

ISSN 1563-0234
eISSN 2663-0397

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

География сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЪ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия географическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

JOURNAL

of Geography and Environmental Management

№3 (78)

Алматы
«Қазақ университеті»
2025



ХАБАРШЫ

ГЕОГРАФИЯ СЕРИЯСЫ №3 (78) қыркүйек

ISSN 1563-0234
eISSN 2663-0397



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

Қуәлік №16502-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР

Қайранбаева Г.К., PhD, аға оқытушы
(Қазақстан)
e-mail: vestnik.kaznu.geo@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Қалиасқарова З.К., Г.Г.К., доцент – ғылыми редактор
(Қазақстан)
Рысмағамбетова А.А., PhD, доцент м.а. – ғылыми редактордың орынбасары (Қазақстан)
Асқарова М.А., Г.Г.Д., профессор (Қазақстан)
Плохих Р.В., Г.Г.Д., профессор м.а. (Қазақстан)
Бексентова Р.Т., Г.Г.Д., профессор (Қазақстан)
Нысанбаева А.С., Г.Г.К. (Қазақстан)
Ивкина Н.И., Г.Г.К., доцент (Қазақстан)
Родионова И.А., Г.Г.Д., профессор (Ресей)
Béla Márkus (Белла Маркус) профессор (Венгрия)

Fernandez De Arroyave Pablo (Фернандес Де Арройеб Пабло), профессор (Испания)
Шмелев Станислав, PhD (Ұлыбритания)
Мазбаев О.Б., Г.Г.Д., профессор (Қазақстан)
Сальников В.Г., Г.Г.Д., профессор (Қазақстан)
Шокпарова Д.К., PhD, доцент м.а. (Қазақстан)
Христиан Опп, профессор (Германия)
Базарбаева Т. А., Г.Г.К., доцент (Қазақстан)
Каратаев М.А., PhD (Австрия)
Dolly Priatna (Долли Приатна), PhD (Индонезия)

ТЕХНИКАЛЫҚ РЕДАКТОР

Алимсентова Ж.К. (Қазақстан)

Тақырыптық бағыты: қоршаған орта туралы ғылымдар, география, метеорология, гидрология, туризм, экология, геодезия, картография, геоақпараттық жүйелер, жерді қашықтан зондылау.



Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шахкозова
Телефон: +7 747 125 6790
E-mail: Gulmira.Shahkozova@kaznu.kz

ИБ №15971

Пішімі 60x84/8. Көлемі 00,0 б.т. Тапсырыс № 1843.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, Әл-Фараби даңғылы, 71.

1-бөлім

**ФИЗИКАЛЫҚ, ЭКОНОМИКАЛЫҚ
ЖӘНЕ ӘЛЕУМЕТТІК ГЕОГРАФИЯ**

Section 1

**PHYSICAL, ECONOMIC
AND SOCIAL GEOGRAPHY**

Раздел 1

**ФИЗИЧЕСКАЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
И СОЦИАЛЬНАЯ ГЕОГРАФИЯ**

Ж.Г. Берденов*, **Ж.И. Инкарова**, **К.М. Сагинов**,
Е.Х. Мендыбаев, **Е.Н. Муканов**

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

*e-mail: berdenov-z@mail.ru

СОСТОЯНИЕ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ПАРКОВЫХ ЗОНАХ УРБОЭКОСИСТЕМ ГОРОДА АСТАНА

Интенсивная урбанизация города Астаны влияет на качество зеленой инфраструктуры города, его видового состава, жизненного состояния флоры, которые в итоге сказываются на урбоэкосистемах и качестве жизни горожан. Изучение состояния флоры парковых зон способствуют сохранению биоразнообразия, улучшению экологии города, совершенствованию рекреационных ресурсов для поддержания благополучия городской среды.

В данной статье рассматривается современное состояние и биоразнообразие флоры парковых зон города Астана в контексте урбоэкосистемных услуг. На основе исторических, статистических, картографических, полевых, флористических исследований в городских экосистемах парковых зон г. Астаны проведен сравнительный анализ биоразнообразия и жизненного состояния деревьев Центрального парка, парка Жеруык, парка Жетысу в соответствии с особенностями ландшафтной структуры города. Проведен детальный ретроспективный анализ формирования зеленой инфраструктуры Астаны в период с конца XIX века до 2024 года, в рамках которого изучены исторические материалы, статистические данные, картографические и флористические материалы исследуемой территории. На основе спутниковых данных и полевых исследований нами составлены карты и таблицы характеризующие биоразнообразие и состояние древесной растительности вышеуказанных парковых зон. Полевые исследования проводились по методикам оценки жизненного состояния деревьев В.А. Алексеева и С.А. Кабанова, а также определялась густота древостоя в пробных площадках по методике Р.В. Азарчика. В результате проведенного исследования выявлены некоторые проблемы озеленения и состояния парковых зон г. Астана и предложены рекомендации для сохранения древесной растительности парковых зон.

Ключевые слова: урбоэкосистема, зеленая инфраструктура, синантропная растительность, парковая зона, биоразнообразие.

Zh.G. Berdenov*, Zh.I. Inkarova, K.M. Saginov,
Y.H. Mendybayev, Y.N. Mukanov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: berdenov-z@mail.ru

The state of the green infrastructure and the assessment of its biodiversity in the park areas of the urban ecosystem of Astana

The intensive urbanization of Astana city affects the quality of the green infrastructure of the city, its species composition, the vital state of the flora, which ultimately affect urban ecosystems and the quality of life of citizens. The study of the state of the flora of park areas contributes to the conservation of biodiversity, improvement of the ecology of the city, improvement of recreational resources to maintain the well-being of the urban environment.

This article examines the current state and biodiversity of the flora of the park areas of Astana in the context of urban ecosystem services. Based on historical, statistical, cartographic, field, and floral studies in urban ecosystems of park zones in Astana, a comparative analysis of biodiversity and the living condition of trees in Central Park, Zheruyk Park, and Zhetysu Park was carried out. A detailed retrospective analysis of the formation of the green infrastructure of Astana in the period from the end of the XIX century to 2024 was carried out, within the framework of which statistical data, cartographic and floral materials of the studied territory were studied. Based on satellite data and field research, we have compiled maps and tables characterizing the biodiversity and the state of woody vegetation of the above-mentioned park areas. Field studies were conducted using the methods of assessing the vital condition of trees by V.A. Alekseev and S.A. Kabanov, and also the density of the stand in the test sites was determined according to the method of R.V. Azarchik. As a result of the conducted research, some

problems of landscaping and conservation of park areas in Astana have been identified and recommendations for the conservation of woody vegetation of park areas have been proposed.

Keywords: urboecosystem, green infrastructure, synanthropic plants, park area, biodiversity.

Ж.Г. Берденов*, Ж.И. Инкарова, К.М. Сагинов,
Е.Х. Мендыбаев, Е.Н. Муканов

А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: berdenov-z@mail.ru

Астана қаласының урбоэкожүйесінің саябақ аймақтарындағы жасыл инфрақұрылымның жай-күйі және оның биоалуантүрлілігін бағалау

Астана қаласының қарқынды урбанизациясы қаланың жасыл инфрақұрылымының түрлік сипатына, сапасына, флораның тіршілік жағдайына әсер етеді, сонымен қатар урбоэкожүйелеріне және қала тұрғындарының өмір сапасына ықпалын тигізеді. Саябақ аймақтарының флорасының жағдайын зерттеу биоалуантүрлілікті сақтауға, қала экологиясын жақсартуға, қалалық ортаның әл-ауқатын сақтау үшін рекреациялық ресурстарды жақсартуға бағытталады.

Бұл мақалада Астана қаласының саябақ аймақтары флорасының қазіргі жағдайы мен биоалуантүрлілігі урбоэкожүйелік қызметтер аясында қарастырылады. Астана қаласының саябақ аймақтарының қалалық экожүйелеріндегі тарихи, статистикалық, картографиялық, далалық, флористикалық зерттеулер негізінде Орталық, Жерұйық, Жетісу саябақтар ағаштарының биоалуантүрлілігі мен тіршілік жағдайына салыстырмалы талдау жүргізілді. ХІХ ғасырдың аяғы мен 2024 жыл аралығында Астананың жасыл инфрақұрылымын қалыптасу динамикасының егжей-тегжейлі ретроспективті талдауы жүргізілді. Зерттеу барысында саябақтар аумағының статистикалық деректері, картографиялық және флористикалық материалдары зерделенді. Спутниктік деректер мен далалық зерттеулер негізінде жоғарыда аталған саябақ аймақтарының биоалуантүрлілігі мен ағаш өсімдіктерінің жағдайын сипаттайтын карталар мен кестелер әзірленді. Далалық зерттеулер ағаштарының өмір сүру жағдайын В.А. Алексеев және С.А. Кабановтың бағалау әдістемесі бойынша жүргізілді, сонымен қатар, сынақ алаңдарындағы ағаштардың тығыздығы Р.В. Азарчиктің әдістемесі бойынша анықталды. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде Астана қаласының саябақ аймақтарын көгалдандыру мен сақтаудың кейбір проблемалары анықталды және саябақ аймақтарының ағаш өсімдіктерін сақтау бойынша ұсыныстар жасалды.

Түйін сөздер: урбоэкожүйе, жасыл инфраструктура, синантропты өсімдіктер, саябақ зоналар, биоалуантүрлілік.

Введение

Урбосистема понимается как неустойчивая природно-антропогенная система, состоящая из архитектурно-строительных объектов и интенсивно нарушенных естественных экосистем, включающие следующие компоненты: абиотическая природа; биота; техносфера (искусственно созданная среда) и население (Robert H. Whittaker, 1975: 215), (Marando, F., 2019: 98). В качестве объекта данного исследования выступают урбоэкосистемы, которые представляют собой социально-экологические компоненты в пределах городского пространства (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, 2016: 16). Любая урбоэкосистема представлена сочетанием природы вкупе с антропогенными факторами, формирующими определенную городскую среду обитания в виде уникальным набора экосистемных услуг (ecosystem services) (Sokolova M.V., 2024:1665), (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2011: 87). Одним из

ключевых видов городских экосистемных услуг выступает состояния зеленой инфраструктуры города и ее биоразнообразия (Gómez-Baggethun E, 2012: 8), (European Environment Agency. Green infrastructure, 2014), (Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being, 2024: 3). В работе представлены и сопоставлены результаты исторических, статистических, картографических и флористических исследований в городских экосистемах парковых зон г. Астаны с описанием биоразнообразия флоры и оценкой ее жизненного состояния в контексте синантропизации растительного покрова.

На сегодняшний день процесс синантропизации растительного покрова в урбоэкосистемах рассматривается как многомерное явление, ведущее к целостному комплексному улучшению зеленой инфраструктуры города и минимизации отрицательных последствий урбанизации (Евсеева А.А., 2012: 58), (Латушкина Е.Н., 2017: 12), (Берденов Ж.Г., 2023: 126), (Andrade, M., 2024: 23). В данном исследовании оценивается

видовой состав синантропной флоры и анализируется влияние человека, а также обсуждаются вопросы охраны городских парковых зон урбоэкосистем с учетом закономерностей их формирования и развития (Инфантов А.А., 2009: 191).

Озеленение городского пространства культурных ландшафтов города – парков, скверов, аллей, встроенных в крыши, балконы и фасады построенной инфраструктуры является ключевой задачей оздоровления городской среды. Естественный растительный покров в городском пространстве создает благоприятный микроклимат и эстетику, а также очищает воздух благодаря выделению фитонцидов в городских ландшафтах (Чистякова С.Б., 2009: 15). Наиболее важную роль в процессе озеленения города выполняют парковые зоны, выступающие как целостный комплекс функций, ориентированных на окружающую среду: увеличение выделения кислорода, поглощение загрязняющих веществ, защита поверхностного почвенного слоя от дождевой воды, создает благоприятную среду для фауны городской среды, а также благотворно влияет на благополучие человека: снижает стресс, усталость, снижает шум и т. д. В целом, улучшение городской экологии и повышение биоразнообразия зеленой инфраструктуры города может осуществляться на основе создания и улучшения парковых зон города (Уварова А.К., 2016: 410), (Evans, D.L., 2022: 101405).

Целью исследования является изучение состояния зеленой инфраструктуры парковых зон города Астана на основе сбора и анализа результатов исторических, статистических, флористических, картографических и спутниковых данных о количественных и качественных характеристиках растительного покрова.

Материалы и методы исследования

Объектами нашего исследования послужили парковые зоны города Астана: Центральный парк, Жеруйык, Жетысу, представленные на рисунке 1. Основная информация об исследуемой территории получена из материалов Плана развития Астанинской агломераций (План развития Астанинской агломераций, 2023), также из Генерального плана города Астаны до 2035 года (Генеральный план города Астана до 2035 года, 2023: 26). В соответствии с Концепцией по озеленению территории и Уставу озеленения города Астана в мегаполисе функционирует 9 парков, 4 бульвара и порядка 90

скверов, что в данный момент недостаточно для полной реализации Концепции. Поэтому в ближайшие 5 лет планируется увеличить парковые зоны, соединяя их линейными насаждениями вдоль дорог. С 14 м² до 19 м² будет увеличена площадь озеленения на одного жителя города. Выбор в качестве объекта исследования трех парков: Центральный парк, Жеруйык, Жетысу, обусловлен прежде всего тем, что исходя из анализа концепции озеленения города планируется соединение парка Жетысу с Центральным парком на основе сторительства набережной реки Есиль протяженностью 13 километров. Изучая генезис этих двух парков выявлено, то они являются природными аккумулятивно-супераквальными элементарными ландшафтами на левом берегу реки Есиль. Исходя из этого, мы считаем целесообразным изучение возможностей дальнейшего развития зеленой инфраструктуры на левобережье реки Есиль между Центральным парком и парком Жетысу. Тогда как выбор в качестве объекта третьего парка – Жеруйык, обуславливается тем, что это типичный для данной местности элювиальный ландшафт, сформированный на полого-наклонной равнине, следовательно, результаты исследования могут быть экстраполированы и на другие подобные парковые зоны города.

Астана – является столицей Республики Казахстан и находится в самом центре материковой части Евразии, расположенный на юго-востоке Акмолинской области в северной части центрального Казахстана.

Географическая широта города составляет 51°08' 00 северной широты, долгота 71° 26' 00» восточной долготы. Регион исследований расположен в подзоне умеренно засушливой и засушливой степи. Климат региона резко континентальный, усложняющий рост и сохранность растений суровыми зимами, сильными ветрами, в летний период – суховеями. Зима продолжительная, морозная и сопровождается низкими температурами. Лето сухое и жаркое, наблюдаются частые засухи. Продолжительность холодного периода 163-171 день, теплого – 194-202 дня. Среднегодовая температура воздуха 3,1°C, зимой – -15°C, в летний период – 20°C (Кожаметова Э. П., 2014: 9).

С целью комплексной оценки биоразнообразия и состояния флоры парковых зон исследуемой области были использованы изображения из веб-сайта АО «НК «Қазақстан ғарыш сапары» из спутников EOSDA LandViewer Sentinel-2

Land Cover Explorer. Также в качестве исходных данных были использованы статистические данные из официального сайта Астана-Зеленстрой (Официальный сайт Астана-Зеленстрой, 2025), Бюро национальной статистики агентства по

стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (Бюро национальной статистики, 2025).

Алгоритм исследования, представленный на рисунке 2, включал четыре этапа.

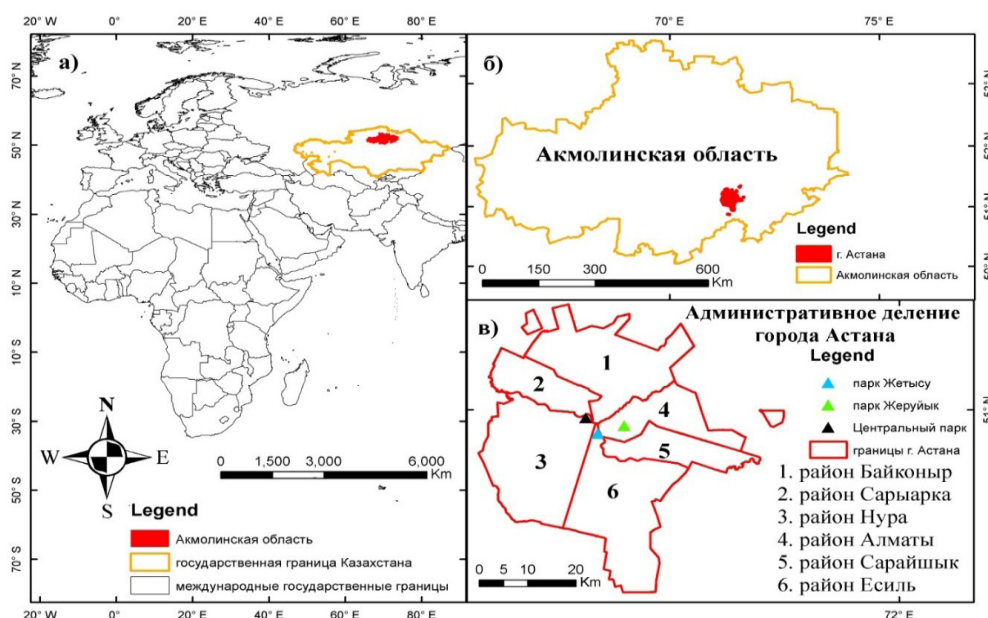


Рисунок 1 – Зона исследования и административное деление города Астана



Рисунок 2 – Алгоритм исследования

На первом этапе проведен теоретический анализ исторических и статистических материалов по исследуемой теме, дана физико-географическая характеристика города Астана.

На втором этапе на основе изучения спутниковых изображений на основе NDVI за 2017 и 2024 годы и обработки данных была состав-

лена карта зеленой инфраструктуры города Астана.

На третьем этапе проведены полевые исследования в парковых зонах города: рекогносцировка пробных площадок; картографирование и составление топографических карт пробных площадок; определение видового состава для ха-

рактические биоразнообразия; полевые наблюдения жизненного состояния древесных культур парковых зон по следующему алгоритму: 1) описание состояния деревьев по состоянию – здоровое, ослабленное и погибающее; 2) выявление здоровых неповрежденных вредителями и болезнями деревьев, с густой кроной и не измененным цветом листвы; 3) выявление ослабленных деревьев с незначительными механическими повреждениями, слабо зараженных вредителями и болезнями, незначительно отстающими в росте; 4) выявление погибающих деревьев с суховершинностью, значительными повреждениями механического характера и сильно зараженными вредителями и болезнями; 5) оценка жизненного состояния насаждений выполняли на основе методик исследования В.А. Алексеева (Алексеев А. С., 2016: 69) и С.А. Кабанова (Кабанов С.А., 2024: 33), в соответствии с которыми осуществлялся расчет индекса относительного жизненного состояния (ОЖС) древостоя, визуально обследуемых и рассчитанных по количеству деревьев (число здоровых, ослабленных, сильноослабленных, отмирающих деревьев к числу деревьев на пробной площади). В визуальном отношении ОЖС характеризуется по следующим категориям: густота кроны, симметричность кроны, цвета листовой пластинки, присутствие сухих веток, наличие сохостоя; 6) густота деревьев определялась подсчетом количества деревьев на пробных площадках по методике Р.В. Азарчика (Азарчик Р. В., 2016: 5), согласно которому, на основе измерения площади сечения ствола среднего дерева, определения средней высоты древостоя и определения запаса выдела (подсчитывается суммарный объем древесины в кубометрах на 1 гектар леса).

На заключительном – четвертом этапе обобщены полученные результаты и сформулированы выводы и предложены рекомендации.

Результаты и обсуждение

В последней четверти XIX века началось озеленение города Акмола, вначале был Городской сад, площадью 1,5 га. На левом берегу Ишима был расположен лесопитомник площадью 4,2 га. Большой вклад в развитие лесного хозяйства в регионе внес выпускник Санкт-Петербургского лесного института А. Л. Адамович, под руководством которого был создан городской парк и в Акмолинской области ежегодно проводились «лесные дни» по сохранению и увеличению

лесного фонда (Алпыспаева Г. А., 2019: 139). Интенсивный процесс озеленения города, развернувшейся в 1950-х годах XX века, осуществлялся за счет увеличения площади лесов, в которых преобладал вяз. В тот период неэффективность городских работ по благоустройству была обусловлена недостаточным поливом насаждений из-за отсутствия водопровода в городе.

Новый этап в развитии озеленения региона напрямую связан с переносом столицы независимого Казахстана в 1997 году в Акмолу, которая в мае 1998 года была переименована в Астану и в целях улучшения экологической среды города разработан и реализуется экологический проект по созданию зеленого пояса вокруг Астаны. За период с 1997 по 2015 годы лесные насаждения города превысили 55 тыс. га. Это своего рода «легкие» города, естественная защита от летних суховея и зимних метелей. В зимнее время лесные насаждения выполняют роль снегозадерживающих и влагосдерживающих элементов, необходимых в степных условиях. Зеленая инфраструктура города характеризуется разнообразными посадками: сосна обыкновенная, ель сибирская, вяз мелколистная, дуб черешчатый, акация желтая, клен, смородина, яблоня, мелколистная липа, тополь, ива, береза бородавчатая, сосна узколистная и другие виды растений. На начало 2019 года в зеленом поясе Астаны насчитывалось около 11 млн деревьев. Озеленение столицы проводится в соответствии с Генеральным планом развития Астаны до 2035 года, представленном на рисунке 3, где показано планируемое увеличение зеленой инфраструктуры города. Его концепция заключается в формировании «Эко-города», гармонизации процесса урбанизации с природой, создании благоприятных условий для жителей столицы. Основными компонентами городской системы благоустройства являются крупные парковые массивы, зеленые коридоры различного порядка и локальные зеленые пятна внутри кварталов, микрорайонов, дворов.

Общая площадь зеленого пояса столицы составляет 14,8 га., где произрастают более 11,5 млн деревьев и кустарников, из которых, лиственных – 98,2%, хвойных – 1,8% видов со средним показателем роста деревьев – 90%. На территории зеленого пояса совместно с растительным покровом были заселены и адаптированы следующие представители фауны: зайцы, лисы, сурки, ласки и фазаны (Акима́т города Астана. Зеленый пояс Астаны, 2025).

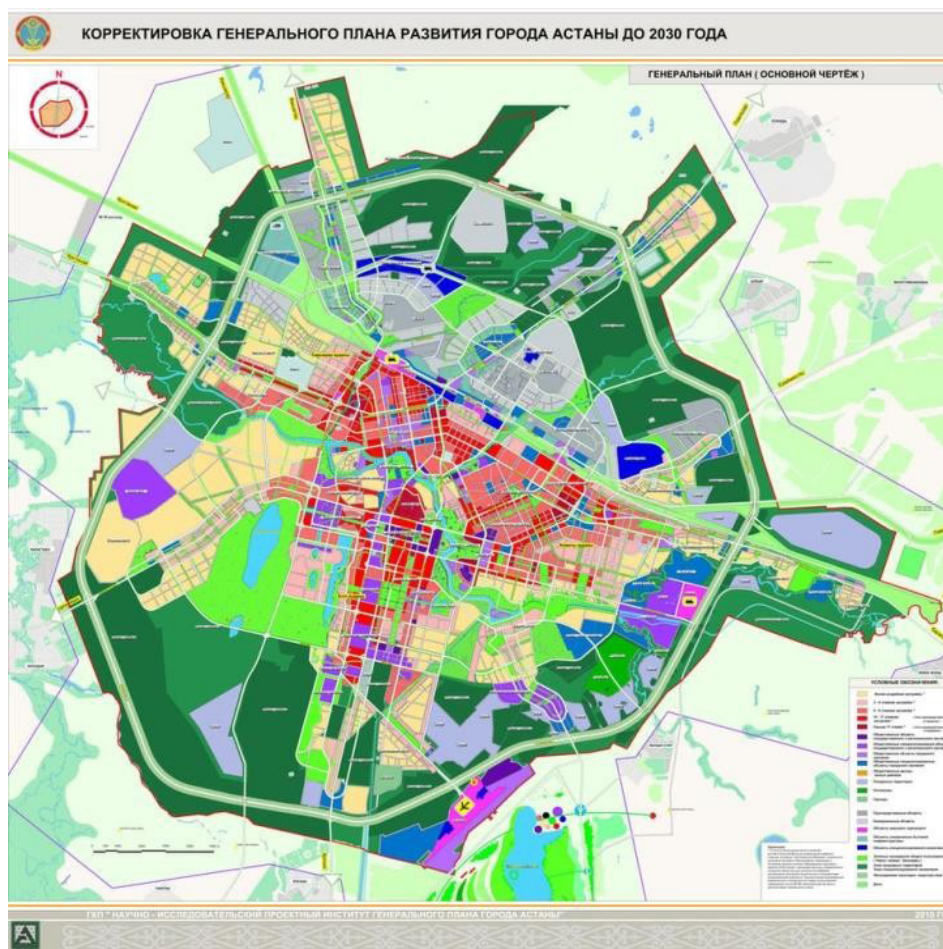


Рисунок 3 – Генеральный план озеленения города Астаны до 2035 года
Примечание – источник (Генеральный план города Астана до 2035 года, 2023:26).

С целью изучения зеленой инфраструктуры исследуемых участков был проведен анализ растительного покрова и ландшафтный анализ территорий, представленный на рисунках 4 и 5.

Растительный покров территории города Астана представлен двумя растительными ассоциациями – 1) типчаково-ковыльные, ковыльно-типчаковые и типчаково-полынные ассоциации и 2) типчаково-овсецово-ковыльные с типчаково-белопопынными ассоциациями, представленными на рисунке 4.

В последние годы на состояние городских растений повлияло множество факторов, среди которых увеличение строительных работ, изме-

нение климата и повышение уровня загрязнения. В парковых зонах города в качестве искусственных насаждений растут такие растения, как березы, клены, ели и различные кустарники.

Стремительная урбанизация города Астана привела к формированию особенной природно-антропогенной ландшафтной структуры. Ландшафты города Астана сформировались под влиянием особых географических, климатических и антропогенных факторов. Город расположен на севере Казахстана, на берегу реки Есиль, и его природные особенности характерны для степной зоны (Национальный атлас Республики Казахстан. Том I. 2010: 120).

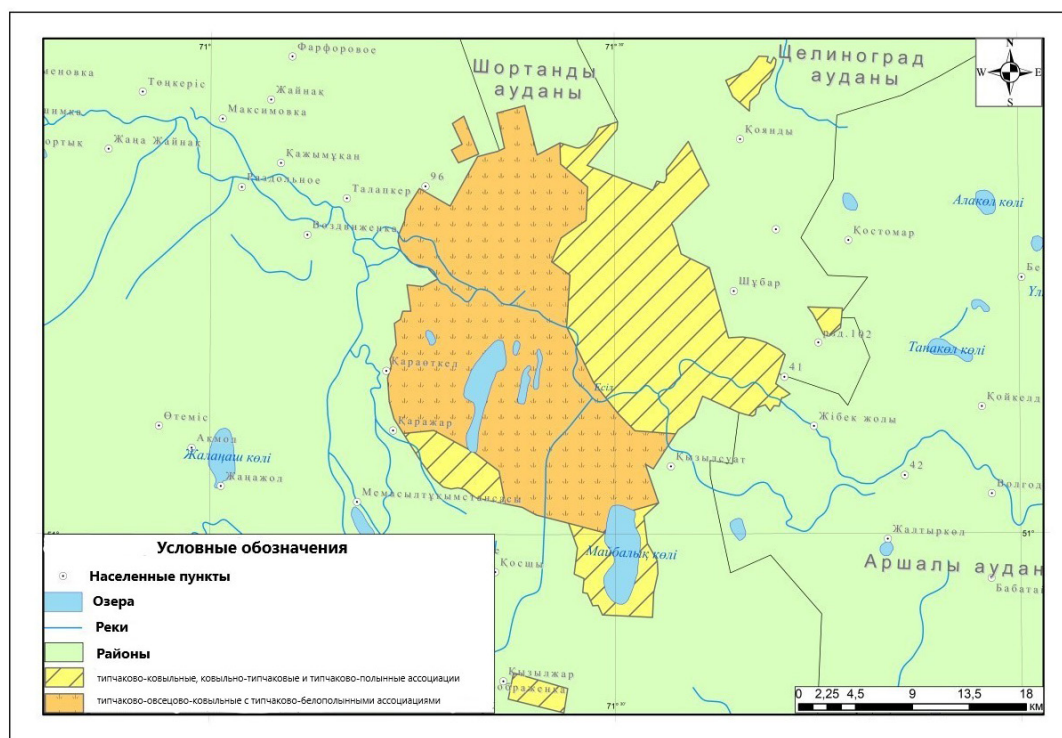


Рисунок 4 – Карта растительности города Астана

Природно-антропогенные ландшафты города Астана представлены на рисунке 5

На территории города Астана выделяются 12 разновидностей ландшафтов:

1. Урбанизированный, новообразованный трансаквальный ландшафт на древних аллювиальных суглинках.
2. Селитебный элювиально-равнинный ландшафт местами с ковыльно-типчаковой растительностью.
3. Трансаквальная равнина с типчакково-травянистой растительностью на лугово-черноземных почвах.
4. Равнинный ландшафт с пахотными землями на южных черноземах.
5. Равнина с разнотравно-ковыльной растительностью на луговых обыкновенных черноземах.
6. Элювиальная полого-наклонная равнина с пахотными землями на луговых южных черноземах.
7. Новообразованная элювиальная наклонная равнина с агропромышленными сооружениями на обыкновенных черноземах.
8. Трансаккумулятивная равнина с разнотравно-типчакковой растительностью на лугово-каштановых почвах.

9. Новообразованный территориально-индустриальный ландшафт.

10. Трансаквальная равнина с пахотными и залежными землями на месте травянистых сообществ на южных черноземах.

11. Индустриальный трансаквальный ландшафт.

12. Трансэлювиальная равнина с травянистым растительным покровом, используемая в сельскохозяйственных целях.

На исследуемых территориях двух парковых зон города Астана: Центральный парк и парк Жетысу занимает в центре интенсивно урбанизированный, новообразованный трансаквальный ландшафт на древних аллювиальных суглинках, которые сформированы на основе супераквальных естественных ландшафтах на левом берегу реки Есиль. Вышеназванный факт свидетельствует о достаточно благоприятных условиях функционирования данных парков. В тоже время парк Жеруык, расположенный в восточной части города на территории элювиальной полого-наклонной равнины на луговых южных черноземах с типчакково-травянистой растительностью, сформирован в условиях подзоны сухой степи. Следовательно, для продуктивного функционирования парка Жеруык необходимо учиты-

вать видовой состав деревьев, адаптированных к более засушливым условиям и применять соответствующие агрономелиоративные мероприятия по уходу за деревьями. Таким образом, наличие определенных условий природно-антропоген-

ных ландшафтов существенно влияет на функционирование древственно-кустарниковых насаждений данных трех парковых зон, которые необходимо учитывать для развития зеленой инфраструктуры города.

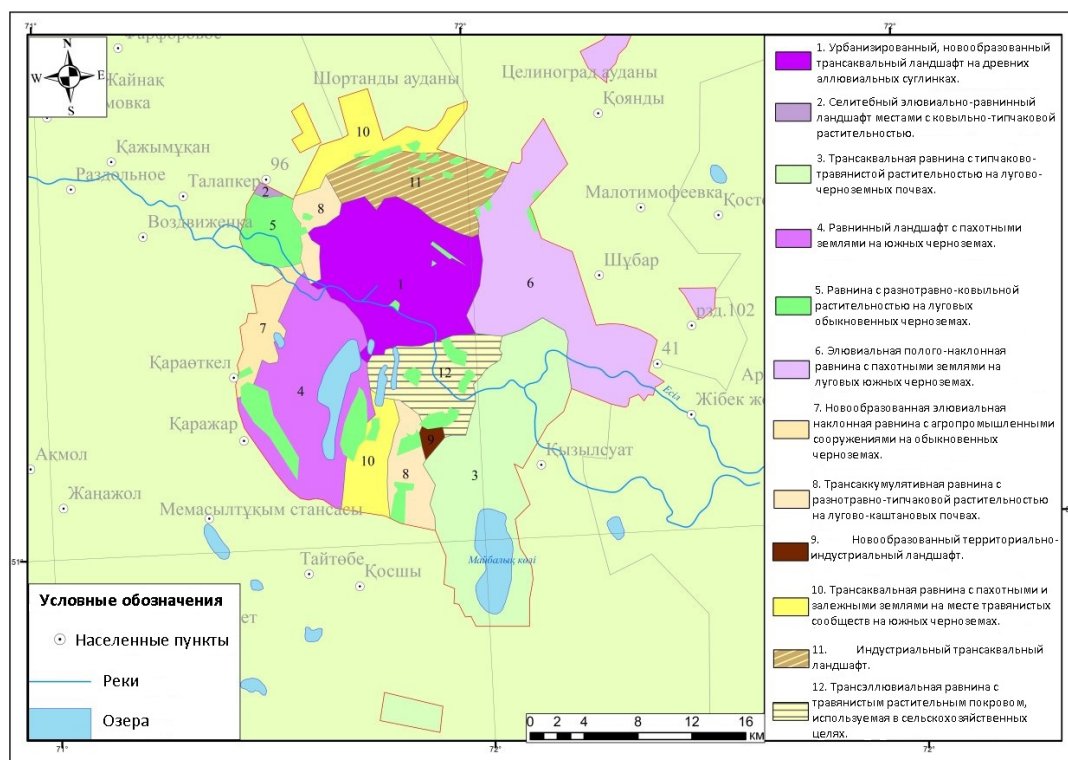


Рисунок 5 – Ландшафтная карта города Астана

На втором этапе исследования были изучены спутниковые изображения на основе NDVI за 2017 и 2022 годы и на основе обработки их данных была составлена карта зеленой инфраструктуры города Астана и проведен анализ состояния озеленения по районам города и исследуемым паркам. Данные были получены со спутника Sentinel-2 2017 и 2022 г.г. по изображениям каналов B04, B08 и вычислены по формуле $NDVI = (B08 - B04) / (B08 + B04)$. B08-NIR ближний инфракрасный, B04-красный цвет (данные из канала B04, B08 спутника Sentinel-2), представленные на рисунке 6 (Спутниковые снимки города Астана, 2022).

Для анализа динамики площади озеленения города за этот период составлены карты пока-

зателей индекса NDVI. Как видно из рисунка 7 изменения состояния озеленения города Астаны за пять лет характеризуется увеличением площади озеленения в основном в центральной части города и на участках «Зеленого пояса» Астаны.

По индексу NDVI: значение шкалы от 1 до 0 места занятые зданиями, сооружениями, асфальтированными дорогами и водными объектами; 0,1-0,2- зоны не засаженные растительными, зелеными насаждениями; 0,3-0,4- слабые, редкие растения; 0,5-0,6- растения нормального уровня; 0,6-1 для здоровых, густо растущих насаждений.

Согласно результатам анализа составлена карта озеленения города Астаны, представленная на рисунке 8.

