

*Т.К. Рафиков, М. Ерболқызы, А.Н. Жилдикбаева**

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы Казахстан,
rafikoff_timyr@mail.ru, moldir.yerbolkyzy@mail.ru a.zhildikbaeva@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И АНАЛИЗА NDVI В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация

В данной статье приведены результаты по возможности и важности работы применения данных дистанционного зондирования земли для оценки земель, подвергшихся деградации. Проанализированы тенденции состояния земель за последние годы, что позволило провести полноценную оценку динамики и масштаб земель подвергшихся деградации. Была проведена оценка состояния земель Восточно-Казахстанской области. Выбор которой был обусловлен тем, что большая часть земель относится к землям сельского и лесного хозяйства. Работа была проведена с применением геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования земли. Данная методика позволила значительно сократить время проведения исследования, а также, провести исследование района расположенного на значительном расстоянии. Для проведения работ были использованы космоснимки открытого доступа Landsat 8-9 в период вегетации. Проведение анализа позволило при помощи индекса NDVI выделить земли подвергшиеся деградации, а также оценить степень подверженности. Всего с 2014 по 2023 год состояние земель Восточного Казахстана ухудшилось с 1974929,3 га до 2487511,4 га. Исследование позволило показать важность использования данных дистанционного зондирования земли и ГИС-технологий, а также является основой для последующих исследований. Были даны рекомендации по путям решения проблемы и предложения для улучшения управления земельными ресурсами в регионе, включая возможности для восстановления и устойчивого использования земель.

Ключевые слова: ДЗЗ, ГИС, NDVI, деградация земель, Восточно-Казахстанская область, сельскохозяйственные угодья, лесное хозяйство.

Введение

Проблема деградации земель оказывает на 3,2 миллиона человек по всему миру. Деградация земель – это антропогенная утрата биоразнообразия, продуктивности и экосистемных функций наземной и водной среды [1]. Во всех регионах Казахстана существует проблема деградации земель. В последние годы в связи с большой площадью земель сельскохозяйственного назначения и лесного хозяйства, а также участвовавшими пожарами крайне важно оценить состояние земель в Восточно-Казахстанской области (ВКО). Основной целью работы является доказательство применения данных дистанционного зондирования земли, а именно индекса NDVI для оценки земель.

На сегодняшний день географические информационные системы считаются наиболее бурно развивающимся направлением информационных технологий. В целом, геоинформационные системы – это не просто набор электронных карт на мониторе ПК, это нечто большее, благодаря которым проводится анализ всей информации, как табличных, векторных, растровых, САПР и прочих данных, также они помогают при разработке, визуальном воспроизводстве данных [2].

Для оценки состояния земель применяются различные методы. В данном случае, в связи с отдаленностью выбранных участков, нехватка статистических данных и прочих факторов, предполагает использование доступных методов. Одним из которых является применение космоснимков и получение данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). ДЗЗ является

одним из наиболее удобных методов исследований. Данный метод позволяет исследовать отдаленные участки за относительно короткое время [3].

Эффективность применения ДЗЗ в оценке состояния земель выражается в возможности оперативного получения данных о покрове земли, его изменениях и потенциальных рисках деградации. Это позволяет принимать своевременные меры по устойчивому управлению земельными ресурсами, предотвращению эрозии почвы и потери биоразнообразия [4]. Кроме того, использование ДЗЗ способствует повышению точности мониторинга изменений климата и влияния человеческой деятельности на экосистемы, что необходимо для разработки эффективных стратегий адаптации и смягчения последствий глобальных изменений [5].

Материалы и методы исследования

Для оценки экологической ситуации в Восточно-Казахстанской области были учтены особенности почвенного и растительного покрова, а также физико-географические особенности области. Для проведения оценки земель подвергшихся деградации были использованы космические снимки Landsat 8-9 за 2014 и 2023 годы. Космоснимки были взяты с сайта USGS [4]. При исследовании изменений почвенного и растительного покрова был применен нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI). Данный индекс применяется в исследованиях прогнозирования продуктивности сельскохозяйственной деятельности [5], определения ряда прорастающих культур [6], оценке сельскохозяйственной деятельности [7] и деградации земель [8, 9].

