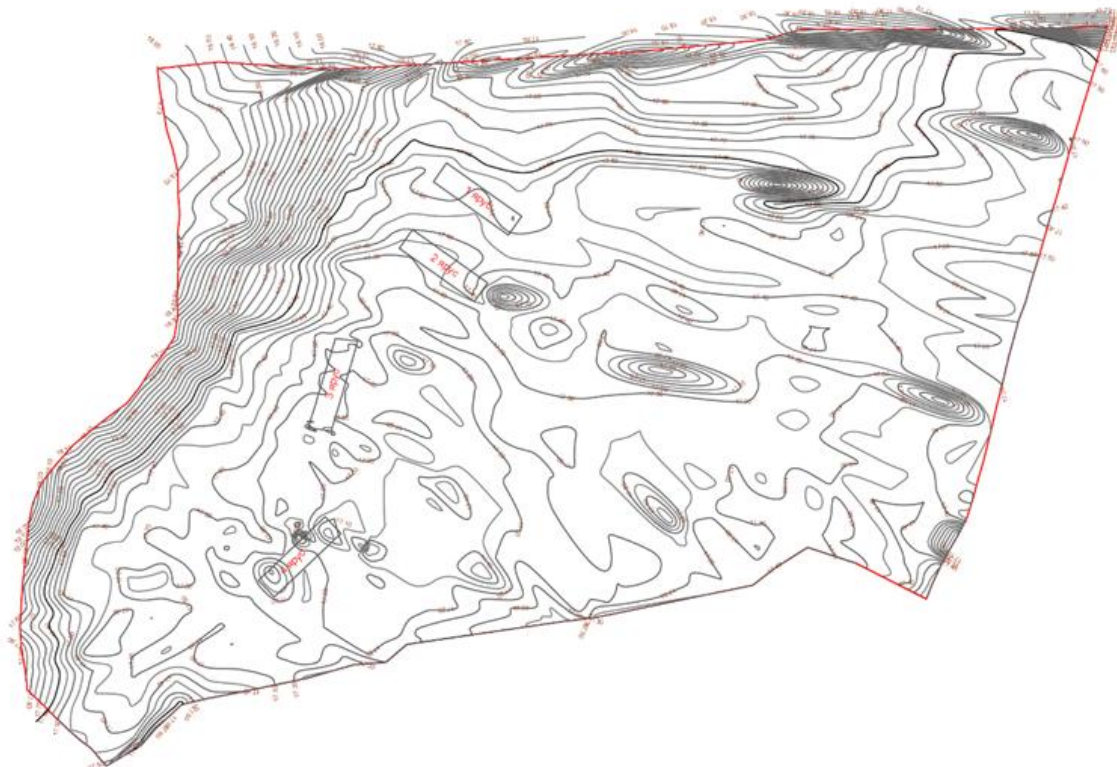


Рисунок 1 – Цифровая модель лимана с опытными участками

После изучения топографического плана местности были выделены и закоординированы 4 участка, расположенные на 4 ярусах с нормами затопления 2500-3000 м³/га, 3000-3500 м³/га, 3500-4000 м³/га, 4000-4500 м³/га.

Данные участки стали местом изучения растительного материала и взятия почвенных проб. В соответствии с нормой затопления, эти опытные участки визуально качественно отличаются в ландшафте и растительном покрове. Участок на четвертом ярусе наиболее долго находился под водой и в отличие от участка на первом ярусе имел более плотную и высокую растительность, более влагонасыщенные почвенные горизонты.

Нормализованный разностный водный индекс (NDWI) был применен для выявления водных объектов, уточнения их контуров на карте и отслеживания изменения. Вода практически не отражает свет в инфракрасном диапазоне за пределами видимого спектра, и NDWI эффективно использует это свойство для определения водоемов и мониторинга их мутности [19].