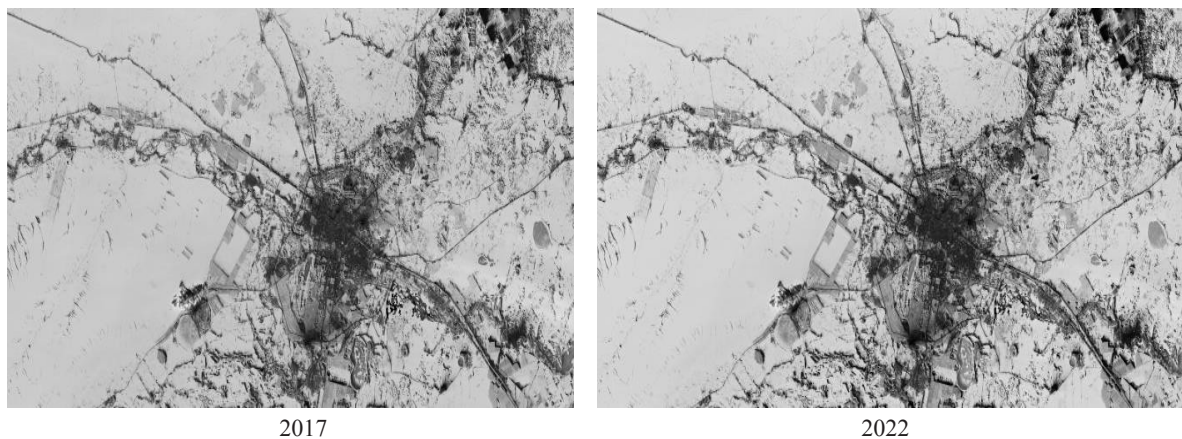


Рисунок 6 – Sentinel-2 спутник, снимки города Астана по каналам B04, B08
Примечание – источник (Спутниковые снимки города Астана, 2022)

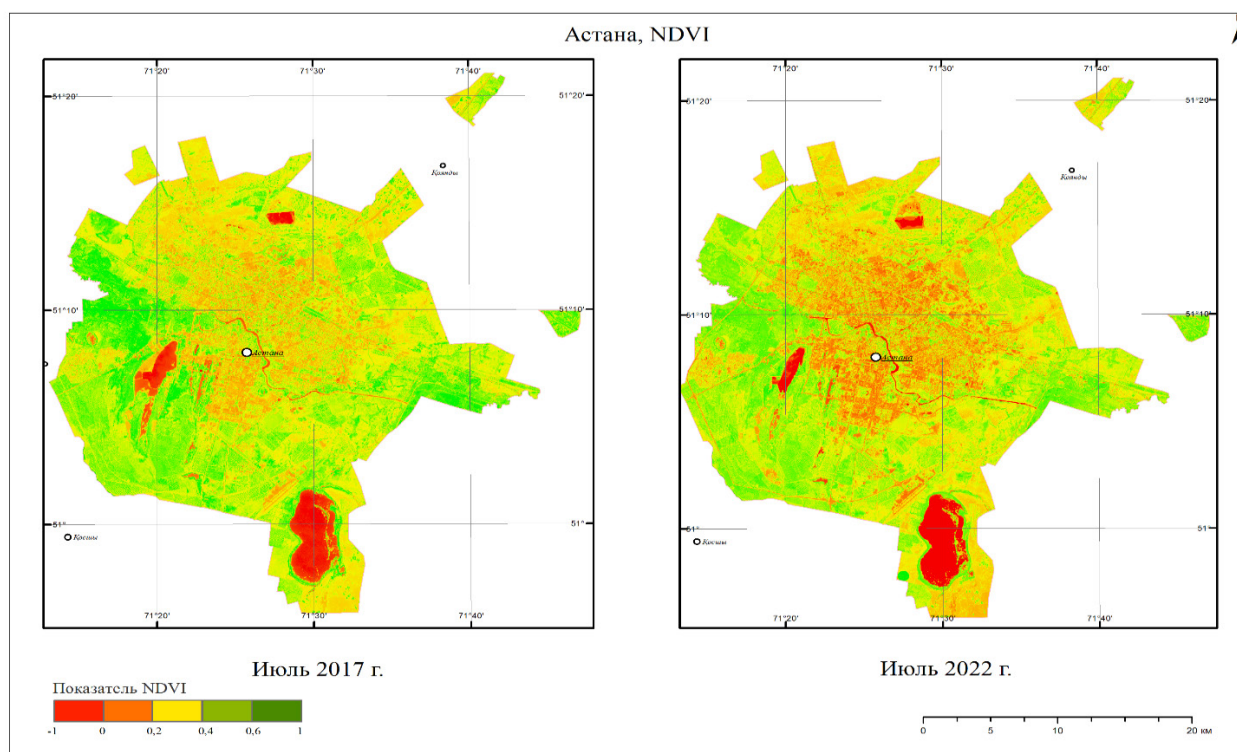


Рисунок 7 – Город Астана, показатели NDVI
Примечание – источник (Спутниковые снимки города Астана, 2022)

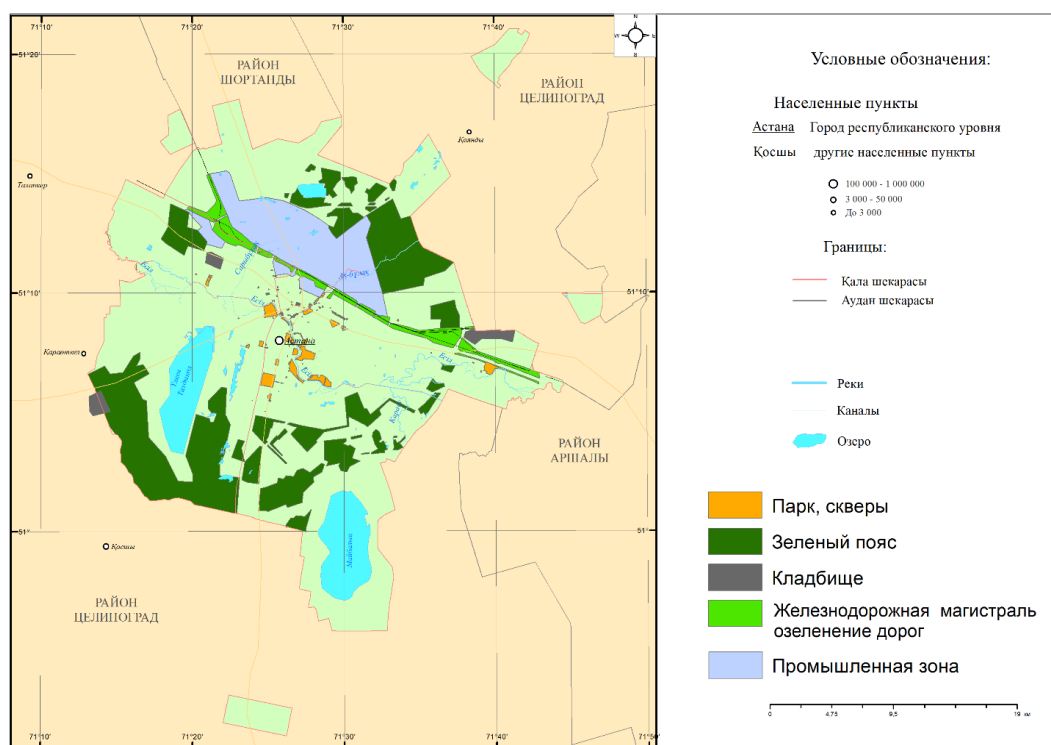


Рисунок 8 – Карта зеленой инфраструктуры города Астана

Примечание – источник (Спутниковые снимки города Астана, 2022)

На рисунке 8 – карте зеленой инфраструктуры города Астана видно, что большая часть отдаленных территорий города Астаны занята зелеными насаждениями, посаженными по программе «Жасыл ел», в центре – парки и скверы и участки «Зеленого пояса» размещенные по административным районам города Астана (рисунок 1). По официальным данным всего в городе Астана имеется 49 парков, скверов и аллей

Район Сарыарка с площадью территории 6 775 га и как показано на рисунке 1 располагается в северо-западной части города. Природно-территориальные особенности района характеризуются наличием таких природных природно-антропогенных ландшафтов, как урбанизированный, новообразованный трансаквальный ландшафт на древних аллювиальных суглинках; равнина с разнотравно-ковыльной растительностью на луговых обыкновенных черноземах; трансаккумулятивная равнина с разнотравно-типчаковой растительностью на лугово-каштановых почвах. На территории района по обочинам дорог и на открытых полях встречаются целинные комплексные типчаково-ковыльные, ковыльно-типчаковые и типча-

ково-белопопынные ассоциации. В таблице 1 приведен список из 7 парков и скверов, расположенных в данном районе.

Таблица 1 – Парки района Сарыарка

№	Название	№	Название
1	Сквер Президента	5	Сквер Иллюзия
2	Шахматный парк	6	Парк чемоданов
3	Сквер Ақ-жайық	7	Парк Коктал
4	Сквер Қорғалжын		

Примечание – источник (Google Earth, 2025)

Район Алматы расположен на северо-востоке города и занимает площадь 8518 га. На территории данного района преобладают такие природно-территориальные комплексы, как трансаквальная равнина с типчаково-травянистой растительностью на лугово-черноземных почвах, элювиальная полого-наклонная равнина с пахотными землями на луговых южных черноземах, а также, в западной части, трансэлюви-

альная равнина с травянистым растительным покровом, используемая в сельскохозяйственных целях. Всего в районе Алматы расположено 12 парков и скверов (таблица 2).

Таблица 2 – Парки района Алматы

№	Название	№	Название
1	Парк Жерұйық	6	Сквер Алма
2	Парк Б.Момышұлы	7	Сквер Достық
3	Аллея Күйшілер	8	Студенческий парк
4	Парк Ветеранов Афганцев	9	Парк Пушкина
5	Сквер Ақ бұлақ		
Примечание – источник (Google Earth, 2025)			

Район Байконур располагается на севере города и занимает площадь 18 129 га (рис. 1). В районе расположены 6 парков и скверов, в таблице 3 приведены их названия. В данном районе преобладающим видом ландшафты является индустриальный трансаквальный ландшафт, расположенный в центральной и северной части района. На северо-западе района сформирована трансаквальная равнина с пахотными и залежными землями на месте травянистых сообществ на южных черноземах. Северо-восточная часть района расположена на элювиальной полого-наклонной равнине с пахотными землями на луговых южных черноземах.

Таблица 3 – Парки района Байконур

№	Название	№	Название
1	Парк Ататүрік	4	Вишневый сад
2	Парк Ж.Жабаева	5	Парк Журналистов
3	Парк Учителей	6	Парк Писателей
Примечание – источник (Google Earth, 2025)			

Район Есиль с площадью территории – 20 022 га находится на юго-восточной части города. Большая часть территории района на юго-восточной части располагается на трансаквальной равнине с типчаково-травянистой растительностью на лугово-черноземных почвах. Также на территории района расположены такие ландшафты, как трансэлювиальная равнина с

травянистым растительным покровом, используемая в сельскохозяйственных целях, а также трансаккумулятивная равнина с разнотравно-типчаковой растительностью на лугово-каштановых почвах. В таблице 4 представлен список парков и скверов района.

Таблица 4 – Парки района Есиль

№	Название	№	Название
1	Экспо-парк	5	Сквер Кит
2	Ботанический сад	6	Парк Жетісу
3	Парк Железнодорожников	7	Корейский сад
4	Линейный парк	8	Сквер
Примечание – источник (Google Earth, 2025)			

Район Нура расположен в юго-западной части города и занимает площадь 19 336 га. На территории района преобладающим видом ландшафта является равнинный ландшафт с пахотными землями на южных черноземах, расположенный в центральной части района. На западе района выделяются новообразованная элювиальная наклонная равнина с агропромышленными сооружениями на обыкновенных черноземах, а также, равнина с разнотравно-ковыльной растительностью на луговых обыкновенных черноземах. Вдоль восточной границы района простирается трансаквальная равнина с пахотными и залежными землями на месте травянистых сообществ на южных черноземах. В районе расположено 6 парков и скверов, полный список которых приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Парки района Нура

№	Название	№	Название
1	Центральный парк	4	Парк Бухарест
2	Японский парк	5	Аллея Влюбленных
3	Сквер Жағалау	6	Сквер Елизаветы II
Примечание – источник (Google Earth, 2025)			

Район Сарайшык располагается на юго-восточной части города и занимает площадь 6 953 га. На территории данного района расположены Президентский парк, парк Триатлон и набережная Президентского парка. Большая часть территории района Сарайшык располо-

жена на трансаквальной равнине с типчаково-травянистой растительностью на лугово-черноземных почвах, лишь в западной части района, где и располагаются парки района, простирается трансэлювиальная равнина с травянистым растительным покровом. В таблице 6 представлены парки района Сарайшык.

Таблица 6 – Парки района Сарайшык

№	Название	№	Название
1	Президентский парк	3	Набережная Президентского парка
2	Парк Триатлон		

Примечание – источник (Google Earth, 2025)

В результате полевых исследований проведена рекогносцировка объектов исследования и картографирование пробных площадок с определением видового состава и состояния деревьев с отображением на картосхемах.

В качестве объектов исследования нами были отобраны парки: Жеруйык, Центральный парк, Жетысу.

Для определения состояния синантропной растительности парковых зон были проведены следующие полевые исследования:

- в каждом из парков были отобраны пробные площадки – 10*10 метров и с изучены с использованием Программы Google Earth Pro;

- в полевом дневнике отображены видовой состав флоры и густота древостоя по пробным площадкам и занесены в таблицу;

- для определения видового состава древесной растительности были использованы иллюстрированный определитель растений Казахстана (в 2 томах) (Байтенов М.С., 1972: 420) и сайт Plant.net;

- оцифрованы данные и отображены в топографических картах с помощью программы ArcMap 10.8;

- проведены полевые наблюдения жизненного состояния древесных культур на пробных площадках (методика Алексеева А. С.).

Парк Жеруйык расположен на пересечении проспекта Б. Момышулы и улицы М. Жумабаева в Алматинском районе города Астаны, основан в 1998 году. Анализируя ландшафтную карту и карту растительности города Астана отмечается, что территория парка Жеруйык сформиро-

вана на элювиальной полого-наклонной равнине с пахотными землями на луговых южных черноземах, на территории парка наблюдается генетически типичная для данной местности флора – типчаково-полынной растительностью. В местах между древесной растительностью, особенно в северо-восточной части парка отмечается сукцессионные процессы с восстановлением типичными типчаково-полынными ассоциациями. На сегодняшний день площадь парка составляет более 21 гектара, на нем высажено около 10 тысяч деревьев и кустарников 11 видов. Среди посаженных насаждений можно выделить следующие виды: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), береза белая (*Betula alba*), ива белая (*Salix alba*), боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea*), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis*).

На трех пробных площадках парка Жеруйык, площадь каждой из которых составляла 100 квадратных метров как показано на рисунке 9 были проведены полевые исследования согласно вышеописанного алгоритма. По результатам полевого исследования и анализа спутниковых снимков составлена топографическая карта на рисунке 10 с описанием густоты древостоя, определения видового состава и описания жизненного состояния деревьев.

Результаты анализа показывают, что на территории парка в неравномерном порядке высажены зеленые насаждения, адаптированные к климату столицы. Как показано в таблице 6, в пробной площадке больше всего были выявлено 4 экземпляра боярышника кроваво-красного, реже сосна обыкновенная, ива белая, дуб обыкновенный, и только один экземпляр тополя пирамидального. По данным подсчета густоты древостоя на трех пробных площадках в среднем составляет 14 деревьев. Согласно общемировому нормативу, на 100 квадратных метров должно быть высажено 15 деревьев, в результате нашей исследовательской работы можно отметить, что работы по благоустройству в парке Жеруйык проводились в соответствии с нормативом.

В результате изучения жизненного состояния деревьев на пробной площадке парка Жеруйык выявлено, что в среднем по всем встречающимся видам общее количество здоровых деревьев – 77,3%, также 15,3% деревьев являются ослабленными и 6,7% погибающих деревьев с суховершинностью, повреждениями механического характера и зараженными вредителями и болезнями.

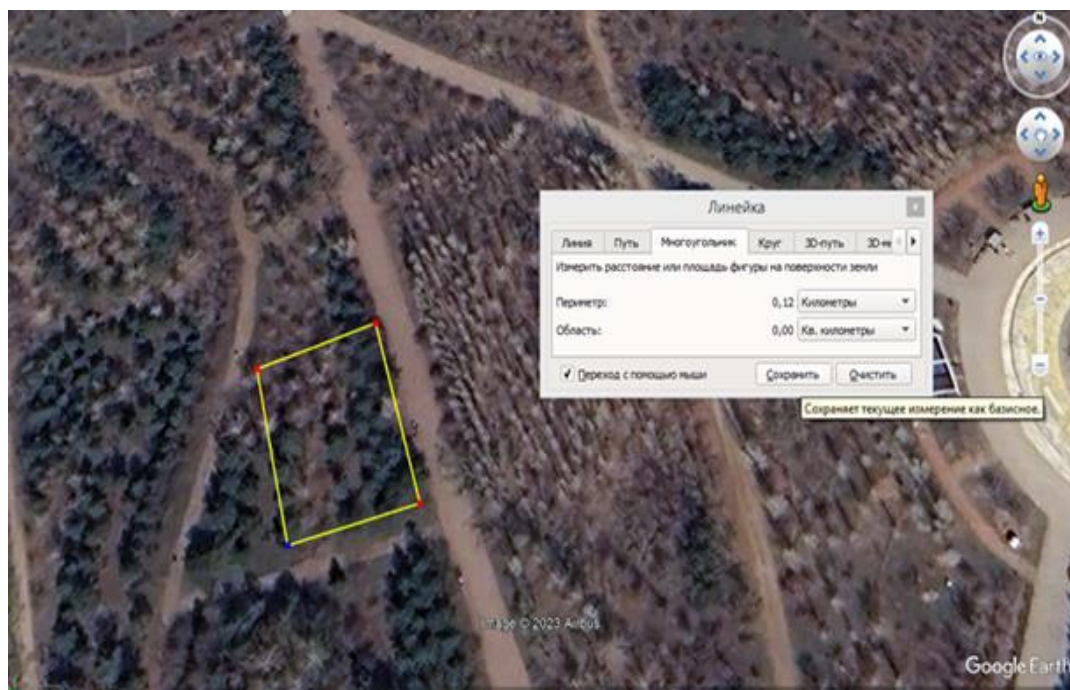


Рисунок 9 – Спутниковый снимок парка Жеруык
Примечание – источник (Google Earth, 2025)

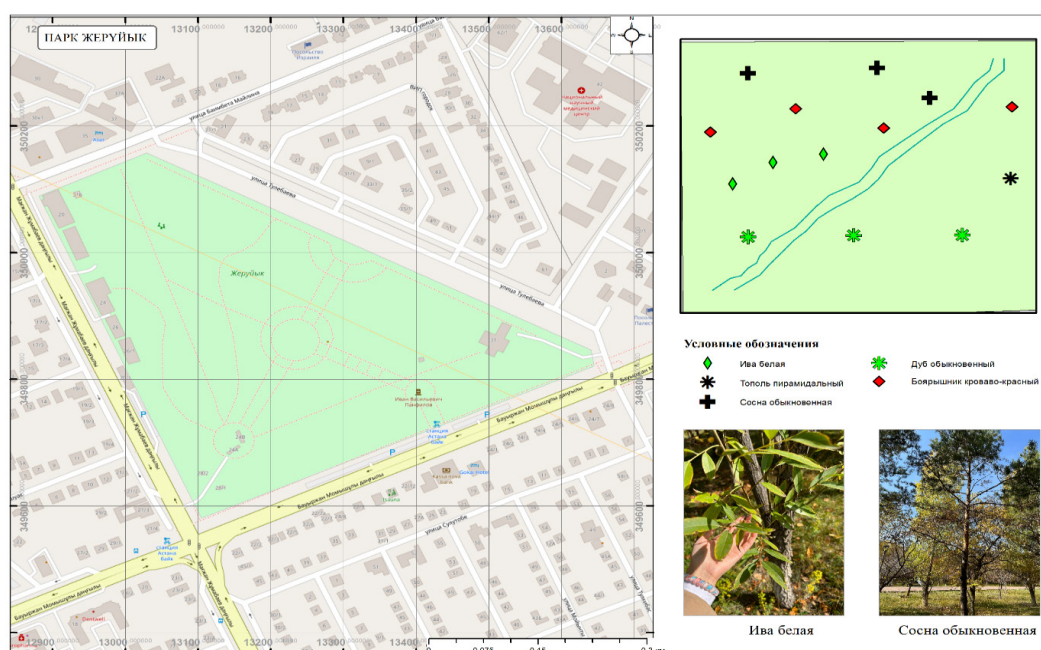


Рисунок 10 – Карта парка Жеруык

Таблица 6 – Густота древостоя в парке Жеруык

Название	Кол-во
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	3
Ива белая (<i>Salix alba</i>)	3
Тополь пирамидальный (<i>Populus pyramidalis</i>)	1
Дуб обыкновенный (<i>Quercus robur</i>)	3
Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguinea</i>)	4
Примечание – источник (Сильбаева Б.М., 2012: 55)	Всего :14

Центральный парк столицы представляет собой столичный культурно-рекреационный парк, расположенный в старой части города Астаны, на берегу реки Есиль, в составе района Нура. Природно-территориальная характеристика парка представлена тем, что парк сформиро-

ван на урбанизированном, новообразованном трансаквальном ландшафте на древних аллювиальных суглинках. В соответствии с картой растительности города Астана территория парка относится к комплексными типчаковыми и типчаково-полынными ассоциациями. Данный парк является первым парком нашей столицы, занимающий площадь 104 га, был основан в 1886 году купцом Куприным на левом берегу реки Есиль. В парке посажено много деревьев и кустарников, разбиты цветники, есть беседки, скамейки, фонтаны, скульптуры и другие исторические памятники, а в искусственных прудах парка обитают лебеди и дикие утки. На территории парка находится Национальный мемориальный музей «Атамекен». Рядом с парком Астана на берегу реки Есиль расположен летний амфитеатр, являющийся концертной площадкой под открытым небом.



Рисунок 11 – Центральный парк Астаны
Примечание – источник (Open street map, 2025)

Таблица 7 – Густота древостоя в Центральном парке

Название	Кол-во
Вяз мелколистный (<i>Ulmus parvifolia</i>)	9
Ясень зеленый (<i>Fraxinus excelsior</i>)	4
Береза белая (<i>Betula alba</i>)	7
Лох серебристый (<i>Elaeagnus commutata</i>)	5
Примечание – источник (Сильбаева Б.М., 2012: 85)	Всего: 25

На трех пробных площадках Центрального парка, площадь каждой из которых составляла 100 квадратных метров как показано на рисунке 11. В ходе исследования в Центральном парке выявлены следующие растения: вязь, ясень, береза, а также ель и сосна. В результате подсчета густоты древостоя на трех пробных площадках данного парка в среднем составляет 25 деревьев, что показывает значительное превышение норматива, которое обусловлено благоприятными условиями расположения на берегу реки Есиль в супераквальном естественном ландшафте. Однако, в процессе исследования обнаружено, что на некоторых участках необходимо омолаживать деревья путем посадки молодых деревьев и внесения в почву минеральных удобрений. По результатам полевых наблюдений жизненного

состояния деревьев на пробной площадке Центрального парка отмечается, что в среднем по основным видам деревьев преобладают здоровые деревья – 82,6% деревьев, тогда как у 17,4% деревьев наблюдается ослабленное состояние. В данном парке у деревьев выявлены механические повреждения и некоторые очаги заражения вредителями.

Парк Жетысу расположенный в районе Есиль является наиболее молодым среди исследованных парков. Территория парка находится на трансэллипсовидной равнине с травянистым растительным покровом, используемый в сельскохозяйственных целях. В качестве преобладающей флоры, относящейся к экологическому каркасу территории города, выделяются комплексными типчakovыми и типчакowo-полынными ассоциациями. На территории парка, в частности, на юго-западной части парка Жетысу выделяются целинные земли с девственными типчакowo-полынными ассоциациями. В парке имеются интересные в туристско-рекреационном отношении объекты: макет Чарынского ущелья, семь арок у входа, купец с верблюдом, символизирующим Великий Шелковый путь в Жетысу, каменные петроглифы Тамгалы, Чарынские луга и вязовники. На рисунке 12 показана топографическая карта пробной площадки в парке Жетысу.

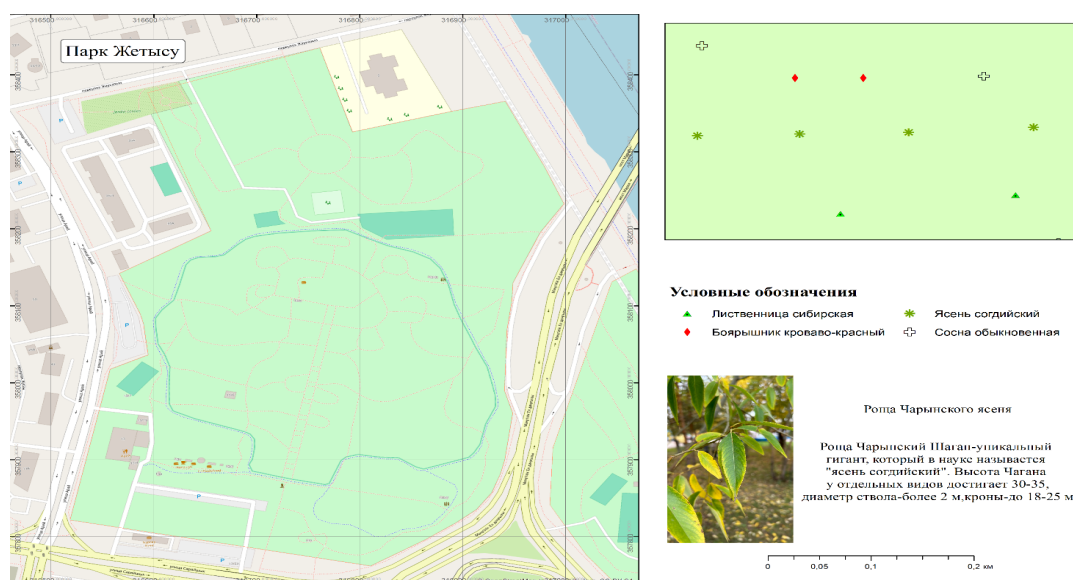


Рисунок 12 – Парк Жетысу
Примечание – источник (Open street map, 2024)

Таблица 8 – Густота древостоя в парке

Название	Кол-во
Ясень согдийский (<i>Fraxinus sogdiana</i>)	4
Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguinea</i>)	2
Лиственница сибирская (<i>Lárix sibirica</i>)	2
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	2
Примечание – источник (<i>Open street map, 2024</i>), (<i>Байтенов М.С., 1972: 324</i>)	Всего:10

На территории парка встречаются следующие виды деревьев: ясень согдийский (*Fraxinus sogdiana*), боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и другие виды. На трех пробных площадках парка Жетысу, площадь каждой из которых составлял 100 квадратных метров как показано на рисунке 12, в

результате подсчета густоты древостоя было определено, что данный парк не отличается пышной растительностью, так как в густота древостоя среднем на 100 квадратных метров составляет 10 деревьев и требует дальнейшей высадки древесных и кустарниковых форм растений.

В результате наблюдений жизненного состояния деревьев на пробной площадке парка Жетысу выявлено, что в среднем по всем встречающимся видам деревьев преобладают здоровые деревья – 86,5% деревьев, и лишь у 13,5% деревьев наблюдается ослабленное состояние с преобладанием незначительных механических повреждений и небольшим количеством деревьев зараженных вредителями.

На основе количественных и качественных данных, полученных в полевых исследованиях определены преобладающие виды деревьев, которые представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Анализ распространения деревьев по пробным площадкам парков

Виды деревьев	Парки	Жеруыйк	Центральный парк	Жетысу	Количество
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)		3	-	2	5
Ива белая (<i>Salix alba</i>)		3	-	-	3
Тополь пирамидальный (<i>Populus pyramidalis</i>)		1	-	-	1
Дуб обыкновенный (<i>Quercus robur</i>)		3	-	-	3
Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegussanguinea</i>)		4	-	2	6
Вяз мелколистный (<i>Ulmus parvifolia</i>)		-	9	-	9
Ясень согдийский (<i>Fraxinus sogdiana</i>)		-	-	4	4
Ясень зеленый (<i>Fráxinus excélsior</i>)		-	4	-	4
Береза белая (<i>Betula alba</i>)		-	7	-	7
Лох серебристый (<i>Elaeagnus commutata (Frutectum)</i>)		-	5	-	5
Лиственница сибирская (<i>Lárix sibirica</i>)		-	-	2	2
Всего деревьев:		14	25	10	
Примечание – источник (<i>Open street map, 2024</i>), (<i>Байтенов М.С., 1972: 324</i>)		Итого			49

Среди исследованных пробных площадок парковых зон города наибольший показатель биоразнообразия наблюдается в парке Жеруыйк – 5 видов, тогда как в Центральном парке и парке Жетысу по 4 вида. Однако, анализируя густоту древостоя можно отметить наибольший уровень в Центральном парке – 25, что обусловлено природными условиями расположения в пойме реки Есиль и возрастом самого парка.

Наименьшая густота древостоя отмечается в парке Жетысу, что можно объяснить наиболее молодым возрастом данного парка.

Выводы

В результате нашего исследования было изучено состояние древесно-кустарниковых растений парковых зон: парки Жеруыйк, Цен-

тральный парк и парк Жетысу, как компонента урбоэкосистемных услуг города Астана.

В период с августа 2024 года по май 2025 года в ходе полевых исследований были изучены парки Жеруыйк, Центральный парк и парк Жетысу, расположенные в районах Алматы, Нура, Есиль соответственно. По площади парков наибольшим и старейшим является Центральный парк (104 га) относительно двух других. Сравнительный анализ жизненного состояния деревьев на исследуемых территориях показывает, что наиболее лучший показатель наблюдается в парке Жетысу, на втором месте – Центральный парк и низкий показатель отмечен в парке Жеруыйк. Также в наших исследованиях определена степень густоты древостоя парковых зон на пробных площадках (100 м²) с помощью визуальных наблюдений, фотографирования и статистической обработки данных.

Результаты сравнительного анализа состояния древесно-кустарниковой растительности исследуемых трех парков демонстрируют, что более благоустроенными и хорошо функционирующими являются Центральный парк и парк Жетысу, что можно объяснить их расположением на природно-территориальных комплексах на берегу реки с достаточным естественным увлажнением. В то же время парк Жеруыйк, расположенный в менее благоприятных есте-

ственных условиях для древесно-кустарниковых культур требуется создание оптимальных агромерелиративных мероприятий (своевременный полив, диагностика заболеваний и уход за деревьями).

В современных урбанистических исследованиях роль зеленой инфраструктуры в городской среде заключается в том, что она приносит пользу состоянию окружающей среды и атмосферного воздуха, горожанам в физическом, психологическом, эмоциональном и социально-экономическом плане (Rayan, M., 2022: 11849), (Jayasooriya, V.M., 2017: 38), (Benedict, M.A., 2002: 15). В связи с этим, результаты нашего исследования раскрывают проблемы озеленения и сохранения зеленой инфраструктуры города Астана, которые требуют постоянного мониторинга жизненного состояния и создания благоприятной среды для роста и развития синантропной растительности города (интродукция более адаптированных видов флоры, своевременный полив, удобрение почв, качественная обрезка, диагностика заболеваний и защита деревьев от вредителей).

Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP19676580)

Литература

- Robert H. Whittaker. Communities and Ecosystems. – Macmillan, 1975. – p. 325. ISBN 0-02-427390-2
- Marando, F.; Salvatori, E.; Sebastiani, A.; Fusaro, L.; Manes, F. Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: Assessment of Urban Heat Island Effect Mitigation in the Municipality of Rome, Italy. *Ecol. Modell.* 2019, 392, p. 92–102.
- Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Urban ecosystems 4th Report. May 2016.
- Sokolova, Milena V., Brian D. Fath, Umberto Grande, Elvira Buonocore, and Pier Paolo Franzese. 2024. «The Role of Green Infrastructure in Providing Urban Ecosystem Services: Insights from a Bibliometric Perspective» *Land* 13, no. 10: 1664 p. <https://doi.org/10.3390/land13101664>
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011). TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. www.teebweb.org TEEB is hosted by the United Nations Environment Programme and supported by the European Commission and various governments.
- Gómez-Baggethun E., Barton D.N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning / E. GómezBaggethun, D.N. Barton // *Ecological Economics*. – 2012. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- European Environment Agency. Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital. 2014. Available online: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/green-infrastructure-gi-2014-enhancing> (accessed on 11 April 2025).
- MA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being. A framework for assessment URL: <http://biodiversity.europa.eu/maes>
- Евсеева А.А. Особенности состава и структуры парциальных флор городских лесных фитоценозов в зависимости от разных подходов к озеленению // *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы*. – 2012. – Т. 117, №. 3. – С. 57-61.
- Латушкина Е.Н., Кудайбергенова А.Е. Видовой состав естественных и искусственных фитоценозов урбанизированной территории: на примере города Астаны Республики Казахстан // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2017. – №03 (57). – С. 9-14.
- Берденов Ж.Г., Нурсафина А.Ж., Инкарова Ж.И., Дмитриев П.С., Асылбеков К.М., Сагинов К.М. «Астана қаласының саябақ аймақтарының флорасын талдау». – *Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия Биологические науки*. Том 145 № 4/2023.- С.109-119 <https://bulbio.enu.kz/index.php/main/issue/current>

Andrade, M.; Fernandes, C.; Coutinho, A.; Figueiredo, A. Urban Green Infrastructure: Does Species' Origin Impair Ecosystem Services Provision? *Land* 2024, 13, p.23.

Инфантов А.А., Золотухин А.И. Синантропизация флоры малого города (на примере г. Балашов) // Поволжский экологический журнал. – 2009. – №3. – С. 190-194.

Уварова А.К., Жакупова А.А. (2015). Городские парки как объекты рекреации и туризма. Қалалық саябақтар рекреация мен туризм нысаны ретінде. «Вестник КазНУ. Серия географическая», 40(1). С.402-411. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/view/210>

Evans, D.L.; Falagán, N.; Hardman, C.A.; Kourmpetli, S.; Liu, L.; Mead, B.R.; Davies, J.A.C. Ecosystem Service Delivery by Urban Agriculture and Green Infrastructure—A Systematic Review. *Ecosyst. Serv.* 2022, 54, p. 1405 <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101405>.

План развития Астанинской агломераций [14]. // Закон Республики Казахстан от 1 января 2023 года № 181-VII ЗПК// <https://zakon.uchet.kz/rus/docs/Z2300000181>

Генеральный план города Астана до 2035 года «Базовый сценарий состояния окружающей среды в городе Астане и прогноз ее изменения до 2035 года» 2023г-184 с.

Кожакметова Э. П. Об изменении температурного режима Астаны и ее окрестностей / Э. П. Кожакметова, П.Ж. Кожакметов // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 1. – С. 7–15.

Официальный сайт Астана-Зеленстрой <https://zelenstroj.kz/index.php?lang=ru>

Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. <https://stat.gov.kz/ru/>

Алексеев А. С. Энергетика хода роста древостоев и интенсивная модель ведения лесного хозяйства: баланс преимуществ и ограничений. Материалы II Всероссийской научной конференции «Научные основы устойчивого управления лесами» (с международным участием) Москва 25 – 27 октября 2016 г. С.68-69.

Кабанов С.А., Вибе Е.П., Кабанова М.Н., Данченко М.А., Борцов В.А., Шахматов П.Ф. Изучение состояния и роста лесных культур в зеленой зоне г.Астаны. Лесной вестник, 2024, том 28. №1. С. 28-38

Азарчик Р. В., Балакир М. В., Демид Н. П. Способы определения густоты древостоя на основе лесоустроительных данных // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2016. – № 44. – С. 3-8

Алпыспаева Г. А., Жуман Г., Саяхимова Ш.Н. История формирования зеленой экосистемы акмолинской области (конец XIX –XX вв.). Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). – 2019. – №2 (101). – С.137-146.

АкиматгородаАстана. ЗеленныйпоясАстаны,2025.//<https://www.gov.kz/memleket/entities/astana/activities/7088?lang=kk//> (05.01.25).

Национальный атлас Республики Казахстан. Том I. 2010. 120 с.

Спутниковые снимки города Астана // [https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/\(06.01.2024\)](https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/(06.01.2024)).

Google Earth // <https://www.google.com/earth/about/versions//> (10.01.2025).

Сильбаева Б.М., Байғана Ж.К., Карипбаева Н.Ш., Полевик В.В. «Жоғары сатыдағы өсімдіктер систематикасы» Алматы, 2012 ж. 116 б.

Open street map, открытые интернет источники <https://www.openstreetmap.org/#map=6/42.188/66.621//> (12.01.2025).

Байтенов М.С., Васильева А.Н., Гамаюнова А.П., под.ред. В.П.Голоскоков. «Иллюстрированный определитель растений Казахстана. Алма-Ата, «Наука» 1972 г. 568 с.

Rayan, M.; Gruehn, D. Planning for Sustainable Green Urbanism: An Empirical Bottom-Up (Community-Led) Perspective on Green Infrastructure (GI) Indicators in Khyber Pakhtunkhwa (KP), Pakistan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 11, p.11844.

Jayasooriya, V.M.; Ng, A.W.M.; Muthukumar, S.; Perera, B.J.C. Green Infrastructure Practices for Improvement of Urban Air Quality. *Urban For. Urban Green.* 2017, 21, p.34–47.

Benedict, M.A.; McMahon, E.T. Smart Conservation for the 21st Century. *Green. Infrastructure.* 2002, 20, p.12–17

References

Akimat of Astana city. (2025). The green belt of Astana. Retrieved January 5, 2025, from <https://www.gov.kz/memleket/entities/astana/activities/7088?lang=kk>

Alekseev, A. S. (2016). The energy of the growth of stands and the intensive model of forestry management: A balance of advantages and limitations. Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference “Scientific Foundations of Sustainable Forest Management” (with international participation), Moscow, October 25–27, pp. 68–69.

Alpyspaeva, G. A., Zhuman, G., & Sayakhimova, Sh. N. (2019). The history of the formation of the green ecosystem of the Akmola region (late XIX–XX centuries). *Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin (interdisciplinary)*, (2)101, 137–146.

Andrade, M., Fernandes, C., Coutinho, A., & Figueiredo, A. (2024). Urban green infrastructure: Does species' origin impair ecosystem services provision? *Land*, 13(1), 23.

Azarchik, R. V., Balakir, M. V., & Demid, N. P. (2016). Methods for determining the density of a stand based on forest management data. *Actual Problems of the Forest Complex*, (44), 3–8.

Baitenov, M. S., Vasilyeva, A. N., & Gamayunova, A. P. (Eds.). (1972). *Illustrated determinant of plants of Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka.

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Smart conservation for the 21st century. *Green Infrastructure*, 20, 12–17.

- Berdenov, Zh. G., Nursafina, A. Zh., Inkarova, Zh. I., Dmitriev, P. S., Asylbekov, K. M., & Saginov, K. M. (2023). Analysis of the flora of park zones of Astana. *Vestnik of the Eurasian National University named after L. N. Gumilev. Series of Biological Sciences*, 145(4), 109–119. <https://bulbio.enu.kz/index.php/main/issue/current>
- Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. (n.d.). Retrieved from <https://stat.gov.kz/ru>
- European Environment Agency. (2014). Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s natural capital. Retrieved April 11, 2025, from <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/green-infrastructure-gi-2014-enhancing>
- Evans, D. L., Falagán, N., Hardman, C. A., Kourmpetli, S., Liu, L., Mead, B. R., & Davies, J. A. C. (2022). Ecosystem service delivery by urban agriculture and green infrastructure—A systematic review. *Ecosystem Services*, 54, 1405. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.1405>
- Evseeva, A. A. (2012). Specificity of the structure and structures of partial flora of urban forest phytocenoses in the presence of different crops for improvement. *Bulletin of Moscow Society of Nature Testers*, 117(3), 57–61.
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2012). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Infantov, A. A., & Zolotukhin, A. I. (2009). Synanthropization of the flora of a small town (on the example of Balashov). *Volga Ecological Journal*, (3), 190–194.
- Jayasooriya, V. M., Ng, A. W. M., Muthukumaran, S., & Perera, B. J. C. (2017). Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 34–47.
- Kabanov, S. A., Vibe, E. P., Kabanova, M. N., Danchenko, M. A., Bortsov, V. A., & Shakhmatov, P. F. (2024). Study of the state and growth of forest crops in the green zone of Astana. *Lesnoy Vestnik*, 28(1), 28–38.
- Kozhakhmetova, E. P., & Kozhakhmetov, P. J. (2014). On the change in the temperature regime of Astana and its surroundings. *Hydrometeorology and Ecology*, (1), 7–15.
- Latushkina, E. N., & Kudaibergenova, A. E. (2017). View of historical and research phytocenoses of urbanized territory: On the example of the city of Astana of the Republic of Kazakhstan. *International Scientific and Research Journal*, (3)57, 9–14.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). (n.d.). Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Retrieved from <http://biodiversity.europa.eu/maes>
- Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., & Manes, F. (2019). Regulating ecosystem services and green infrastructure: Assessment of urban heat island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*, 392, 92–102.
- Mapping and Assessment of Ecosystems and Their Services: Urban Ecosystems (4th Report). (2016, May).
- National Atlas of the Republic of Kazakhstan. (2010). Volume I (p. 120).
- Official website of Astana-Zelenstroy. (n.d.). Retrieved from <https://zelenstroy.kz/index.php?lang=ru>
- Plan for the development of the Astana agglomerations. (2023). The Law of the Republic of Kazakhstan dated January 1, 2023, No. 181-VII SAM. Retrieved from <https://zakon.uchet.kz/rus/docs/Z2300000181>
- Rayan, M., & Gruehn, D. (2022). Planning for sustainable green urbanism: An empirical bottom-up (community-led) perspective on green infrastructure (GI) indicators in Khyber Pakhtunkhwa (KP), Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 11844.
- Robert, H. W. (1975). *Communities and ecosystems* (p. 325). Macmillan. ISBN 0-02-427390-2
- Silbaeva, B. M., Baigana, Zh. K., Karipbaeva, N. Sh., & Polevik, V. V. (2012). *Systematics of higher plants* (p. 116). Almaty.
- Sokolova, M. V., Fath, B. D., Grande, U., Buonocore, E., & Franzese, P. P. (2024). The role of green infrastructure in providing urban ecosystem services: Insights from a bibliometric perspective. *Land*, 13(10), 1664. <https://doi.org/10.3390/land13101664>
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). (2011). *TEEB manual for cities: Ecosystem services in urban management*. United Nations Environment Programme. Retrieved from <http://www.teebweb.org>
- Uvarova, A. K., & Zhakupova, A. A. (2015). Urban parks as recreational and tourism facilities. *Bulletin of KazNU. Geographical Series*, 40(1), 402–411. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/view/210>
- Whittaker, R. H. (1975). *Communities and ecosystems* (p. 325). Macmillan. ISBN 0-02-427390-2
- Google Earth. (2025, January 10). Retrieved from <https://www.google.com/earth/about/versions/>
- OpenStreetMap. (2025, January 12). Retrieved from <https://www.openstreetmap.org/#map=6/42.188/66.621>
- Satellite images of Astana. (2024, January 6). Retrieved from <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Information about authors:

- Berdenov Zharas (corresponding author) – PhD, associate professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: berdenov-z@mail.ru)*
- Inkarova Zhanslu – candidate of biological sciences, associate professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: inkarzh@mail.ru)*
- Saginov Kairat – PhD, docent of L. N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: kairatsaginov@mail.ru)*
- Mendybayev Yerbolat – candidate of Biological Sciences, professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: beskurek@mail.ru)*
- Mukanov Yerbolat – PhD, senior lecturer of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: Yerbolat20.01.1981@gmail.com)*

Авторлар туралы мәлімет:

Берденов Жарас Галымжанович (корреспондент-автор) – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің қауымдастырылған профессоры (Астана қ., Қазақстан, эл. почта: berdenov-z@mail.ru)

Инкарова Жанслу Ишановна – биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің қауымдастырылған профессоры, (Астана қ., Қазақстан, эл. почта: inkarzh@mail.ru)

Сагинов Кайрат Мырзабаевич – PhD, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің доцент м.а. (Астана қ., Қазақстан, эл. почта: kairatsaginov@mail.ru)

Мендыбаев Ерболат Хамзинович – биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің профессоры (Астана қ., Қазақстан, эл. почта: beskurek@mail.ru)

Муканов Ерболат Накыпович – PhD, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің аға оқытушысы, (Астана қ., Қазақстан, эл. почта: Yerbolat20.01.1981@gmail.com)

Сведения об авторах:

Берденов Жарас Галымжанович (корреспондирующий автор) – PhD, ассоциированный профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, эл. почта: berdenov-z@mail.ru);

Инкарова Жанслу Ишановна – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, эл. почта: inkarzh@mail.ru);

Сагинов Кайрат Мырзабаевич – PhD, и. о. доцента Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, эл. почта: kairatsaginov@mail.ru);

Мендыбаев Ерболат Хамзинович – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, эл. почта: beskurek@mail.ru);

Муканов Ерболат Накыпович – PhD, старший преподаватель Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, эл. почта: Yerbolat20.01.1981@gmail.com).