NDVI – нормализованный относительный индекс растительности - простой количественный показатель количества фотосинтетической активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом) [10]. NDVI рассчитывается по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где, *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра,

RED – отражение в красной области спектра

Рассчитать индекс NDVI можно по любому космоснимку высокого, среднего или низкого разрешения. Главнейшим является наличие спектральных каналов в красном и ближнем инфракрасном диапазоне. Алгоритм расчета индекса встроен во все программные обеспечения, предназначенные для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Проведя данный анализ индекс NDVI обретает значения от -1 до 1 значение которых описано в таблице 1.

Таблица 1 - Значение индекса NDVI [11]

NDVI	Тип покрытия
0,8-1,0	Очень мощная, густая растительность (широколиственный здоровый или тропический)
0,67-0,8	Мощная, густая растительность (лес)
0,4-0,5	Скудная и разряженная древесная и кустарниковая растительность
0,2-0,4	Кустарники и пастбища
0,09-0,2	Открытая почва
-0,1- 0,1	Горные породы, песок, снег
-0,42 - -0,33	Водный объект
-0,55 - -1	Антропогенное покрытие (бетон, асфальт)
0	Облако на снимке

В данной таблице представлено эмпирическое соответствие значения индекса NDVI и типа земного покрытия (по типу и качеству растительного покрова). В связи с тем, что в диапазоне 0,6-1 мкм находится область максимум отраженной радиации, иначе говоря, это район высокой фотосинтетической активности, который как правило связан с густой растительностью, что в свою очередь ведет к меньшему отражению в красной области спектра и к большей в инфракрасном. Чем больше значение инфракрасной области, тем больше и значение NDVI. Это позволяет по анализу индекса NDVI определять качество и тип растительности.

Результаты и обсуждение

Восточно-Казахстанская область расположена в основном в горной местности с резко-континентальным климатом. Территория Восточно-Казахстанской области составляет 9 785,9 тыс. га, из них к землям сельскохозяйственного назначения относятся 3 361,6 тыс. га, а к лесному фонду 2 153,9 тыс. га [12].

Всего в области организовано и функционирует 3 особо охраняемых территорий и 13 коммунальных государственных учреждений лесного хозяйства, подчиняющихся Комитету лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии, геологии и природных ресурсов республики. Они занимаются охраной лесов от пожаров и незаконных вырубок, а также проведением работ по лесовосстановлению и лесозащитным мероприятиям [13].

Анализ был проведен в ПО ArcGIS Pro с применением инструмента Spatial Analyst. Для доказательства произошедших изменений в области были использованы космоснимки за 2014 и 2023 гг. А именно применение индекса NDVI позволило провести оценку качества земельных ресурсов. На рисунке 1 представлено распределение значений индекса NDVI за 2014 год в Восточно-Казахстанской области.