При вычислении значения индекса NDWI были приняты за основу следующие интервалы:

- 0,2 – 1 – Поверхность воды;
- -0,2 – 0,2 – Затопление, влажность;
- -0,3 – -0,2 – Умеренная засуха, неводные поверхности;
- -1 – -0,3 – Засуха, неводные поверхности

Данные, полученные с помощью индекса NDWI из спутниковых снимков, были отображены на картограммах с использованием цветовой палитры и графиков, показывающих изменения значений во времени. На карте более высокие значения, близкие к +1, выделяются синим цветом и указывают на высокое содержание воды или наличие водных поверхностей. В то время как более низкие значения, вплоть до -1, свидетельствуют о признаках засухи, если только область интереса не представлена другой, неводной поверхностью.

Исследования поверхности исследуемого участка по данным космических снимков со спутника Landsat 8, 9 на период с 1.03.2024 г. по 31.05.2029 г. (рисунок 2).

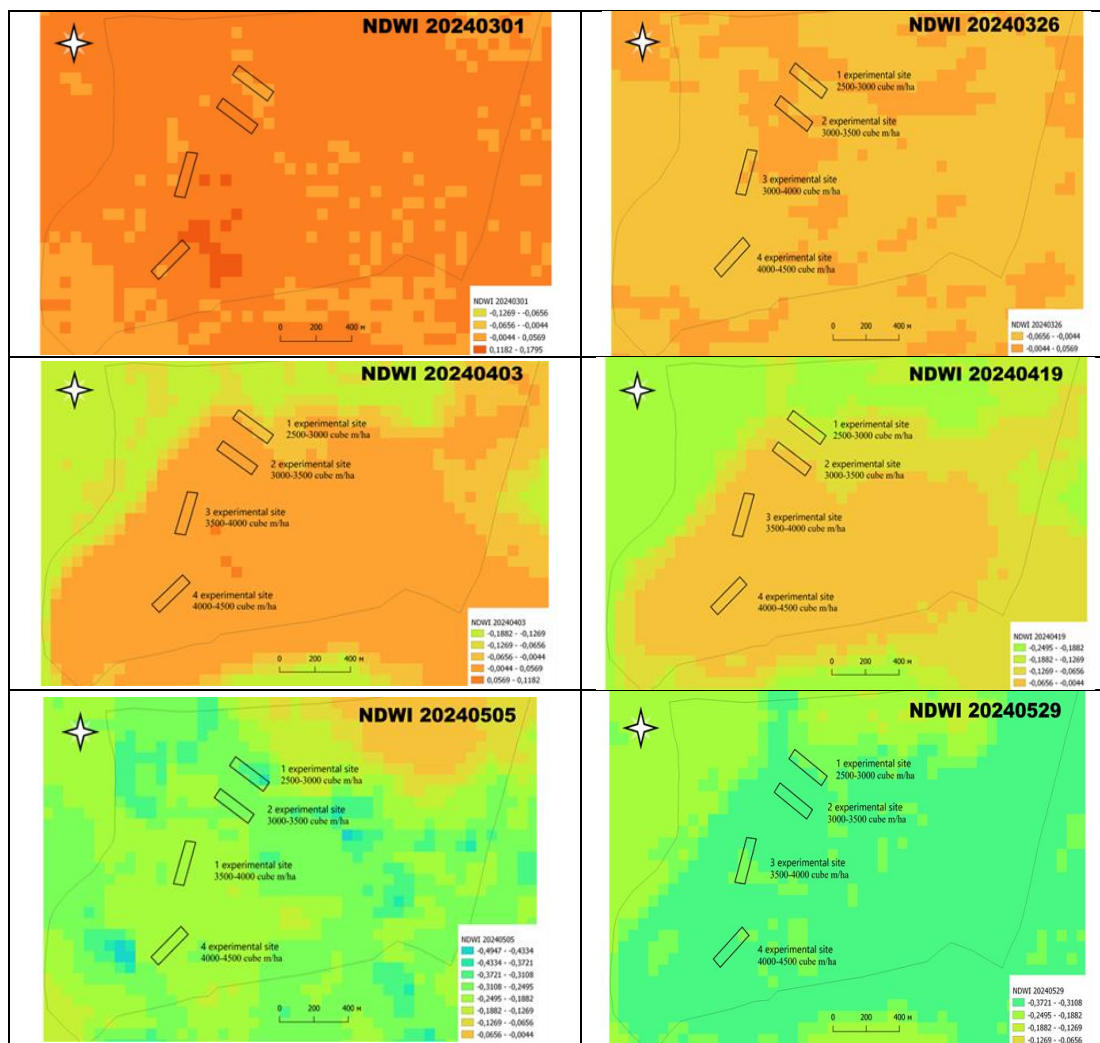


Рисунок 2 – Показания индекса NDWI на территории затопляемого участка по данным космического снимка со спутника Landsat 9

Для исследования космического снимка, графические файлы диапазона индекса NDWI (3 и 5 канал) были трансформированы в ГИС QGIS 3 до картограммы с подбором соответствующего цветового решения и выделением диапазона значения индекса NDWI. На основе этих данных была создана гистограмма состояния поверхности изучаемого участка по количеству дней стояния воды (рисунок 2).