Поступила: 28 июля 2025 года
Принята: 12 сентября 2025 года

Л.Б. Кенеспаева^{ID}, Г.Б. Айдарханова^{*}, Г.Б. Аубакирова^{ID},
А.М. Калимурзина^{ID}, Д.А. Тажиева^{ID}, Н.М. Құтымова^{ID}

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: gauhar_222@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ РЫНКА ТРУДА В СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В условиях усиливающейся демографической нестабильности и региональной поляризации населения возрастает потребность в выявлении и измерении пространственно-локализованных рисков на рынке труда. Настоящее исследование посвящено оценке демографической уязвимости рынка труда на уровне районов Северо-Казахстанской области с использованием индексного подхода. Целью работы является разработка интегрального индекса демографического риска, включающего компоненты, отражающие ресурсный потенциал, старение населения и параметры занятости, а также анализ пространственного распределения и динамики риска на субрегиональном уровне.

Научная новизна исследования заключается в формализации демографической уязвимости через трёхкомпонентную индексную модель и выделении типологий районов по профилю риска. Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения полученного индекса в системе мониторинга человеческого капитала, стратегического планирования и оценки прогресса в достижении Целей устойчивого развития. Методологическая основа включает линейную нормализацию, агрегирование показателей, картографическую визуализацию и динамическое сопоставление данных за 2010–2023 гг.

В результате исследования установлено, что демографическая уязвимость в регионе носит устойчивый и кумулятивный характер, формируя пояс высокого риска на периферии области. Выделены устойчивые и критически уязвимые районы, выявлены причинно-следственные связи между компонентами индекса и типами уязвимости. Обоснована необходимость перехода к территориально-дифференцированной демографической политике и внедрения систем пространственного мониторинга.

Исследование вносит вклад в развитие прикладной демографии и пространственного анализа трудового потенциала, демонстрируя возможность адаптации индексных моделей на субрегиональном уровне. Полученные результаты могут использоваться при формировании региональных стратегий, распределении ресурсов, разработке программ по удержанию и воспроизводству трудовых ресурсов.

Ключевые слова: демографическая уязвимость, рынок труда, индексный подход, пространственный анализ, Северо-Казахстанская область, цели устойчивого развития, трудовой потенциал.

L.B. Kenespayeva¹, G.B. Aidarkhanova^{1*}, G.B. Aubakirova,
A.M. Kalimurzina¹, D.A. Tazhiyeva¹, N.M. Kutymova²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: gauhar_222@mail.ru

Spatial differentiation of demographic vulnerability in the labor market of the North Kazakhstan region

In the context of increasing demographic instability and regional population polarization, there is a growing need to identify and measure spatially localized labor market risks. This study focuses on assessing the demographic vulnerability of the labor market at the district level in the North Kazakhstan Region using an index-based approach. The objective of the research is to develop an integral demographic risk index incorporating components that reflect resource potential, population ageing, and employment parameters, as well as to analyze the spatial distribution and dynamics of risk at the subregional level.

The scientific novelty of the study lies in the formalization of demographic vulnerability through a

cal significance is determined by the potential application of the developed index in human capital monitoring systems, strategic planning, and evaluating progress towards the Sustainable Development Goals (SDGs). The methodological framework includes linear normalization, indicator aggregation, cartographic visualization, and dynamic data comparison for the period 2010–2023.

The research findings indicate that demographic vulnerability in the region is persistent and cumulative, forming a high-risk belt along the region's periphery. Stable and critically vulnerable districts are identified, along with causal relationships between index components and types of vulnerability. The study substantiates the need for a territorially differentiated demographic policy and the implementation of spatial monitoring systems.

This research contributes to the advancement of applied demography and spatial labor potential analysis by demonstrating the feasibility of adapting index-based models at the subregional level. The results can be utilized for the development of regional strategies, resource allocation, and programs aimed at retaining and reproducing the labor force.

Keywords: demographic vulnerability, labor market, index-based approach, spatial analysis, North Kazakhstan region, sustainable development goals, labor potential.

Л.Б. Кенеспаева¹, Г.Б. Айдарханова^{1*}, Г.Б. Аубакирова,
А.М. Калимурзина¹, Д.А. Тажиева¹, Н.М. Құтымова²

¹ Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

² Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: gauhar_222@mail.ru

Солтүстік Қазақстан облысының еңбек нарығындағы демографиялық әлсіздіктің кеңістіктік дифференциациясы

Халық санының демографиялық тұрақсыздығы мен өңірлік поляризациясы күшейіп келе жатқан жағдайда еңбек нарығындағы кеңістіктік-локализацияланған тәуекелдерді анықтау және бағалау қажеттілігі арта түсуде. Бұл зерттеу Солтүстік Қазақстан облысы аудандары деңгейінде еңбек нарығының демографиялық әлсіздігін индекс тәсілі арқылы бағалауға арналған. Зерттеудің мақсаты – ресурс әлеуетін, халықтың қартаюын және жұмыспен қамту көрсеткіштерін қамтитын демографиялық тәуекелдің интегралдық индексін әзірлеу, сондай-ақ субөңірлік деңгейде тәуекелдің кеңістіктік таралуы мен динамикасын талдау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы – демографиялық әлсіздікті үш компонентті индекс тік модель арқылы формализациялау және аудандарды тәуекел бейініне қарай типологиялау. Жұмыстың практикалық маңыздылығы алынған индексті адами капиталды мониторингтеу, стратегиялық жоспарлау және Тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізу үдерісін бағалау жүйесінде қолдану мүмкіндігімен айқындалады. Әдістемелік негіздеме көрсеткіштерді сызықтық нормализациялау, агрегаттау, картографиялық визуализация және 2010–2023 жылдар аралығындағы мәліметтерді динамикалық салыстыруды қамтиды.

Зерттеу нәтижелері бойынша аймақтағы демографиялық әлсіздік тұрақты әрі жинақталған сипатта болып, облыс шекараларында жоғары тәуекел аймағын қалыптастыратыны анықталды. Тұрақты және сыни әлсіз аудандар бөлініп, индекс компоненттері мен әлсіздік түрлері арасындағы себеп-салдарлық байланыстар айқындалды. Кеңістіктік мониторинг жүйелерін енгізу және аумақтық-дифференциалданған демографиялық саясатқа көшу қажеттігі негізделді.

Зерттеу қолданбалы демографияны және еңбек әлеуетінің кеңістіктік талдауын дамытуға үлес қосады, индекс тік модельдерді субөңірлік деңгейде бейімдеу мүмкіндігін көрсетеді. Алынған нәтижелер аймақтық стратегияларды қалыптастыру, ресурстарды бөлу, еңбек ресурстарын ұстап қалу және қайта өндіру бағдарламаларын әзірлеу барысында пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: демографиялық әлсіздік, еңбек нарығы, индекс тік тәсіл, кеңістіктік талдау, Солтүстік Қазақстан облысы, тұрақты даму мақсаттары, еңбек әлеуеті.

Введение

В условиях нарастающей демографической нестабильности и социально-экономической поляризации регионов Казахстана возрастает потребность в выявлении и оценке рисков, обусловленных старением населения, снижением трудового потенциала и миграционными потерями. Особенно остро эти процессы проявляются

в северных и периферийных регионах, включая Северо-Казахстанскую область, где демографические изменения сопровождаются структурной трансформацией экономики и деградацией человеческого капитала. Несмотря на наличие отдельных исследований, посвящённых общей демографической ситуации в регионах Казахстана, комплексная оценка демографической уязвимости именно в контексте рынка труда на

субрегиональном уровне до настоящего времени не получила достаточного научного освещения.

Актуальность заявленной темы определяется не только возрастающим вниманием исследовательского и экспертного сообщества к проблемам устойчивого развития трудовых ресурсов, но и потребностью органов государственной власти в инструментах мониторинга и типологизации районов по степени демографического давления. Пространственная неоднородность показателей занятости, старения населения и миграции требует научного анализа с применением интегральных индексов и геоинформационного моделирования. Разработка таких инструментов обеспечивает возможность принятия территориально ориентированных решений в рамках реализации Целей устойчивого развития и национальной демографической политики.

Объектом исследования выступает демографическая ситуация в разрезе районов Северо-Казахстанской области. Предметом – пространственная дифференциация демографической уязвимости, определяющей риски для устойчивости рынка труда. Целью исследования является разработка и апробация индексного подхода к оценке демографической уязвимости рынка труда в территориальном разрезе, с учётом пространственной поляризации, старения населения и миграционных процессов на примере районов Северо-Казахстанской области.

Гипотеза исследования заключается в том, что демографические риски на рынке труда носят неравномерный пространственный характер, имеют кумулятивную природу и могут быть формализованы через интегральный индекс, отражающий состояние трудового ресурса, степень старения и параметры занятости.

Научная значимость исследования заключается в разработке модели оценки демографического давления на рынок труда с применением пространственного подхода. Практическая значимость определяется возможностью использования полученных результатов для территориального планирования, оценки эффективности программ занятости и адаптации региональной.

Обзор литературы

Рост демографической нагрузки и изменение возрастной структуры населения рассматриваются международными организациями как ключевой вызов устойчивому развитию. Согласно ООН, численность населения в возрасте 65 лет и

старше увеличится более чем в два раза к 2050 г., тогда как численность молодёжных когорт продолжит сокращаться (UN, 2024). Этот процесс ведёт к сужению трудового ресурса, росту бюджетной нагрузки и структурным деформациям на рынке труда.

Также особое внимание уделяется и молодёжному компоненту. В аналитическом отчёте Всемирного Банка (World Bank Group, 2015) подчёркивается, что безработица среди молодёжи угрожает экономической стабильности, особенно в регионах с демографическим «молодёжным пиком». Если эта категория не интегрирована в экономику, усиливаются риски социальной напряжённости и стагнации.

В условиях сельской миграции такие процессы особенно остро проявляются в развивающихся странах. В исследовании Baylie A. (Halbreich, 2024), посвящённом социально-экономическим последствиям миграции молодёжи из сельских районов Эфиопии, показано, что перемещение молодых людей в города приводит к ослаблению сельской экономики, дефициту рабочей силы и утрате семейной поддержки пожилых. Сходные выводы содержатся в эмпирическом исследовании Abebe M. K. и коллег (Abebe et al. 2023), согласно которому, миграционные потоки молодёжи приводят к нарастающему дисбалансу в возрастной структуре, создавая устойчивую зону демографической уязвимости.

На фоне обозначенных демографических вызовов ряд исследователей и организаций уделяют внимание разработке стратегий адаптации. В докладе МОТ (International Labour Organization, 2019) отмечается необходимость формирования устойчивой модели труда, включающей поддержку пожилых работников, распространение гибких форм занятости и расширение возможностей переобучения. Особый акцент сделан на устранение возрастной дискриминации, что особенно важно в регионах, где доля пожилых в составе рабочей силы продолжает расти.

Существенный вклад в разработку теоретической рамки адаптивности внесли Hijzen A., Martins P., Schwellnus C. и Wunsch C. (Hijzen et al. 2017), предложив концепцию устойчивости рынка труда. В их трактовке устойчивость рынка труда означает его способность адаптироваться к демографическим и экономическим потрясениям, обеспечивая сохранение или восстановление уровня занятости. Авторы подчёркивают важность макроэкономических и институциональных механизмов таких как пенсионной ре-

формы, повышения участия женщин и молодёжи, региональной мобильности. Предложенная модель релевантна для оценки демографических рисков в странах с территориальной поляризацией, как в случае Северо-Казахстанской области.

Формирование интегральных индексов демографического риска основано на идее агрегирования разнонаправленных демографических и социально-экономических показателей в единую шкалу, отражающую уровень уязвимости. Так, Groot L. и Peeters R. (Groot & Peeters, 2012) предложили перейти от традиционных коэффициентов иждивенчества к индексу демографического давления, включающему долю неактивных в трудоспособном возрасте. Это позволяет оценить не только численное, но и функциональное давление на рынок труда и систему социальной защиты.

Интересным примером применения индексного подхода на субнациональном уровне служит работа Lee S. (Lee, 2021), разработавшего индекс демографической уязвимости для регионов Южной Кореи. В индекс включены показатели старения, миграционного оттока и плотности населения. Методика включает линейную нормализацию и типологизацию территорий по шкале уязвимости. Полученные значения интерпретируются в пространственном контексте, что позволяет выявлять зоны демографического сжатия, подверженные рискам депопуляции и деградации трудового потенциала.

Обе методики демонстрируют универсальность индексного подхода и его применимость для анализа региональных различий в демографической устойчивости.

В казахстанской научной литературе вопросы влияния демографических процессов на рынок труда, как правило, рассматриваются в рамках описательного или частично прогнозистического анализа. Работы, базирующиеся на индексных подходах к комплексной оценке демографической уязвимости, являются единичными.

Так, в исследовании Шокаманова Ю. К., Мананова Б. Б. и Мусульманкуловой А. А. (Шокаманов и др., 2024) анализируется демографический переход и его влияние на человеческий потенциал Казахстана. Авторы применяют индексный подход к оценке рождаемости, смертности и прироста населения, однако метод не распространяется на трудовые аспекты.

В работе Шынғысбаевой Ш. и Саипова А. (Шынғысбаева и Саипов 2022) анализируются

региональные особенности демографических процессов в Восточно-Казахстанской области, включая снижение рождаемости, рост смертности и миграционные потери, что актуализирует необходимость пространственного анализа демографической уязвимости.

В работе Курманбекова А., Темирханова М. (Курманбеков и Темирханов, 2018) подчёркивается влияние демографических факторов на уровень занятости, самозанятости и безработицы, но не предлагается формализованной системы оценки демографического риска для рынка труда.

В исследовании Мұратқызы С., Мубаракковой Е. Е., Бордияну И. и Серіктаевой А. С. (Мұратқызы и др., 2025) рассматривается влияние демографических сдвигов на гендерное равенство в занятости, однако пространственно-индексный подход в анализе отсутствует.

Кроме того, большинство казахстанских индексных разработок, включая оценки человеческого капитала, уровня жизни и социальной уязвимости, выполняются в разрезе областей, что не отражает значительной внутригосударственной дифференциации. Отсутствие районной детализации приводит к сглаживанию локальных диспропорций и скрывает критические зоны уязвимости – особенно в северных регионах, подверженных депопуляции и старению.

Таким образом, разработка интегрального индекса демографического риска рынка труда на уровне районов, предложенная в настоящем исследовании, восполняет важный методологический пробел. Она позволяет не только агрегировать ключевые показатели, но и локализовать риски на карте региона, обеспечивая основу для адресной, территориально дифференцированной социальной политики.

Пространственные методы анализа, особенно на базе ГИС, становятся неотъемлемым инструментом в демографических исследованиях. В работе Wang H., Zhang Y., Li L., Xu C. и Chen Y. (Wang et al. 2020) рассматривается пространственное распределение старения населения в Китае. ГИС-методы позволили выявить кластеры риска и сопоставить их с социально-экономическими параметрами.

Применение ГИС в социально-демографических исследованиях активно развивается и в казахстанском академическом пространстве. Так, в работе Бектемысовой Г., Быкова А., Молдагуловой А., Омарова С., Шайкемелева Г., Нуралыкызы С. и Умуткулова Д. (Bektemyssova

et al. 2025) проведён пространственный анализ активности населения города Алматы с использованием кластерного анализа и данных телекоммуникационных операторов. Исследование позволило выявить устойчивые зоны концентрации городской активности, что стало основой для оптимизации транспортной инфраструктуры и планирования городской среды. Несмотря на то что работа сосредоточена на урбанистическом контексте, она демонстрирует высокую применимость методов пространственной агрегации и ГИС-визуализации для анализа демографических и поведенческих паттернов населения.

Международный и отечественный опыт подтверждают актуальность индексного и пространственного подхода к анализу демографических рисков для рынка труда. Работы Groot L. (Groot & Peeters, 2012) и Lee S. (Lee, 2021) демонстрируют применимость агрегированных индексов для выявления демографически уязвимых территорий. МОТ, Всемирный банк подчёркивают необходимость адаптации рынков труда к демографическим вызовам.

При этом в казахстанской науке отсутствуют системные подходы к оценке демографической уязвимости на субрегиональном уровне.

Предлагаемый в статье индекс, разработанный для районов Северо-Казахстанской области, является новым инструментом территориального анализа, позволяющим не только измерить, но и картографировать демографическое давление на рынок труда. Это делает возможным формирование научно обоснованных и пространственно адаптированных политик устойчивого развития.

Методология

Индекс разрабатывался на основе данных из Бюро национальной статистики Республики Казахстан (<https://stat.gov.kz>) и портала «Талдау» (<https://taldau.stat.gov.kz>) за период 2010–2023 гг. в разрезе 13 районов и г. Петропавловска.

Формируемый индекс позволяет выявить территории с повышенным демографическим риском для рынка труда, обусловленным истощением молодёжного трудового ресурса, ускоренным старением рабочей силы и неустойчивостью занятости. В индекс включены 7 демографических и социально-экономических индикаторов, структурированных по трём компонентам: демографический ресурс, старение и нагрузка, состояние рынка труда (таблица 1).

Таблица 1 – Индикаторы индекса демографического риска рынка труда Северо-Казахстанской области

№	Индикатор	Фактор риска	Роль в структуре индекса
Демографический ресурс			
1	Доля молодёжи 15–34 лет, %	Потенциал будущей рабочей силы	Определяет способность системы замещать уходящее поколение
2	Темп изменения численности 15–34 лет за год, %	Динамика трудового ресурса	Фиксирует краткосрочные сдвиги
Старение и нагрузка			
3	Доля лиц 55–64 лет, %	Масштаб «уходящего» контингента	Признак приближающегося волнового выхода с рынка труда
4	Индекс старения труда	Соотношение поколений	Выявляет дисбаланс замещения
5	Коэффициент демографической нагрузки	Давление иждивенцев	Отражает бюджетную и трудовую нагрузку
Состояние рынка труда			
6	Общая безработица, %	Степень нестабильности рынка	Степень нестабильности занятости
7	Молодёжная безработица, %	Уязвимость при входе на рынок	Уязвимость при входе на рынок труда

Подбор индикаторов осуществлялся с ориентацией на реализацию Целей устойчивого развития ООН, прежде всего ЦУР 8 (Достойная работа и экономический рост) и ЦУР 10 (Сокращение неравенства).

Для обеспечения сопоставимости всех включённых показателей была применена нормализация методом линейного масштабирования в диапазоне от 0 до 1. Поскольку индекс имеет рискоориентированную направленность, норма-

лизация проводилась по принципу, при котором более высокие значения индикатора соответствуют более высокому уровню демографического риска.

В зависимости от направления показателя применялась либо прямая (1), либо обратная (2) нормализация:

$$I = \frac{X_j^i - X_{\min i}}{X_{\max i} - X_{\min i}}, \quad (1)$$

$$I = 1 - \frac{X_j^i - X_{\min i}}{X_{\max i} - X_{\min i}}. \quad (2)$$

где X_j^i - i -тый показатель j -того региона;

$X_{\min i}$ - минимальное значение i -того показателя среди всех j -тых регионов;

$X_{\max i}$ - максимальное значение i -того показателя среди всех j -тых регионов;

$X_{\min i}$ - минимальное значение i -того показателя среди всех j -тых регионов.

На этапе агрегирования нормализованным значениям индикаторов, сгруппированные в три обособленных блока, сопоставлен отдельный субиндекс. Внутри каждого блока расчёт

осуществлялся по формуле среднего арифметического нормализованных показателей. Интегральный индекс демографического риска рынка труда рассчитывался также по формуле простого арифметического среднего трёх субиндексов.

Применение арифметического среднего обеспечивает равномерное влияние каждого компонентного блока на итоговый индекс и упрощает его интерпретацию в региональном контексте.

Диапазон значений интегрального индекса демографического риска рынка труда ограничен интервалом $[0;1]$, где 0 соответствует отсутствию демографических рисков для рынка труда, а 1 – их максимальной концентрации.

Для выделения категорий районов по степени риска использована формула Стерджесса (3), применяемая к числу наблюдаемых районов (n):

$$k = 1 + 3.322 \times \log_{10} \times n \quad (3)$$

Для 14 территориальных единиц это даёт $k \approx 5k$ градаций. На основе полученного диапазона значений интегрального индекса демографического риска рынка труда построена шкала из пяти уровней риска с равными интервалами (таблица 2).

Таблица 2 – Типология уровней демографического риска рынка труда

Уровень риска	Границы интервалов	Интерпретация
I. Ниже среднего	0 – 0,249	Район с наименьшими признаками демографической напряжённости по сравнению с другими территориями области
II. Средний	0,250 – 0,429	Регион демонстрирует сравнительно устойчивую демографическую динамику с признаками структурного давления в отдельных возрастных когортах
III. Выше среднего	0,430 – 0,609	Формируются устойчивые признаки демографического давления на рынок труда
IV. Высокий	0,610 – 0,789	Отмечается нарастающий структурный дисбаланс в возрастной и трудовой структуре населения
V. Очень высокий	0,790 и выше	Комплекс неблагоприятных факторов формирует критически высокий уровень риска для регионального развития

Расчёт значений индекса производился по всем районам за каждый год исследуемого периода (2010–2023). Полученные данные визуализировались в ГИС-среде с построением статических и динамических картографических слоёв. Это позволило выявить не только территориальные различия в уровне демографического риска, но и их устойчивую динамику, включая локализацию зон хронической уязвимости и региональных «точек напряжения».

Результаты

Рассчитанный интегральный индекс демографического риска рынка труда по районам Северо-Казахстанской области в 2023 г. продемонстрировал выраженную территориальную дифференциацию (рисунок 1). Все 14 административных единиц были классифицированы по пяти уровням риска – от «ниже среднего» до «очень высокого», что позволяет вы-

делить зоны стабильности и демографической напряжённости.

По данным 2023 г. в наименее уязвимую категорию (I уровень риска «ниже среднего», менее 0,249) попал только г. Петропавловск с индексом 0,156. Областной центр формирует демографически устойчивое ядро, характеризую-

щееся высокой долей молодёжи, сбалансированной возрастной структурой и относительно низкой общей и молодёжной безработицей. Сохраняющийся положительный миграционный баланс, развитая инфраструктура и широкие возможности трудоустройства определяют его низкий уровень демографического давления.

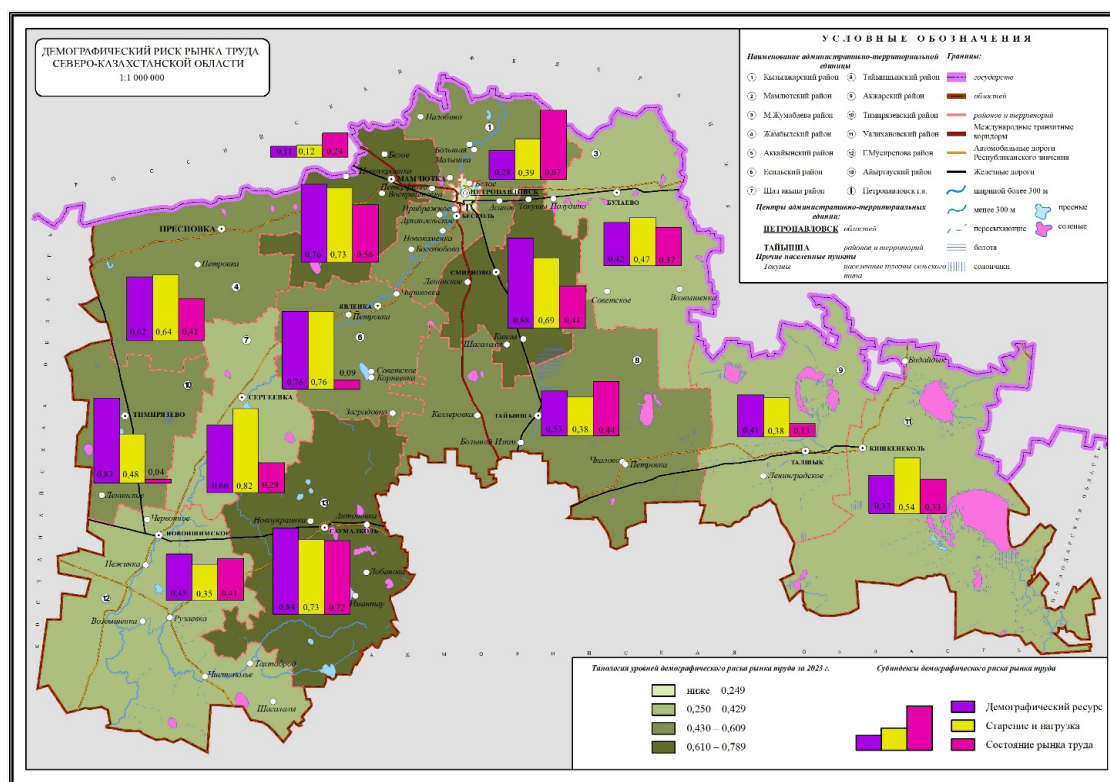


Рисунок 1 – Пространственное распределение интегрального индекса демографического риска по районам Северо-Казахстанской области на 2023 г.

В отличие от Петропавловска, минимизирующего демографический риск, наиболее критическая ситуация наблюдается в трёх районах с очень высоким уровнем риска (V категория «очень высокий»): Айыртауский (0,791), Акжайынский (0,812) и Мамлютский (0,821). Эти районы формируют устойчивую «дугу уязвимости» в северо-западной части области. Им свойственны одновременное сокращение молодёжного контингента, ускоренное старение трудоспособного населения и высокий уровень безработицы. Анализ компонентных подиндексов демонстрирует, что именно дисбаланс между поколениями работников и рост иждивенческой нагрузки выступают основными драйверами роста риска.

В группу со средним уровнем демографического риска (0,250–0,429) вошли район им. Г. Мусрепова (0,405), район им. М. Жумабаева (0,422) и Кызылжарский район (0,448). Территории демонстрируют относительно устойчивое положение, однако содержат признаки структурного давления. В частности, у Кызылжарского района наблюдаются негативные сдвиги по компоненту «состояние рынка труда» – рост безработицы среди молодёжи и снижение доли занятых 15–34 лет. Район им. Жумабаева характеризуется колебаниями миграционного баланса и неравномерной динамикой доли пожилого населения. Общий профиль районов указывает на необходимость мер по удержанию молодёжи и

модернизации инфраструктур трудоустройства.

К категории выше среднего уровня риска (0,430–0,609) отнесены Тимирязевский район (0,451), Тайыншинский район (0,449) и Жамбылский район (0,556). Указанные районы демонстрируют смешанный профиль демографической уязвимости. Отдельные показатели такие как, общая безработица и доля пожилых, выходят за среднеобластные границы, несмотря на относительную устойчивость других индикаторов. Например, в Тайыншинском районе зафиксировано заметное снижение доли молодёжи в течение 2018–2023 гг., а в Жамбылском – рост показателей безработицы и старения рабочей силы. Эти районы представляют собой зоны потенциального демографического давления, в которых требуется комплексная политика замещения трудовых ресурсов и адаптации возрастных групп.

В группу высокого уровня риска (0,610–0,789) включены Шал акына (0,587), Есильский (0,537) и Мамлютский (0,684) районы. Данные районы характеризуются кумулятивным эффектом демографических деформаций: высокая доля лиц старше 55 лет, растущий индекс старения труда, снижение численности молодёжной

когорты, а также ухудшение параметров занятости. Так, в районе Шал акына компонент «старение и нагрузка» устойчиво превышает значение 0,8 с 2015 г., а Мамлютский район демонстрирует высокую молодёжную безработицу и нестабильную миграционную динамику. Подобные индикаторы сигнализируют о приближении порогов, за которыми наступает необратимая деградация трудового потенциала, особенно в условиях слабой институциональной компенсации.

Таким образом, пространственное распределение риска демонстрирует устойчивую поляризацию: областной центр обладает демографическим резервом и стабильностью, в то время как отдалённые и сельские районы сталкиваются с системной уязвимостью, усугубляемой миграционными и структурными факторами.

Для более глубокого понимания природы демографических рисков на рынке труда Северо-Казахстанской области также проведён анализ по трём компонентным субиндексам: демографический ресурс, старение и нагрузка, а также состояние рынка труда. Расчёты за 2023 г. позволили выделить территориальные кластеры, характеризующиеся различными профилями демографической уязвимости (Рисунок 2).

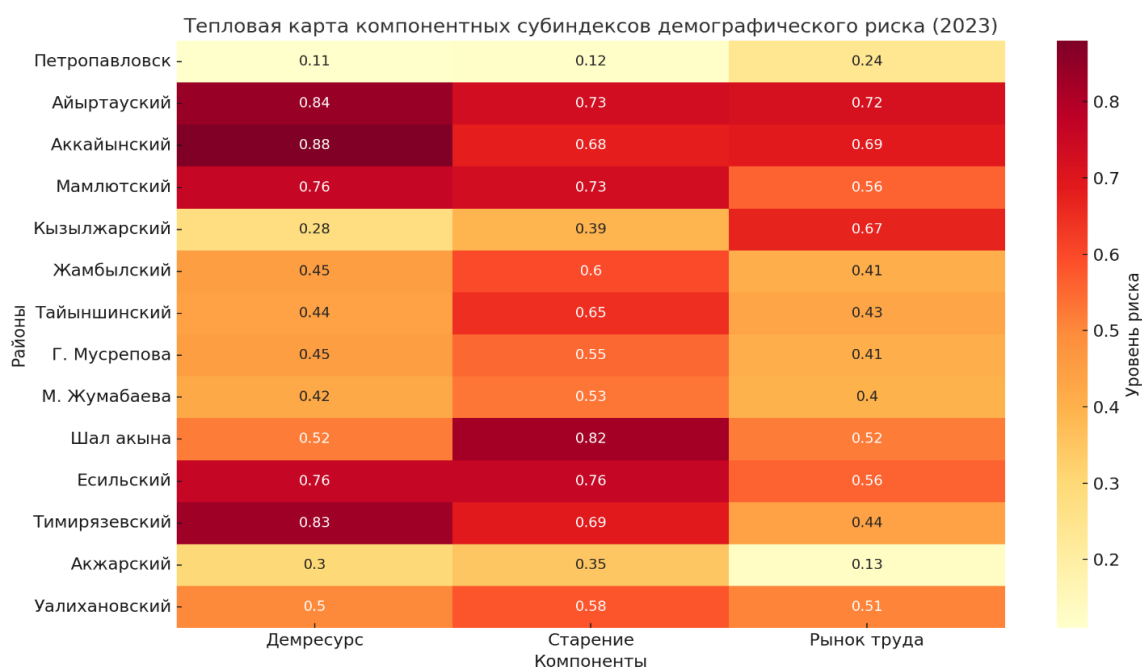


Рисунок 2 – Распределение значений субиндексов по районам Северо-Казахстанской области в 2023 г.

Районы с критическим дефицитом демографического ресурса. По субиндексу «демографический ресурс» наибольшую уязвимость продемонстрировали Айыртауский (0,84), Аккайынский (0,88), Мамлютский (0,76), Тимирязевский (0,83) и Есильский районы (0,76). Эти районы характеризуются крайне низкой долей населения в возрасте 15–34 лет, а также отрицательной динамикой численности молодёжных когорт за пятилетний период. Фактически, они теряют кадровый потенциал не только за счёт естественного старения, но и в результате миграционного оттока. Отсутствие молодёжного прироста формирует долгосрочную структурную проблему замещения работников.

В противоположной ситуации находится г. Петропавловск (0,11), где субиндекс остаётся на стабильно низком уровне в течение всего наблюдаемого периода. Это свидетельствует о сохраняющемся кадровом резерве и компенсирующем эффекте миграционного притока. Также относительно благополучными являются Г. Мусрепова (0,45) и Кызылжарский район (0,28), демонстрирующие положительную динамику численности молодёжи и сбалансированную возрастную структуру.

Районы с выраженным старением и демографической нагрузкой. Наибольшие значения субиндекса «старение и нагрузка» зафиксированы в Шал акына (0,82), Есильском (0,76), Мамлютском (0,73) и Айыртауском (0,73) районах. Здесь наблюдается ускоренный рост доли лиц старшего трудоспособного возраста (55–64 года), а также высокий индекс старения труда. Например, в районе Шал акына на протяжении последних десяти лет сохраняется критический уровень показателя старения (более 0,9), свидетельствующий о волнообразном выходе поколений с рынка труда без адекватной их замены.

В числе территорий с наиболее сбалансированной возрастной структурой – г. Петропавловск (0,12) и Кызылжарский район (0,39), где фиксируется низкая доля лиц старшего возраста и устойчивый баланс между поколениями. Эти данные указывают на высокую адаптивность этих территорий к демографическим трансформациям.

Районы с напряжённой ситуацией на рынке труда. По компоненту «состояние рынка труда» в 2023 г. наиболее неблагоприятные значения наблюдаются в Айыртауском (0,72), Кызылжарском (0,67), Мамлютском (0,56), Жамбылском (0,41) и Г. Мусрепова (0,41) районах. Высокая

молодёжная безработица, низкая доля вовлечения молодёжи в рынок труда и неустойчивая занятость определяют напряжённость в этих территориях. Особенно остро проявляются риски в районах, где, помимо слабого трудового сектора, присутствует депопуляция и старение.

Наиболее благоприятные значения показателя зафиксированы в Акжарском (0,13) и г. Петропавловске (0,24), где уровень общей и молодёжной безработицы остаётся на низком уровне, а вовлечение в трудовую деятельность – выше среднеобластных показателей. Это обеспечивается диверсифицированной экономической структурой, наличием производственных и сервисных отраслей, а также концентрацией учреждений образования и здравоохранения.

Типология демографической уязвимости. Сопоставление трёхкомпонентных субиндексов позволяет выделить четыре типологических профиля районов:

1. Мультифакторная уязвимость (все три компонента > 0,6): Айыртауский, Мамлютский, Есильский – критические зоны, требующие комплексных территориальных стратегий.

2. Уязвимость по двум компонентам (демография и старение): Шал акына, Аккайынский, Тимирязевский – здесь необходимо усиливать кадровую политику и инфраструктуру занятости.

3. Дисбаланс с преобладанием трудовых рисков: Кызылжарский, М. Жумабаева, Г. Мусрепова – при относительной демографической стабильности здесь слабы институциональные механизмы занятости.

4. Территории с устойчивым профилем: Петропавловск, частично Кызылжарский – демонстрируют адаптивность и резерв трудового потенциала.

Эта типология позволяет перейти от простой рейтинговой оценки к территориально ориентированному управлению демографическими рисками, где приоритетными становятся не столько абсолютные значения индексов, сколько профиль уязвимости и возможность реагирования на неё институциональными мерами.

Анализ временной динамики индекса с 2010 по 2023 гг. показывает, что большинство районов демонстрируют устойчивое закрепление на определённом уровне риска (рисунок 3). Так, Петропавловск на протяжении всего периода удерживал позицию территории с низкой уязвимостью, в то время как районы Шал акына и Уалихановский – стабильно входят в группу IV–V уровней.

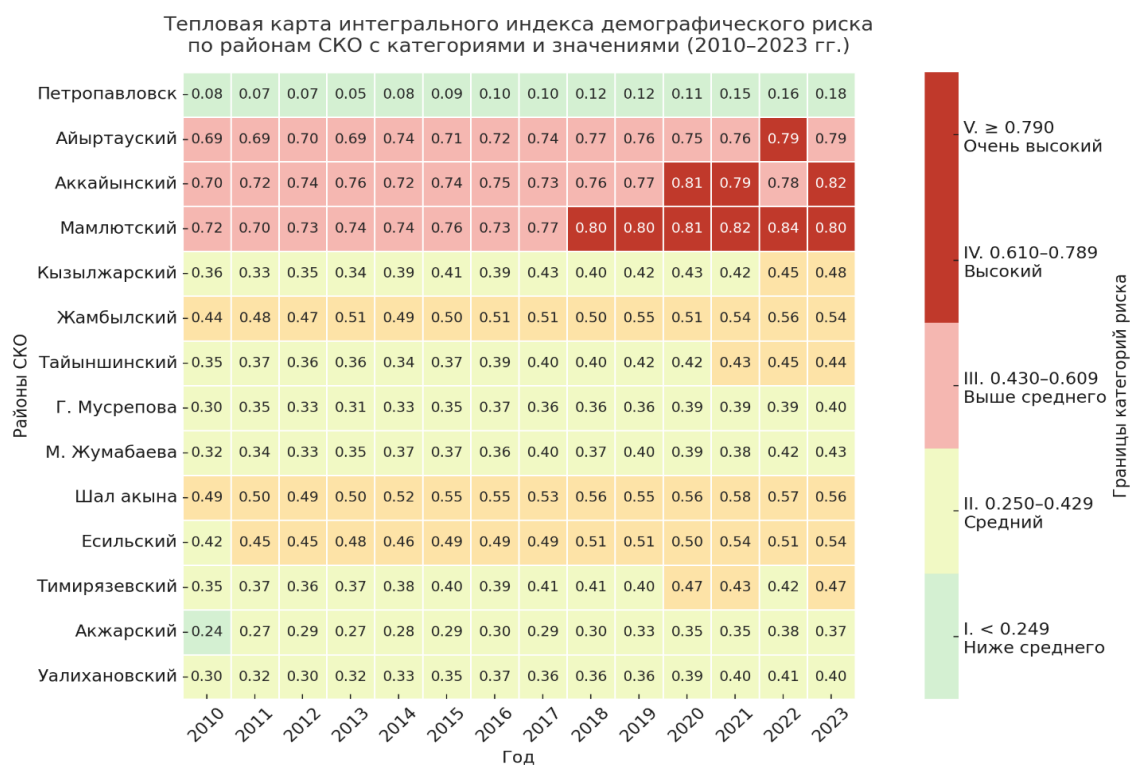


Рисунок 3 – Динамика интегрального индекса демографического риска рынка труда Северо-Казахстанской области за 2010–2023 гг.