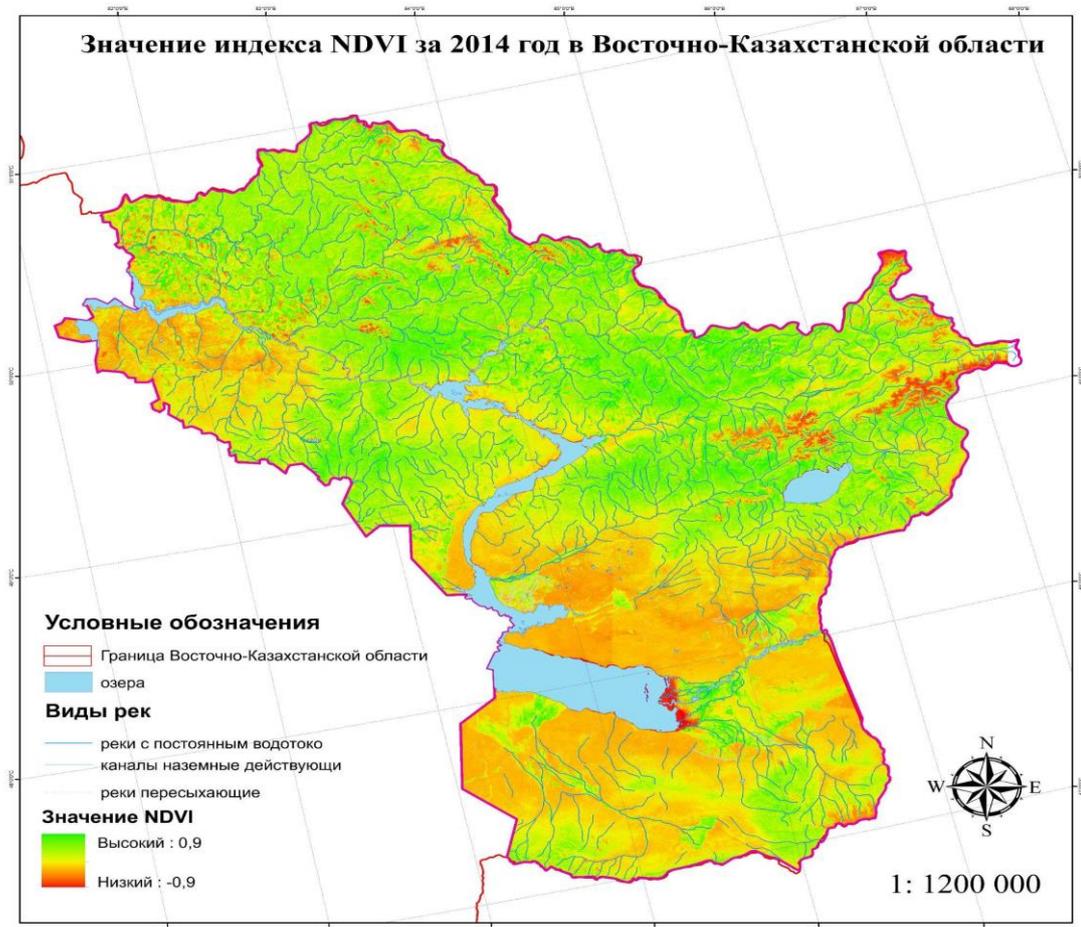


Рисунок 1 - Значение индекса NDVI на 2014 год

Индекс NDVI, который варьируется от -0.9 до 0.9, является важным показателем вегетации, где более высокие значения соответствуют более здоровым и густым насаждениям. На карте видно, что районы с низкими значениями NDVI, указывают на возможную деградацию земель, часто совпадают с зонами интенсивного сельскохозяйственного использования и находятся вблизи водоёмов, что может свидетельствовать о воздействии агротехнических мероприятий и водной эрозии.

Также заметно влияние лесных массивов на индекс NDVI, где плотные лесные участки демонстрируют высокие значения индекса, отражающие здоровую растительность. Различия в значениях NDVI могут быть связаны с разнообразием растительного покрова, стадиями его развития, а также антропогенными факторами, включая вырубку лесов, перегорание земель и другие виды землепользования.

Таким образом, данная карта является наглядным инструментом для мониторинга экологического состояния территории, позволяя идентифицировать проблемные зоны и способствуя разработке мер по их восстановлению и устойчивому использованию. Для более детального сравнения значения индекса NDVI ниже представлены результаты анализа за 2023 год (рисунок 2).