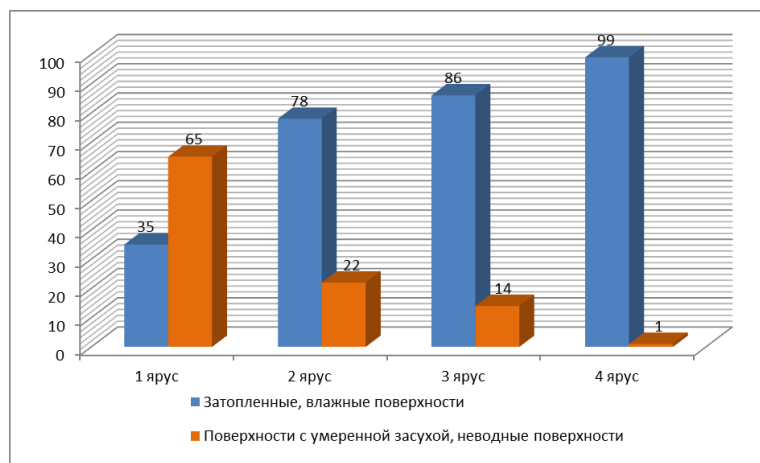


Рисунок 3 – Состояние поверхности исследуемого участка по количеству дней стояния воды

Данные гистограммы показывают о последовательном освобождении территории затопляемого участка от воды и формирования ярусов затопления. Продолжительность нахождения яруса с нормой затопления 4000-4500 м³/га под водой в 3 раза превышал соответствующий период первого яруса.

За указанный период времени отмечено, что для яруса с нормой затопления 4000-4500 м³/га практически не характерна поверхность с умеренной засухой.

В фазу кущения пырея ползучего содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы, в зависимости от нормы затопления, составляло от 188,2 мм (2500-3000 м³/га) до 285,8 мм (4000-4500 м³/га), при 121,1 мм на контроле (рисунок 4). При использовании максимальной нормы затопления запасы влаги в почве были наибольшими во всех изучаемых слоях.

В период колошения пырея ползучего запасы продуктивной влаги на вариантах уменьшились в среднем на 41,8-83,0 мм или на 27,4-34,5 %.

К уборке растений запасы продуктивной влаги почвы (в слое 0-100 см) составили на вариантах от 78,5 мм при минимальной изучаемой норме затопления участка лимана 2500-3000 м³/га до 103,2 мм при максимальной норме затопления 4000-4500 м³/га.