В то же время Тайыншинский район и район им. М. Жумабаева демонстрируют колебания, связанные с изменением миграционного баланса и структурой безработицы. Их индекс варьировался в пределах 0,45–0,62, что указывает на нестабильную демографическую ситуацию.

Особо стоит отметить, что даже районы, улучшившие отдельные компоненты, редко переходят в более благополучную категорию – из-за комплексности индекса и взаимосвязанности демографических факторов. Это подтверждает гипотезу о кумулятивной природе демографической уязвимости и необходимости системных, долгосрочных интервенций.

Анализ временных рядов по интегральному индексу демографического риска за период 2010–2023 гг. демонстрирует устойчивость пространственной поляризации, но при этом выявляет различные траектории изменения уровня уязвимости среди районов. Динамика показателей позволяет классифицировать районы по вектору изменения риска.

Территории с закрепившейся высокой уязвимостью: Айыртауский, Мамлютский, Шал акына – на всём протяжении исследуемого пери-

ода стабильно находятся в группе IV–V уровней риска. Например, Айыртауский район с 2010 по 2023 год сохранил значения индекса выше 0,6, что свидетельствует о структурной закреплённости демографических деформаций и слабой адаптивной способности территорий.

Районы с нарастающим риском: Аккайынский и Есильский районы демонстрируют постепенное ухудшение: интегральный индекс в них вырос на 0,2–0,3 пункта за 13 лет. Рост был вызван совмещением двух процессов – ускоренного старения (рост субиндекса старения с ~0,6 до >0,75) и параллельного снижения молодёжного контингента.

Территории с положительной динамикой: Акжарский и Тимирязевский районы в последние годы демонстрируют частичную стабилизацию или даже снижение риска (в пределах 0,3–0,4). В частности, в Тимирязевском районе субиндекс по рынку труда снизился с 0,9 до 0,04 за счёт улучшения показателей занятости в 2021–2023 гг., несмотря на сохраняющийся высокий уровень старения.

Стабильные и адаптивные районы: Петропавловск удерживает низкий уровень интеграль-

ного риска (от 0,375 в 2010 до 0,156 в 2023), демонстрируя успешную компенсацию демографического давления институциональными и миграционными механизмами. Его профиль отражает комплексную устойчивость: положительная динамика молодёжного ресурса, стабильная возрастная структура и гибкий рынок труда.

Таким образом, проведённый анализ интегрального и компонентных индексов демографического риска подтвердил наличие устойчивой пространственной поляризации внутри Северо-Казахстанской области, где территориальные различия формируются под влиянием структурных демографических факторов и институциональной неоднородности. Выявленные типы районов – от адаптивных до критически уязвимых – отражают не только текущую ситуацию, но и устойчивые тенденции, сохраняющиеся на протяжении более десяти лет. Данные результаты позволяют не только локализовать зоны демографического давления, но и задать основу для территориально-дифференцированной политики, опирающейся на тип профиля уязвимости и динамику его изменения.

Обсуждение

Результаты пространственного индексного анализа выявили устойчивую территориальную поляризацию демографической уязвимости на рынке труда в Северо-Казахстанской области, при этом степень риска определяется не только абсолютными значениями показателей, но и их сочетанием, скоростью изменений и глубиной структурных деформаций. Полученные данные позволяют интерпретировать демографические риски как многоуровневое и многокомпонентное явление, усиливающееся в условиях институциональной слабости периферии и ограничения мобильности населения.

Сравнение с международными исследованиями подтверждает выявленные закономерности. В частности, работы Lee S. (Lee, 2021) по Южной Корее и Groot L. и Peeters R. (Groot & Peeters, 2012) по ЕС демонстрируют, что именно удалённые и экономически неактивные сельские территории первыми становятся очагами демографической деградации. Аналогичная пространственная структура – «центр-периферия» с демографическим сжатием окраин – прослеживается в регионах Восточной Европы (Pinkus & Ruer, 2025) и Японии (Bank of Japan, 2025).

Наши расчёты подтверждают наличие такой модели и в казахстанском контексте, при этом демонстрируя локальные вариации, связанные с историко-географическим положением, отраслевой структурой экономики и миграционной привлекательностью.

Отдельное внимание заслуживает выявленная кумулятивность демографических рисков: районы с высоким уровнем одного из субиндексов часто демонстрируют ухудшение по другим компонентам в течение нескольких лет. В то же время, такие территории, как Петропавловск и Акжарский район, продемонстрировали способность к адаптации благодаря сочетанию положительного миграционного сальдо, развитой социальной инфраструктуры и относительной устойчивости рынка труда.

Полученные результаты также подчёркивают важность пространственной дифференциации демографической политики. Унифицированные меры, рассчитанные на уровень области или республики, не учитывают локальных различий в типах уязвимости: например, в одних районах критичен дефицит молодёжного ресурса, в других – высокая зависимость от стареющих работников. В условиях СКО, где природная убыль сочетается с миграционным оттоком, приоритетными становятся адаптивные стратегии территориального управления, ориентированные на удержание и возврат молодежи, развитие гибких форм занятости, интеграцию пожилых работников в экономику, а также восстановление миграционного потенциала через улучшение качества жизни и инфраструктуры.

Следует отметить и ограничения исследования. Во-первых, используемая методология нормализации индикаторов предполагает внутриобластной сравнительный подход, что ограничивает межрегиональную сопоставимость. Во-вторых, не включены некоторые потенциально значимые индикаторы – например, уровень теневой занятости, образовательная мобильность, социальная защита молодёжи.

Тем не менее, даже при этих ограничениях предложенный индекс позволяет системно выявлять и мониторить демографическую уязвимость в территориальном разрезе, а также формулировать научно обоснованные и дифференцированные управленческие решения. Разнонаправленная пространственная динамика демографических рисков в Северо-Казахстанской области требует отхода от универсальных, линейных решений и перехода к территориаль-

но-дифференцированным стратегиям, опирающимся на выявленные типы уязвимости. Выводы, полученные в ходе исследования, позволяют сформулировать ряд решений, направленных на повышение устойчивости регионального рынка труда и снижение демографического давления на социально-экономические системы.

В первую очередь внимание следует сосредоточить на районах, входящих в категорию очень высокого и высокого риска. Эти территории характеризуются глубокой структурной уязвимостью: постоянной убылью молодежного населения, устойчивым старением трудового контингента и высоким уровнем безработицы среди лиц трудоспособного возраста. Пространственная отдаленность и ограниченность институционального ресурса дополнительно усиливают барьеры для развития. В данной группе целесообразно разворачивать комплексные программы территориального выравнивания: от создания молодежных пакетов поддержки (жилищные субсидии, гранты на предпринимательство) до формирования локальных центров занятости и расширения цифровой образовательной инфраструктуры. Особое внимание требует реинтеграция лиц старшего возраста в экономику через гибкие формы занятости, развитие ухода и социальной кооперации.

Для районов со смешанным профилем риска, где уязвимость проявляется не по всем показателям, а через отдельные компоненты – например, снижение миграционного притока или рост безработицы среди молодежи, – необходимы более гибкие решения. Среди таких мер: поддержка самозанятости и неполной занятости, особенно среди женщин и молодежи; развитие сервисных ниш, востребованных в условиях стареющего населения; и создание условий для формирования местных сообществ, способных к самоорганизации и запуску социального предпринимательства. Эти территории нуждаются не столько в финансовых вливаниях, сколько в институциональной гибкости и адаптивных механизмах.

Стабильные районы, в первую очередь г. Петропавловск и частично Акжарский район, могут и должны стать кадровыми и инновационными «донорами» для менее устойчивых территорий. Однако и в этих районах в долгосрочной перспективе сохраняются риски перегрузки инфраструктуры и скрытого старения. Для предупреждения этих процессов следует стимулировать развитие межрайонной мобильности труда, расширять возможности пригородной занятости,

усиливать поддержку молодежных инициатив и создавать условия для закрепления выпускников учебных заведений в регионе.

На уровне области в целом необходимо систематизировать полученные данные и перейти от эпизодического анализа к постоянному мониторингу демографической ситуации. Интегральный индекс демографического риска, предложенный в данной работе, может стать инструментом не только диагностики, но и управленческого планирования. Рекомендуется внедрить цифровую панель мониторинга, интегрированную с ГИС-платформой, и включить индекс в структуру региональных показателей, отслеживаемых в рамках реализации Целей устойчивого развития, особенно по направлениям 8 (достойная работа), 10 (сокращение неравенства) и 11 (устойчивые города и населенные пункты).

Таким образом, реализация приведенных рекомендаций позволяет перейти от констатации демографических проблем к формированию, основанной на данных, целенаправленной и гибкой политики управления человеческим капиталом в регионе. Только комплексное, пространственно чувствительное управление позволяет противостоять тенденциям демографического истощения, удерживать трудовые ресурсы и обеспечивать устойчивость развития на долгосрочную перспективу.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило выдвинутую гипотезу о том, что демографическая уязвимость рынка труда в Северо-Казахстанской области носит устойчивый пространственный характер и может быть формализована через интегральный индекс, отражающий ключевые компоненты демографического давления: состояние ресурсной базы, параметры старения и показатели трудовой занятости. Разработанная методика позволила не только количественно зафиксировать уровни риска, но и выделить типы уязвимых территорий, проследить их динамику и установить причинно-следственные связи между субиндексами.

Пространственный анализ показал, что высокий и очень высокий уровень демографического риска сосредоточен на периферии области, формируя своего рода «дугу уязвимости», охватывающую Айыртауский, Мамлютский, Акжайынский и ряд других районов. Эти территории характеризуются кумуляцией негативных демо-

графических факторов: оттоком молодежи, прогрессирующим старением и высоким уровнем безработицы. В противоположность им, г. Петропавловск и отдельные прилегающие районы демонстрируют адаптивный профиль, что обусловлено миграционной привлекательностью, развитой инфраструктурой и относительно стабильной занятостью. Однако даже в устойчивых районах сохраняются риски структурного старения и миграционной концентрации, требующие превентивных мер.

Компонентный анализ подтвердил наличие взаимозависимостей между демографическим истощением, старением рабочей силы и трудовой неустойчивостью. Установлено, что негативная динамика по одному компоненту в течение нескольких лет способна спровоцировать переход в более высокую категорию риска. На этом фоне особенно важным представляется внедрение системы мониторинга, основанной на индексном и геоинформационном подходах, позволяющей своевременно выявлять очаги демографической нестабильности.

Таким образом, полученные результаты не только дополняют теоретические представле-

ния о природе и пространственной структуре демографических рисков, но и обладают практической значимостью. Разработанный индекс может служить инструментом диагностики и поддержки решений в сфере региональной политики, кадрового планирования и реализации программ, направленных на достижение Целей устойчивого развития. Учитывая устойчивость территориальных различий и наличие кумулятивных эффектов, целесообразно формировать политику управления трудовыми ресурсами с учётом типа демографической уязвимости каждой территории.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «Построение системы поддержки принятия решений для природно-хозяйственного обустройства территории Северо-Казахстанской области в контексте устойчивого развития». Программно-целевое финансирование № BR24993222.

Литература

- Abebe, M. K., Kassie, B. T., Taffesse, A. S., & Woldehanna, T. (2023). Youth migration and demographic restructuring: Evidence from Sub-Saharan Africa [Unpublished manuscript]. University of Oxford. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:bb1d8a0b-9a64-4a8f-b9ce-6f0536a6f01b>
- Bank of Japan. Demographic Trends and Labor Shortages in Japan: Will Labor Supply Increase Going Forward? // *BOJ Reports & Research Papers*, 2025. – URL: https://www.boj.or.jp/en/research/wps_rev/rev_2025/rev25e02.htm
- Bektemyssova, G., Bykov, A., Moldagulova, A., Omarov, S., Shaikemelev, G., Nuralykyzy, S., & Umutkulov, D. (2025). Analysis of Spatial Aggregation and Activity of the Urban Population of Almaty Based on Cluster Analysis. *Sustainability*, 17(7), 3243. <https://doi.org/10.3390/su17073243>
- Groot, L., & Peeters, R. (2012). A demographic pressure index: From dependency ratios to labour market space. *Population Research and Policy Review*, 31(4), 471–485. <https://doi.org/10.1007/s11113-012-9242-2>
- Halbreich, U. (2024). Pursuit of common grounds across deep divides. *Academia Mental Health and Well-Being*, 1(2). <https://doi.org/10.20935/MHealthWellB7358>
- Hijzen, A., Martins, P. S., Schwellnus, C., & Wunsch, C. (2017). Labour market resilience: The role of structural and macroeconomic policies (OECD Economics Department Working Papers No. 1406)
- International Labour Organization. (2019). Work for a brighter future: Global Commission on the Future of Work. ILO. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@cabinet/documents/publication/wcms_713371.pdf
- Lee, S. (2021). Regional vulnerability to demographic shrinkage: A composite index approach. *Sustainability*, 13(2), 897. <https://doi.org/10.3390/su13020897>
- Pinkus, D., & Ruer, N. (2025). *The demographic divide: Inequalities in ageing across the European Union* (Policy Brief No. 13/2025). Bruegel. <https://www.bruegel.org/policy-brief/demographic-divide-inequalities-ageing-across-european-union>
- Solutions for Youth Employment (S4YE). (2015). Toward solutions for youth employment: A 2015 baseline report. World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/586681467994720053/pdf/101548-replacement-main-report-PUBLIC-S4YE-Flagship-Report-web.pdf>
- UN Department of Economic and Social Affairs. (2024). World Population Ageing 2023. United Nations. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesd_pd_2024_wpa2023-report.pdf
- Wang, H., Zhang, Y., Li, L., Xu, C., & Chen, Y. (2020). Mapping and measuring the spatial pattern of aging population in China: A perspective of improved global spatial association indices. *Journal of Environmental Management*, 270, 110849. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110849>

Курманбеков А., Темирханов М. Проблемы занятости и демографического давления на рынок труда в Республике Казахстан. – Алматы: Центр прикладных исследований, 2018. – 28 с.

Мұратқызы С., Мубаракова Е. Е., Бордияну И., Серіктаева А. С. Гендерное равенство и демографическая устойчивость на рынке труда Казахстана // Социальные науки. – 2025. – № 2. – С. 59–70. DOI: 10.51579/1563-2415.2025.-1.15

Шокаманов Ю. К., Мананов Б. Б., Мусульманкулова А. А. Демографический переход и его влияние на человеческий потенциал Казахстана // Вестник Евразийского национального университета. Серия: Экономика. – 2024. – № 1(140). – С. 35–44 doi: <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2024-3-130-148>

Шынгысбаева, Ш., & Саипов, А. (2022). Факторы, влияющие на демографическую ситуацию в Восточном Казахстане. *Journal of Geography and Environmental Management*, 64(1), 4–13. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2022.v64.i1.01>

References

Abebe, M. K., Kassie, B. T., Taffesse, A. S., & Woldehanna, T. (2023). Youth migration and demographic restructuring: Evidence from Sub-Saharan Africa [Unpublished manuscript]. University of Oxford. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:bb1d8a0b-9a64-4a8f-b9ce-6f0536a6f01b>

Bank of Japan. Demographic Trends and Labor Shortages in Japan: Will Labor Supply Increase Going Forward? // *BOJ Reports & Research Papers*, 2025. – URL: https://www.boj.or.jp/en/research/wps_rev/rev_2025/rev25e02.htm

Bektemyssova, G., Bykov, A., Moldagulova, A., Omarov, S., Shaikemelev, G., Nuralykyzy, S., & Umutkulov, D. (2025). Analysis of Spatial Aggregation and Activity of the Urban Population of Almaty Based on Cluster Analysis. *Sustainability*, 17(7), 3243. <https://doi.org/10.3390/su17073243>

Groot, L., & Peeters, R. (2012). A demographic pressure index: From dependency ratios to labour market space. *Population Research and Policy Review*, 31(4), 471–485. <https://doi.org/10.1007/s11113-012-9242-2>

Halbreich, U. (2024). Pursuit of common grounds across deep divides. *Academia Mental Health and Well-Being*, 1(2). <https://doi.org/10.20935/MHealthWellB7358>

Hijzen, A., Martins, P. S., Schwellnus, C., & Wunsch, C. (2017). Labour market resilience: The role of structural and macroeconomic policies (OECD Economics Department Working Papers No. 1406)

International Labour Organization. (2019). Work for a brighter future: Global Commission on the Future of Work. ILO. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@cabinet/documents/publication/wcms_713371.pdf

Lee, S. (2021). Regional vulnerability to demographic shrinkage: A composite index approach. *Sustainability*, 13(2), 897. <https://doi.org/10.3390/su13020897>

Pinkus, D., & Ruer, N. (2025). *The demographic divide: Inequalities in ageing across the European Union* (Policy Brief No. 13/2025). Bruegel. <https://www.bruegel.org/policy-brief/demographic-divide-inequalities-ageing-across-european-union>

Solutions for Youth Employment (S4YE). (2015). Toward solutions for youth employment: A 2015 baseline report. World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/586681467994720053/pdf/101548-replacement-main-report-PUBLIC-S4YE-Flagship-Report-web.pdf>

UN Department of Economic and Social Affairs. (2024). World Population Ageing 2023. United Nations. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesd_pd_2024_wpa2023-report.pdf

Wang, H., Zhang, Y., Li, L., Xu, C., & Chen, Y. (2020). Mapping and measuring the spatial pattern of aging population in China: A perspective of improved global spatial association indices. *Journal of Environmental Management*, 270, 110849. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110849>

Kurmanbekov, A., Temirkhanov, M. (2018). Problemy zaniatosti i demograficheskogo davleniia na rynek truda v Respublike Kazakhstan [Employment problems and demographic pressure on the labor market in the Republic of Kazakhstan]. Алматы: Tsentr prikladnykh issledovani. 28 p.

Muratkyzy, S., Mubarakova, E. E., Bordianu, I., & Seriktaeva, A. S. (2025). Gendernoe ravenstvo i demograficheskaia ustoiichivost na rynke truda Kazakhstana [Gender equality and demographic sustainability in Kazakhstan's labor market]. *Sotsial'nye nauki* [Social Sciences], 2025(2), 59–70. <https://doi.org/10.51579/1563-2415.2025.-1.15> (In Russian)

Shokamanov, Y. K., Mananov, B. B., & Musul'mankulova, A. A. (2024). Demograficheskii perekhod i ego vliianie na chelovecheskii potentsial Kazakhstana [Demographic transition and its impact on Kazakhstan's human capital]. *Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of the Eurasian National University. Series: Economics], 2024(1[140]), 35–44. <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2024-3-130-148> (In Russian)

Shyngysbaeva, Sh., & Saipov, A. (2022). Faktory, vliiaiuschie na demograficheskuiu situatsiiu v Vostochnom Kazakhstane [Factors influencing the demographic situation in East Kazakhstan]. *Journal of Geography and Environmental Management*, 64(1), 4–13. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2022.v64.i1.01> (In Russian)

Сведения об авторах:

Кенеспаева Лаура Байырбекқызы – старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: laura.kenespaeva81@gmail.com);

Айдарханова Гаухар Берікқызы – старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: gauhar_222@mail.ru);

Аубакирова Гаухар Болатовна – старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: gauhara_91@mail.ru);

Калимурзина Айсулу Мусаевна – старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: kaisl@mail.ru);

Тажиева Дамира Абдигафаровна – старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: damira.tazhiyeva@gmail.com);

Кутымова Нұрай – магистрантка по специальности «Геоинформатика» кафедры картографии и геоинформатики Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: kutymovanurai15@gmail.com).

Information about the authors:

Kenespaeva Laura Bayyrbekkyzy – Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: laura.kenespaeva81@gmail.com)

Aidarhanova Gauhar Berikkyzy – Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: gauhar_222@mail.ru)

Aubakirova Gauhar Bolatovna – Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: gauhara_91@mail.ru)

Kalimurzina Aisulu Musayevna – Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: kaisl@mail.ru)

Tazhiyeva Damira Abdigafarovna – Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: damira.tazhiyeva@gmail.com)

Nuray Kutymova – Master's student in Geoinformatics at the Department of Cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kutymovanurai15@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Кенеспаева Лаура Байырбекқызы – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жер қатынастары және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, электрондық пошта: laura.kenespaeva81@gmail.com)

Айдарханова Гаухар Берікқызы – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жер қатынастары және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, электрондық пошта: gauhar_222@mail.ru)

Аубакирова Гаухар Болатовна – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жер қатынастары және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, электрондық пошта: gauhara_91@mail.ru)

Калимурзина Айсулу Мусаевна – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жер қатынастары және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, электрондық пошта: kaisl@mail.ru)

Тажиева Дамира Абдигафаровна – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жер қатынастары және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, электрондық пошта: damira.tazhiyeva@gmail.com)

Кутымова Нұрай – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Картография және геоинформатика кафедрасының «Геоинформатика» мамандығы бойынша магистранты (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: kutymovanurai15@gmail.com).

Поступила: 31 мая 2025 года

Принята: 27 июля 2025 года

Б.С. Керімбай¹, К.М. Баймырзаев¹, Н.Н. Керімбай^{1*},
М.Б. Бахыт², С.Қ. Таженова³

¹І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

³Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

*e-mail: n.kerimbay@mail.ru

АГРОЛАНДШАФТТАРДЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІН ГЕОЖҮЙЕЛІК ТҰРҒЫДАН ТАЛДАУ

Климаттың жаһандық өзгерістері мен гидрометеорологиялық жағдайлардың тұрақсыздығы аймақтардың ауыл шаруашылығының дамуы мен өнімділігіне тікелей әсер етуде. Осыған байланысты агроландшафттардың физикалық-географиялық жағдайын геожүйелік тұрғыдан бағалау, сондай-ақ олардың өсімдік жамылғысы мен топырақ ылғалдылығының кеңістіктік және маусымдық өзгерістерін қашықтықтан зондау деректері негізінде зерделеу – бүгінгі күннің өзекті ғылыми міндеттерінің бірі болып табылады. Мониторинг нысаны ретінде Алматы облысы, Ұйғыр ауданы аумағындағы Шарын өзенінің атыраулық жазығында орналасқан егіншілік алқаптарының телімдері алынды. Ғылыми жұмыстың мақсаты – Sentinel-2 спутниктік деректері мен EOSDA платформасының аналитикалық модульдерін пайдалана отырып, NDVI және NDWI индекстері негізінде егіншілік алқаптарының вегетация кезеңіндегі кеңістіктік-уақыттық динамикасын бақылау және геожүйелік талдау жүргізу. Дереккөз ретінде Sentinel-2 спутниктік кескіндері, ЖЦВК (жылдық циклдің вегетациялық кезеңі) көрсеткіштері бойынша климаттық параметрлер пайдаланылды. Зерттеу нәтижелері өсімдік жамылғысының тығыздығы мен топырақ ылғалдылығының маусымдық өзгерістерін бағалауға, сондай-ақ агроландшафттық жүйелердің экологиялық жағдайын кешенді түрде түсінуге мүмкіндік береді. Жер ресурстарын басқару, ауыл шаруашылығын жоспарлау және геоақпараттық мониторинг жүйелерін жетілдіру тұрғысынан ғылыми әрі қолданбалы маңызға ие.

Түйін сөздер: агроландшафт, егіншілік алқабы, геожүйелік талдау, қашықтықтан зондау, NDVI, NDWI, топырақ ылғалдылығы.

B.S. Kerimbay¹, K.M. Baimyrzaev¹, N.N. Kerimbay^{1*},
M.B. Bakhyt², S.K. Tazhenova³

¹I. Zhansugurov Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

*e-mail: n.kerimbay@mail.ru

Geosystem Analysis of the Spatiotemporal Changes in Agrolandscapes

Global climate change and the instability of hydrometeorological conditions directly affect the sustainability and productivity of agricultural systems. In this context, geosystem analysis of the physical and geographical characteristics of agro-landscapes, as well as the assessment of spatial and temporal dynamics of vegetation and soil moisture based on remote sensing data, has become particularly relevant. The agricultural lands of the Sharyn River delta plain, located in the Uygur district of the Almaty region, were chosen as a monitoring site. The aim of this scientific work is to monitor the spatial and temporal dynamics of agricultural land during the growing season and to conduct geosystem analysis using Sentinel-2 satellite data and the EOSDA platform's analytical modules based on the NDVI and NDWI. The obtained results made it possible to assess seasonal changes in vegetation density and soil moisture regimes, providing a comprehensive understanding of the ecological condition of agro-landscape systems. The proposed approach has both scientific and practical significance for land resource management, agricultural planning, and the development of geoinformation monitoring technologies.

Keywords: agro-landscape, cropland, geosystem analysis, remote sensing, NDVI, NDWI, soil moisture.

Б.С. Керімбай¹, К.М. Баймырзаев¹, Н.Н. Керімбай^{1*},
М.Б. Бахыт², С.Қ. Таженова³

¹Жетысуский университет имени И. Жансугурова, Талдықорган, Казахстан

²КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Кызылординский университет имени Корқыт Ата, Кызылорда, Казахстан

*e-mail: n.kerimbay@mail.ru

Геосистемный анализ пространственно-временных изменений агроландшафтов

Глобальные климатические изменения и нестабильность гидрометеорологических условий оказывают прямое влияние на устойчивое развитие и продуктивность регионального сельского хозяйства. В связи с этим особую актуальность приобретает геосистемный анализ физико-географических характеристик агроландшафтов, а также исследование пространственно-временной динамики растительности и влажности почвы на основе данных дистанционного зондирования. В качестве мониторингового объекта рассмотрены участки сельскохозяйственных угодий дельтовой равнины реки Шарын, расположенные в Уйгурском районе Алматинской области. Целью научной работы является мониторинг пространственно-временной динамики сельскохозяйственных угодий за вегетационный период и проведение геосистемного анализа на основе индексов NDVI и NDWI с использованием спутниковых данных Sentinel-2 и аналитических модулей платформы EOSDA. Полученные результаты позволили оценить сезонные изменения плотности растительного покрова и режима почвенной влажности, а также обеспечить комплексное понимание экологического состояния агроландшафтных систем. Представленные подходы обладают научной и прикладной значимостью в контексте управления земельными ресурсами, планирования сельского хозяйства и совершенствования геоинформационного мониторинга.

Ключевые слова: агроландшафт, сельскохозяйственные угодья, геосистемный анализ, дистанционное зондирование, NDVI, NDWI, влажность почвы.

Кіріспе

Қазақстан аумағындағы агроландшафттық кешендердің жай-күйін бағалау мен мониторинг жүргізу қазіргі таңда ауыл шаруашылығын цифрландыру мен экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етудің маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Себебі, ауыл шаруашылығы үшін ең үлкен қауіп – температураның жоғарылауы, жауын-шашынның таралу режимінің өзгеруі, теңіз деңгейінің көтерілуі (жағалаудағы ойпаттар үшін) және жиі құрғақшылық пен су тасқыны сияқты климаттың өзгеруінің көріністері, әсіресе апаттарға бейім аймақтарда (Tokbergenova A.A., Zulpykharov K.B., Mirzabaev A., Kaliyeva D.M., Taukebayev O.Zh., Yesenbayev S.M., 2024: 18–33).

Әсіресе, климаттың ғаламдық өзгерістері мен гидрометеорологиялық жағдайлардың тұрақсыздығы жағдайында, агроландшафттардың микроклиматтық ерекшеліктеріне сәйкес, топырағы мен өсімдік жамылғысының жай-күйін зерделеу ерекше өзектілікке ие (Cui Y., Zhao M., Zhang Q., 2022:512; Аралова М.Қ., 2016: 44–50; Лайсханов Ш.У., 2014:49–54).

Климаттық өзгерістердің агроландшафт жүйелеріне әсерін бағалауда геожүйелік тәсілді қамтитын қашықтықтан зондтау мен геоакпа-

раттық талдау біріктірілген, қолданбалы талдау әдістері ұсынылған, соның ішінде жоғары дәлдіктегі спутниктік әдістері қарастырылған ғылыми еңбектерге шолу жасалды (Kazemi Garajeh, M., Salmani, B., Zare Naghadehi, S., Valipoori Goodarzi, H., & Khasraei, A., 2023:1057; Lottering, R., Peerbhay, K., & Adelabu, S., 2025: 4537).

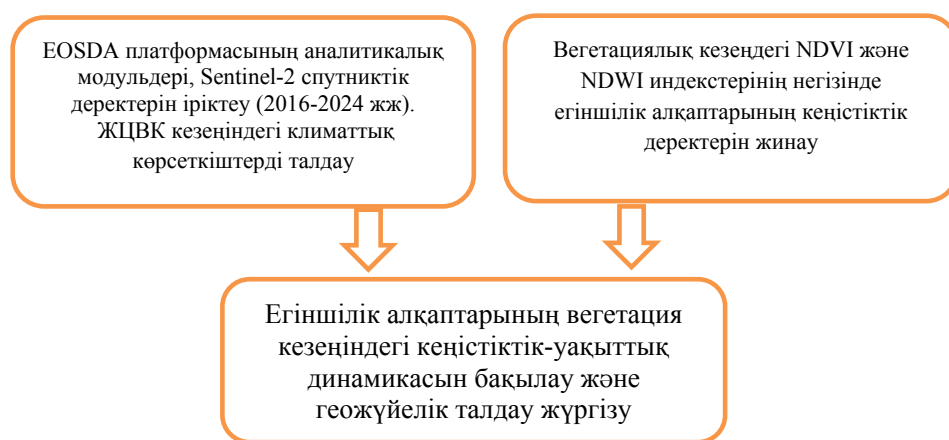
Осы тұрғыда, Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары мен геоакпараттық жүйелер (ГАЗ) арқылы алынған деректер агроландшафттардың құрылымы мен функционалдық жағдайын бағалауда тиімді құрал ретінде танылып келеді (Керімбай Н.Н., Керімбай Б.С., 2023:310). Бұл тәсілдер топырақтың ылғалдылығын, өсімдік жамылғысының вегетация кезеңіндегі динамикасын және микроклиматтық ерекшеліктерді нақты бағалауға мүмкіндік береді. Әсіресе, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) және NDWI (Normalized Difference Water Index) секілді индекстер кеңістіктік-уақыттық трендтерді айқындауда кеңінен қолданылады (Gao B.C., 1996:257–266; Sari D., Kusuma H.E., Prasetyo L.B., 2023:91-100; Керімбай Б.С., Баймырзаев К.М., Керімбай Н.Н., 2024: 27–43).

Ауылшаруашылық өндірісінің өнімділігін арттыру мен табиғи ландшафтардың ағымдағы жай-күйін бақылау және болжау мақсатында NDVI көрсеткіші өсімдік жамылғысының кү-

йін сандық түрде сипаттауға мүмкіндік береді. NDVI индексін қолдану тұжырымдамасы алғаш рет 1969 жылы америкалық ғалым Ф. Криглер және 1973 жылы Дж. Роуз тарапынан ұсынылған. Вегетациялық индекстерді қолданудың жаңа мүмкіндіктері А. Черепанов, Е. Дружинина, Е. Сутырина және басқа да зерттеушілердің еңбектерінде жан-жақты қарастырылған. (Chashina B., Ramazanova N., Atasoy E., (2021:53-64).

Осы зерттеуде Алматы облысы, Ұйғыр ауданы аумағында орналасқан Шарын өзенінің атыраулық жазығындағы агроландшафттары

мысалында топырақ ылғалдылығының кеңістіктік және уақыттық өзгерістері геожүйелік тәсіл арқылы бағаланды. Зерттеу NDWI индексінің маусымдық мәндеріне, вегетациялық кезеңдегі климаттық параметрлерге және EOSDA платформасының аналитикалық модулінде алынған спутниктік деректерге негізделді ([US EOS Data Analytics/https://eos.com/](https://eos.com/)). Бұл зерттеу нәтижелері агроэкожүйелерді тиімді басқару мен жер ресурстарын ұтымды пайдалануға бағытталған географиялық білімді кеңейтуге септігін тигізеді. Зерттеу келесі кезеңдер бойынша жүзеге асырылды (1-сурет).



1-сурет – Ұйғыр ауданы агроландшафттарының егіншілік алқаптарын зерттеу кезеңдері

Зерттеу материалдары мен әдістері

Шарын өзенінің атыраулық жазығындағы агроландшафттар геоморфологиялық, гидрологиялық және агроклиматтық жағдайларының контрастылығы және вегетациялық маусымдағы топырақ ылғалдылығының кеңістіктік өзгергіштігімен ерекшеленеді.

Зерттеу жұмысының бастапқы мәліметтері ретінде EOSDA платформасының визуалды интерфейсі қолданылды ([US EOS Data Analytics/https://eos.com/](https://eos.com/)). Бұл платформалардың сервистері географиялық зерттеулерде өңдеу алгоритмдерін қолдана отырып, ЖҚЗ деректерін өңдеу және талдау мәселелерін жоғары тиімділікпен және дәлдікпен шешеді. Зерттеу аумағы Шарын өзені атырауының егіншілік алқаптарының таңдалып алынған телімдеріне (150 км²) қатысты вегетациялық кезең шеңберінде (сәуір–қыркүйек) 2016, 2018, 2020, 2022 және 2024 жж. арналған Sentinel-2 спутниктік кескіндері ірікте-

ліп алынды. Зерттелетін аумақ бойынша қажетті кескіндер саны таңдалып, кейін біріктірілетін суреттердің орналасуы, атауы мен шекаралары анықталды.

NDWI және NDVI индекстерінің кеңістіктік-уақыттық талдауы агроландшафтардың динамикасын бағалауда тиімді құрал болып табылады. NDVI – бұл сенсорлармен өлшенетін, әр түрлі диапазондағы өсімдіктердің спектрлік шағылыстыруы. Өте жоғары шағылысатын қабілеті бар өсімдік жамылғысының және өсімдіксіз топырақтың, ғимараттардың және т.б. нысандардың арасындағы айқындылықты күшейтетін екі немесе одан да көп спектрлік жолақтардың тіркесімі. NDVI мәндерін талдауға (Черепанов А.С., Дружинина Е.Г., 2009:28-32; Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., Wardlow B., 2007:6407; Jackson T.J., Chen D., Cosh M., Lee F., Anderson M., Tucker C.J. 2004:475-482) еңбектері негіз болды.

Егіншілік алқаптарының күйіне, өнімділігіне геожүйенің физикалық-географиялық ерек-

шеліктеріне сәйкес қалыптасатын, топырақ жамылғысының ылғалдылығының өзгергіштігі үлкен әсер етеді. NDWI динамикасының үрдістері егіншілік алқаптарының құрғақшылығын бақылау үшін, таңдалып алынған телімдерде құрылған кеңістіктік-уақыттық қатарлар бойынша анықталды. 1996 жылы В.С. Gao енгізген, қалыпты жағдайдағы су индексі (NDWI) топырақ жамылғысының ылғалдығын, құрғақшылықты, сулы-батпақты жерлерді, су тасқынын анықтау үшін қолданылады (Gao, B.C., 1996:257-266). NDWI мәндері топырақтың ылғалдылығын өлшеп, егіншілік алқаптарын суарудың тиімділігін бақылап, өнімділіктің төмендеуі немесе жоғарылауы және құрғақшылыққа жедел ден қою туралы ақпарат бере алады.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Шарын өзені атырауы агроландшафт-тарының өңделген кескіндері NDWI, NDVI индекстерін кеңістіктік тұрғыдан дәл бағалауда қолданыс тапты. Сонымен қатар, ЖІҚВК-дегі кешенді климаттық параметрлер – температура (макс/мин),

жауын-шашын, топырақтың беткі және төменгі өсімдік тамыры қабатының ылғалдылығы, жел жылдамдығы, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, жауын-шашын көрсеткіштері қарастырылды (1-кесте).

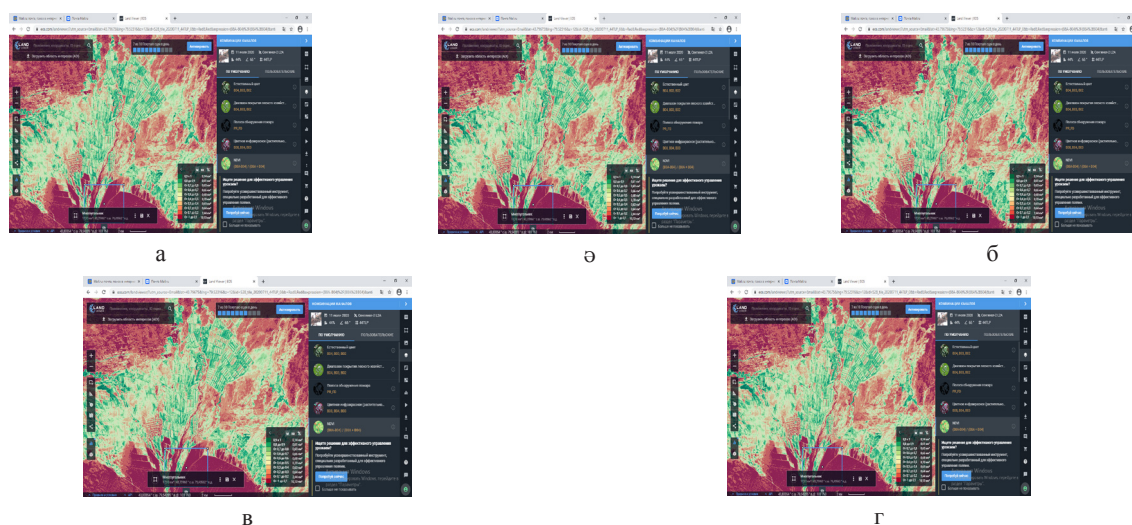
Осы мәліметтерге сәйкес, зерттеу аумағында, вегетация кезеңінде: Максималды орташа температура – 35,04°C, ал орташа мәндер 28–32°C аралығында. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы біртіндеп төмендеп, орташа көрсеткіші 41–49% шегінде өзгерген. Жауын-шашын мөлшері өте төмен – көп жағдайда 0–10 мм аралығында ғана тіркелген, бұл NDVI индексінің өзгергіштігімен тығыз байланысты.

Топырақтың беткі және төменгі өсімдік тамыры қабаттарындағы ылғалдылық кейбір маусымдарда ғана тіркеліп, орташа шамалар 9–16% аралығында.

NDVI кескіндерінде (2016–2024 жж.) вегетациялық белсенділік жылдар бойынша өзгеріп отырғаны байқалады. Бұл өсімдік жамылғысы мен климаттық факторлар арасындағы өзара байланысты дәлелдеуге негіз береді (2-сурет).