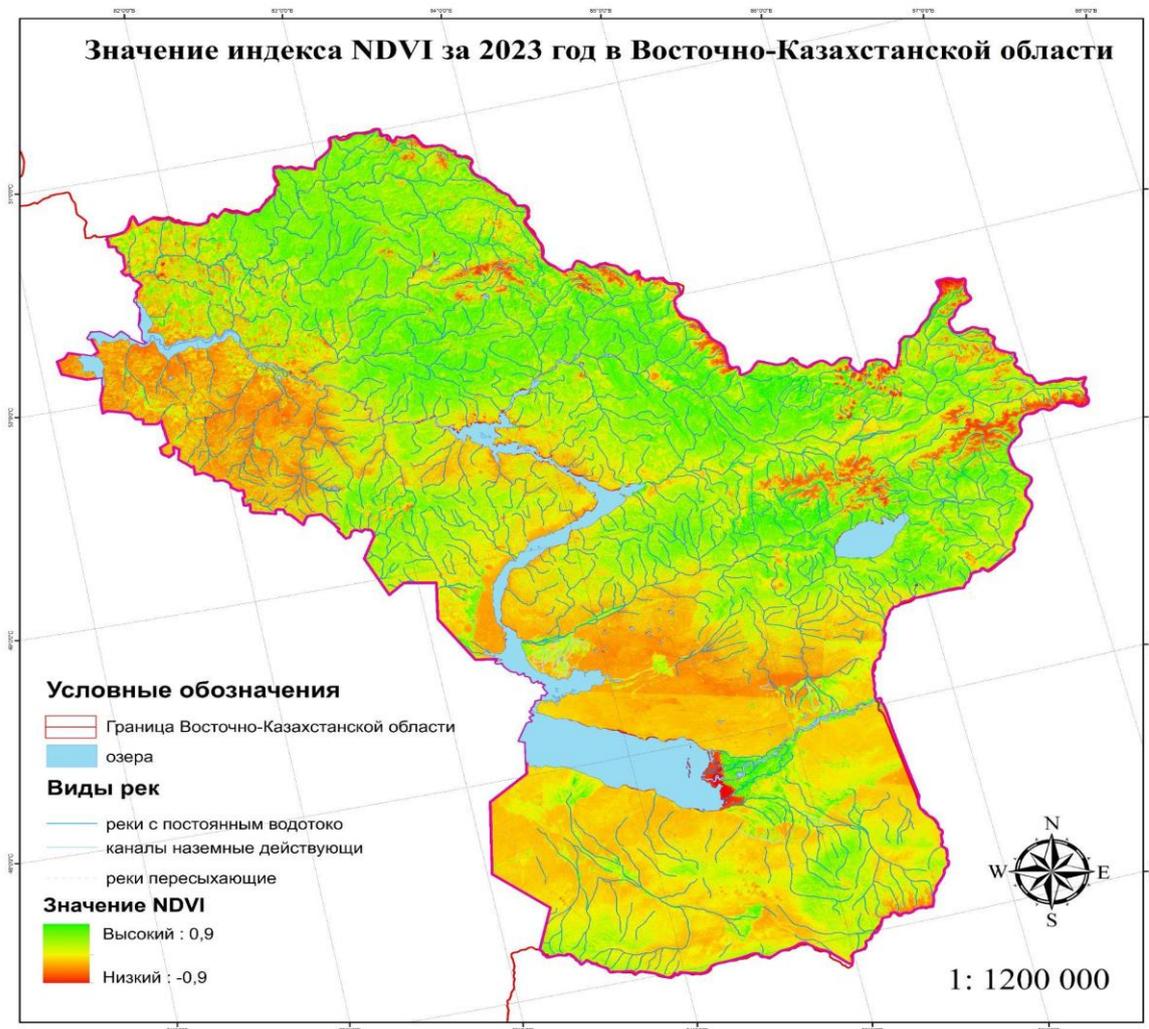


Рисунок 2 - Значение индекса NDVI на 2023 год

Сравнение с рисунком 1, который отображает данные за 2014 год, заметны значительные изменения в состоянии земель за эти 10 лет на рисунке 2. Видно, что некоторые районы приобрели более темные оттенки красного цвета, что указывает на уменьшение качества растительности и возможное усиление деградации земель. Кроме того, общая площадь с

пониженными значениями NDVI увеличилась, что может свидетельствовать о расширении зон с проблемами в землепользовании.

Использование инструмента "Классификация" на рисунке 3 с фокусом на отрицательные значения NDVI позволит более четко выделить зоны с высоким риском деградации. Это подчеркивает важность долгосрочного мониторинга с использованием данных дистанционного зондирования для оценки изменений в состоянии земель и планирования мер по их восстановлению и устойчивому использованию. Наблюдаемые изменения подчеркивают необходимость разработки адаптивных стратегий управления земельными ресурсами для предотвращения дальнейшей деградации и поддержания экологического благополучия региона. Ниже представлены результаты процесса классификации на Рисунке 3.