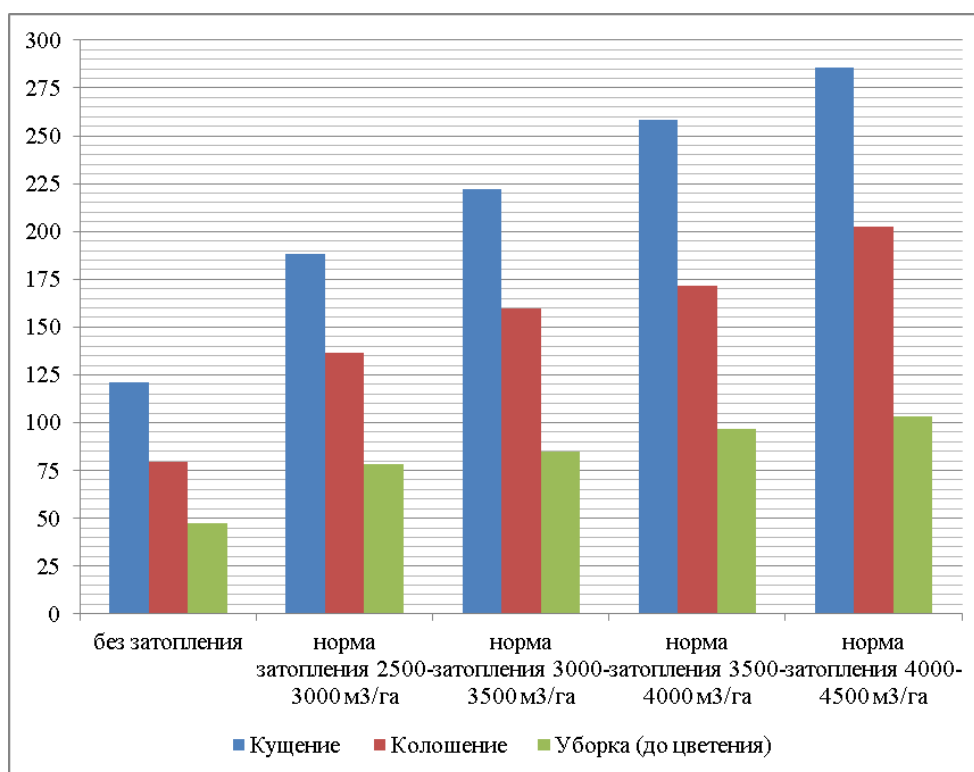


Рисунок 4 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в зависимости от норм затопления (мм), 2024 год

Выводы. Данные мониторинга, полученные с помощью индекса NDWI из спутниковых снимков и отображенные на картограммах, позволили установить, что яруса лиманов находились в затопленном состоянии или с увлажненной поверхностью от 33 дней соответствующая норме затопления 2500-3000 м³/га до 99 дней соответственно норме затопления 4000-4500 м³/га.

Содержание продуктивной влаги в почве на вариантах в метровом слое составляли от 188,2 мм при 2500-3000 м³/га до 285,8 мм при 4000-4500 м³/га, с показателем на контроле 121,1 мм. К уборке растений запасы продуктивной влаги почвы (в слое 0-100 см) составили на вариантах от 78,5 мм с нормой орошения 2500-3000 м³/га до 103,2 мм – 4000-4500 м³/га.

Полученная информация о периодах нахождения под водой участков лимана позволяет установить нормы затопления, эффективнее регулировать подачу и сброс воды для полноценного развития произрастающих кормовых трав и улучшения плодородия почвы.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Nasiyev, B. Influence of Cattle Grazing Methods on Changes in Vegetation Cover and Productivity of Pasture Lands in the Semi-Desert Zone of Western Kazakhstan [Text] / B. Nasiyev, A. Karynbayev, M. Khiyasov, A. Bekkaliyev, N. Zhanatalapov, M. Begeyeva, A. Bekkaliyeva, V. Shibaikin // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. – 2023. – V. 18(4). – P. 767-774.