1-кесте – Ұйғыр ауданы, Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының ЖІҚВК-дегі климаттық кешенді көрсеткіштері

Мерзімі	NDVI	Макс t°C	Мин t°C	Топырақтың беткі қабатының ылғалдылығы (%)	Топырақтың төменгі, қабатының ылғалдылығы (%)	Желдің жылдамдығы (м/с)	Ауаның ылғалдылығы (%)	Жауын-шашын (мм)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	-	28,54	17,96	16,39	14,25	2,62	62,97	9,66
	-	30,77	18,61	-	-	2,38	56	0
	-	31	19,5	-	-	2,9	52,23	9,66
Вегетация кезеңі	-	35,04	19,41	-	-	1,92	49,67	0
	-	32,28	16,91	13,55	13,19	1,8	57,58	0
	0,54	30,13	18,25	-	-	2,68	55,42	10,64
	-	32,56	21,62	9,89	11,02	2,78	43,61	0
	-	32,47	21,03	-	-	2,6	44,58	0
	0,24	36,21	19,26	9,95	11,4	2,98	41,73	0
	-	28,77	18,78	11,45	13,06	2,96	57,93	5,09
	-	31,24	19,26	-	-	2,76	47,13	10,19
	-	29,95	19,43	10,58	13,82	2,52	45,04	0
	-	17,56	11,2	-	-	2,95	74,68	5,24



2-сурет – Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының NDVI ғарыштық суреттері (2016-2024 жж., Sentinel-2): а-2024; ө – 2022; б – 2020; в – 2018; г – 2016

Шарын өзені атырауы агроландшафттарының өсімдік жамылғысы типі бойынша кеңістіктік-уақыттық қатарлары, NDVI мәндері мен ауданы 2-ші

кестеде, ал вегетация кезеңіндегі минималды, максималды және орташа: бастапқы (mean a) және соңғы (mean b) NDVI мәндері 3-ші кестеде көрсетілді.

2-кесте – Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының өсімдік жамылғысы типі бойынша NDVI динамикасы, 2016-2024 ж.

NDVI индексі	Жамылғы түрі	Ауданы, км ² , жылдар				
		2016	2018	2020	2022	2024
0.8 – 1	Максималды тығыз өсімдік жамылғысы	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6-0.8	Тығыз өсімдік жамылғысы	23.33	25.27	18.11	24.48	19.66
0.4-0.6	Қоңыржай өсімдік жамылғысы	25.97	22.78	23.01	17.61	17.47
0.2-0.4	Сирек өсімдік жамылғысы	31.61	26.76	30.26	24.32	22.90
0.1-0.2	Ашық топырақ	11.96	17.38	18.46	16.31	15.30
-1 до 0.1	Вегетациясыз	1.44	2.45	3.55	6.60	10.18

3-кесте – Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының вегетация кезеңіндегі минималды, максималды және орташа: (бастапқы-соңғы) NDVI мәндері, 2016-2024 ж.

Жылдар	NDVI			
	mean a	mean b	min	max
2016	0.41	0.43	-0.20	0.64
2018	0.40	0.42	-0.28	0.62
2020	0.36	0.39	-0.24	0.60
2022	0.37	0.39	-0.21	0.60
2024	0.37	0.40	-0.18	0.66

2 кестенің деректеріне сәйкес, кеңістік – уақыттық өзгерістер, тығыз өсімдік жамылғысы (0.6–0.8): 2016 ж. 23.33 км² → 2024 ж. 19.66 км², жалпы төмендеу: -3.67 км², ал 2020 ж. күрт төмендеген (18.11 км²). Бұл агрошаруашылық белсенділік немесе климаттық факторлардың әсерін көрсетуі мүмкін. Қоңыржай өсімдік жамылғысы (0.4–0.6): 2016 ж.: 25.97 км² → 2024 ж.: 17.47 км², тұрақты төмендеу байқалады: -8.5 км². Сирек өсімдік жамылғысы (0.2–0.4): 2016 ж.: 31.61 км² → 2024 ж.: 22.90 км², -8.71 км², бұл да вегетациялық жабындының біртіндеп нашарлағанын көрсетеді. Ашық топырақ (0.1–0.2) 2016 ж.: 11.96 км² → 2024 ж.: 15.30 км²+3.34 км², өсімдіктің деградациясы немесе егістік айналымының өзгеруінен болуы мүмкін. Вегетациясыз аумақ (-1–0.1) 2016 ж.: 1.44 км² → 2024 ж.: 10.18 км². Бұл көрсеткіш 6 есе артқан, яғни өсімдік жамылғысы жоқ ашық топырақ аумақтарының айтарлықтай кеңеюін көрсетеді.

3 кестенің деректеріне сәйкес, 2016–2024 жж. аралығында орташа NDVI мәндері айтарлықтай өзгермеген: бастапқы (mean a): 0.41 – 0.37 және соңғы (mean b): 0.43 – 0.40. Бұл өсімдіктердің жалпы өнімділігінде әлсіз төмендеу бар екенін көрсетеді, бірақ динамиканың тұрақты сипатта екендігін көрсетеді.

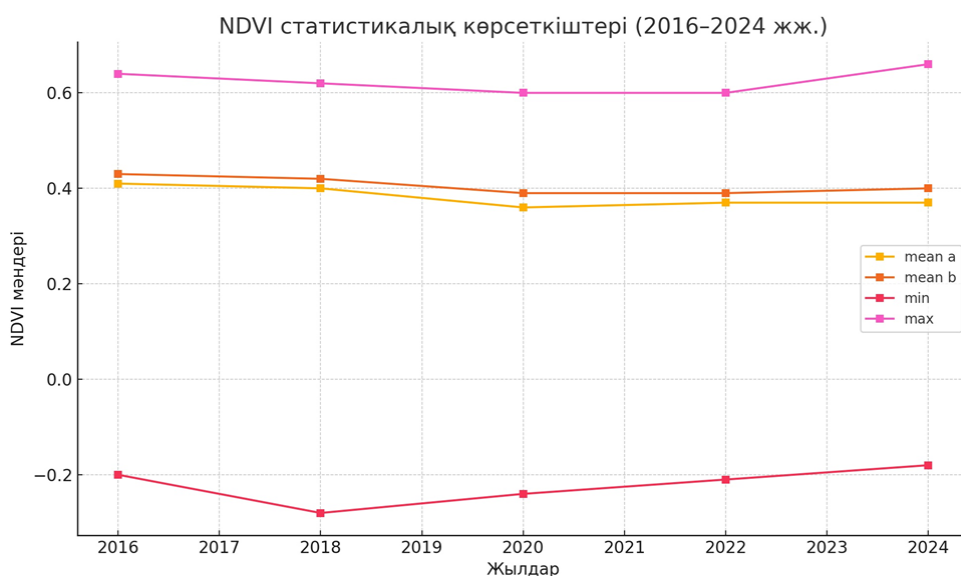
Экстремалды мәндеріне келсек, минималды NDVI көрсеткіштері -0.28 бен -0.18 аралығында өзгеріп, 2024 ж. ең жоғары мәнге жетті (яғни, ең

төмен вегетация жағдайы жақсарды). Максималды NDVI 0.60–0.66 аралығында тұрақты болды. Бұл жоғары өсімдік тығыздығы бар аудандардың белгілі бір деңгейде сақталып отырғанын білдіреді.

NDVI индексінің жалпы орташа мәндері салыстырмалы түрде тұрақты болғанымен, жоғары вегетациялық жабынды аудандары азайып, вегетациясыз және ашық топырақты аумақтар артты. Бұл тенденция шөлейттену, құрғақшылық, немесе жер пайдалану өзгерістерімен (мысалы, жайылымдық/егіндік қысқаруы) байланысты болуы мүмкін.

2024 жылы максималды NDVI 0.66 болғаны – кейбір учаскелерде экожүйе әлеуеті сақталып отырғанын көрсетеді. Бұл нәтижелерге қарап қалпына келтіру немесе дұрыс басқару стратегияларының қажеттілігі айқын байқалады. NDVI мәндері динамикасының кеңістіктік – уақыттық қатарларының интервалдарына сәйкес өсімдік жамылғысы типтерінің ауданы қалай өзгергенін көрсетеді және өсімдік жамылғысының күйі мен тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді. Мұнда тығыз және қоңыржай өсімдік жамылғысы бар аумақтардың азаюы, ал вегетациясыз және ашық топырақты жерлердің ұлғаюы көрініп тұр.

5-суретте вегетация кезеңіндегі орташа (бастапқы және соңғы), минималды және максималды NDVI мәндерінің статистикалық көрсеткіштерінің динамикасы берілді.



3-сурет – Вегетация кезеңіндегі орташа (бастапқы және соңғы), минималды және максималды NDVI мәндерінің 2016–2024 жылдар аралығындағы динамикасы

NDWI мәндері негізінде 2016–2024 жылдар аралығындағы топырақ ылғалдылығының және минималды, максималды және орташа NDWI

мәндері динамикасы қарастырылып, әр жылдағы маусымдық өзгерістерге талдау жасалды (4-кесте және 5-кесте).

4-кесте – Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының NDWI мәндері, 2016-2024 ж.

NDWI индексі	Жамылғы түрі	Ауданы, км ² , жылдар				
		2016	2018	2020	2022	2024
0.2-0.1	Ашық су беті	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001
0-0.2	Субасу, ылғалдылық	0.076	0.013	0.016	0.00	0.217
-0.3-0	Қоңыржай қуаңшылық, сулы емес беттер	141.34	141.61	141.61	141.44	141.38
-0.6-0.3	Қуаңшылық, сулы емес беттер	0.049	0.006	0.00	0.19	0.026
-1-0.6	Құрғақшылық	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5-кесте – Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының минималды, максималды және орташа NDWI мәндері, 2016-2024 ж.

Жылдар	NDWI mean	min	max
2016	-0.17	-0.53	0.21
2018	-0.15	-0.40	0.13
2020	-0.09	-0.25	0.09
2022	-0.16	-0.56	0.12
2024	-0.13	-0.32	0.35

Осы мәліметтерге сәйкес, зерттеу нысанының басым бөлігінде (-0.3–0.0) мәндері, яғни қоңыржай қуаңшылық жағдайы үстем. 2024 жылы салыстырмалы түрде жоғары NDWI мәндері (0.217 км²) тіркелген, бұл су тасқындары мен уақытша батпақты жағдайлардың ықтималдығын көрсетеді. Алайда, тұрақты ылғалдылық тек 2024 жылы ғана (0.001 км²) өте аз көлемде байқалады, басқа жылдары тіркелмеген. NDWI мәндерінің орташа көрсеткіштері 2016–2024 жылдар аралығында біршама тұрақты теріс деңгейде қалып отыр: 2016 ж.: -0.17; 2020 ж.: -0.09; 2024 ж.: -0.13. Бұл көрсеткіштер агроландшафттардың топырақ ылғалдылығында негізінен қуаңшылықтың орташа түрі қалыптасқанын, бірақ кейбір жылдары уақытша ылғалдану деңгейінің жоғарылау үдерістері байқалатынын көрсетеді.

Талдау нәтижесінде 2016–2024 жж. аралығындағы әрбір жыл үшін, құрғақшылық пен ылғалдану аумақтары интерпретацияланып, кеңістіктік-уақыттық қатарлар негізінде NDVI мен NDWI арасындағы жылдық байланыс қарастырылды (6-сурет).

Өсімдіктердің тығыздығын сипаттайтын NDVI және топырақ ылғалдылығын көрсететін NDWI индекстері 2020 және 2024 жылдары салыстырмалы түрде жоғары, бұл вегетация белсенділігі мен топырақ ылғалдылығы арасында оң байланыс бар екенін көрсетеді. 2016 ж. NDWI төмендеген жылдары NDVI мәні де төмендеген. Бұл екі көрсеткіштің үйлесімді қолданылуы агроландшафттардың динамикасын жүйелі бағалауға мүмкіндік береді.



4-сурет – Шарын өзені атырауы егіншілік алқабының 2016–2024 жж. аралығындағы NDVI мен NDWI индекстерінің байланысы

Зерттеу нәтижелері агроландшафттардың топырақ ылғалдылығының кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін бағалауда NDWI индексінің тиімді индикатор екенін көрсетеді. NDWI индексінің динамикасын интерпретациялау барысында паншарпенинг әдісі қолданылған кескіндер нақты құрылымдық ерекшеліктерді ажыратуға мүмкіндік берді. Бұл әсіресе егіншілік танаптары ішіндегі ылғал айырмашылықтарын, микробатпақты жүйелерді, сондай-ақ су ағыны жолдарын ажыратуда маңызды.

Қорытынды

Зерттеу Алматы облысы, Ұйғыр ауданы аумағындағы Шарын өзенінің атыраулық жазығында орналасқан егіншілік алқабының физикалық-географиялық жағдайын геожүйелік талдау негізінде жүргізілді. Жұмыс барысында цифрлық әдістер мен заманауи дереккөздер кешенді түрде қолданылып, агроландшафттардың географиялық жағдайы жан-жақты бағаланды. ЖҚЗ деректерін пайдалану нәтижесінде Sentinel-2 серігінен алынған көп арналы кескіндер арқылы NDWI және NDVI индекстеріне талдау жүргізілді. Бұл көрсеткіштер өсімдіктердің вегетациялық белсенділігі мен топырақтағы ылғалдың маусымдық өзгерістерін бағалауға мүмкіндік берді. NDWI индексі әсіресе көктем және ерте жаз мезгілдерінде жоғары мәндер көрсетіп, топырақтың ылғалмен қанығуын нақты көрсетті.

Зерттеу аумағының микроклиматтық жағдайы, топырақ ылғалдылығы мен өсімдік жамылғысының тығыздығының динамикасына геожүйелік

талдауы жүргізілді. Бұл тәсіл агроландшафттардың экологиялық – географиялық әртүрлілігін ескеріп, топырақ ылғалдылығына әсер етуші факторларды анықтауға мүмкіндік берді.

ЖҚЗ деректері нәтижесінде NDVI, ауа температурасы (макс, мин), жауын-шашын, жел жылдамдығы, топырақ ылғалдылығының беткі және өсімдіктің тамыры қабаттарындағы мәндері салыстырмалы түрде сарапталды. NDWI мен топырақтың нақты ылғалдылық көрсеткіштері арасында өзара жоғары корреляция байқалды, маусымдық өзгерістер айқындалды. NDWI индексі топырақ ылғалдылығын бағалауда сенімді индикатор болып табылады және агроклиматтық факторларға сезімтал; NDWI мен NDVI арасындағы байланыс өсімдік жамылғысының ылғалға тәуелділігін айқындауға мүмкіндік берді; Геожүйелік талдау мен ЖҚЗ деректерін интеграциялау агроландшафттардың топырақ және өсімдіктер жамылғысы, климат және гидрологиялық факторлар арасындағы өзара байланыстарды ескеруге мүмкіндік береді, ылғалдылық режимін кешенді бағалаудағы тиімді әдіс деген тұжырым жасалды.

Қорытындылай келе, бұл зерттеу агроландшафттарды басқаруда, су ресурстарын тиімді пайдалануда, ауылшаруашылық жерлерді жоспарлау мен құрғақшылыққа бейім аймақтарда бейімделу стратегияларын құруда ғылыми негізделген әдістемелік үлгі бола алады. ЖҚЗ технологияларын геожүйелік талдау тәсілімен біріктіру – ландшафтық үдерістерді зерттеудің қазіргі заманауи және перспективалық бағыты ретінде бағаланады.

Әдебиеттер

- Аралова, М. К. (2016). Геоакпараттық технологиялар арқылы табиғи агроландшафтарды зерттеу әдістері. ҚР ҰҒА Хабаршысы. География сериясы, (4), 44–50. [In Kazakh]
- Chashina, B., Ramazanov, N., & Atasoy, E. (2021). Analysis of the state of plant cover of the Berezovka river basin of the West-Kazakhstan region based on NDVI. *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya*, 2(61), 53–64. <https://bulletin-geography.kaznu.kz>
- Cui, Y., Zhao, M., & Zhang, Q. (2022). Monitoring soil moisture using NDWI and remote sensing data: A case study of semiarid croplands. *Remote Sensing*, 14(3), 512. <https://doi.org/10.3390/rs14030512>
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., Wardlow B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*. 34(6), J06407. <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>
- Kazemi Garajeh, M., Salmani, B., Zare Naghadehi, S., Valipoori Goodarzi, H., & Khasraei, A. (2023). An integrated approach of remote sensing and geospatial analysis for modeling and predicting the impacts of climate change on food security. *Scientific Reports*, 13, 1057. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28244-5>
- Керімбай, Б.С., Баймырзаев, Қ.М., & Керімбай, Н.Н. (2024). Значение физико-географических исследований в контексте глобальных изменений природной среды. Вестник КазНУ. Серия географическая, 73(2), 27–43. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v73.i2-03> [In Russian]
- Керімбай, Н.Н., & Керімбай, Б.С. (2023). Жерді қашықтықтан зондылауды геоакпараттық технологиялар әдістерімен талдау. Алматы: Дарын. [In Kazakh]
- Jackson T.J., Chen D., Cosh M., Lee F., Anderson M., Tucker C.J. (2004). Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. *Remote Sensing of Environment*. 92, 475–482.
- Лайсханов, Ш. У. (2014). Условия развития природно-хозяйственных систем в агроландшафтах Отрарского района Южно-Казахстанской области. Вестник КазНУ. Серия географическая, 39(2), 49–54. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/view/694/580> [In Russian]
- Lottering, R., Peerbhay, K., & Adelabu, S. (2025). Remote sensing applications in agricultural, earth and environmental sciences. *Applied Sciences*, 15(8), 4537. <https://doi.org/10.3390/app15084537>
- Sari, D., Kusuma, H. E., & Prasetyo, L. B. (2023). NDVI and NDWI analysis for land use change monitoring in agricultural regions. *Journal of Environmental Geography*, 16(2), 91–100. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2023-0012>
- Tokbergenova, A. A., Zulpikharov, K. B., Mirzabaev, A., Kaliyeva, D. M., Taukebayev, O. Zh., & Yesenbayev, S. M. (2024). Rational use of agricultural land of the West Kazakhstan region in the context of climate change. *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya*, 1(72), 18–33. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/view/1379/836>
- US Earth Observing System. (2025, January 07). EOS DA <https://eos.com/>
- Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. (2009). Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. Геоматика, 3, 28–32.

References

- Aralova, M. K. (2016). Geoakparattyk tekhnologiyalar arqyly tabigi agrolandshafttardy zertteu adisteri [Methods for studying natural agro-landscapes using geoinformation technologies]. *Izvestiya NAN RK. Seriya Geograficheskaya*, (4), 44–50.
- Chashina, B., Ramazanov, N., & Atasoy, E. (2021). Analysis of the state of plant cover of the Berezovka river basin of the West-Kazakhstan region based on NDVI. *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya*, 2(61), 53–64. <https://bulletin-geography.kaznu.kz>
- Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. (2009). Spectral properties of vegetation and vegetation indices, *Geomatics*, 3, 28–32.
- Cui, Y., Zhao, M., & Zhang, Q. (2022). Monitoring soil moisture using NDWI and remote sensing data: A case study of semiarid croplands. *Remote Sensing*, 14(3), 512. <https://doi.org/10.3390/rs14030512>
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., Wardlow B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*. 34(6), J06407. <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>
- Kazemi Garajeh, M., Salmani, B., Zare Naghadehi, S., Valipoori Goodarzi, H., & Khasraei, A. (2023). An integrated approach of remote sensing and geospatial analysis for modeling and predicting the impacts of climate change on food security. *Scientific Reports*, 13, 1057. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28244-5>
- Kerimbay, B. S., Baimyrzaev, K. M., & Kerimbay, N. N. (2024). Znachenie fiziko-geograficheskikh issledovaniy v kontekste global'nykh izmeneniy prirodnoi sredy [The significance of physical-geographical studies in the context of global environmental change]. *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya*, 73(2), 27–43. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v73.i2-03>
- Kerimbay, N. N., & Kerimbay, B. S. (2023). Analysis of remote sensing of the Earth by methods of geoinformation technologies. *Almaty: Daryn*. [In Kazakh]

Jackson T.J., Chen D., Cosh M., Lee F., Anderson M., Tucker C.J. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans // Remote Sensing of Environment. – 2004. – Vol. 92. – P. 475-482.

Laiskhanov, Sh. U. (2014). Usloviya razvitiya prirodno-khozyaistvennykh sistem v agrolandshaftakh Otrarского raiona Yuzhno-Kazakhstanskoi oblasti [Development conditions of natural-economic systems in the agro-landscapes of Otrar District, South Kazakhstan Region]. Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya, 39(2), 49–54. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/view/694/580>

Lottering, R., Peerbhay, K., & Adelabu, S. (2025). Remote sensing applications in agricultural, earth and environmental sciences. *Applied Sciences*, 15(8), 4537. <https://doi.org/10.3390/app15084537>

Sari, D., Kusuma, H. E., & Prasetyo, L. B. (2023). NDVI and NDWI analysis for land use change monitoring in agricultural regions. *Journal of Environmental Geography*, 16(2), 91–100. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2023-0012>

Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Mirzabaev, A., Kaliyeva, D. M., Taukebayev, O. Zh., & Yesenbayev, S. M. (2024). Rational use of agricultural land of the West Kazakhstan region in the context of climate change. Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya, 1(72), 18–33. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/view/1379/836>

US Earth Observing System. (2025, January 07). EOS DA <https://eos.com/>

Авторлар туралы мәлімет:

Керімбай Баян Сүлейменқызы – PhD, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ Жаратылыстану-Техникалық факультетінің қауымдастырылған профессор (доцент) м.а (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: bayan.kerimbay.65@mail.ru);

Баймырзаев Қуат Маратұлы – география ғылымдарының докторы, профессор, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Биотехнология және Экология Ғылыми зерттеу институтының директоры (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: baimyrzaev_km@zhgu.kz);

Керімбай Нұржан Нұрбергеноұлы (корреспондент-автор) – география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Биотехнология және Экология Ғылыми зерттеу институтының экология зертханасының меңгерушісі (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: n.kerimbay@mail.ru);

Бахыт Мәлдір Бахытқызы – «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ», Картография және геоинформатика кафедрасы, «8D07303 – Картография» мамандығының докторанты. эл.почта: (Алматы қ., Қазақстан, m.bakhyt66@gmail.com);

Таженова Сандугаш Калмаханқызы – география магистрі, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕ АҚ, Жаратылыстану институтының аға оқытушысы (Қызылорда қ., Қазақстан, эл. почта: sandugash_77.09@mail.ru)

Information about the authors:

Kerimbay Bayan – PhD, Acting Associate Professor (Associate Professor) of the Faculty of Natural Sciences and technology of the NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: bayan.kerimbay.65@mail.ru);

Baimyrzaev Kuat – director of Biotechnology and Ecology of the Research Institute of NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: baimyrzaev_km@zhgu.kz);

Kerimbay Nurzhan (corresponding author) – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Ecology Laboratory of the Research Institute of Biotechnology and Ecology NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: n.kerimbay@mail.ru);

Bakhyt Moldir – Doctoral student of the “8D07303 – cartography” of the Department of cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.bakhyt66@gmail.com);

Tazhenova Sandugash – Master of Geography, Senior Lecturer of the Institute of Natural Sciences of the NAO «Kyzylorda University named after Korkyt Ata» (Kyzylorda, Kazakhstan, e-mail: sandugash_77.09@mail.ru);

Сведения об авторах:

Керімбай Баян Сүлейменовна – кандидат наук (PhD), доцент (ассоциированный профессор) факультета естественных и технических наук Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, эл. почта: bayan.kerimbay.65@mail.ru);

Баймырзаев Қуат Маратович – доктор географических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, эл. почта: baimyrzaev_km@zhgu.kz);

Керімбай Нұржан Нұрбергенович (корреспондент-автор) – кандидат географических наук, доцент (ассоциированный профессор), заведующий лабораторией экологии Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, эл. почта: n.kerimbay@mail.ru);

Бахыт Молдір Бахытқызы – докторант кафедры картографии и геоинформатики Казахского национального университета имени аль-Фараби, направление «Картография» (Алматы, Казахстан, эл. почта: m.bakhyt66@gmail.com);

Таженова Сандугаш Калмаханқызы – магистр географии, старший преподаватель Института естественных наук Казахского университета имени Коркыта Ата (Кызылорда, Казахстан, эл. почта: sandugash_77.09@mail.ru).

Жіберілді: 12 маусым 2025 жыл

Қабылданды: 09 тамыз 2025 жыл

А.А. Токбергенова², С.М. Дуйсенбаев^{2*}, К.Б. Зулпыхаров^{1,2},
О.Ж. Таукебаев¹, Б. Біләлов², Б. Сатвалдиев²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Центр космических технологий и дистанционного зондирования Земли, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан

*e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

В предложенной работе рассматриваются современные физико-географические условия при изменениях климатических параметров. Климат, как один из важнейших факторов динамики и развития современных природных комплексов оказывает значительное воздействие на все ландшафтообразующие факторы. Динамичное изменение термического режима атмосферы приземного слоя воздуха в глобальном масштабе должны привести к ухудшению состояния естественных ландшафтов. В статье указывается, что за кратковременный период изменения климатических факторов, литогенная основа природного комплекса не может динамично меняться. Данное предположение обосновывается на результатах полевых исследований и литературный обзор по данной тематике. Для выполнения данного исследования были проведены сопряженный анализ литературных источников с современным картографическим материалом и спутниковыми снимками, проведен статистический анализ трендов изменений среднегодовой температуры воздуха приземного слоя и среднегодового количества атмосферных осадков по полевым точкам наблюдений. Результаты полевых и лабораторных исследований указывают на стабильность литогенной основы естественных природных комплексов, в том числе геолого-геоморфологических, почвообразующих процессов. Растительный покров и поверхностные воды показывают периодичность изменений, т. е. естественный ход их развития от влажных к засушливым периодам и наоборот. В результате данного исследования, без учета прямого антропогенного давления на естественные природные комплексы, можно предположить, что естественные природные комплексы не могут за несколько десятилетий измениться коренным образом. Для такого процесса при современном тренде изменения климатических показателей необходимо более длительный период.

Ключевые слова: ландшафт, природный комплекс, литогенная основа, климатические показатели, деградация, природная зона.

A.A. Tokbergenova², S.M. Duysenbayev^{2*}, K.B. Zulpykharov^{1,2},
O.Zh. Taukebayev¹, B. Bilalov², B. Satvaldiyev²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Space technologies and remote sensing Center, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com

Review of Modern Physical and Geographical Features of Western Kazakhstan in the Context of Global Climate Change

This paper examines the current physical and geographical conditions of Western Kazakhstan in the context of changing climate parameters. Climate, as one of the most critical factors influencing the dynamics and development of modern natural systems, significantly affects all landscape-forming components. The global, dynamic changes in the thermal regime of the near-surface atmospheric layer are expected to lead to the degradation of natural landscapes. The study highlights that over a relatively short period, shifts in climatic factors do not result in equally rapid changes in the lithogenic foundation of natural systems. This assumption is supported by both field research results and a review of relevant literature. The research involved a comparative analysis of literature sources, modern cartographic data, and satellite imagery. Additionally, statistical analysis was conducted on trends in the annual average near-surface air temperature and the annual amount of atmospheric precipitation based on field observation points. The results of field and laboratory studies indicate the stability of the lithogenic base of natural systems, including geological and geomorphological structures and soil-forming processes. In

contrast, vegetation and surface waters show cyclical changes, reflecting natural shifts between wetter and drier periods. The study concludes that, in the absence of direct anthropogenic pressure, natural systems are unlikely to undergo fundamental transformation within just a few decades. For such substantial changes to occur under the current climate change trends, a significantly longer period would be required.

Keywords: landscape, natural system, lithogenic foundation, climate indicators, degradation, natural zone.

А.А. Токбергенова², С.М. Дуйсенбаев^{2*}, К.Б. Зулпыхаров^{1,2},
О.Ж. Таукебаев¹, Б. Біләлов², Б. Сатвалдиев²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Ғарыштық технологиялар және Жерді қашықтан зондау орталығы, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com

Жаһандық климаттық өзгерістер аясында Батыс Қазақстанның қазіргі физикалық-географиялық ерекшеліктеріне шолу

Ұсынылған жұмыста климаттық параметрлердің өзгеруі кезіндегі қазіргі заманғы физикалық-географиялық жағдайлар қарастырылады. Климат қазіргі заманғы табиғи кешендердің серпіні мен дамуының маңызды факторларының бірі ретінде барлық ландшафт құраушы факторларға айтарлықтай әсер етеді. Жаһандық ауқымдағы жер бетіндегі ауа қабатында атмосфераның термикалық режимінің серпінді өзгеруі табиғи ландшафтардың жай-күйінің нашарлауына алып келуі тиіс. Мақалада климаттық факторлардың өзгеруінің қысқа мерзімді кезеңінде табиғи кешеннің литогендік негізі серпінді өзгермейтіні көрсетіледі. Бұл болжам далалық зерттеу нәтижелеріне және осы тақырып бойынша әдеби шолуға негізделеді. Осы зерттеуді орындау үшін әдеби дереккөздерге қазіргі картографиялық материалдармен және спутниктік суреттермен ұштасқан талдау жүргізілді, далалық бақылау нүктелері бойынша жер беті қабаты ауасының орташа жылдық температурасының және атмосфералық жауын-шашынның орташа жылдық мөлшерінің өзгеру трендтеріне статистикалық талдау жүргізілді. Далалық және зертханалық зерттеулердің нәтижелері табиғи кешендердің, оның ішінде геологиялық-геоморфологиялық, топырақ түзу процестерінің литогендік негізінің тұрақтылығын көрсетеді. Өсімдік жамылғысы мен жер үсті сулары өзгерістердің кезеңділігін, яғни олардың ылғалды кезеңнен құрғақшылыққа қарай және керісінше табиғи даму барысын көрсетеді. Осы зерттеу нәтижесінде табиғи кешендерге тікелей антропогендік қысымды есептегенде, табиғи кешендер бірнеше онжылдықта түбегейлі өзгермейді деп болжауға болады. Климаттық көрсеткіштердің өзгеруінің қазіргі трендінде мұндай үдеріс үшін неғұрлым ұзақ кезең қажет.

Түйін сөздер: ландшафт, табиғи кешен, литогендік негіз, климаттық көрсеткіштер, деградация, табиғи аймақ.

Введение

Целью представленной работы является описание современной физико-географической ситуации на территории Западного Казахстана в условиях динамичных климатических изменений. Под физико-географическим условиями подразумеваются общепринятые природные компоненты – рельеф и горными породами, климатические условия, поверхностные и подземные воды, почвы, растительный покров и животный мир, которые являются составными частями природного комплекса. Из указанных компонентов самые динамичные растительный покров и животный мир, поверхностные воды, менее динамичны климатические условия. Литогенная часть природного комплекса, состоящие из различных горных пород в сочетании с

водой и живыми организмами более консервативна, относительно предыдущих.

В данной работе описание физико-географических условий и ее динамика представлена в классической форме, после географического положения идет описание литогенной основы территории, далее климатические показатели в динамике, которые играют значительную роль в геолого-геоморфологических процессах, в образовании и размещения поверхностных и подземных вод. Также рассматриваются вопросы влияния климатического фактора на почвенно-растительный покров, как самые динамичные физико-географические факторы [1] Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al 2) Гельфан, А. и др., 2024].

Глобальное изменение климатических показателей оказывают существенное влияние на

многие физико-географические компоненты, в некоторых случаях, например, удлинение вегетационного периода положительно сказывается на растительном покрове, в то же время увеличение амплитуды среднегодовой температуры негативно отражается на его состоянии.

В представленной работе не рассматриваются процессы воздействия антропогенной деятельности на естественные природные комплексы. Антропогенный фактор действующий на динамику и развитие естественных природных комплексов имеет огромное значение, но ограничено по площади. Необходимо отметить, что

влияние некоторых отраслей промышленности и сельского хозяйства приводят к коренному изменению ландшафтов.

Территория исследования: Актюбинская, Атырауская, Западно-Казахстанская и Мангистауская административные области Республики Казахстан (рисунок 1). Общая площадь рассматриваемой территории 736241 км², население составляет 3120433 человек (2022), плотность составляет 4,24 человека на 1 км². Западный Казахстан является минерально-сырьевой базой республики – добыча и переработка углеводородного сырья, рудных и нерудных полезных ископаемых.

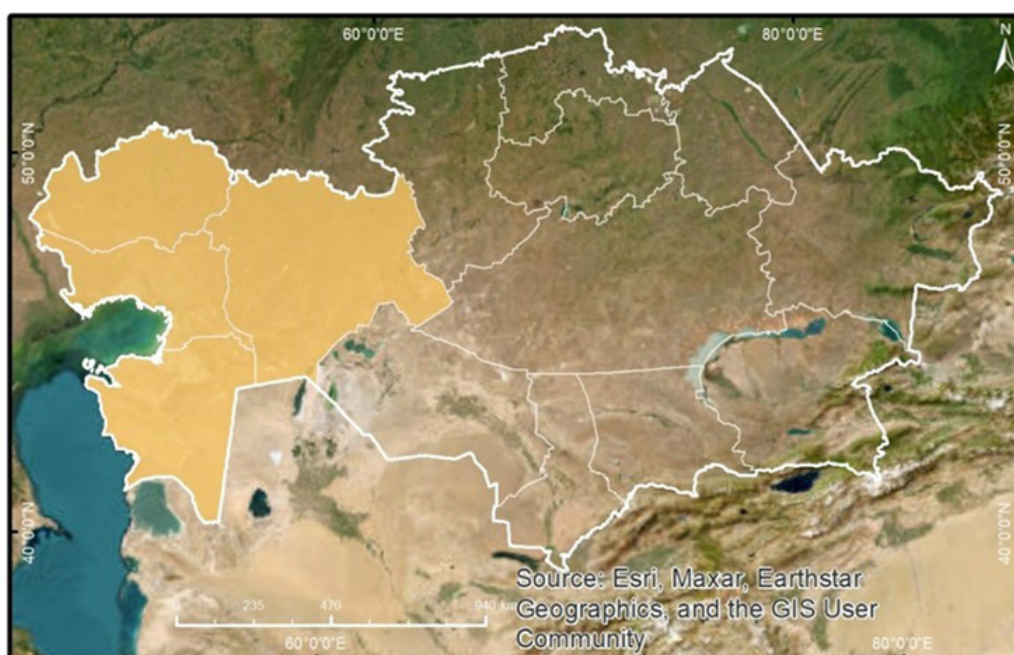


Рисунок 1 – Исследуемый район

Хорошо развиты все отрасли сельского хозяйства в Актюбинской и Западно-Казахстанской областях. Природные условия Мангистауской и Атырауской областей существенно ограничивают развитие сельского хозяйства, в особенности растениеводства.

Значительная освоенность в промышленном и сельскохозяйственном отношении исследуемой территории ведет к усилению антропогенной нагрузки на естественные ландшафты. Динамичные изменения климата и усиление антропогенного воздействия на природные комплексы региона должно привести к каким-либо изменениям всех ландшафтообразующих компонентов без исключения. Степень измене-

ния под воздействием изменения климата будет различной, в силу различной устойчивости компонентов. В частности, литогенный компонент и масштабные геоморфологические процессы практически мало изменятся за промежуток времени динамичных изменений климата, примерно последние 60 лет. Почвенный покров без учета антропогенного воздействия, также мало изменится. Необходимо учесть, что воздействие изменения климата на естественные ландшафты будет медленнее, так как, продолжительность и флуктуация климатических показателей ведут к малозаметным изменениям. Самый динамичный фактор ландшафта – растительный покров, успевает за моменты флук-

туации атмосферных осадков и температурного режима восстановиться.

Антропогенный фактор меняет весь облик ландшафта за кратчайший период – часы, день, месяц, год, несколько лет, т.е. необходимо уяснить, что эти две причины изменения ландшафта воздействуют с различной скоростью. Отсутствие систематических инструментальных наблюдений в доиндустриальный период (более точнее до второй половины XX века) усложняет определение отправной точки состояния физико-географических условий как общем в географической оболочке, так и в частности на территории Западного Казахстана.

Для выяснения физико-географической ситуации на исследуемой территории были проанализированы гипсометрические профили полученные с помощью Google Earth Pro, климатические показатели на основе данных «Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific data, 7(1), 109» и «Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана» (Harris I. et.al., 2020, Ежегодный бюллетень), использованы полевые данные (визуальные обследования физико-географических условий на точках наблюдения, наземные и воздушные (дрон) фотографии) за период 2023-2024 годы. За период работы были исследованы 67 ключевых точек, которые были выбраны с учетом зональных особенностей природных комплексов.

Последствия катастрофических природных явлений, проявляющиеся на территории проживания населения, разработок полезных ископаемых, дорожной и другой инфраструктуры часто являются затратными, требующие больших финансовых расходов в кратчайший период. Поэтому исследования проблем влияния природных явлений, образующие вследствие динамических климатических процессов, на литогенную основу природного комплекса становятся необходимостью, так как, увеличение годовой амплитуды температуры приземного слоя атмосферного воздуха, перепады показателя среднегодового количества атмосферных осадков ведет к активному развитию физического выветривания горных пород.

Исходные точки от которого ведется отсчет изменения природных условий Западного Казахстана не имеет четкой основы в виде количественных и качественных показателей физико-географических условий территории

(имеется ввиду вековые изменения). Выявление указанной основы необходимо для определения степени риска климатических изменений на исследуемой территории. Физико-географические условия территории по сути динамичны, на которые влияют большое количество глобальных, региональных и локальных факторов. С этой точки зрения была проведена попытка определения относительной устойчивости и динамики изменения физико-географических условий территории Западного Казахстана.

В целом физико-географические условия достаточно консервативны, и слабо динамичны под влиянием прямых природных изменений, исключая катастрофические явления, если они охватывают тысячи квадратных километров на равнинах и происходят в течение короткого времени (часы, сутки, возможно недели и месяцы). Например, явления паводков – результат обильных осадков в холодный период в условиях Западного Казахстана и быстрого таяния. Влияние данного явления с точки зрения жизнедеятельности человеческого общества катастрофичны – разрушения, ущерб в денежном выражении, приостановка деятельности многих предприятий и организаций на период паводка и т.п. Влияние паводка на почвообразовательные процессы, вегетации растительного покрова, в некоторых случаях для животного мира можно считать положительным, так как обводняется засушливые земли, увеличивается урожайность естественной растительности, приводящая к увеличению популяции животных. Влияние данного паводкового явления на литогенные факторы природного комплекса территории Западного Казахстана, в принципе не значительны в площадном порядке, но значительны локально, в частности усилилась эрозионная деятельность в речных долинах. Большая часть территории представлена слабо-наклонной равниной, главным базисом эрозии является Каспийское море для западной большей части региона. Восточная половина – наклонная равнина с базисом эрозии – Тургайская ложбина. Таким образом, паводковые явления имеют ограниченное воздействие, большей частью в долинах рек, временных водотоков.

Анализ литературных источников показывает, что вопросы влияния изменения климатических показателей на физико-географические характеристики территории в условиях равнинного рельефа в пустынной и полупустынных зонах умеренного пояса практически не рассматривались.