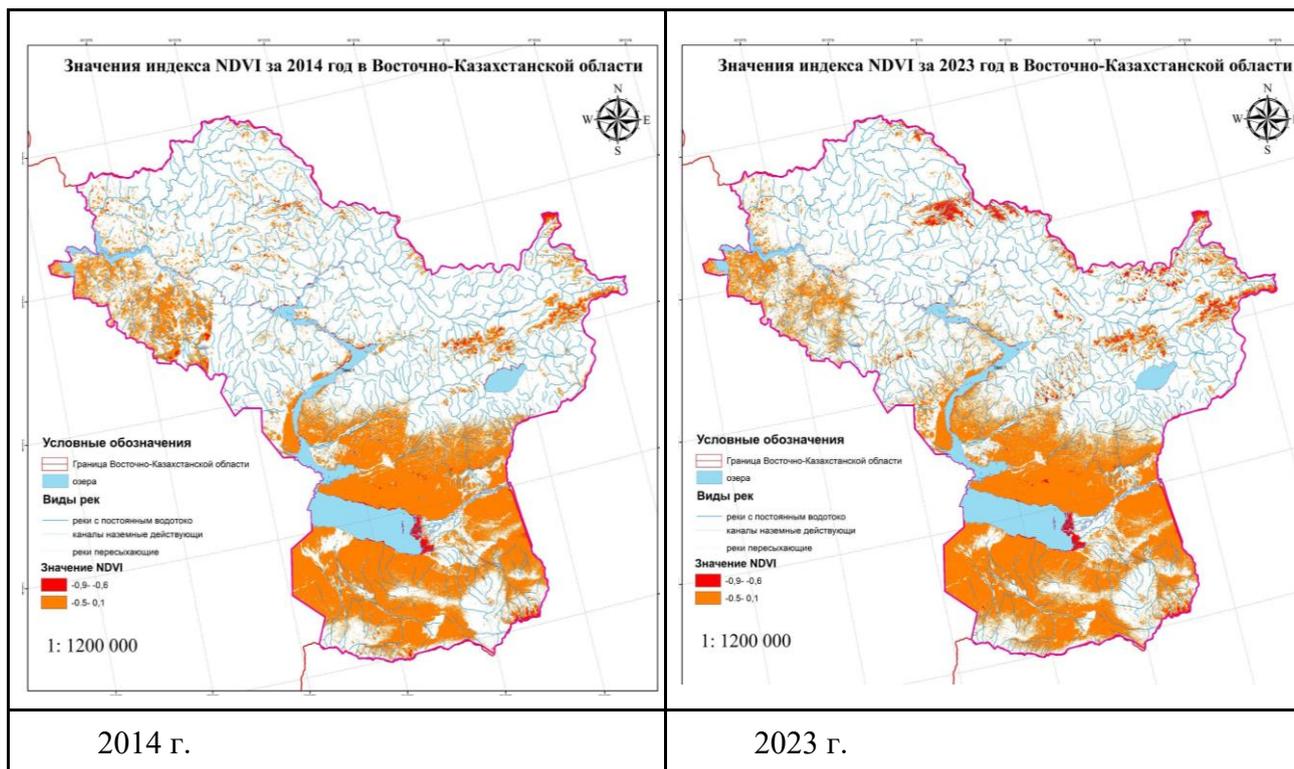


Рисунок 3 - Отрицательные значения индекса NDVI за 2014 г. и 2023 г.

На рисунке 3 представлены карты Восточно-Казахстанской области отрицательных значений индекса NDVI за 2014 и 2023 годы соответственно. Карты наглядно демонстрируют районы с низкими значениями NDVI, которые часто ассоциируются с деградированными землями. В 2014 году площадь таких земель составляла 1974929,3 га, тогда как к 2023 году она возросла до 2487511,4 га. Это увеличение может быть связано с интенсификацией сельскохозяйственной деятельности, ростом посевных площадей, увеличением численности пастбищ и скота, что ведет к более интенсивному использованию земельных ресурсов и, как следствие, к их истощению.

В лесных районах увеличение площади деградированных земель может быть обусловлено ростом деревообрабатывающей промышленности, более активной вырубкой лесов и частыми лесными пожарами, что приводит к утрате лесного покрова и снижению его восстановительной способности. Эти изменения подчеркивают необходимость усиления мер по сохранению земельных и лесных ресурсов, включая улучшение управления ресурсами, разработку и внедрение устойчивых агротехнологий и стратегий восстановления лесов.

Основываясь на данных дистанционного зондирования, такие карты могут помочь властям и специалистам в области экологии определять приоритетные области для

реабилитации и разрабатывать более эффективные стратегии управления земельными ресурсами для предотвращения дальнейшего ухудшения качества земель и поддержания биоразнообразия.

Выводы

В ходе анализа выполнено дистанционное зондирование с применением спутников Landsat 8-9, что обеспечило получение многолетних данных о состоянии земель.

Исследование включало оценку динамики земельных ресурсов за период с 2014 по 2022 годы, основанную на объективных спутниковых данных.

Аналитический процесс выявил тенденцию к увеличению площадей деградированных земель с 1974929,3 гектаров до 2487511,4 гектаров, что свидетельствует о значительных изменениях в ландшафтах региона.

Исходя из проведенного исследования, можно подчеркнуть, что интеграция данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС) оказывается ключевой для мониторинга и анализа состояния удаленных и труднодоступных территорий. Индекс нормализованной разности вегетации (NDVI) подтвердил свою эффективность как надежный инструмент для оценки и мониторинга качества земельных ресурсов.