2 Nasiev, B.N. Article Modern state of the soils of flood irrigation systems in the semidesert zone [Text] / B.N. Nasiev, R. Eleshev // Eurasian Soil Science. – 2014. – V. 47(6). – P. 613–620.

3 Ongayev, M. Analysis of hydrochemical parameters of surface water sources used for watering pastures to improve the water quality [Text] / M. Ongayev, S. Denizbayev, G. Ozhanov,

- B. Yesmagulova, N. Umbetkaliyev, T. Shadyarov // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2023. – V. 21. – P. 875-883.
- 4 Nasiyev, B. Changes in the physicochemical parameters of chestnut soils in Western Kazakhstan under the influence of the grazing technologies [Text] / B. Nasiyev, A.K. Bekkaliyev, N.Zh. Zhanatalapov, B. Shibaikin, R. Yeleshev // Periódico Tchê Química. – 2020. – V. 17(35). – P. 192-202.
- 5 Kilian, G.J. Flood Pulse Irrigation of Meadows Shapes Soil Chemical and Microbial Parameters More Than Mineral Fertilization [Text] / G.J. Kilian, Kenngott Schaumann, Constanze Buhk and Dörte Diehl // Soil Syst. – 2021. – V.5(2). – P. 1-14.
- 6 Ларин, И.В. Природные лиманы, их улучшение и рациональное использование [Текст] / И.В. Ларин // Вестн. с.-х. науки. – 1965. – № 7. – 1965. – С. 14-20.
- 7 Онаев, М.К. Мелиоративная оценка водных и земельных ресурсов Приуралья. Монография [Текст] / науч. ред. В.С. Кучеров. – Уральск: Зап.-Казах. аграр. техн. ун.-т им. Жангир хана, 2014. – 166 с.
- 8 Ongayev, M.K. Assessment of The Current State of Vegetation of Estuaries in The Zone of Dry Steppes of Western Kazakhstan [Text] / M.K. Ongayev, R.B. Tuktarov, Z.B. Tassanova, S.E. Denizbayev // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – RJPBCS 7 (5). – P. 382-389.
- 9 Thomas Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan Chipman Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition ISBN: 978-1-118-34328-9 January 2015 768 pages
- 10 Bernhard Hofmann-Wellenhof, Herbert Lichtenegger, Elmar Wasle GNSS – Global Navigation Satellite Systems Book 2008, 516 pages
- 11 Mantas, V.M. Monitoring estuarine water quality using satellite imagery. The Mondego river estuary (Portugal) as a case study [Text] / V.M. Mantas, A.J.S.C. Pereira, J. Neto, J. Patrício, J.C. Marques // Ocean & Coastal Management. – 2013. – V.72. – P. 13-21.
- 12 Zhe Zhu Remote sensing of land change: A multifaceted perspective [Text] / Zhe Zhu, Shi Qiu, Su Ye // Remote Sensing of Environment. – 2022. – V.282. – P. 1-20.
- 13 Курьянович, Ю.С. Использование инфракрасных тепловых космических снимков для изучения почвенного покрова [Текст] / Ю.С. Курьянович, Ф.Е. Давидович, М.Ф. Шалькевич // Почвоведение и агрохимия – 2022. - № 1 (68). – С. 21-30. - Режим доступа: 813-865-2-PB.pdf
- 14 Об утверждении инструкции по геодезическим работам на геодинамических полигонах. Приказ и.о. Министра цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан от 11 января 2024 года № 13/НК. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 15 января 2024 года № 33906. - Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2400033906>.
- 15 Сайт Геологической службы США. [Электронный ресурс] / USGS, 2024. - Режим доступа : <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 16 Сайт Геологической службы США. [Электронный ресурс] / USGS, 2024. - Режим доступа : <https://earthexplorer.usgs.gov/>; Спектрзональные спутниковые снимки для ДЗЗ. [Электронный ресурс] / EOS DATA ANALITYCS, 2023. - Режим доступа: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/false-color/>.
- 17 Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM/ETM+ [Электронный ресурс] / GIS-Lab, 2005. - Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> ; Landsat-8 (Ландсат-8). [Электронный ресурс] / Иннотер, 2022. - Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>
- 18 Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
19. How to Interpret a Satellite Image: Five Tips and Strategies [Electronic resource]. – URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/ColorImage>