Если, во второй половине XX века эти проблемы только возникали, то к концу XX столетия и в XXI веке эти проблемы стали оказывать влияние на хозяйственную деятельность и условия жизни человека. Последующий обзор публикации показывает, что данная проблема достаточно сложная, требующая различных подходов, многолетних наблюдений, использования современных технологий. Один из методов определения изменения литогенной основы в результате изменения климатических показателей, это анализ осадочных слоев, с помощью которых можно определить климатические условия прошедших лет. Как утверждают исследования [Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al] информация о динамике климатических показателей, их тенденции оказывают значительное влияние на развитие природных комплексов, преобладают работы с кернами, взятыми с горных ледников, морских ледников, керны с ледового покрытия Гренландии и т.п., «в то время как наземным записям средних и низких широт уделялось относительно мало внимания» [Claire Boulter et.al].

Особенность исследуемого региона заключается в том, что поверхность данной территории в геологическом отношении достаточно молодая и современные природные комплексы образовались в течение последних десяти тысяч лет, т.е. в голоценовую эпоху [Гельфан, А. и др., 2024]. Другими словами, в период последней хвалынской максимальной трансгрессии (ранний голоцен – ~11 700-8000 лет назад) акватория Каспийского моря занимала всю Прикаспийскую низменность и меньшую территорию на юге. Общий базис эрозии был намного выше, чем современный, аллювиальные отложения накапливались далеко от современной береговой линии. Во влажные периоды эрозионная деятельность на Южном Урале, Мугалжарах и Общем Сырте была более активной, шло интенсивное накопление осадков на предгорных равнинах, которые располагались недалеко. Уровень моря на тот период был выше современного на 5-10 метров (Варущенко С. И. и др., 1987; Рычагов Г. И., 1998; Kroonenberg S.B, et.al, 2012).

Длительность и постепенность понижения уровня Каспийского моря давала возможность эрозионному материалу с западного склона Южного Урала, Мугалжар и Общего Сырта скапливаться на прибрежных равнинах равномерно, что привело к унаследованным формам рельефа

(плоского дна морского бассейна) в форме плоских равнин.

Постепенные изменения климатических показателей не могут изменять ландшафт в кратковременный период, для этого необходимо либо резкие климатические изменения, либо изменения, связанные с катастрофическими явлениями. Как отмечается в работе (Tooth S., 2007) «... реакция ландшафта на климатическое воздействие нелинейна и подвержена многочисленным обратным связям между различными переменными», что говорит о многокомпонентности ландшафта и степень реакции каждого компонента. Согласно (Michael F. Thomas., 2007) ландшафты начинают меняться вследствие изменения геоморфологического компонента, точнее изменения литогенной основы ландшафта, но для этого требуется изменения окружающей среды в течение тысячелетий. Возможны воздействия «краткосрочных импульсов энергии», т.е. какие-либо резкие изменения. Изменения ландшафтов в краткосрочном периоде несколько десятилетий могут наблюдаться в долинах и поймах рек, возможны на конусах выноса временных водотоков. Необходимо отметить, что некоторые компоненты ландшафты могут резко меняться, в частности растительный покров, но особенность растений восстанавливаться при отсутствии на них давления.

Материалы и методы исследований

В основе методологического подхода в представленной работе – сопряженный анализ литературных источников с современным картографическим материалом и спутниковыми снимками, а также анализ трендов изменений среднегодовой температуры воздуха приземного слоя и среднегодового количества атмосферных осадков. Использовались полевые материалы летних экспедиционных работ 2023 и 2024 годов по теме BR 21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии». Статистический метод заключается в анализе данных метеорологических станций, расположенных на территории Западного Казахстана. Для отбора русскоязычных литературных источников использовались библиотечные фонды Национальной библиотеки Республики Казахстан и библиотеки Казахского национального универ-

ситета имени аль-Фараби, фондовые материалы «Центра космических технологий и дистанционного зондирования Земли КазНУ имени аль-Фараби», а также других организаций. Поиск англоязычной литературы основывался на поисковых системах и платформах Google Scholar, Web of Science, Research Gate, Science Direct. Использованные картографические материалы: тематические карты Национального атласа Республики Казахстана, обзорно-топографические карты Актюбинской, Атырауской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областей Республики Казахстана, масштаба 1:1000000, а также топографические карты масштабов 1:500 000 и 1:200 000 на указанные территории.

Результаты исследования

Обзор литературы посвященной тектоники, геологии и геоморфологии региона охватывает порядка более тысячи источников, из которых необходимо отметить сводные монографии, в частности работу «Геология СССР. Том 21. Западный Казахстан. Часть 1. Геологическое описание» большого авторского коллектива, «Геоморфология Казахстана и Средней Азии» З.А. Сваричевской, «Геология Казахстана» А.А. Абдулина и многих других. В данных работах приведен большой фактический материал,

освещающие вопросы, связанные с литогенной основой региона.

Геолого-геоморфологические условия развития природных комплексов. Согласно (Сваричевская З. А., 1965; Абдуллин А. А., 1981; Природные условия и естественные ресурсы СССР, 1969) территория Западного Казахстана представлена тремя тектоническими структурами: Прикаспийская синеклиза, складчатая область Южного Урала и Мугалжар, Туранская плита. Каждая из этих структур имеет свои особенности развития и современного состояния. Складчатая область Южного Урала и Мугалжар характеризуется как денудационная область, и имеет траекторию смыва горных пород радиально на запад, юг и восток. По южной периферии региона неотектонические процессы привели к поднятию Мангистауских гор (Каратау и Актау), плато Устюрт, которые являются денудационными областями. Поверхность данных областей перекрыта маломощным осадочным слоем, на Южном Урале на поверхность выходят интрузивы каледон-герцинской эпохи, на Мугалжарах – докембрийские породы. Западнее, или на западном склоне Южного Урала близко к поверхности и местами на поверхность выходят меловые отложения (рисунки 2,3). На Мангышлаке в Каратау и Актау имеются выходы меловых и юрских отложений мезозоя.



Рисунок 2 – Точка Рw-22. Выходы меловых пород на поверхность.
Хобдинский район Актюбинской области, среднее течение реки Киил,
координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., высота над уровнем моря Н = 139 м



Рисунок 3 – Выходы меловых пород на поверхность, Сай-Отес, Мангистауский район Мангистауской области, координаты: 44°05'57» с.ш. – 53°10'52» в.д., высота над уровнем моря Н = 82 м

Прикаспийская синеклиза и Туранская плита имеют мощный осадочных чехол, так, например, глубина залегания фундамента в северной части Прикаспийской низменности достигает 20 км, на юге на Мангистауском плато и плато Устюрт глубина залегания фундамента в пределах 4-8 км.

Значительную роль в развитии поверхности западной части территории Западного Казахстана трансгрессии и регрессии Каспийского моря, особенно за четвертичный период. По данному вопросу опубликовано значительное количество работ (Природные условия и естественные ресурсы СССР, 1969; Варущенко и др., 1987; Гельфан и др., 2024). Плиоцен-четвертичные моря охватывали практически всю рассматриваемую территорию, за исключением, восточной и южной горной части. Длительные процессы трансгрессий привели к накоплению морских осадков на современной суше Западного Казахстана, в результате этих процессов четвертичные отложения были сильно засолены, что сказывается на развитии современных природных комплексов. Группой ученых из Института водных проблем РАН, Института Географии РАН, Института физики атмосферы РАН, МГУ имени М. В. Ломоносова и Института океанологии РАН были проведены работы по определению причин и площади хвалынских трансгрессии Каспийского моря (рисунок 4).

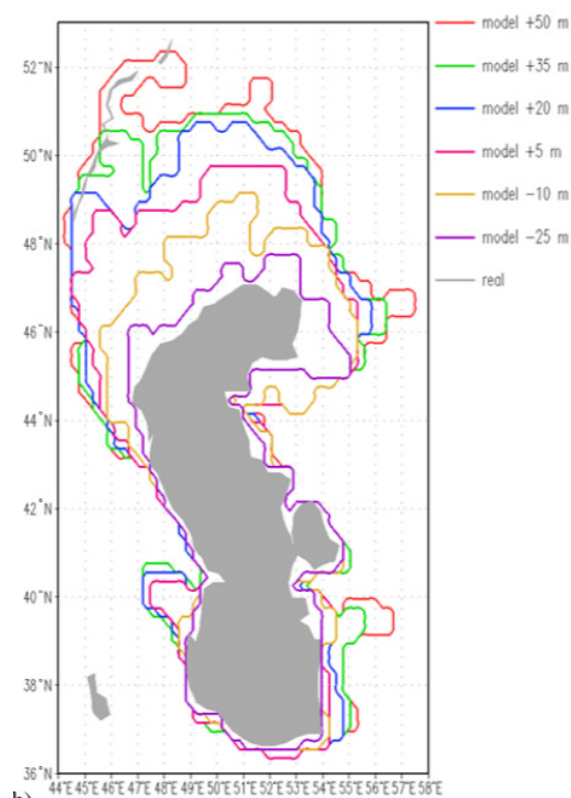


Рисунок 4 – Площадь трансгрессии Каспийского моря по [Гельфан А., др., 2024], модельное представление береговой линии Каспийского моря, в которой современная водная поверхность обозначена серым цветом, а контурные линии отображают абсолютные высоты рельефа, нанесённые с учётом широтной протяжённости региона

На рисунке показана область распространения акватории Каспийского моря в постледниковый период, 17-13 тысяч лет назад. Область развития морских акватории неоген-четвертичных морских бассейнов подтверждает засоленные отложения в верхних горизонтах Прикаспийской низменности, осушенной части территории Мангистауской области.

Гидрографическая сеть Прикаспийской низменности характеризуется редкостью и представлена дельтовыми частями рек Большой и Малый Узень, а также восточнее проходит река

Кушум, правый рукав реки Жайык. Особенность этих речных систем – равнинность территории, зарегулированность стока, что приводит к минимальному стоку в среднегодовом значении. В многоводные и снежные годы речной сток значительно увеличивается.

Восточная часть, западнее Южного Урала и Мугалжар, как показывает гипсометрический профиль от предгорных равнин восточных склонов Мугалжар до Каспийского моря, примерно по долине реки Жем (Эмба), более расчленен, чем предыдущий описания (рисунок 8).



Рисунок 8 – Гипсометрический профиль точка наблюдения н/п Калыбай (восточнее Мугалжар) – город Кульсары – урез воды Каспийского моря. Абс. высоты от 580 м до -29 м, максимальный уклон – 3,8%, средний уклон – 0,1% (по Google Earth Pro)

Горная часть представлена низкого-ръем, цокольными и пластовыми равнинами, которые примыкают к осевой части хребта. В тектоническом отношении Южный Урал и Мугалжары не активны и основной причиной денудационных процессов являются атмосферные осадки, которых для динамичных изменений форм рельефа и слагающих их горных пород не достаточно. Гидрографическая сеть в этой части региона более густая, реки Кобда, Елек, Ор, Жем (Эмба), Ойыл (Уил), Ырғыз и другие, имеющее начало на Южном Урале и Мугалжарах имеют большую частью снеговое питание, поэтому эрозионная деятельность в горной части проходит в весенний период, в летний период эти реки мелеют, к тому же сток зарегулирован. На предгорных наклонных равнинах преобладают денудационно-аккумулятивные и аккумулятивные процессы. Данное представление подтверждают

полевые наблюдения, например, визуальное и фотоописание контрольных точек Рw 22 (расположенного недалеко от моста через реку Киил на территории Хобдинского района Актюбинской области) и Рw 32 (расположенного на правом берегу реки Деркул западнее города Уральск Западно-Казахстанской области).

Точка Рw 22 обследования расположена на пластовой возвышенной равнине в сухостепной зоне, сложена глинами, песками, песчаниками, галечниками верхнего мела, палеогена и неогена. Участок точки, один из самых мало подверженных прямому антропогенному вмешательству, за исключением не густой сети грунтовых дорог. На рисунках 9, 10, 11, 12, 13 представлены естественные геоморфологические процессы – меандрирование реки с образованием пойм различных форм и площади, эрозионные процессы в форме образования оврагов на месте временных водотоков.



Рисунок 9 – Точка Рw 22. Естественные формы рельефа в долине реки Киил
Координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., Н = 139 м



Рисунок 10 – Точка Рw 22. Эрозионные процессы в долине реки Киил
(овраг, образованный талыми и дождевыми водами на правом берегу реки).
Координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., Н = 139 м

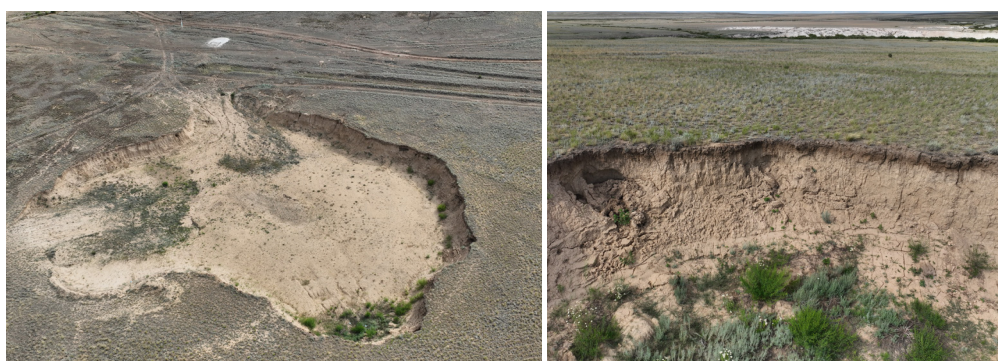


Рисунок 11 – Точка Рw 22. Антропогенная форма рельефа – карьер глинистый.
Координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., Н = 139 м



Рисунок 12 – Точка Рw 32. Эрозионные процессы в долине реки Деркул – подмыв правого берега, процессы оврагообразования на правобережье, территория участка точки относится к заброшенной пашне.
Координаты: 51°16'32» с.ш. – 51°08'49» в.д., Н = 33 м



Рисунок 13 – Точка Pw 32. (по Google Earth Pro).
Эрозионные процессы в долине реки Деркул. Координаты точки: 51°16'32» с.ш. – 51°08'49» в.д., Н = 33 м

Точка Pw 32 расположена на низменной делювиально-пролювиальной равнине сухостепной зоны и сложена в основном глинами, суглинками, супесями со щебнем. Физико-географические исследования на данной точке характеризуется также естественными геоморфологическими процессами.

В обоих случаях ярко выраженного влияния динамических климатических изменений не обнаруживается. Обе территории по данным (Harris I. et.al., 2020) характеризуются примерно одинаковым среднегодовым количеством атмосферных

осадков, для точки Pw 22 – 300 мм и для точки Pw 32 – 350 мм и повышением среднегодовой температуры примерно на 2°C за последние 60 лет. Амплитуды среднегодовых температур воздуха приземного слоя воздуха самых холодных и самых теплых лет согласно (Harris I. et.al., 2020) мало изменился за период XX и XXI веков, тренд выпадения осадков также резких колебаний не имеет. Другими словами, динамические изменения климата не оказывают значительного воздействия на литогенные компоненты природных комплексов в северной сухостепной части Западного Казахстана.

Профиль показывает нижней части бассейна Эмбы, представлена наклонной слабоволнистой, почти плоской равниной. Равнинная часть этого района исследования является дельтовыми участками рек Жем (Эмбы) и Сагыз. На данном участке преобладают аккумулятивные процессы.

Но, еще один фактор, связанный с климатическими изменениями, увеличение паводковых явлений в результате резкого увеличения температуры воздуха в весенний период, который приводит резкому таянию снежного покрова. Данные явления играют значительную роль в развитии литогенного фактора природных комплексов. Так, например, паводковые явления весны 2024 года покрыли водой достаточно большую площадь (рисунок 14).

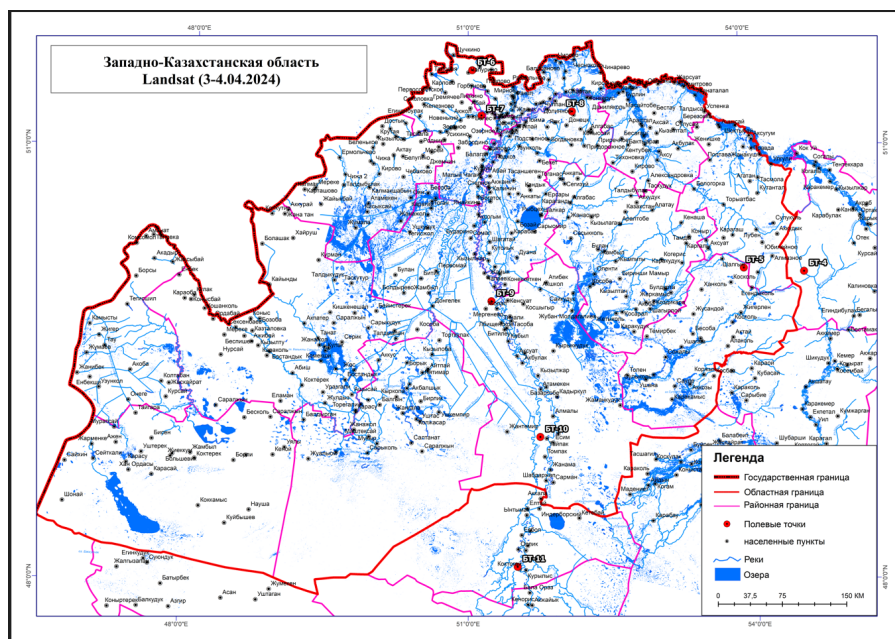


Рисунок 14 – Оперативная карта-схема паводковой ситуации на весну 2024 г.
(составлена сотрудниками Центра ДЗЗ при КазНУ имени аль-Фараби на основе обработки космических снимков Landsat)

По данной оперативной карта-схеме видно, что на территории Западно-Казахстанской области тальми водами заполнены поймы, все понижения, сухие русла. Понятно, что паводок провел значительную эрозионную работу,

но это больше всего касается долин рек и сухих русел. Остальная подтопленная территория была сильно обводнена, местами вода в понижениях сохранилась вплоть до конца лета (рисунки 15,16).



Рисунок 15 – Точка Рw 47. Последствия паводка 2024 года, правая протока реки Жайык, северная окраина песчаного массива Нарын, ≈ 25 км к западу от основного русла реки Жайык. Дата съемки: 20 июня 2024 г., координаты: $48^{\circ}10'06''$ с.ш. – $51^{\circ}14'01''$ в.д., Н = -14 м



Рисунок 16 – Точка Рw 55. Дельта реки Эмба, слева дата съемки 21.08.2023 г. и справа дата съемки 22.06.2024 г. Координаты: $46^{\circ}53'20''$ с.ш. – $53^{\circ}49'04''$ в.д., Н = -12 м

Таким образом, результаты полевых исследований 2023-2024 годов указывает на стабильность литогенной основы природных комплексов. Редкие динамичные природные явления причиной которой являются изменения климатических показателей не меняют ландшафты коренным образом, не меняют литогенную основу. Территория Западного Казахстана представлена как горным, так и равнинным рельефом. В обоих случаях, учитывая, что общий базис эрозии является Каспийское море, динамичные геоморфологические процессы на всей площади будут стабильно-динамичными, кратковременные динамичные процессы будут сменяться медленными процессами, растянутыми на десятилетия.

Климатические условия развития природных комплексов. Глобальное потепление температуры воздуха отчетливо заметно при сравнении климатических данных, представленных в Национальном атласе Республики Казахстан и по версии 4 ежемесячного многомерного набора климатических данных CPU TS с высоким разрешением по сетке, с использованием Google Earth Pro, а также ежегодно выпускаемый бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана (Harris I. et.al., 2020; Ежегодный бюллетень; Обзор об особенностях климата на территории Казахстана, 2023).

Для развития и динамики почвенно-растительного покрова и всего природного ком-

плекса важную роль играет снежный покров, который предохраняет почвы от промерзаний, пополняет запасы подземных вод. Устойчивый снежный покров на севере по средним многолетним данным образуется 30 ноября и держится до 140 дней. Средняя мощность снежного покрова 20-30 см. Запасы воды составляют от 40 мм до 80 мм на Уральских горах и Мугалжарах (Национальный Атлас Республики Казахстан, 2010).

В южной части сроки установления устойчивого снежного покрова приходится на декабрь, в южной половине Мангистауской области примерно на 24 декабря и имеет не сплошной характер. Снежный покров держится примерно 60 дней, мощность достигает менее 10 см.

Атмосферная засуха (относительная влажность в течение дня менее 30%) естественная для пустынных и полупустынных районов играет важную роль в период вегетации естественной растительности и сельскохозяйственных культур. Данное явление наблюдается в период апрель-октябрь и по средним многолетним данным на севере продолжается в течение 80-90 дней и увеличивается к югу, на юге Мангистауской области длительность достигает 150 дней.

Таким образом, анализ вышеуказанных данных определяет тенденцию к повышению температуры приземного слоя воздуха. С точки зрения развития растительного компонента природного комплекса, повышение температуры положительно влияет на длительность вегетации, с другой стороны повышение температуры летнего

сезона ведет негативно влияет на развитие биогенного фактора природного комплекса.

Количество и режим атмосферных осадков играют ключевую роль в динамике и развитии природных комплексов (ландшафтов). Как отмечалось выше среднегодовое количество атмосферных осадков зонально уменьшается с севера на юг, от степной зоны в сторону зоны пустынь с 350-400 мм на крайнем севере региона до 150 мм на крайнем юге. Показатели атмосферных осадков, представленные по Национальному атласу, совпадают с показателями CRU.

Анализ данных CRU с использованием Google Earth Pro, показывает значительные колебания по некоторым точкам наблюдения. Так, например, на точке Pw-14 – степная зона среднегодовое количество осадков до 1960-х годов колебалось в пределах 250-350 мм, далее до 2005 рост и последнее десятилетие происходит стабилизация на уровне 300 мм. На точке Pw-31 также степная зона общая картина как на вышеуказанной точке, только с другими цифровыми показателями, относительно резкие колебания до 1960-х годов в промежутке 400-430 мм, далее стабилизация до 2005 года не с небольшими колебаниями в пределах 420-430 мм, в последнее 20-летие наблюдается уменьшение до 400 мм и его стабилизация. Анализ других точек также показывает данный тренд, другими словами, наблюдается усредненная стабильность в количестве атмосферных осадков в степной зоне, разброс среднегодовых осадков в пределах от 320 мм в сухие и до 500 мм во влажные годы (рисунок 17).

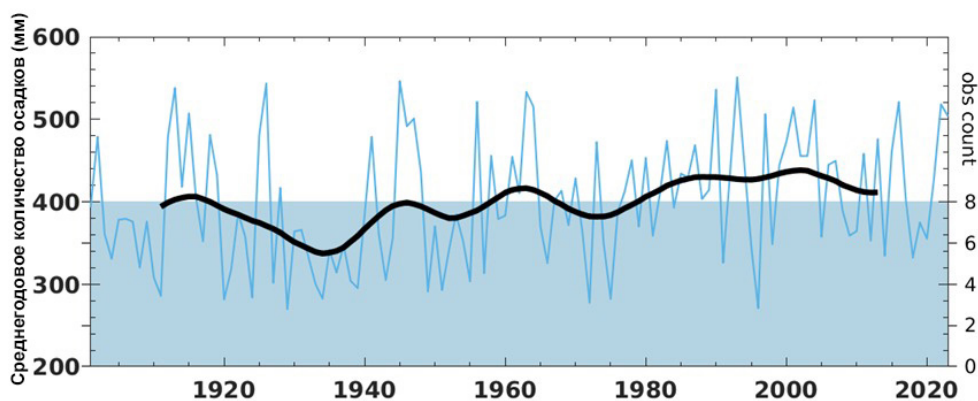


Рисунок 17 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Pw-31, высота 225 м, координаты: 51°35.32 с.ш. – 51°02.73 в.д. (Байтерекский район Западно-Казахстанской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

Динамика показателей среднегодового количества осадков в Северной части пустынь рассматриваемого региона, большая часть которой расположена в северной половине Атырауской области и южной части Актюбинской области, характеризующаяся со среднегодовым количеством атмосферных осадков от 150 до

250 мм, повторяет вышеуказанные утверждения. Динамика колебаний среднегодового количества осадков между средним показателем в 200 мм до 1960-х годов, относительная стабилизация на уровне 200 мм, разброс среднегодовых показателей в пределах 160 – 250 мм (рисунки 18, 19).

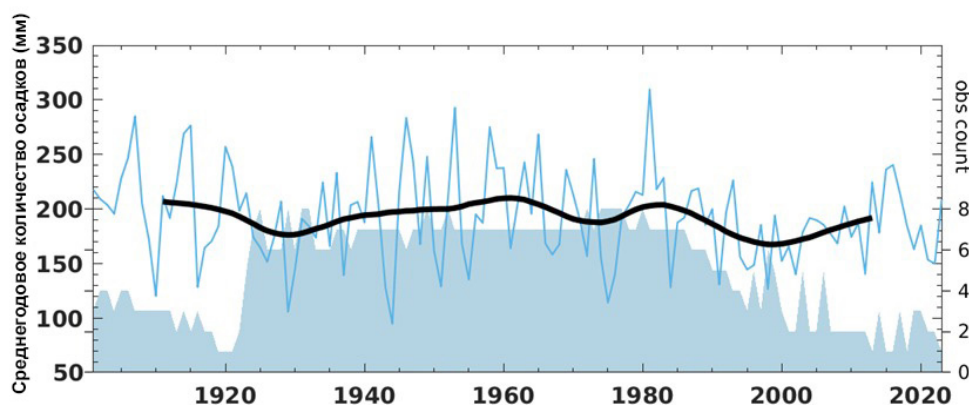


Рисунок 18 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Рw-03, высота 161 м, координаты: 48°30'26.37» с.ш. – 60°57'31.73» в.д. (Иргизский район Актыбинской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

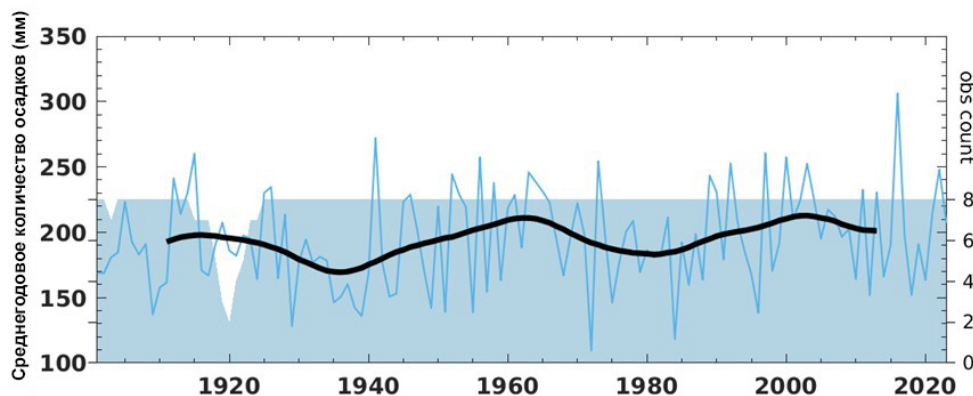


Рисунок 19 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Рw-45, высота -8 м, координаты: 48°08'52» с.ш. – 51°30'46» в.д. (Индерский район Атырауской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

Экстремальные, с точки зрения количества осадков, территория южной части региона характеризуется размеренным разбросом среднегодовых осадков в пределах 150-160 мм до 1960-х годов на точке Рw-60 (в 12 км от Каспийского моря), в пределах 130-150 мм на точке Рw-52 и стабильное уменьшение от 115 до 100 и менее мм на точке Рw-58 (Устьюрт). Период

до 1960-х и 1970-х годов среднегодовое количество осадков не сильно колебался. Особенно заметные показатели на точке Рw-58 начались в 1970-е годы, которые характеризовались как годы засух. До конца XX столетия показатели осадков показывали стабильность – год влажный, год засуха, разброс достигал от 60 до 160 мм (рисунок 20).

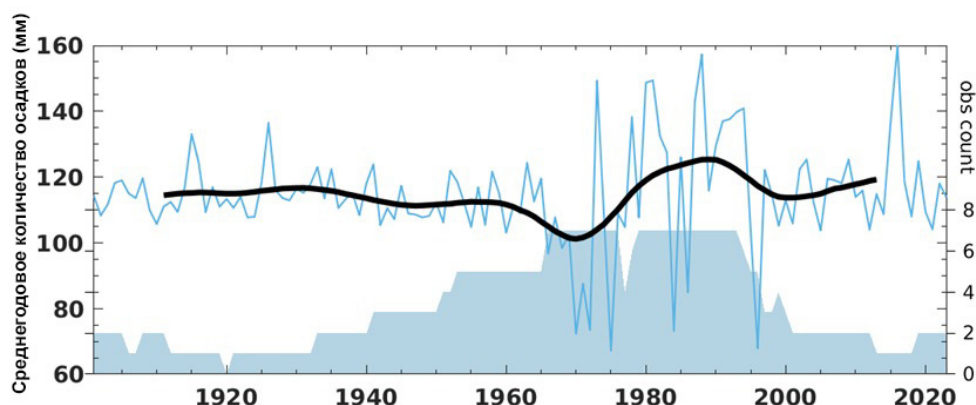


Рисунок 20 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Рw-58, высота 101 м, координаты: 44°53'15» с.ш. – 54°44'46» в.д. (Устюрт, Бейнеуский район Мангистауской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

Период первые 15-17 лет XXI века среднегодовое количество колебалось в пределах 115-120 мм, соответствующие зональным показателям, далее стабилизируется между 105-115 мм. В 2021 году среднегодовое количество осадков составило 70 мм, что привело к сильной засухе, в 2022 – 125 мм, 2023 – 118 мм. Данная флуктуация сгладивала негативное воздействие засухи 2021 на природные комплексы данного участка территории исследования.

Таким образом, повышение среднегодовой температуры воздуха приземного слоя на динамику и развитие природных комплексов исследуемой территории не оказало существенного влияния на долгосрочном периоде. Главной причиной данной ситуации нами видится сохранения мало изменяющегося тренда среднегодовых показателей атмосферных осадков. Периодичность засух и влажных годов уравнивают негативное и позитивное влияние климата на основные компоненты природного комплекса, в том числе на литогенную основу.

Поверхностные воды и их влияние на развитие природных комплексов. Территория Западного Казахстана не богата поверхностными водами, следствие удаленности от крупных морских акваторий и континентальности климата. Южная половина исследуемого региона не имеет поверхностного стока, на склонах Каратау и Актау, а также на некоторых чинках присутствуют сухие русла, связанные с весенним таянием снега и выпадением редких дождей.

Большая часть речного стока наблюдается на северной половине региона. Самая большая речная система – река Жайык. Другие речные

системы, например, Илек, Хобда, Уил, Киил, Эмба, Ор, Иргиз и Тургай характеризуются непостоянством стока, во влажные годы реки полноводны, наблюдаются половодья. Вследствие сухости климата большинство рек имеют низкий расход воды (таблица 1).

Таблица 1 – Составлено по данным [18]

Название реки	Площадь бассейна реки на территории РК, тысяч км ²	Средний многолетний расход, м ³ /сек
Жайык	75,5	355
Ойыл	31,5	5,6 – 11,9
Жем	40,4	17,5
Ыргыз	31,6	7,5

Таким образом, поверхностные воды значительно влияют на компоненты природного комплекса в основном в северной половине региона, но это воздействие ограничивается речными долинами и сухими руслами, так, как большая часть территории представлена возвышенными цокольными, пластовыми равнинами (рисунки 9-13). В сильно влажные годы, как отмечалось выше паводковые воды могут привести к катастрофическим последствиям, но не всегда влияют негативно на естественные природные комплексы.

Почвенный компонент развития природных комплексов. Почвообразовательные процессы на территории региона подчиняются зональным закономерностям. Северная степная часть территории региона относится к подзоне

южных малогумусных черноземов, имеет место распространения типичных, карбонатных, солонцеватых и карбонатно-солонцеватых разновидностей. Далее на юг темно-каштановые почвы сменяются светло-каштановыми. Все они солонцеваты, залегают в комплексе с солонцами.

В северной части пустынной зоны под ерково-белопопынной растительностью развиты бурые почвы, в южной пустыне (плато Устюрт) – серо-бурые почвы. Серо-бурые почвы сейчас используются как малопродуктивные пастбища для развития овцеводства и верблюдоводства.

В долинах рек распространены луговые почвы, которые являются ценными кормовыми угодьями.

На территории исследуемого региона значительную территорию занимают солончаки и соры. Сорная зона протягивается с севера примерно с параллели озера Индербор на юг огибая Каспийское море доходит до Каратау и Актау Мангистауской области. В ширину достигает до южной оконечности Мугалжар, в южной части практически все впадины заняты сорами (рисунок 21).

Значительная часть территории региона, занята песчаными массивами. Большая часть из них приходится на закрепленные пески, только в районе массового выпаса домашнего скота имеются незакрепленные подвижные песчаные участки (рисунок 22).



Рисунок 21 – Сор. В 40 км юго-западнее города Кульсары. Жылыойынский район Атырауской области. Координаты: 46°41'41» с.ш. – 53°38'1310» в.д. Высота над уровнем моря Н = – 12 м



Рисунок 22 – Закрепленные и незакрепленные пески. Исатайский район Атырауской области. Координаты: 46°43'17» с.ш. – 50°03'38» в.д. Высота над уровнем моря Н = – 25 м

Изменения почвенного покрова и почвообразующих процессов в результате антропогенного воздействия имеет широкое распространение, но результаты полевых наблюдений указывают на то, что процессы почвенной деградации и эрозии, распространение дефляционных процессов, полного уничтожения растительного покрова и т.п. не наблюдаются повсеместно.

Растительный покров и развитие природных комплексов. Растительный покров ис-

следуемого региона зонально сменяется с севера на юг, от степных и сухостепных разнотравно-ковыльных представителей до псаммофитно-кустарниковых на песчаных массивах и галофитных представителей на солончаках. Северная окраина практически вся распахана, и естественная растительность сохраняется по малоприспособленным для распашки участкам или восстанавливается при оставлении посевной площади под паром (рисунки 23,24).



Рисунок 23 – Точка Рw 33. Посевные угодья сухостепной зоны, Байтерекский район Западно-Казахстанской области, координаты: 51°22'17» с.ш. – 50°43'44» в.д., Н = 141 м



Рисунок 24 – Точка Рw 07. Участок посевных площадей, оставленный под паром, сухостепная зона, Айтекебийский район Актюбинской области, координаты: 50°34'53.13» с.ш. – 60°10'36.20» в.д., Н = 311 м

Анализ ландшафтной карты показывает, что переход от сухостепной зоны на территории Западного Казахстана не ровный и постепенный, сухостепные ландшафты вклиниваются в зону полупустынь и наоборот.

Южнее начинается полоса полупустынь, которая характеризуется доминированием различных видов полыни и злаковых. Полупустынные ландшафты используются под естественные пастбища в теплый период года (рисунок 26).



Рисунок 26 – Полупустыни. Состояние растительного покрова на 16 августа 2023 года слева и 7 июля 2024 года справа. Иргизский район Актыубинской области, в 25 км запад-юго-запад от населенного пункта Иргиз. Координаты: 48°30'26.37» с.ш. – 60°57'31.73» в.д., высота над уровнем моря Н = 161 м

Результаты обработки и анализа космоснимков о состоянии растительного покрова территории Западного Казахстана характеризует показатели NDVI – числовой показатель качества и количества растительности на поверхности земли. Вегетативное состояние растительного покрова можно определить по отражению и поглощению световых волн различной длины, формула NDVI представлена в следующем виде:

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

Чтобы выявить состояние растительного покрова необходимо вычислить отношение между разностью интенсивностей отраженного света в красном (RED) и инфракрасном диапазоне (NIR) и их суммой. Значения индекса NDVI в интервале от -1 – +1, от -1 до 0 в основном неживая природа, для растительного покрова значения NDVI от 0 до +1. (Тукер, Р. Р., и Холл, К. Л. 1979). NDVI – Нормализованный относительный индекс растительности, разработанный для оценки плотности и состояния растительности с использованием спутниковых данных. NASA Goddard Space Flight Center. Для нашей работы рассчитаны индексы NDVI по трем сезонам – весна, лето и осень, даты выбраны для снимков одинаковые (рисунок 27).

Показатели NDVI по указанным срокам показывают значительную динамичность растительного покрова как в течение года по сезонам, и относительно слабую динамичность в течение длительного времени – 14-летний период, между 2000 и 2014 годами, 10-летний период, между 2014 и 2023 годами и сравнение 2023 и 2024 годов.

Сравнительный анализ показателей NDVI за один вегетационный период – весна-лето-осень указывает на естественный ход развития растительного покрова характерный флоры сухих степей, полупустынь и пустынь, максимально для весеннего сезона и постепенное уменьшение в летний и осенний сезоны. С учетом показателей термического режима, количества и режима атмосферных осадков (таблицы 2,3,4), динамика растительного покрова соответствовала количеству осадков. В 2000 году среднегодовое количество атмосферных осадков на точках наблюдения Pw – 14, Pw – 29, Pw – 38, Pw – 45, Pw – 52, соответствующие зонам сухих степей, полупустынь и северной части пустынной зоны, значительно превышало среднегодовой тренд изменения количества осадков. На снимках, территории на которых расположены данные точки определяются, как высоким и местами с очень высоким показателем NDVI.