Было рассмотрено несколько вариантов решения проблемы деградации земель и сокращения их площади. Одной из основных рекомендаций в сельском хозяйстве является зонирование территорий и поэтапное их использование. Каждая из зон должна иметь свое определенное время использования, а также не превышать допустимую на нее нагрузку. В случае лесных пожаров следует провести полную проверку противопожарной безопасности всех лесных хозяйств. А также уровень знаний и подготовки специалистов лесных хозяйств по противопожарной безопасности и ликвидации пожаров

Настоящее исследование заложило фундамент для дальнейшего развития информационных ресурсов, в частности, для создания геопортала, который будет служить информационной базой для управления земельными ресурсами Восточно-Казахстанской области. Такой геопортал позволит синтезировать полученные данные и обеспечит доступ к ним для специалистов в области экологии, землеустройства и сельского хозяйства, а также предоставит возможности для общественного контроля и вовлечения в процессы принятия решений в сфере устойчивого развития региона.

Список литературы

1. The Lancet Planetary Health, «Land degradation: a solution is possible» т. 2, № 5, 2018. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29709274/>
2. А. С. Самардак, Геоинформационные системы, Владивосток, 2005., стр 9-10
3. Сахарова Е. Ю., Сладких Л. А., Захватов М. Г., «Спутниковый мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности зерновых культур на юге Западной Сибири,»//В Журн.: Интерэкспо Гео-Сибирь, 2014.
4. Геологическая служба США, «usgs.gov,» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.usgs.gov/>. [Дата обращения: 01. 2024].
5. Marshall Burke, David Lobell, «Satellite-based assessment of yield variation and its determinants in smallholder African systems» //ВЖурн.:Sustainability Science, 2017.
6. Мышляков С.Г., «Возможности радарных снимков Sentinel-1 для решения задач сельского хозяйства,» // В Журн.: ГЕОМАТИКА, № 2, стр. 16-24, 2016.
7. Михайленко И.М. «Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве», // В Журн.: Агрофизика.стр 98-106, 2018.
8. Hassan Fathizad, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani, Ruhollah Taghizadeh Mehrjardi, Hamid Sodaiezadeh, «Evaluating desertification using remote sensing technique and objectoriented

classification algorithm in the Iranian central desert» // В Журн.: Journal of African Earth Sciences, № 145, pp. 115-130, 2018.

9. Liangliang Jianga, Guli Jiapaera, Anming Baoa, Yaoming Lia, Hao Guoa, Guoxiong Zhenga, Tao Chena, Philippe De Maeyer, «Assessing land degradation and quantifying its drivers in the Amudarya River delta» // В Журн.: Ecological Indicators, № 107, pp. 1-14, 2019.

10. Токарева О.С. «Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие», стр 115, Томск, 2010.

11. Табылдина А.Т. Какимжанов Е.Х., Уваров В.Н., Мақаш К. К. Основы алгоритма расчета индекса растительности NDVI // В Журн.: Вестник КазНУ. - Алматы, 2019 г.. - 52 Т. 1. - стр. 68-78

12. Управление земельных отношений Восточно-Казахстанской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/vko-zher/activities/972?lang=ru> [Дата обращения: 01. 2024].

13. Новикова Т.П. ГИС-моделирование для управления лесными ресурсами // Лесной журнал. – 2023. – № 6. – С. 55-69.

References

1. The Lancet Planetary Health, «Land degradation: a solution is possible» t. 2, № 5, 2018. [Elektronnyj resurs]. – Elektron. dan. – Rezhim dostupa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29709274/>

2. A. S. Samardak, Geoinformacionnye sistemy, Vladivostok, 2005., str 9-10

3. Saharova E. Yu., Sladkih L. A., Zahvatov M. G., «Sputnikovyj monitoring sostoyaniya posevov i prognozirovanie urozhajnosti zernovyh kul'tur na yuge Zapadnoj Sibiri,»//V Zhurn.: Interekspo Geo-Sibir', 2014.

4. Geologicheskaya sluzhba SShA, «usgs.gov,» [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.usgs.gov/>. [Data obrashcheniya: 01. 2024].

5. Marshall Burke, David Lobell, «Satellite-based assessment of yield variation and its determinants in smallholder African systems» //VZhurn.:Sustainability Science, 2017.

6. Myshlyakov S.G., «Vozmozhnosti radarnyh snimkov Sentinel-1 dlya resheniya zadach sel'skogo hozyajstva,» // V Zhurn.: GEOMATIKA, № 2, str. 16-24, 2016.

7. Mihajlenko I.M. «Razvitie metodov i sredstv primeneniya dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve», // V Zhurn.: Agrofizika.str 98-106, 2018.