REFERENCES

- 1 Nasiyev, B. Influence of Cattle Grazing Methods on Changes in Vegetation Cover and Productivity of Pasture Lands in the Semi-Desert Zone of Western Kazakhstan [Text] / B. Nasiyev, A. Karynbayev, M. Khiyasov, A. Bekkaliyev, N. Zhanatalapov, M. Begeyeva, A. Bekkaliyeva, V. Shibaikin // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. – 2023. – V. 18(4). – P. 767-774.
- 2 Nasiev, B.N. Article Modern state of the soils of flood irrigation systems in the semidesert zone [Text] / B.N. Nasiev, R. Eleshev // Eurasian Soil Science. – 2014. – V. 47(6). – P. 613–620.
- 3 Ongayev, M. Analysis of hydrochemical parameters of surface water sources used for watering pastures to improve the water quality [Text] / M. Ongayev, S. Denizbayev, G. Ozhanov, B. Yesmagulova, N. Umbetkaliyev, T. Shadyarov // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2023. – V. 21. – P. 875-883.
- 4 Nasiyev, B. Changes in the physicochemical parameters of chestnut soils in Western Kazakhstan under the influence of the grazing technologies [Text] / B. Nasiyev, A.K. Bekkaliyev, N.Zh. Zhanatalapov, B. Shibaikin, R. Yeleshev // Periódico Tchê Química. – 2020. – V. 17(35). – P. 192-202.
- 5 Kilian, G.J. Flood Pulse Irrigation of Meadows Shapes Soil Chemical and Microbial Parameters More Than Mineral Fertilization [Text] / G.J. Kilian, Kenngott Schaumann, Constanze Buhk and Dörte Diehl // Soil Syst. – 2021. – V.5(2). – P. 1-14.
- 6 Larin, I.V. Prirodnye limany, ih uluchshenie i racional'noe ispol'zovanie [Tekst] / I.V. Larin // Vestn. s.-h. nauki. – 1965. – № 7. – 1965. – S. 14-20.
- 7 Onaev, M.K. Meliorativnaya ocenka vodnyh i zemel'nyh resursov Priural'ya. Monografiya [Tekst] / nauch. red. V.S. Kucherov. – Ural'sk: Zap.-Kazah. agrar. tekhn. un.-t im. ZHangir hana, 2014. – 166 s.
- 8 Ongayev, M.K. Assessment of The Current State of Vegetation of Estuaries in The Zone of Dry Steppes of Western Kazakhstan [Text] / M.K. Ongayev, R.B. Tuktarov, Z.B. Tassanova, S.E. Denizbayev // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – RJPBCS 7 (5). – P. 382-389.
- 9 Thomas Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan Chipman Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition ISBN: 978-1-118-34328-9 January 2015 768 pages
- 10 Bernhard Hofmann-Wellenhof, Herbert Lichtenegger , Elmar Wasle GNSS – Global Navigation Satellite Systems Book 2008, 516 pages
- 11 Mantas, V.M. Monitoring estuarine water quality using satellite imagery. The Mondego river estuary (Portugal) as a case study [Text] / V.M. Mantas, A.J.S.C. Pereira, J. Neto, J. Patrício, J.C. Marques // Ocean & Coastal Management. – 2013. – V.72. – P. 13-21.
- 12 Zhe Zhu Remote sensing of land change: A multifaceted perspective [Text] / Zhe Zhu, Shi Qiu, Su Ye // Remote Sensing of Environment. – 2022. – V.282. – P. 1-20.
- 13 Kur'yanovich, YU.S. Ispol'zovanie infrakrasnyh teplovyh kosmicheskikh snimkov dlya izucheniya pochvennogo pokrova [Tekst] / YU.S. Kur'yanovich, F.E. Davidovich, M.F. SHal'kevich // Pochvovedenie i agrohimiya – 2022. - № 1 (68). – S. 21-30. - Rezhim dostupa: 813-865-2-PB.pdf
- 14 Ob utverzhdenii instrukcii po geodezicheskim rabotam na geodinamicheskikh poligonah. Prikaz i.o. Ministra cifrovogo razvitiya, innovacij i aerokosmicheskoy promyshlennosti Respubliki Kazahstan ot 11 yanvarya 2024 goda № 13/NK. Zaregistririvan v Ministerstve yusticii Respubliki Kazahstan 15 yanvarya 2024 goda № 33906. - Rezhim dostupa: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2400033906>.
- 15 Sajt Geologicheskoy sluzhby SSHA. [Elektronnyj resurs] / USGS, 2024. - Rezhim dostupa : <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 16 Sajt Geologicheskoy sluzhby SSHA. [Elektronnyj resurs] / USGS, 2024. - Rezhim dostupa : <https://earthexplorer.usgs.gov/>; Spektrozonal'nye cputnikovye cnimki dlya DZZ. [Elektronnyj resurs] / EOS DATA ANALITYCS, 2023. - Rezhim dostupa : <https://eos.com/ru/make-an-analysis/false-color/>.