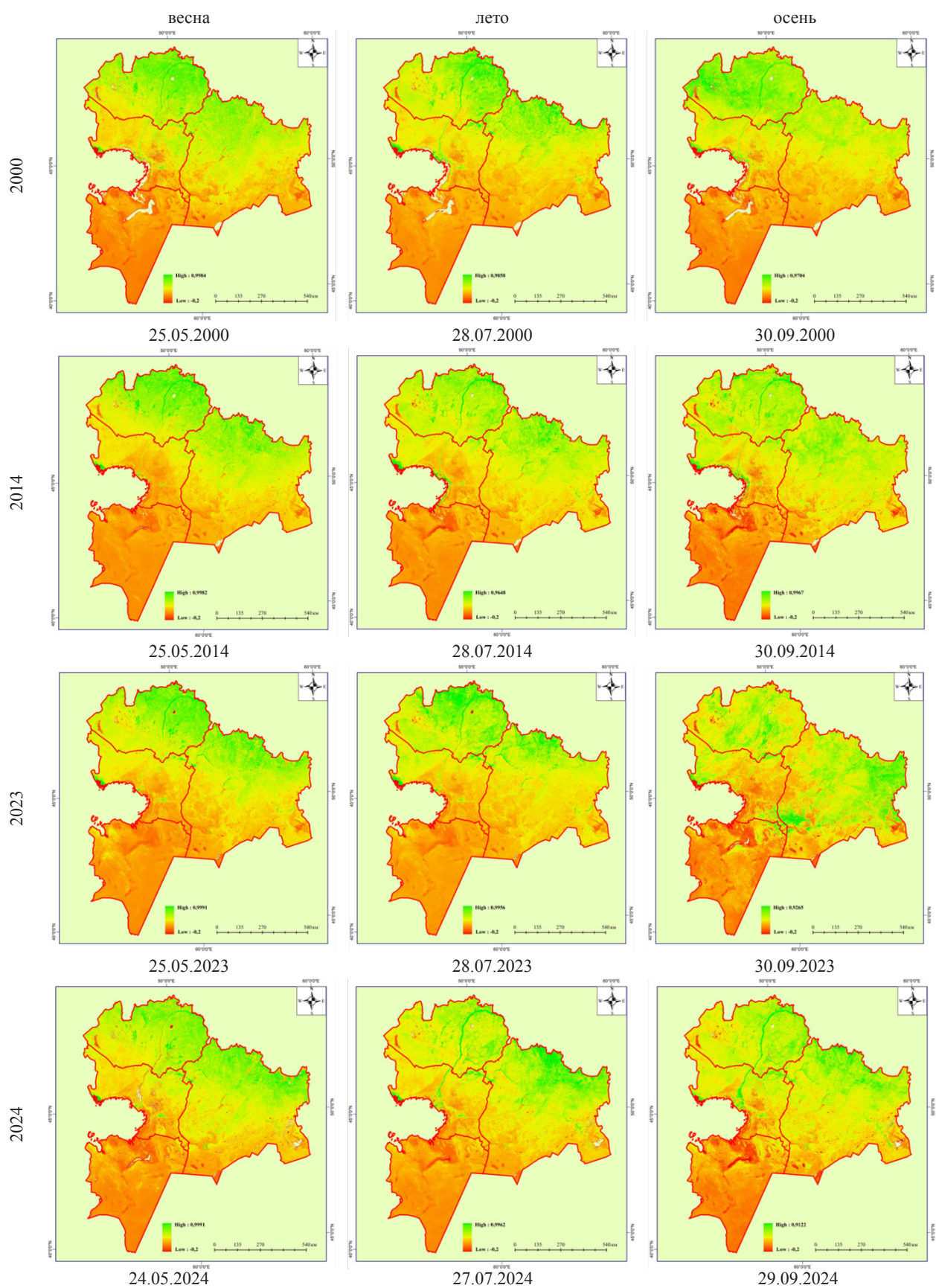


Рисунок 27 – Показатели NDVI территории Западного Казахстана за 2000, 2014, 2023 и 2024 гг.

Таблица 2 – Показатели термического режима и атмосферных осадков на территории Западного Казахстана по точкам наблюдений за 2000 год. По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

№ ключевой точки	Термический режим, °С			Атмосферные осадки, мм			
	Минимальная среднемесячная (январь)	Максимальная среднемесячная (июль)	Среднегодовая температура	Зимне-весенний сезон (январь- май)	Летний сезон (июнь-август)	Осенний сезон (сентябрь- октябрь)	год
Pw-3. Коорд: 48°30' с.ш. – 60°57' в.д.; Н = 161 м.	-9.6	25.6	7.1	49.4	56.4	46.5	152.3
Pw 14. Координаты: 50°18' с.ш. – 57°40' в.д.; Н = 246 м.	-9.5	22.9	5.8	170.5	161.0	115.7	447.2
Pw 29. Координаты: 51°17' с.ш. – 52°18' в.д.; Н = 63 м.	-8.1	23.9	7.0	142.7	133.2	137.1	413.0
Pw 38. Координаты: 49°59' с.ш. – 51°11' в.д.; Н = 7 м.	-6.7	25.1	8.3	104.8	86.4	96.9	288.1
Pw 45. Координаты: 48°08' с.ш. – 51°30' в.д.; Н = – 8 м.	-5.2	26.9	9.9	84.6	79.9	92.8	257.3
Pw 52. Координаты: 46°59' с.ш. – 54°10' в.д.; Н = – 2 м.	-1.1	28.0	11.2	77.7	61.9	61.8	201.4
Pw 58. Координаты: 44°53' с.ш. – 54°44' в.д.; Н = 101 м.	-2.7	28.5	11.8	49.5	26.0	37.4	112.9
Pw 60. Координаты: 44°25' с.ш. – 50°23' в.д.; Н = 69 м.	2.7	26.7	13.2	33.8	24.5	46.1	104.4

Таблица 3 – Показатели термического режима и атмосферных осадков на территории Западного Казахстана по точкам наблюдений за 2014 год. По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

№ ключевой точки	Термический режим, °С			Атмосферные осадки, мм			
	Минимальная среднемесячная (февраль)	Максимальная среднемесячная (август)	Среднегодовая температура	Зимне-весенний сезон (январь- май)	Летний сезон (июнь-август)	Осенний сезон (сентябрь- октябрь)	год
Pw-3. Коорд: 48°30' с.ш. – 60°57' в.д.; Н = 161 м.	-16.7	25.8	6.3	70.4	36.3	71.6	178.3
Pw 14. Координаты: 50°18' с.ш. – 57°40' в.д.; Н = 246 м.	-16.2	23.8	5.0	129.8	85.8	94.1	309.7
Pw 29. Координаты: 51°17' с.ш. – 52°18' в.д.; Н = 63 м.	-14.2	24.6	6.2	131.5	73.9	89.6	295.0
Pw 38. Координаты: 49°59' с.ш. – 51°11' в.д.; Н = 7 м.	-12.9	26.3	7.5	107.6	34.1	66.6	208.3
Pw 45. Координаты: 48°08' с.ш. – 51°30' в.д.; Н = – 8 м.	-10.9	27.7	9.1	80.8	24.0	61.5	166.3
Pw 52. Координаты: 46°59' с.ш. – 54°10' в.д.; Н = – 2 м.	-10.5	28.9	10.0	54.5	32.6	54.5	141.6
Pw 58. Координаты: 44°53' с.ш. – 54°44' в.д.; Н = 101 м.	-8.1	29.0	11.2	53.1	19.0	36.6	108.7
Pw 60. Координаты: 44°25' с.ш. – 50°23' в.д.; Н = 69 м.	-3.0	28.4	12.5	54.7	24.3	70.6	149.6

Таблица 4 – Показатели термического режима и атмосферных осадков на территории Западного Казахстана по точкам наблюдений за 2023 год. По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

№ ключевой точки	Термический режим, °С			Атмосферные осадки, мм			
	Минимальная среднемесячная (январь)	Максимальная среднемесячная (июль)	Среднегодовая температура	Зимне-весенний сезон (январь- май)	Летний сезон (июнь-август)	Осенний сезон (сентябрь- октябрь)	год
Pw-3. Коорд: 48°30' с.ш. – 60°57' в.д.; Н = 161 м.	-13.5	27.1	8.5	91.0	52.6	73.5	217.1
Pw 14. Координаты: 50°18' с.ш. – 57°40' в.д.; Н = 246 м.	-14.1	24.2	7.2	138.0	101.6	144.8	384.4
Pw 29. Координаты: 51°17' с.ш. – 52°18' в.д.; Н = 63 м.	-12.3	24.1	8.3	143.6	98.6	211.0	453.2
Pw 38. Координаты: 49°59' с.ш. – 51°11' в.д.; Н = 7 м.	-10.8	25.8	9.7	105.5	68.9	121.8	296.2
Pw 45. Координаты: 48°08' с.ш. – 51°30' в.д.; Н = – 8 м.	-8.5	26.7	11.1	81.1	52.9	71.6	205.6
Pw 52. Координаты: 46°59' с.ш. – 54°10' в.д.; Н = – 2 м.	-7.8	28.3	12.3	60.7	35.6	53.2	149.5
Pw 58. Координаты: 44°53' с.ш. – 54°44' в.д.; Н = 101 м.	-5.1	28.6	13.2	54.2	24.8	34.8	113.8
Pw 60. Координаты: 44°25' с.ш. – 50°23' в.д.; Н = 69 м.	-0.2	27.3 (VIII)	14.5	65.4	32.4	63.9	161.7

Таким образом, анализ снимков и климатических показателей указывает на прямую зависимость показателей NDVI от количества атмосферных осадков и их режима. Ниже на рисунке 28 представлены количественные показатели.

Обработка космических снимков представляет нам соотношение площадей по показателям NDVI. Как отмечалось по снимкам южная половина региона характеризуется очень низкими и низкими показателями и это часть занимает около половины территории, так, например, в 2000 году площадь с низкими показателями составляло 33,5 млн гектаров или 46,1% от площади региона, то в 2014 году, в связи относительно резким уменьшением осадков, площадь увеличилась до 39,2 млн гектаров или 53,9%. В 2023 году, при незначительном повышении осадков, возвращается приблизительно в положение 2000 года, площадь занятая очень низким и низким показателями NDVI – 34,3 млн гектаров или 47,1% от всей площади региона.

Площади территории с высоким и очень высоким показателем NDVI характерны для северной половины региона, которая характеризуется более высоким количеством осадков, в 2000 году составляли 24,3 млн гектаров или 33,5% от всей

площади. В 2014, более засушливом году, данная площадь уменьшилась до 16,8 млн гектаров или 23,1%. В 2023 году площадь занятая с высоким и очень высоким показателями увеличилась относительно 2014 года, но не достигла показателя 2000 года, 19,7 млн гектаров или 27,2%.

Интересный момент со средним показателем NDVI по территории, этот показатель в течение всего периода увеличивается от 14,9 млн гектаров (20,5%) в 2000 году, 16,7 млн гектаров (23,0%) до 18,7 млн гектаров (25,7%) в 2023 году.

Для выявления более точного тренда изменения показателей NDVI необходимы дополнительные исследования.

Результаты сравнительного анализа космоснимков и показателей количества атмосферных осадков указывают на относительно значительную динамику показателей NDVI. Данный показатель один из основных характеристик указывающий на динамику растительного покрова, который оказывает значительное влияние на литогенную основу природного комплекса. Изреженность растительного покрова ведет к развитию эрозионных и дефляционных процессов, от которых зависит состояние литогенной основы природных комплексов.

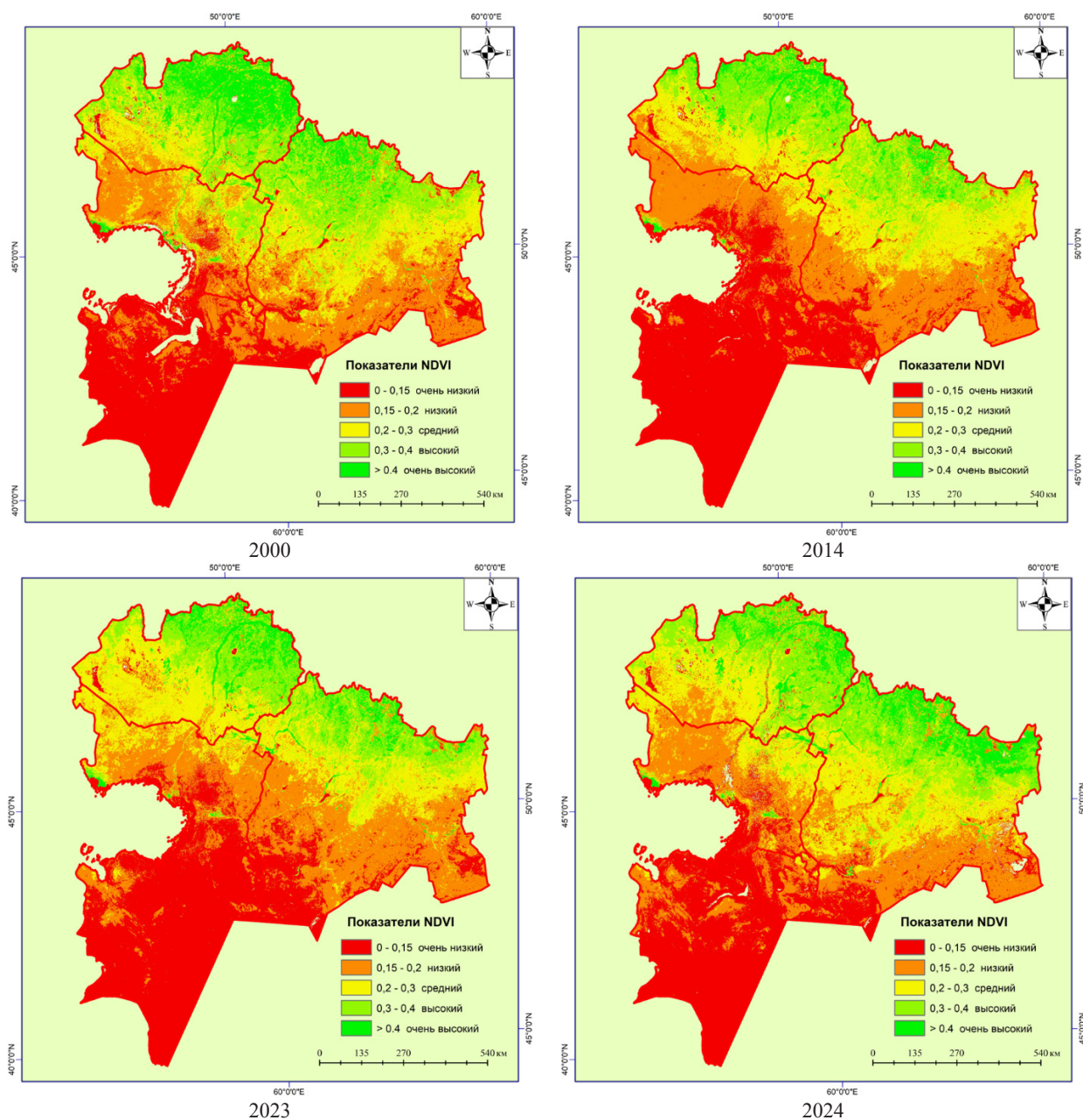


Рисунок 28 – Количественные показатели NDVI территории Западного Казахстана

Таблица 5 – Соответствие показателей NDVI по площадям на территории Западного Казахстана

Показатели NDVI	2000		2014		2024	
	млн га	%	млн га	%	млн га	%
Очень низкий	16,2	22,3	21,1	29,0	16,4	22,5
Низкий	17,3	23,8	18,1	24,9	17,9	24,6
Средний	14,9	20,5	16,7	23,0	18,7	25,7
Высокий	14,8	20,4	10,5	14,4	12,4	17,1
Очень высокий	9,5	13,1	6,3	8,7	7,3	10,1
Итого площади	72,7	100,0	72,7	100,0	72,7	100,0

Заключение

Результаты полевых исследований за период 2023-2024 годы показали консервативность литогенной основы природного комплекса относительно динамичных изменений климатических показателей, в частности повышения температуры приземного слоя воздуха. Анализ климатических показателей указывает на повышение среднегодовых температур приземного слоя воздуха и одновременно с этим относительную стабильность среднегодовых показателей атмосферных осадков. Визуальное наблюдение, наземные и воздушные снимки, указывают на сохранение естественных природных комплексов (ландшафтов). Необходимо учесть, что в работе рассматривались в основном естественные ландшафты, с другой стороны, все естественные ландшафты подвергаются косвенному антропогенному влиянию.

Основные виды антропогенного вмешательства выражается в распашке (в частности, вся степная зона и частично сухостепная подзона Актюбинской и Западно-Казахстанской областей), которая коренным образом меняет природный комплекс и пастбищном животноводстве, степени воздействия которой различны. На территории Западного Казахстана, как отмечалось выше развито влияние промышленности и транспорта, которые выражены в различной форме и степени. Промышленные предприятия загрязняя атмосферный воздух загрязняют почву, что значительно сказывается на растительном покрове. Добыча полезных ископаемых воздействует на естественные ландшафты значительно жестко, в некоторых случаях естественные природные комплексы коренным образом сменяются на искусственные или антропогенные ландшафты. Такая же ситуация с размещением населенных пунктов, которые разрастаясь приводят к коренному изменению ландшафтов.

Еще один вид антропогенного воздействия – транспорт, в частности увеличения сети грунтовых дорог, последствия увеличения транспортных средств у населения. Развитие сети грунтовых дорог особенно на ландшафтах полупустынной и пустынной зон приводят к возникновению очагов дефляционных и эрозионных процессов.

В заключение необходимо отметить, что динамика и развитие природных комплексов не так сильно зависит от повышения температуры воздуха при слабом изменении количества атмосферных осадков в краткосрочном периоде в десятки лет. Но в большой перспективе, при резких колебаниях климатических показателей в совокупности с антропогенным давлением может привести к значительным изменениям. Как отмечалось в работе, ландшафты полупустынь развиваются на север, в сторону сухих степей, а ландшафты пустынь поджигают зону полупустынь.

Как отмечалось в работе, большинство авторов исследующие данные проблемы утверждают об относительной устойчивости литогенной основы природных комплексов, и в целом природного комплекса, а также консервативность изменения динамики и развития естественных природных комплексов, что и подтверждает данная работа. Таким образом, при усилении антропогенного давления на литогенный фактор возможны значительные изменения. С учетом того, что такое давление ограничено по площади, можно утверждать, что по большей части природные комплексы в своем развитии мало изменяться.

Благодарность, конфликт интересов

Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR21882122).

Литература

- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific data, 7(1), 109». (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/>).
- «Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана» (Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана – Казгидромет)
- Amy T. East, Joel B. Sankey. Geomorphic and Sedimentary Effect of Modern Climate Change: Current and Anticipated Future Condition in the Western United States. Reviews of Geophysics. Volume 58, Issue 4. December, 2020. <https://doi.org/10.1029/2019RG000692>.
- Claire Boulter, Mark D. Bateman, Charles D. Frederick. Understanding geomorphic responses to environmental change: a 19 000-year case study from semi-arid central Texas, USA. Journal of Quaternary Science. Volume 25, Issue 6. P. 889-902. <https://doi.org/10.1002/jqs.1365>.

- Гельфан, А., Панин, А., Калугин, А., Морозова, П., Семенов, В., Сидорчук, А., Украинцев, В., и Ушаков, К.: Гидроклиматические процессы как основные факторы раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря: новые разработки, Гидрол. системы Земли, 28, 241–259, <https://doi.org/10.5194/hess-28-241-2024>, 2024.
- Варущенко С. И., Варущенко А. Н., Клиге Р. К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М., Наука, 1987. – 325 с. – <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-izmenenierezhimakaspiyskogomorya.pdf>.
- Рычагов Г. И. История Каспийского моря в голоцене. М., МГУ, 1998.
- Косарев А. Н. Гидрология Каспийского моря. М., Наука, 2005.
- Kroonenberg S. B., Kakroodi A. A., Robert V. Hoogendoorn, Mohammadkhani H. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. *Quaternary International*. March 2012, 263 p. 93-103. DOI:10.1016/j.quaint.2011.12.021.
- Tooth S. Arid geomorphology: investigating past, present and future changes. *Progress in Physical Geography*. 31(3). 2007. p. 319-335.
- Michael F. Thomas. Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas. *CATENA* 55, Issue 2, 20 January 2004, p.107-124. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00111-5).
- Геология СССР. Том 21. Западный Казахстан. Часть 1. Геологическое описание. М., 1970. – 883 с.
- Сварическая З. А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. Л., ЛГУ. 1965. – 296 с.
- Абдуллин А. А. Геология Казахстана. А., Наука, 1981. – 311 с.
- Природные условия и естественные ресурсы СССР. Казахстан. М., 1969. – стр 38-41.
- Варущенко С. И., Варущенко А. Н., Клиге Р. К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М., Наука, 1987. – 235 с.
- Гельфан, А., Панин, А., Калугин, А., Морозова, П., Семенов, В., Сидорчук, А., Украинцев, В., и Ушаков, К.: Гидроклиматические процессы как основные факторы раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря: новые разработки, Гидрол. системы Земли. Том 28. 2024. – стр 241–259 и др.
- Национальный Атлас Республики Казахстан. Алматы. 2010.
- Обзор об особенностях климата на территории Казахстана. 2023. Астана, 2024, 7 с.
- Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al
- Гельфан, А. и др., 2024.

References

- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7(1), 109. <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/>
- Annual Bulletin on the Monitoring of Climate Conditions and Changes in Kazakhstan. *Kazhydromet*.
- East, A. T., & Sankey, J. B. (2020). Geomorphic and Sedimentary Effects of Modern Climate Change: Current and Anticipated Future Conditions in the Western United States. *Reviews of Geophysics*, 58(4). <https://doi.org/10.1029/2019RG000692>
- Boulter, C., Bateman, M. D., & Frederick, C. D. (2010). Understanding geomorphic responses to environmental change: a 19,000-year case study from semi-arid central Texas, USA. *Journal of Quaternary Science*, 25(6), 889–902. <https://doi.org/10.1002/jqs.1365>
- Gelfan, A., Panin, A., Kalugin, A., Morozova, P., Semenov, V., Sidorchuk, A., Ukraincev, V., & Ushakov, K. (2024). Hydroclimatic processes as key factors in the Early Khvalyn Transgression of the Caspian Sea: new developments. *Hydrological Earth System Sciences*, 28, 241–259. <https://doi.org/10.5194/hess-28-241-2024>
- Varushchenko, S. I., Varushchenko, A. N., & Klig, R. K. (1987). Changes in the Regime of the Caspian Sea and Endorheic Basins in the Paleoperiod. Moscow: Nauka. 325 p. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-izmenenierezhimakaspiyskogomorya.pdf>
- Rychagov, G. I. (1998). History of the Caspian Sea in the Holocene. Moscow: Moscow State University.
- Kosarev, A. N. (2005). Hydrology of the Caspian Sea. Moscow: Nauka.
- Kroonenberg, S. B., Kakroodi, A. A., Hoogendoorn, R. V., & Mohammadkhani, H. (2012). Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. *Quaternary International*, 263, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.12.021>
- Tooth, S. (2007). Arid geomorphology: investigating past, present, and future changes. *Progress in Physical Geography*, 31(3), 319–335.
- Thomas, M. F. (2004). Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas. *CATENA*, 55(2), 107–124. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00111-5)
- Geology of the USSR. Volume 21: Western Kazakhstan. Part 1: Geological Description. (1970). Moscow. 883 p.
- Svaricheskaya, Z. A. (1965). Geomorphology of Kazakhstan and Central Asia. Leningrad: Leningrad State University. 296 p.
- Abdullin, A. A. (1981). Geology of Kazakhstan. Almaty: Nauka. 311 p.
- Natural Conditions and Resources of the USSR: Kazakhstan. (1969). Moscow. pp. 38–41.
- Varushchenko, S. I., Varushchenko, A. N., & Klig, R. K. (1987). Changes in the Regime of the Caspian Sea and Endorheic Basins in the Paleoperiod. Moscow: Nauka. 235 p.
- Gelfan, A., Panin, A., Kalugin, A., Morozova, P., Semenov, V., Sidorchuk, A., Ukraincev, V., & Ushakov, K. (2024). Hydroclimatic processes as key factors in the Early Khvalyn Transgression of the Caspian Sea: new developments. *Hydrological Earth System Sciences*, Vol. 28, pp. 241–259.
- National Atlas of the Republic of Kazakhstan. (2010). Almaty.
- Review of Climatic Features in Kazakhstan. (2023). Astana, 2024. 7 p.
- Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al
- Gelfan, A. et al., 2024.

Information about authors:

Tokbergenova Aigul Abdugapparovna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tokbergen@mail.ru)

Duisenbaev Salavat Maratovich – Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Department of Geography, Land Management and Cadastre (Almaty, Kazakhstan, e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com)

Zulpykharov Kanat Bazarbaevich – PhD candidate, Director of the Earth Remote Sensing Center (ERS) of Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com)

Taukebayev Omirzhan Zhalgasbekovich – PhD candidate, Deputy Director General of the Cluster and Engineering of Science-Intensive Technologies of the Al-Farabi Kazakh National University, Senior Lecturer of the Department of Cartography and Geoinformatics (Almaty, Kazakhstan, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz)

Bilalov Bekzat – 1st year doctoral student of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bilalovbekzat001@gmail.com)

Bagadat Satvaldiev – Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Department of Geography, Land Management and Cadastre (Almaty, Kazakhstan)

Авторлар туралы мәлімет:

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – география ғылымдарының кандидаты, доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: tokbergen@mail.ru)

Дүйсенбаев Салават Маратович – аға оқытушы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com)

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Жерді қашықтан зондау орталығының (ЖКЗО) директоры (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com)

Таукебаев Омиржан Жалғасбекович – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Инжиниринг және жоғары технологиялар кластері бас директорының орынбасары, Картография және геоинформатика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz)

Білалов Бекзат – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ І-курс докторанты (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: bilalovbekzat001@gmail.com)

Бағдат Сатвалдиев – оқытушы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: tokbergen@mail.ru);

Дүйсенбаев Салават Маратович – старший преподаватель, КазНУ им. аль-Фараби, кафедра географии, землеустройства и кадастра (Алматы, Казахстан, e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com);

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD candidate, директор Центра дистанционного зондирования Земли (ЦДЗЗ) КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com);

Таукебаев Омиржан Жалғасбекович – PhD candidate, заместитель генерального директора Кластера и инжиниринга наукоемких технологий КазНУ им. аль-Фараби, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики (Алматы, Казахстан, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz);

Білалов Бекзат – докторант І-го курса КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: bilalovbekzat001@gmail.com);

Бағдат Сатвалдиев – преподаватель, КазНУ им. аль-Фараби, кафедра географии, землеустройства и кадастра (Алматы, Казахстан).

Поступила: 30 июня 2025 года

Принята: 27 августа 2025 года

Ramil Guliyev Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev, Baku, Azerbaijan
e-mail: quliyevramil915@gmail.com

THE IMPACT OF AGRICULTURE ON DEMOGRAPHIC PROCESSES IN THE GANJA-DASHKASAN ECONOMIC REGION

In the article the long-term development dynamics of agriculture, which is the main occupation of the population in the study area, especially in rural areas, and demographic processes were analyzed. Although the cities of republican subordination Ganja and Naftalan are located in this economic region, the natural growth rate in all districts of the region continuously decreased between 1990–2000. The rational organization of economic, social, and environmental conditions in the region creates the basis for the sustainable development of agriculture. Developing agriculture leads to an increase in the standard of living of people and their material well-being, which in turn affects the positive direction of demographic processes. During the observation, it was revealed that the natural growth rate has a close correlation with the physical volume index of agricultural production by farm categories. The fact that demographic processes have been particularly weak in recent years in the Ganja-Dashkasan economic region, which has the lowest population growth rate in the republic, and the negative trend in the natural growth rate in Ganja city indicate the need to take preventive measures. The overall consumption of basic food products and the corresponding agricultural production indicators in the region were compared and the development directions of agriculture were determined.

Keywords: demography, agriculture, rural, urban, natural growth rate.

Рамиль Гулиев

Академик Г.А. Алиев атындағы География институты, Баку, Әзірбайжан
e-mail: quliyevramil915@gmail.com

Гянджа-Дашқасан экономикалық ауданындағы ауыл шаруашылығының демографиялық процестерге әсері

Мақалада зерттеліп отырған аумақтағы, әсіресе ауылдық жерлерде халықтың негізгі жұмыспен қамту саласы болып табылатын ауыл шаруашылығының ұзақ мерзімді даму үрдістері, сондай-ақ демографиялық процестер талданды. Экономикалық өңірге республикалық маңызы бар Гянджа және Нафталан қалалары кіргеніне қарамастан, өңірдің барлық аудандарында 1990–2000 жж. аралығында табиғи өсім коэффициентінің тұрақты төмендеуі байқалды. Өңірдегі экономикалық, әлеуметтік және экологиялық жағдайларды ұтымды ұйымдастыру ауыл шаруашылығының тұрақты дамуының негізін қалыптастырады. Аграрлық сектордың дамуы халықтың өмір сүру деңгейін және оның материалдық әл-ауқатын арттыруға ықпал етіп, өз кезегінде демографиялық процестерге оң әсерін тигізеді. Бақылау нәтижелері бойынша табиғи өсім коэффициентінің шаруашылық санаттары бойынша ауыл шаруашылығы өндірісінің физикалық көлем индексімен тығыз корреляциясы анықталды. Соңғы жылдары республика бойынша халық санының ең төменгі өсімі тіркелген Гянджа-Дашкесан экономикалық өңіріндегі демографиялық процестердің аса баяу динамикасы, сондай-ақ Гянджа қаласында табиғи өсімнің теріс үрдісінің байқалуы алдын алу шараларын қабылдаудың қажеттілігін көрсетеді. Мақалада, сондай-ақ өңірдегі негізгі азық-түлік өнімдерін тұтыну көлемдері ауыл шаруашылығы өндірісінің сәйкес көрсеткіштерімен салыстырылып, аграрлық секторды дамытудың бағыттары айқындалды.

Түйін сөздер: демография, ауыл шаруашылығы, ауыл, қала, табиғи өсім.

Рамиль Гулиев

Институт географии имени академика Г.А. Алиева, Баку, Азербайджан
e-mail: quliyevramil915@gmail.com

Влияние сельского хозяйства на демографические процессы в Гянджа-Дашкесанском экономическом районе

В статье проанализированы долгосрочные тенденции развития сельского хозяйства, являющегося основным видом занятости населения исследуемой территории, особенно в сельских районах, а также демографические процессы. Несмотря на то, что в данный экономический

регион входят города республиканского подчинения Гянджа и Нафталан, во всех районах региона наблюдалось непрерывное снижение коэффициента естественного прироста в период 1990–2000 гг. Рациональная организация экономических, социальных и экологических условий в регионе формирует основу для устойчивого развития сельского хозяйства. Развитие аграрного сектора способствует повышению уровня жизни населения и его материального благосостояния, что, в свою очередь, положительно влияет на демографические процессы. В ходе наблюдений выявлено, что коэффициент естественного прироста имеет тесную корреляцию с индексом физического объема сельскохозяйственного производства по категориям хозяйств. Тот факт, что в последние годы демографические процессы в Гянджа-Дашкесанском экономическом регионе, где зафиксированы самые низкие показатели прироста населения в республике, проявляют особенно слабую динамику, а в городе Гянджа отмечается отрицательная тенденция естественного прироста, указывает на необходимость принятия превентивных мер. В статье также сопоставлены объемы потребления основных продуктов питания с соответствующими показателями сельскохозяйственного производства в регионе и определены направления развития аграрного сектора.

Ключевые слова: демография, сельское хозяйство, село, город, естественный прирост.

Introduction

Demographic trends such as urbanization, changes in family structure, aging, migration, fertility are a complex process that largely depends on socio-economic development, cultural and political processes, environmental protection, and social stability (Danan Gu, 2021:605). Forecasting population trends and expected demographic changes is of particular importance for addressing current issues and implementing national development plans (O'Sullivan, 2023:547). One of the main issues to direct its development in a positive direction in the region is the implementation of sustainable agricultural development mechanisms. One of the factors preventing population growth in developing countries is the unsustainable development of agricultural production (Rafael, 2023:157). Ensuring the dynamic development of agriculture in modern conditions is connected with the adoption of innovations in this field. Innovations play a key role in increasing productivity and expanding the production of competitive products based on the renewal of the technical, technological and organizational foundations of production in the agrarian sector of the economy (Fikretzade, 2022:10). Innovative development of agriculture, in connection with solving sustainable development issues, primarily creates favorable opportunities for the protection and efficient use of land and water resources in the agricultural sector, leading to a gradual increase in the share of processed products that create higher added value in global exports of agricultural and food products. Through the implementation of the Strategic Road-

map for 2016–2020, it is envisaged to implement 9 strategic goals to create a favorable environment in terms of achieving the formation of a competitive agricultural production and processing sector based on the principles of sustainable development in the country. These strategic goals encompass the concept of socio-economic development of the regions and are closely linked to factors affecting the improvement of well-being in the regions, including rural areas ("Strategic Roadmap for the Production and Processing of Agricultural Products in the Republic of Azerbaijan", 2016: 19).

Materials and methods

The Ganja-Dashkasan economic region covers an area of 5.27 thousand square kilometers. This region, which accounts for 6% of the country's territory and population, is one of the 14 economic regions of Azerbaijan. It consists of the republican cities of Ganja and Naftalan, and Goranboy, Samukh, Goygol and Dashkasan districts (fig.1).

Data from the State Statistics Service of the Republic of Azerbaijan such as Statistical collection of Azerbaijani agriculture, demographic indicators, household and labor market were widely used in the study. Mathematical statistical, functional and comparative methods were chosen as the research method. The study assessed demographic indicators in a variety of ways. The main goal is to identify the relationship between the current demographic processes and the development of agriculture in the region, which is the main type of activity.

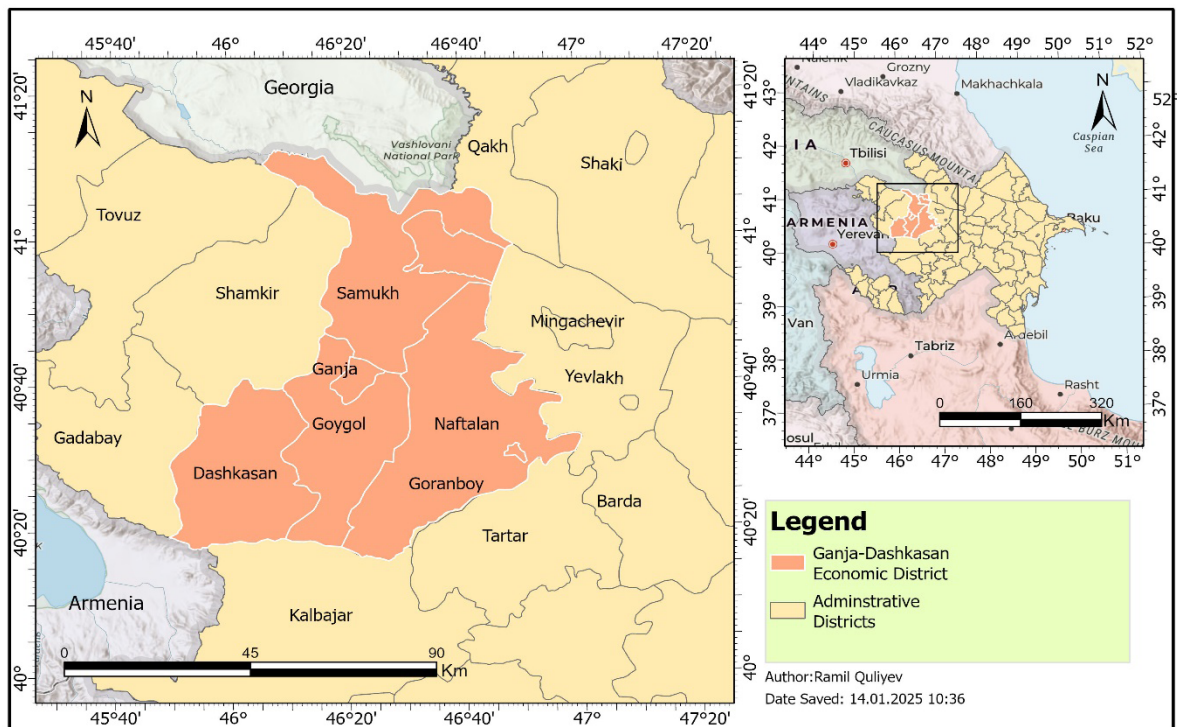


Figure 1 – Map of the study area

Analysis and discussion

The main demographic problems of the regions in the modern era are the low natural growth rate, the weak growth rate, and the strengthening of the urbanization process, which is directly related to the development of agriculture, which is the main labor-

intensive sector. In the study area, in administrative territorial units with urban and rural populations, as of 2024, 66% of the total population is rural, and 34% is urban (Fig.2.). The 5% change in this indicator in favor of the urban population compared to the 1990s can be explained as a result of urbanization or a weak growth trend in the rural population.

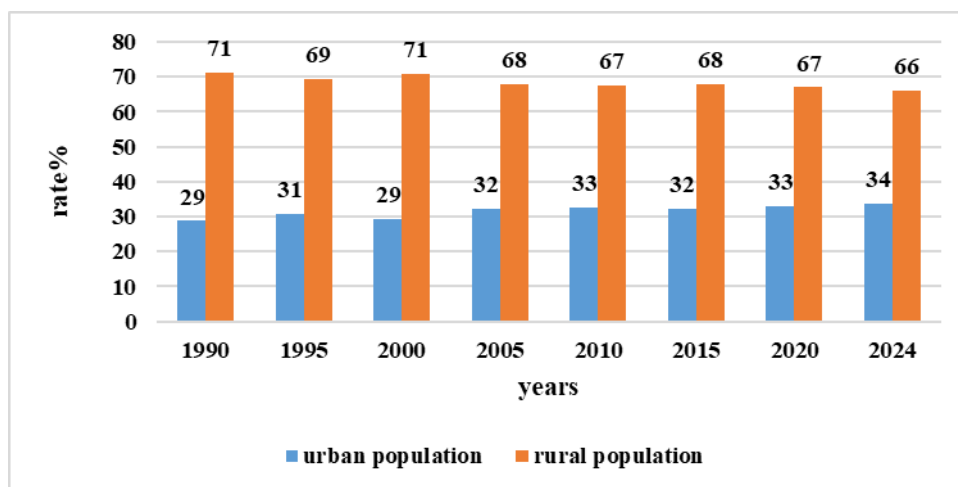


Figure 2 – Growth rate of urban and rural population of Ganja-Dashkasan region(%)

In modern times, the agricultural sector plays a significant role in terms of increasing socio-economic development only in countries with a low level of development. In countries where relevant industrial and service sectors are developed or have a targeted development strategy in these areas, agriculture is primarily a means of ensuring food security, employment, and partly a means of diversifying exports (Blakeney, 2022:16). The

downward trend in employment and demographic processes in agriculture in the regions also necessitates the continuation of research in this direction. Thus, in the study area, the ratio of the population employed in agriculture, forestry and fishing activities to the total number of employed people continues to decrease in 2018-2023. This indicator has decreased by 3% in the last 5 years (Table 1.).

Table 1 – The number of employed population in agriculture, forestry and fishing activities of the region (cities and districts), thousand people

Years	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Number of people employed in agriculture in the region	92,3	93,5	75,1	72,9	74,8	75,8	77,1
Ganja city	24,7	24,5	13,7	12,7	13	13,2	13,3
Naftalan city	0,9	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Dashkasan district	8,2	8,4	8	7,9	8,1	8,2	8,3
Goranboy district	25,6	26	24,5	24,1	24,7	25,0	25,5
Goygol district	16,4	16,8	14,5	14,2	14,6	14,8	15,1
Samukh district	16,5	16,7	14	13,6	14	14,2	14,5
Total employed population	311,2	313,4	274	268,6	276,2	280,7	285,1
Percentage in total	29	30	27	27	27	27	27

Source: “Labor market” statistical collection 2024

Currently, the share of agriculture in total employment in the region is 27% (“Labor market 2024”: 125). For comparison, this indicator for the republic was 39.1% in 2000 and 36.4% in 2015 (“Strategic Roadmap for the Production and Processing of Agricultural Products in the Republic of Azerbaijan”, 2016: 26).