8. Hassan Fathizad, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani, Ruhollah Taghizadeh Mehrjardi, Hamid Sodaiezadeh, «Evaluating desertification using remote sensing technique and objectoriented classification algorithm in the Iranian central desert» // V Zhurn.: Journal of African Earth Sciences, № 145, pp. 115-130, 2018.

9. Liangliang Jianga, Guli Jiapaera, Anming Baoa, Yaoming Lia, Hao Guoa, Guoxiong Zhenga, Tao Chena, Philippe De Maeyer, «Assessing land degradation and quantifying its drivers in the Amudarya River delta» // V Zhurn.: Ecological Indicators, № 107, pp. 1-14, 2019.

10. Tokareva O.S. «Obrabotka i interpretaciya dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli: uchebnoe posobie», str 115, Tomsk, 2010.

11. Tabyldina A.T. Kakimzhanov E.H., Uvapov V.N., Мақаш К. К. Osnovy algoritma pascheta indeksa pastitel'nosti NDVI // V Zhurn.: Vestnik KazNU. - Almaty, 2019 г.. - 52 Т. 1. - str. 68-78

12. Upravlenie zemel'nyh otnoshenij Vostochno-Kazahstanskoj oblasti [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.gov.kz/memleket/entities/vko-zher/activities/972?lang=ru> [Data obrashcheniya: 01. 2024].

13. Novikova T.P. GIS-modelirovanie dlya upravleniya lesnymi resursami // Lesnoj zhurnal. – 2023. – № 6. – S. 55-69.

Т.К.Рафиков, Мөлдір Ерболқызы, А.Н.Жилдикбаева*
Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,
rafikoff_timyr@mail.ru, moldir.yerbolkyzy@mail.ru a.zhildikbaeva@mail.ru

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДА ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ЖӘНЕ NDVI ТАЛДАУ ДЕРЕКТЕРІН ҚОЛДАНУ

Аннотация

Бұл мақалада деградацияға ұшыраған жерлерді бағалау үшін жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану мүмкіндігі мен маңыздылығы бойынша жұмыс нәтижелері берілген. Соңғы жылдардағы жер жағдайының тенденциялары талданды, бұл деградацияға ұшыраған жерлердің динамикасы мен масштабын толық бағалауға мүмкіндік берді. Шығыс Қазақстан облысы жерлерінің жағдайына бағалау жүргізілді. Оның таңдауы жердің көп бөлігі ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы жерлеріне тиесілі болуына байланысты болды. Жұмыс геоақпараттық технологиялар мен қашықтықтан зондтау деректерін қолдану арқылы жүргізілді. Бұл әдіс зерттеу уақытын айтарлықтай қысқартуға, сондай-ақ айтарлықтай қашықтықта орналасқан аймақта зерттеу жүргізуге мүмкіндік берді. Жұмысты орындау үшін вегетациялық кезеңде Landsat 8-9 ашық қолжетімді спутниктік суреттері пайдаланылды. Талдау NDVI индексін пайдалана отырып, деградацияға ұшыраған жерлерді анықтауға, сондай-ақ бейімділік дәрежесін бағалауға мүмкіндік берді. Барлығы 2014-2023 жылдар аралығында Шығыс Қазақстан жерінің жағдайы 1974929,3 гектардан 2487511,4 гектарға дейін нашарлады. Зерттеу жерді қашықтықтан зондтау деректері мен ГАЖ технологияларын пайдаланудың маңыздылығын көрсетті, сонымен қатар кейінгі зерттеулерге негіз болады. Мәселені шешу жолдары туралы ұсыныстар айтылып, өңірдегі жерге орналастыруды жетілдіру, оның ішінде жерді қалпына келтіру және ұтымды пайдалану мүмкіндіктері туралы ұсыныстар айтылды.

Түйін сөздер: қашықтықтан зондтау, ГАЖ, NDVI, жердің деградациясы, Шығыс Қазақстан облысы, ауыл шаруашылығы жерлері, орман шаруашылығы.