17 Interpretaciya kombinacij kanalov dannyh Landsat TM/ETM+ [Elektronnyj resurs] / GIS-Lab, 2005. - Rezhim dostupa : <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> ; Landsat-8 (Landsat-8). [Elektronnyj resurs] / Innoter, 2022. - Rezhim dostupa : <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>

18 Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta [Tekst] / B.A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

19. How to Interpret a Satellite Image: Five Tips and Strategies [Electronic resource]. – URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/ColorImage>

ТҮЙІН

№ 50 көлтабан аумағының жер бедерінің (ЖЦМ) цифрлық моделін құру кезінде базалық станциямен кешенде Spector S65 спутниктік қабылдағышын пайдаланып түсіру қолданылды. Жер бедерінде 2500-3000 м³/га, 3000-3500 м³/га, 3500-4000 м³/га, 4000-4500 м³/га су басу нормаларлы 4 қабатта орналасқан 4 учаске бөлініп, үйлестірілді. Ғарыштық суреттермен жұмыс істеу кезінде геодеректерді басқаруға, картаға түсіруге, өңдеуге және оларды талдауға, сонымен қатар карта макеттерін жасауға мүмкіндік беретін Quantum GIS (QGIS) ашық коды бар бағдарлама қолданылды. QGIS көптеген векторлық, растрлық форматтарды, сондай-ақ әртүрлі мәліметтер базасын қолдайды. Спутниктік суретте су басқан немесе ылғалды жерлердегі топырақ пен өсімдік жамылғысының фонында анықтау және оқшаулау үшін ndwi (нормаланған дифференциалды су индексі) индексі қолданылды, бұл бөлінген жерлерде судың тұру уақытының ұзақтығын анықтауға мүмкіндік берді.

Метрлік қабаттағы нұсқалардағы топырақтағы өнімді ылғалдың мөлшері 2500-3000 м³/га кезінде 188,2 мм-ден 4000-4500 м³/га кезінде 285,8 мм-ге дейін, бақылаудағы индикаторы (су баспайтын учаске) 121,1 мм болды. Дақылды жинауға қарай 0-100 см қабаттағы өнімді ылғалдың қоры 78,5 мм-ден 2500-3000 м³/га суару нормасындағы 103,2 мм-ге дейін 4000-4500 м³/га суару нормасында құрады.