Rafikov Timur, Yerbolkyzy Moldir, Zhildikbayeva Aizhan*
Kazakh National Agrarian Research University, Almaty Kazakhstan,
rafikoff_timyr@mail.ru, moldir.yerbolkyzy@mail.ru a.zhildikbaeva@mail.ru

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA AND NDVI ANALYSIS IN THE EAST KAZAKHSTAN REGION

Abstract

This article presents the results of work on the possibility and importance of using land remote sensing data to assess lands subject to degradation. Trends in the state of lands in recent years have been analyzed, which has made it possible to conduct a full assessment of the dynamics and scale of lands subject to degradation. An assessment of the condition of the lands of the East Kazakhstan region was carried out. The choice of which was due to the fact that most of the land belongs to agricultural and forestry lands. The work was carried out using geoinformation technologies and remote sensing data. This technique made it possible to significantly reduce the research time, as well as to conduct research in an area located at a considerable distance. To carry out the work, open access satellite images of Landsat 8-9 were used during the growing season. The analysis made it possible, using the NDVI index, to identify lands that have undergone degradation, as well as to assess the degree of susceptibility. In total, from 2014 to 2023, the condition of the lands of Eastern Kazakhstan worsened from 1974929.3 hectares to 2487511.4 hectares. The study showed the importance of using earth remote sensing data and GIS technologies, and also provides the basis for subsequent research.

Recommendations were made on how to solve the problem and suggestions for improving land management in the region, including opportunities for restoration and sustainable use of land.

Key words: remote sensing, GIS, NDVI, land degradation, East Kazakhstan region, agricultural land, forestry.

МРНТИ 68.47.15

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2024/19>

Д.Н. Сарсекова *¹, С.К. Мухтубаева², А.Н. Шалдыбаева³, Ж.Н. Токтасынов³,
Ж.Т.Боранбай³

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы,
E-mail: dani999@mail.ru

²«Астана ботаникалық бағы» Ботаника және фитоинтродукция институты",
Астана қаласы, Қазақстан Республикасы,
E-mail: mukhtubaeva@mail.ru

³С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана
қаласы, Қазақстан Республикасы,
E-mail: aiman.darhan@mail.ru, tzhailau@mail.ru, zhumagul.81@mail.ru

АҚМОЛА ОБЛЫСЫ ЖАҒДАЙЫНДА БҰТАЛЫ ИНТРОДУЦЕНТТЕРДІҢ ТҰҚЫМДЫҚ МАТЕРИАЛЫНЫҢ ӨНУІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ САҚТАУ ЖАҒДАЙЛАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа

Тұқымдар ересек өсімдіктерге қарағанда стресске төзімді. Сондықтан өсімдіктер көбінесе топырақта тұқымдарының сақталуын қамтамасыз етеді. Атап айтқанда, төзімді топырақ тұқым қорлары тұқымдардың жарамдылық мерзімін тиімді ұзартып, олардың өнгіштігін сақтап қана қоймайды, сонымен қатар тұқымның өну мерзімін ұзарта алады, осылайша тұқымдар өну кезінде кездесетін тәуекелдерді азайтады және популяцияның жаңаруы мен қалпына келуіне ықпал етеді. Дегенмен, *Tamarix ramosissima* және *Salix purpurea* тұқымдарының өнгіштігінің мерзімі қысқа, температураның кең ауқымында тез өніп шығуы мүмкін және "оппортунистік" өну стратегиясына ие, сондықтан тұрақты топырақ тұқым қорын құра алмайды. Екінші жағынан, *Tamarix ramosissima* өсімдігі көктемде де, жазда да репродуктивті маусымда жоғары өнгіш тұқым бере алады, ал тамыз-қыркүйек айларында жазғы гүлдерден алынған тұқымдар қыстың басында 80% - дан астам өміршең болып қалады (қараша, піскеннен кейін 2 айдан кейін). Зерттеулер көрсеткендей, мұздату температурасынан төмен температура көптеген ағаштар мен бұталардың тұқымдарын ұзақ уақыт құрғақ сақтау үшін оңтайлы болып табылады, бұл тұқымның жақсы өнуін сақтайды. Келесі көктемде ауа температурасы көтеріліп, қар еріген кезде, жазғы гүлдердің өміршең тұқымдарының өнуіне кепілдік беріледі және ерте көктемде сәтті тамыр алады. *Tamarix ramosissima* және *Salix purpurea* -ның үздіксіз гүлдену мен жеміс берумен байланысты репродуктивті стратегиялары оған "тірі тұқым банкі" құруға мүмкіндік береді және оның тез өну тактикасы репродуктивті табысқа жетуге мүмкіндік беретін қолайлы жағдайларда көшеттерге тұқымның өнуін қамтамасыз етеді.

Кілт сөздер: *Tamarix ramosissima*, *Salix purpurea*, тұқым өнгіштігі.