The low level of wages of the employed population operating in the agricultural sector is due to the widespread use of the extensive method of production in this sector, which creates a small amount of added value for the products produced (Khalilov, 2020:16). The diversification of various structures of agriculture, the establishment of mutual relations, and the expansion of other production and service sectors is an economic and social process that serves to increase employment in rural areas and, as a result, encourages demographic processes to move in a positive direction. The Ganja-Dashkasan economic region lags behind other economic regions in terms of natural growth rate, with the exception of the Absheron-Khizi economic region. Although the cit-

ies of republican subordination Ganja and Naftalan are located in this economic region, the decreasing trend in the natural growth rate is characteristic not only of this region, but also of other regions of our country. The collapse of the Soviet Union in 1991 led to the severe consequences of the restructuring of the economic and social spheres in most post-Soviet countries, both in economic indicators and demographic processes (Ryazantseva, 2021:519). As a result of the analysis of the demographic situation of the study area over the last 30 years (1990-2023), it was determined that the natural growth rate in all districts of the region continuously decreased between 1990-2000 (Fig. 3.). It can be observed from the data that the highest natural growth rate coincides with the period before independence. Between 2000-2005, natural growth was observed in all administrative territorial units, except for Dashkasan district. Although Dashkasan district joined this trend between 2005-2010, stability prevailed in Ganja city. In 2010-2015, there was an increase in Samukh district, a decrease in Dashkasan district,

and stagnation continued in other administrative territorial units. In 2014-2021, a decrease was observed in the entire economic region, and in 2021 it reached its peak in the last 30 years. In 2021-2022, the process of returning to growth has begun to develop. In general, it has not been possible to reach the natural growth rates between 1990-1996 to this day. For comparison, it can be said that in 2020-21, the average natural growth rate for the total territory

decreased by at least 3 times compared to 1990. In addition, the fact that the Second Karabakh War and Covid-19 pandemic coincided with these periods did not remain without an impact on the development of these processes. In Ganja, the second largest city of the country, which accounts for 55% of the population of the economic region, it can be observed that there was no natural growth, but rather a decrease, in the corresponding periods.

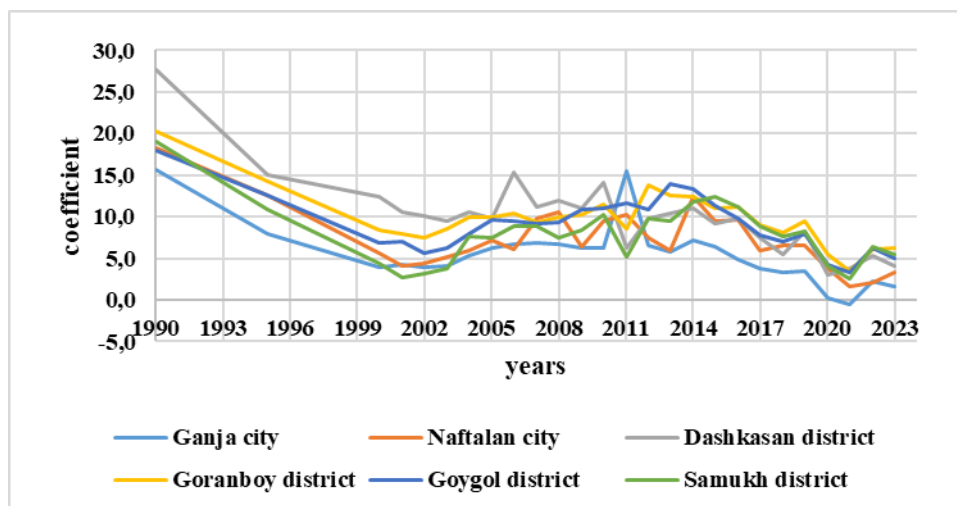


Figure 3 – Natural growth rate per 1000 people of the population

The growth rate of the permanent population in the region over the past 20 years (1999-2019) was 11%. For the same period before that (1979-1999), this growth was 23% (Table 2). The growth rate in the last 20 years was 10-11.8% in Ganja and Naftalan cities, 8.2% in Dashkasan, 10.6% in Goranboy, 18.6% in Goygol, and 14.7% in Samukh. Thus, Ganja was one of the 7 regions with the slowest population growth rate in 2000-2020. The urban population increased by only 10% over 20 years. However, the average for the country was 26%, the highest was 135% (in Absheron district), and close to 30% in Baku city. Compared to other economic regions, the growth rate in this region has always been low and continues to decline (Fig. 4.). The trend is of global importance. The world population continues to grow, but the growth rate is developing at a low pace. Thus, the latest UN reports predict that the world population will be 8.5 billion in 2030, 9.7 in 2050, and 10.4 billion in 2100 (World Population Prospects 2022:).

According to the situation in the first months of 2024, the total population of the region is 597.8 thousand people, of which Ganja city has 330.7 thousand people, Naftalan city has 8.6 thousand people, Dashkasan district has 33.3 thousand people, Goranboy district has 101.8 thousand people, Goygol district has 64.8 thousand people, and Samukh district has 58.6 thousand people.

The fact that the population growth rate in the study area is consistently low compared to other regions provides a basis for a new research study and necessitates conducting mutual social, economic, and political analyses with other regions. When analyzing the districts of the region separately, relatively high demographic indicators over the past 35 years fall on the share of Goygol and Samukh regions. Goranboy and Dashkasan regions lag behind these regions by at least 2-3 times in terms of the growth rate of both urban and rural populations, respectively (Fig. 5, 6).

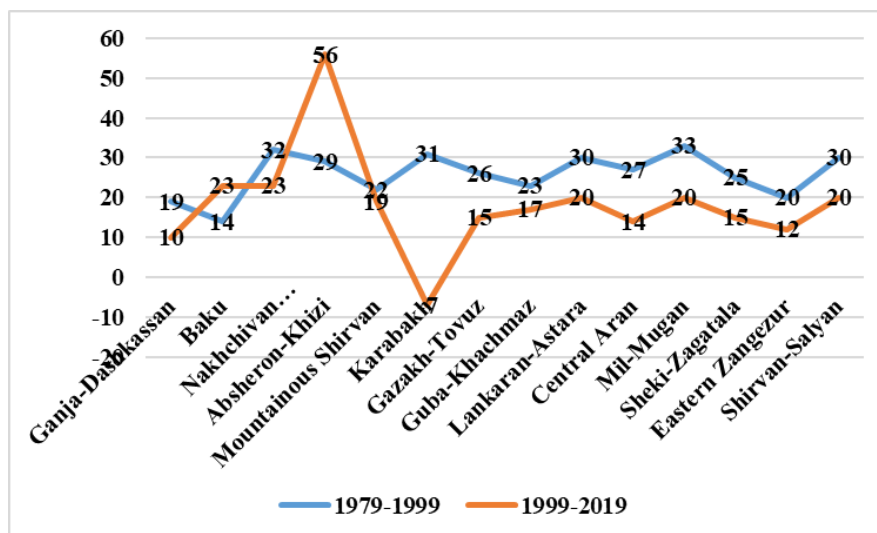


Figure 4 – Population growth rate (%) in the economic regions.

Table 2 –Number of permanent population in the region (thousand people)

Economic region and administrative territorial units	1979	1989	1999	2009	2019
Ganja-Dashkasan economic region – total	426,8	484,5	527	560	586,3
Ganja city	231,7	280,6	299,3	313,3	328,8
Naftalan city	3,6	7	7,6	8,9	8,5
Dashkasan district	33,6	28,5	30,4	32,7	32,9
Goranboy district	81,3	88,2	86,7	94,2	95,9
Goygol district	41,2	43,1	53,3	57,2	63,2
Samukh district	35,4	37,1	49,7	53,7	57

Source: Demographic Indicators of Azerbaijan 2024[3]

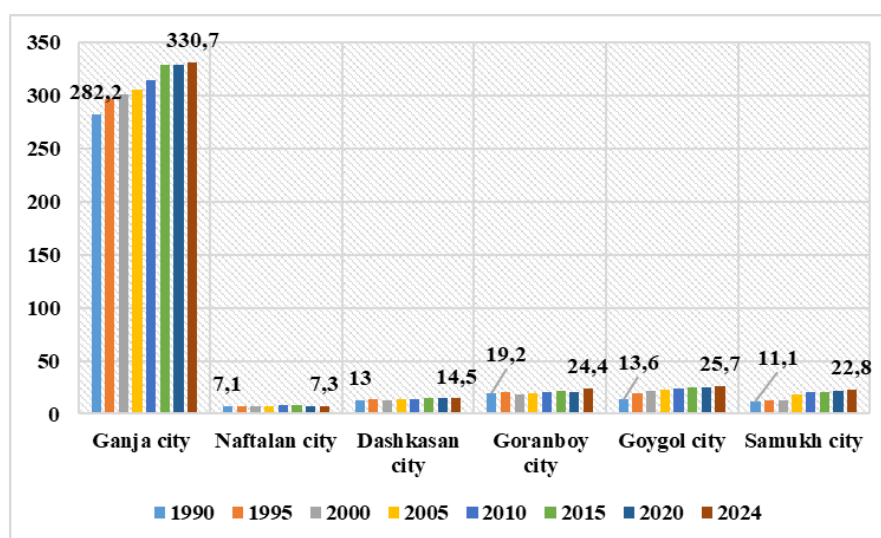


Figure 5 – Urban population growth rate (thousand people)

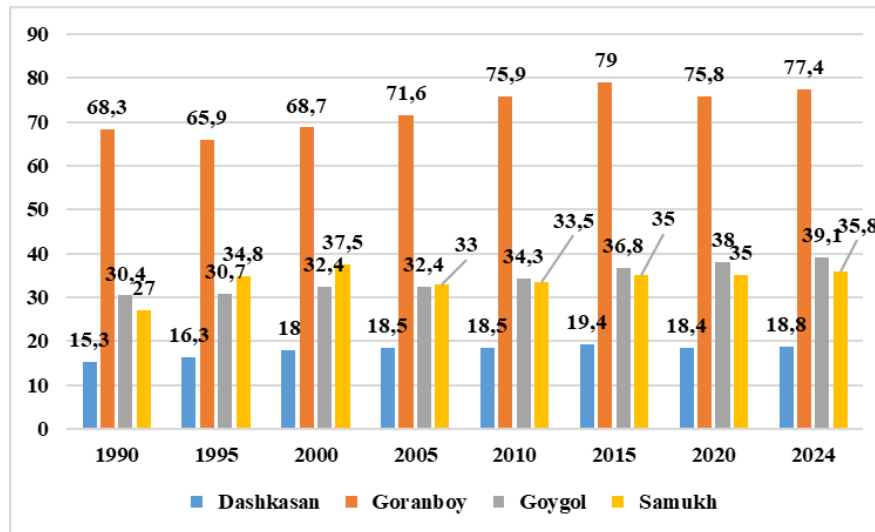


Figure 6 – Rural population of the districts growth rate (thousand people)

The analysis, preparation and implementation of a detailed development plan for the implementation of sustainable agricultural development mechanisms is reflected in the “Strategic Roadmap for the Production and Processing of Agricultural Products in the Republic of Azerbaijan”. A number of issues such as the development of regions, improving the living standards of the population, preventing urbanization, increasing food security, and optimizing demographic processes largely depend on the way in which economic and social issues are resolved and the degree of its organization. There are many methods for analyzing the economic indicators of the region’s agriculture and the extent to which it is operating effectively. However, at the initial stage, it is necessary to determine the extent to which the region is self-sufficient in basic agricultural products.

The region’s location in an area with soil-climatic factors and rich water resources creates favorable opportunities for the development of rural economy. In addition, the fact that the territory has rich mineral and recreational reserves can be of great importance in solving the factors that cause demographic problems. For this, the main task ahead is to implement the territorial organization of agriculture based on the efficient use of natural resources, accelerate the transition to a liberal and competitive market economy, and implement a number of global trends such as coordination of the driving forces of the agricultural system, consolidation of farms, and territorial clusters.

The Ganja-Dashkasan economic region specializes mainly in cereals and cereal legumes, fruits and berries (dates, grapes, pomegranates, etc.), and sunflower and corn for grain (Fig. 7.). Since the main production falls on the share of agricultural products for food purposes, the proportion of the production of industrial agricultural products in the total share is very low. Despite the privileges created by the state for labor-intensive sectors such as tobacco and cotton growing, traditional and sustainable development has not been achieved in this area and economic indicators are incomparably low. It is no coincidence that, despite the fact that the vast majority of land resources are land suitable for agriculture, according to 2023 data, the share of those working in agriculture in the total employed population is 27%. A large part of this falls on family farmers, especially households, who carry out production and other economic activities in rural areas without creating a legal entity on the basis of property they own or lease. Regarding the characteristics of land areas of household enterprises, according to the data of 2022, the use of land area is 76.7% for production only for personal consumption, 11% for products produced for personal consumption and sale, 11% for unused land, and 1% for other land (Fikretzade, 2022:11). According to the data of 2023, 35,132 hectares of land suitable for agriculture are owned by agricultural enterprises and 2,999 hectares by individual entrepreneurs. This figure is 7,061 hectares more and 2,698 hectares less, respectively, compared to 2014. The majority of the increase in agricultural enterprises is accounted for by agroparks.

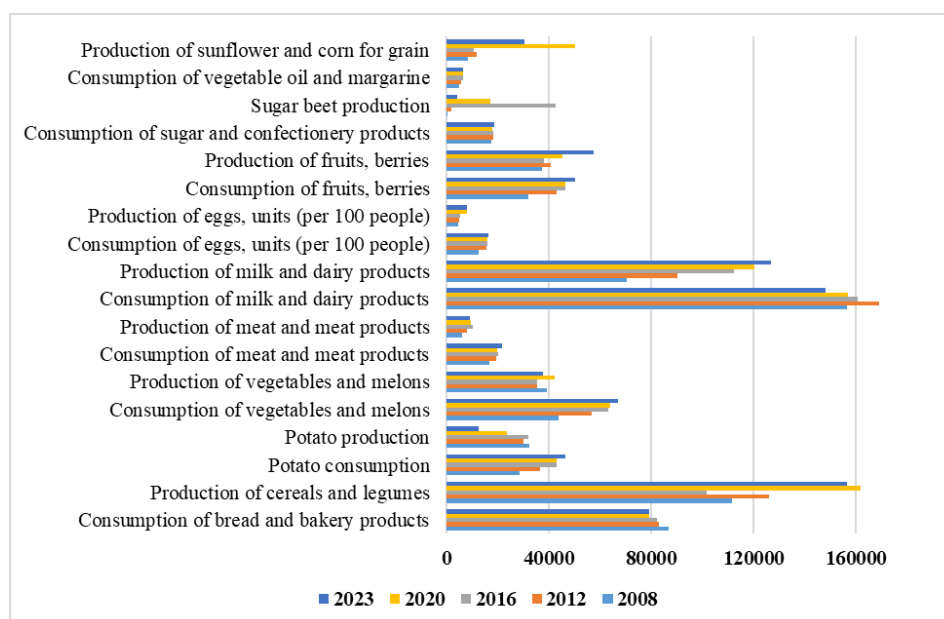


Figure 7 – Consumption and production of food products in the Ganja-Dashkasan economic region (in tons and units per year)

When looking at the dynamics of the growth rates of agricultural production in the region between 2003 and 2023, it is clearly observed that the region's agriculture does not have sustainable development. Ups and downs in the development trend occur periodically, and a negative direction is also developing. (Fig. 8.) Comparative analysis of production growth rates with the natural growth rate has led to the emergence of their correlative relationships. (Fig. 9.) Thus, it is possible to clearly observe the correspondence of the natural growth rate trend of the population with the production rate. In the natural growth rate trend (Fig. 3.), as in the production of agricultural products (Fig. 8.), a decline process begins after 2013-2014, and this process reaches a minimum in 2019-2021. The results of this negative trend can also be observed in the 3% decrease in the number of labor force working in agriculture after 2019. (table.1.).

In general, crop production in the economic region has developed more than livestock farming. The main reason for this is that livestock production is increasingly organized on the basis of crop production and the sparse settlement in mountainous areas that are favorable for the development of

livestock production. In addition, the decrease in pastures around villages in densely populated areas has had a negative impact on livestock production.

The largest increase in terms of production growth rate belongs to the city of Ganja (Fig. 10.). The lack of land suitable for agriculture here is formed entirely due to the processing of industrial plant products along the value chain, and livestock and poultry farms operating on the basis of coarse and strong feeds harvested from the fields and hayfields of perennial and annual fodder crops, as well as from the harvest of grain products. A similar trend can be cited as an example of the development of livestock farming in the city of Naftalan.

The growth in the production of total agricultural products in individual administrative territorial units, with the exception of Dashkesan district, has been 95-97% over the past 20 years. Despite the favorable conditions for the development of livestock breeding in Dashkesan district, the production of plant products has developed on a larger scale. The relative advantage in plant production in terms of agricultural production belongs to Goranboy district, and in livestock breeding to Goygol and Samukh districts (Agriculture of Azerbaijan ,2019: 349).

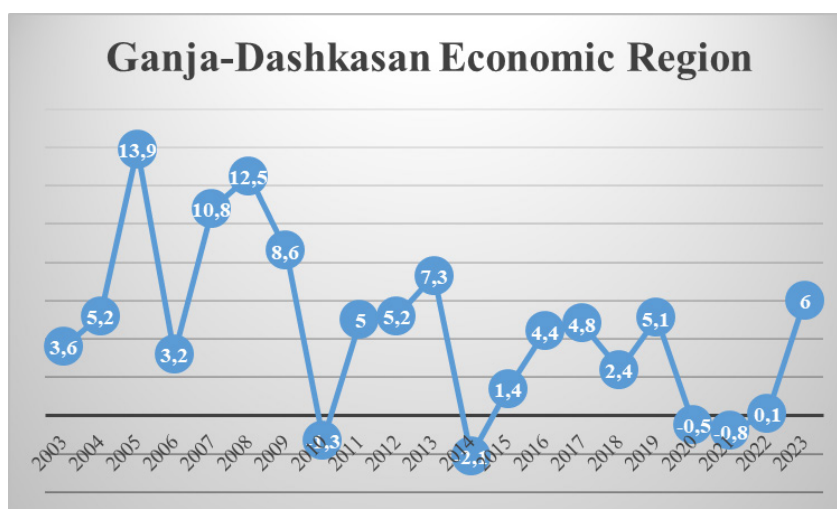


Figure 8 – Dynamics of growth rates of agricultural production in %

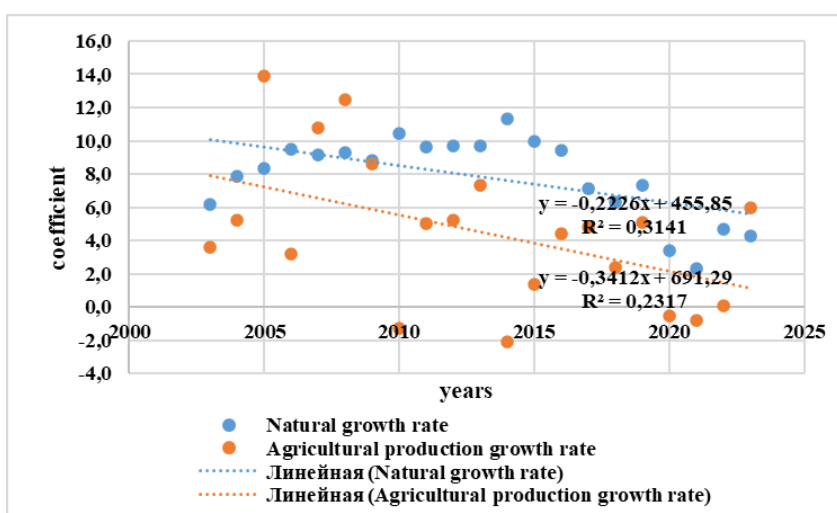


Figure 9 – Correlation between the growth rate of agricultural production and the natural growth rate of population in the Ganja-Dashkasan economic region between 2003 and 2023

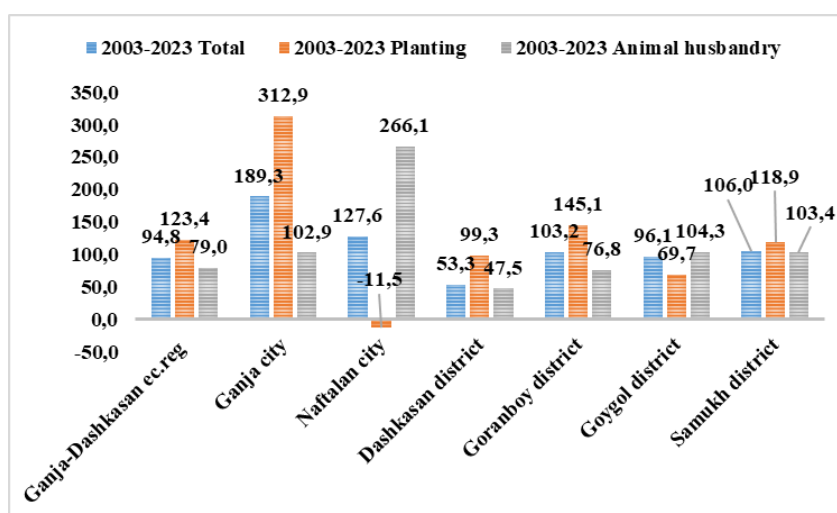


Figure 10 – Growth rate (%) based on the physical volume index of agricultural production

Conclusions

1. The predominance of food products over industrial products in the production of agricultural products causes the number of people employed in agriculture to lag behind the average for the country.

2. The more extensive development of plant breeding compared to livestock breeding is due to the dense settlement of the population in areas suitable for agriculture close to water resources and the deprivation of pastures in the areas surrounding the villages. In addition, the increase in livestock breeding through breeding and selection methods, the occupation of productive summer pasture areas and the reduction of land areas suitable for agriculture

have made its extensive development ineffective.

3. Looking at the growth rate of the urban population of the region over the last 33 years, it can be observed that the growth of the urban population in Samukh and Goygol districts is at least 3-4 times faster than in other districts and cities of the region. The growth trend of the rural population is higher in these districts.

4. The population growth rate of the Ganja-Dashkan economic region for 2009-2019 ranks last compared to other economic regions.

5. Close correlation has been found between the region's natural growth rate and the growth rate of agricultural production in 2003-2023 based on physical volume index of agricultural production.

References

- Adger, W. N., Fransen, S., Safra de Campos, R., & Clark, W. C. (2024). Migration and sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(3).
- Agriculture of Azerbaijan. (2019). *Statistical collection*. Baku.
- Blakeney, M. (2022). Agricultural innovation and sustainable development. *Sustainability*, 14(5), 2698. <https://doi.org/10.3390/su1405269>
- Danan, G., Andreev, K., & Dupre, M. E. (2021). Major trends in population growth around the world. *China CDC Weekly*, 3(28), 604–613.
- Demographic indicators of Azerbaijan. (2024). *Statistical collection*. Baku.
- Fikretzade, F. F., & Babayeva, V. M. (2022). Stimulating the application of agricultural innovations in Azerbaijan. *Economics of Agriculture*, 4(42).
- Khalilov, H. A. (2020). Growth rates of agricultural production in Azerbaijan: Features of its dynamics and the role of resource factors. *Economics of Agriculture*, 1(31).
- Labor market. (2024). *Statistical collection*. Baku.
- Main results of the household survey. (2022). *Statistical collection*. Baku.
- O'Sullivan, J. N. (2023). Demographic delusions: World population growth is exceeding most projections and jeopardising scenarios for sustainable futures. *World*, 4(3), 545–568. <https://doi.org/10.3390/world403003>
- Rafael, B. M. (2023). The importance of agricultural development projects: A focus on sustenance and employment creation in Kenya, Malawi, Namibia, Rwanda, and Uganda. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 12(2), 152–170. <https://doi.org/10.4236/jacen.2023.122013>
- Ryazantseva, S. V., & Rybakovskii, L. L. (2021). [Article in Russian]. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 91(5), 516–524.
- Strategic roadmap for the production and processing of agricultural products in the Republic of Azerbaijan. (2016).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World population prospects 2022: Summary of results* (UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3).

Авторлар туралы мәлімет:

Рамиль Гулиев – докторант, Академик Г.А.Алиев атындагы География институтыны (Әзірбайжан, Баку. e-mail: quliyevramil915@gmail.com)

Information about the authors:

Ramil Guliyev – Doctoral Student, Institute of Geography named after Academician H.A. Aliyev (Azerbaijan, Baku. e-mail: quliyevramil915@gmail.com)

Сведения об авторе:

Рамиль Гулиев – докторант, Институт географии имени академика Г.А. Алиева (Баку, Азербайджан, e-mail: quliyevramil915@gmail.com).

Поступила: 24 мая 2025 года
Принята: 27 августа 2025 года

А.Е. Бектурганова¹, Г.Б. Рысмахан¹, Ф.К. Ермеков¹,
С.С. Абдыгалиева², Д.К. Молжигитова¹,
Б.Е. Дабылова¹, Ж.К. Алимсеитова^{3*}

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

²Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: zhanar_igd@mail.ru

ЖЕРДІ КЕҢІСТІКТІ-ЛАНДШАФТТЫҚ ҰЙЫМДАСТЫРУ НЕГІЗІНДЕ АУМАҚТАРДЫ ТИІМДІ ИГЕРУ БОЙЫНША ӘЛЕМДІК ТӘЖІРИБЕЛЕРДІ ТАЛДАУ

Жерді кеңістікті-ландшафттық ұйымдастыру негізінде аумақтарды тиімді игеру бойынша әлемдік тәжірибелерді талдауда ең алдымен, кең таралған, сенімді әдебиеттерді шолумен бастап, мақаланың теориялық негізі қалыптастырылды. Әлемде ландшафттық жоспарлау, қазіргі тұрақты даму тенденцияларын ұстануға бағытталған қоғам мен мемлекеттерде, табиғатты қорғау, экологиялық жағдайды қалыпты ұстап тұру үшін, өте қажетті шара болып табылады. Елімізде аумақты жоспарлау әдістемелері: Қазақстан Республикасы аумағын ұйымдастырудың бас схемасы, Облыстардың аумақтық дамуы схемалары, Облыстың әлеуметтік-экономикалық дамуының кешенді жоспары, Елді мекендердің бас жоспарлары, Аумақтардың егжей-тегжейлі жоспарлау жобалары (ЕЖЖ) негізінде жасалғанымен, аумақты жоспарлаудың қоршаған ортаны қорғау, табиғи ресурстарды дұрыс пайдалану мақсатында жасалатын ландшафттық жоспарлау жүйесі дамымаған. Табиғи байлығы көп, тұрғындар саны аз және жылдан жылға азайып жатқан Солтүстік Қазақстан облысында ландшафттық жоспарлау, табиғатты қорғау, жерді ұтымды пайдалануды тиімдендіретін әдістер бойынша ұсыныс беру – зерттеуіміздің мақсаты. Үлгі ретінде АҚШ, Қытай және Германия елдерінің жер пайдалануды жоспарлау тәжірибесі алынды. Зерттеу негізінде авторлар, Солтүстік Қазақстан облысының аумақтық жоспарлауын дамыту үшін, жергілікті жердің табиғи климаттық ерекшеліктерін, мемлекеттік құрылымды және жоспарлауды ұйымдастырудағы өзгешеліктерді есепке ала отырып, аталған елдердің үздік тәжірибелерін ұсынуға тырысты. Зерттеуде әдеби деректерді жинау мен талдау үшін нақты әдістемелер, контент-талдау және салыстырмалы талдау әдістері қолданылды. Ақпарат іздеу кезінде Scopus, Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect сияқты халықаралық және ұлттық беделді мәліметтер базалары, сонымен қатар Қазақстан Республикасының заңнамалық актілер жинағы және жерге орналастыру мен кадастр саласындағы қазақстандық ғылыми журналдар пайдаланылды. Зерттеу нәтижесінде Солтүстік Қазақстан облысының аумағын кеңістіктік ландшафттық жоспарлау үшін пайдалануға болатын АҚШ, Германия және Қытай тәжірибесінен үздік әдістер алынып, әрі қарай терең зерттеуге ұсынылды.

Түйін сөздер: кеңістікті-ландшафттық жоспарлау, аумақты игеру, жер ресурстарын басқару, тиімді жер пайдалану, территориялық даму, урбанизация, жерді тұрақты пайдалану, тұрақты даму, аумақтық жоспарлау тәжірибелері, жер саясаты.

A.E. Bekturganova¹, G.B. Rysmakhan¹, F.K. Yermekov¹, S.S. Abdygaliyeva²,
D.K. Molzhigitova¹, B.E. Dabylova¹, Zh.K. Alimseitova^{3*}

¹ Kazakh National Agrarian Research University (KazNAIU), Almaty, Kazakhstan

² K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

³ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: zhanar_igd@mail.ru

Analysis of global practices for effective land development based on spatial and landscape land planning

The theoretical basis of the article was formed on the basis of a review of widely distributed and authoritative literature on the world experience of effective development of territories based on spatial landscape planning. In international practice, landscape planning is considered as the most important tool aimed at observing the principles of sustainable development, protecting nature and maintaining

planning as the General Scheme of organization of the territory, Schemes of territorial development of regions, Comprehensive plans of socio-economic development, General plans of settlements and projects of detailed planning (RAP), the system of landscape planning focused on environmental protection and rational use of natural resources, still it is not developed enough. The purpose of this study is to provide recommendations on landscape planning, rational use and protection of natural resources of the North Kazakhstan region, taking into account its unique characteristics: natural wealth, low population density and its decline. The practices of land management in the USA, China and Germany were considered as examples. The study used specific methods of data collection and analysis, including content analysis and comparative analysis. The sources of information were international and national scientific databases such as Scopus, Web of Science, Google Scholar and ScienceDirect, as well as legislative acts of the Republic of Kazakhstan and Kazakhstani scientific journals in the field of land management and cadastre. As a result, the best practices of the USA, Germany and China were identified and proposed for further study, which can be adapted for spatial and landscape planning of the territory of the North Kazakhstan region.

Keywords: spatial and landscape planning, territorial development, land management, efficient land use, territorial development, urbanization, sustainable land use, sustainable development, territorial planning practice, land policy.

А.Е. Бектурганова¹, Г.Б. Рысмахан¹, Ф.К. Ермаков¹, С.С. Абдығалиева²,
Д.К. Молжигитова¹, Б.Е. Дабылова¹, Ж.К. Алимсеитова^{3*}

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. Сатпаева, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: zhanar_igd@mail.ru

Анализ мировых практик по эффективному освоению территорий на основе пространственно-ландшафтного обустройства земель

Теоретическая основа статьи была сформирована на базе обзора широко распространённой и авторитетной литературы, посвящённой мировому опыту эффективного освоения территорий на основе пространственно-ландшафтного планирования. В международной практике ландшафтное планирование рассматривается как важнейший инструмент, направленный на соблюдение принципов устойчивого развития, охрану природы и поддержание экологического баланса. В Республике Казахстан, несмотря на наличие таких методик территориального планирования, как Генеральная схема организации территории, Схемы территориального развития областей, Комплексные планы социально-экономического развития, Генеральные планы населённых пунктов и проекты детальной планировки (ПДП), система ландшафтного планирования, ориентированная на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, до сих пор недостаточно развита. Целью данного исследования является предоставить рекомендаций по ландшафтному планированию, рациональному использованию и охране природных ресурсов Северо-Казахстанской области, принимая во внимание её уникальные характеристики: природное богатство, низкую плотность населения и его убыль. В качестве примеров были рассмотрены практики землеустройства США, Китая и Германии. В исследовании применялись конкретные методы сбора и анализа данных, включая контент-анализ и сравнительный анализ. Источниками информации послужили международные и национальные научные базы данных, такие как Scopus, Web of Science, Google Scholar и ScienceDirect, а также законодательные акты Республики Казахстан и казахстанские научные журналы в области землеустройства и кадастра. В результате были выделены и предложены к дальнейшему изучению лучшие практики США, Германии и Китая, которые могут быть адаптированы для пространственно-ландшафтного планирования территории Северо-Казахстанской области.

Ключевые слова: пространственно-ландшафтное планирование, освоение территорий, управление земельными ресурсами, эффективное землепользование, территориальное развитие, урбанизация, устойчивое землепользование, устойчивое развитие, практика территориального планирования, земельная политика.

Кіріспе

Қазақстанның экономикалық белсенді даму жағдайында, қазіргі заманғы заңнаманың талаптары, жер-мүлік қатынастары саласындағы инвестициялық-құрылыс қызметін жандандыру, қоғам өмірінің, кеңістіктік ортаның тұрақты дамуына бағытталған аумақты жоспарлау қызметіне назар аударуды міндеттейді. Елдегі климаттық және нарықтық өзгерістер мемлекеттік басқару саласындағы аумақтық жоспарлау және осы саладағы заңнаманы реттеудің рөлін айтарлықтай өзгертті (Лабынцев и др, 2010)

Елімізде аумақты жоспарлауда тек әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштер, еңбек ресурстарының потенциалы және әр облысқа бөлінетін қаражат мөлшері негізінде жасалынатын жоспарлар бар. Алайда қазіргі таңда бұл мәселені тереңдетіп қарау қажет. Урбанизация, жерді дұрыс пайдаланбау және қоршаған ортаның ластануы – аумақты жоспарлаудың, тұрақты даму контекстіндегі экологиялық-ландшафттық кеңістіктік әдісін пайдалануды тәжірибеге енгізуді міндеттейді. Осы міндетке сай орындалып отырған зерттеулердің мақсаты – аумақтың тұрақты даму контекстіндегі экологиялық-ландшафттық кеңістіктік жоспарлаудың әлемдік тәжірибелерін қарастырып, зерттеу объектісіне, Солтүстік Қазақстан облысына сәйкес келетін тәсілдерді, жергілікті жерге бейімдеу жолдарын айқындау болып табылады.

Жоғарыда атап өткендей, аумақтың тұрақты даму контекстіндегі экологиялық-ландшафттық кеңістіктік жоспарлау, Қазақстанда аудан, облыс деңгейінде жасалмағанымен, кейбір тәсілдері қолданылып келген. Зерттеу нәтижесінде Солтүстік Қазақстан облысының табиғи-климаттық, әлеуметтік-экономикалық ерекшеліктерін назарға ала отырып, аумақты тұрақты даму контекстіндегі экологиялық-ландшафттық кеңістіктік жоспарлаудың шетелдік тәсілдерін жергілікті жерге бейімдеу мүмкіншіліктерін қарастыру мақсатын іске асыру қажет. Осы мақсатқа байланысты келесі міндеттер қойылды: экологиялық-ландшафттық кеңістіктік жоспарлау түсінігін анықтау, аумақтарды игерудің әлемдік тәжірибелерін талқылау, олардың ландшафттық ерекшеліктерін негізге ала отырып, кеңістіктік жоспарлау әдістерін айқындау, аумақтарды игеру тиімділігінің критерийлерін талдау, шетелдік тәжірибелерді қолдану кезіндегі мәселелерді шешу жолдарын белгілеу.

Тақырыптың теориялық және практикалық маңыздылығы. Аумақты тұрақты даму контекс-

тінде экологиялық-ландшафттық кеңістіктік жоспарлау табиғи ортаны қорғау, сақтау мен аумақтық ұйымдастыру жүйесінің өзара әрекетін қарастыратын пәнаралық сала болып есептеледі. Бұл сала ландшафттану, экология, қалақұрылысы, география, жерге орналастыру, кадастр, туризм және экономика салаларындағы ғылыми теорияларды біріктіріп, табиғи және адам әрекеті факторларының кеңістіктік құрылымға ықпал ету заңдылықтарын түсіндіруге мүмкіндік береді. Осылай экологиялық-ландшафттық кеңістіктік жоспарлаудың ғылыми бағыты қалыптасып, территорияны тиімді пайдаланудың теориясы пайда болады.

Практикалық негізден алғанда, бұл зерттеудің нәтижелері аумақтарды экологиялық-ландшафттық тұрғыдан тұрақты дамытуға негізделген нақты шешімдерді ұсынуға мүмкіндік береді. Кеңістіктік жоспарлау жүйесінде ландшафттық және экологиялық факторларды ескеру табиғи ортаны қорғауға, қоршаған ортаға салмақты азайтуға, әлеуметтік өмір сапасын жоғарылатуға, сондай-ақ, аймақтық және жергілікті деңгейде оңтайлы жабдықталудың дамуына септігін тигізеді. Тағы да, бұл әдіс урбанизацияның зардабын жұмсартуға және климаттық өзгерістерге бейімделуге негізделген.

Әдебиетке шолу

Кеңістіктік-ландшафттық жоспарлау теориясына келетін болсақ, ғалымдар бұл тақырыпты егжей-тегжейлі зерттегенімен, практикада көп елдерде қолданылмаған. Мысалы, Ресейдің белгілі ғалымдары А.Н. Антипов пен А.В. Дроздов, ландшафттық жоспарлауды әртүрлі деңгейлерде шешім қабылдайтын әртүрлі ведомстволар мен саясаткерлерді үйлестіру механизмдерін біріктіретін пәнаралық құрал ретінде пайдаланылады. Оның негізінде табиғатты қорғау проблемалары анықталып, дамудың жаңа жолдары ұсынылады. (Antipov et al, 2002)

Сара К. Картер АҚШ ғалымы, кеңістіктік жоспарлауда ландшафттық экологияның негізгі тұжырымдамаларына сүйеніп және жерді басқару шешімдерін қабылдау үшін экожүйелердің физикалық, биологиялық және антропогендік компоненттерін есепке алу жолдарын көрсетуге тырысады. Дегенмен, жер ресурстарын басқару шешімдеріне ландшафттануды енгізу қиын міндет болып қалатынын жасырмайды (Carter et al, 2020)

Жерді пайдалануды ландшафттық жоспарлау ұзақ мерзімді басқару шешімдерін қабылдау

үшін әртүрлі ақпараттың үлкен көлемін интерпретациялау, маңызын, мәнін түсіндіру, ашу мүмкіндігін қажет етеді. Ландшафтық ғылым жер ресурстарын басқару мамандары үшін қол жетімді нақты учаскелер туралы мол деректерді қажетті деңгейде қамтамасыз ете алады (Trammell et al, 2018.)

Г.М.Лаппо, А.А. Буровтың айтуы бойынша, аумақтық жоспарлау – бұл мемлекеттік билік органдарының немесе жергілікті өзін-өзі басқару органдарының аумақтардың даму тәртібін, мемлекеттік және жергілікті қажеттіліктер үшін объектілерді орналастыру орындарын айқындау мен бекіту бойынша жүзеге асыратын қызмет. Аумақтық жоспарлау – бұл болашақты көру, яғни нақты мақсаттарға байланысты әртүрлі мерзімге жоспарлау. Бұл қысқа мерзімді, орта мерзімді және ұзақ мерзімді болуы мүмкін. Қалақұрылыстық қызметте, әдетте, 10 жылдан астам мерзімге ұзақ мерзімді жоспарлау болып келеді.

Аумақтық жоспарлауды аумақты физикалық тұрғыда абаттандыру ретінде түсінуге болмайды. Бұл – әлеуметтік, экономикалық, қалақұрылыстық және өзге де қызмет түрлерін кеңістіктік орналасуын ескере отырып жоспарлаудың ерекше түрі. Аумақтық жоспарлауды аумақтың физикалық дамуын емес, оның кеңістіктік тұтастығын жоспарлау ретінде, ал қала жағдайында – жергілікті қауымдастықтың, оның айналасының және қызметінің дамуын жоспарлау ретінде қарастырған жөн (Larpo et al, 2010).

Кеңістікті-ландшафтық жоспарлаудың мақсаты – жердің табиғи жағдайларын, рельефін, климатын, су көздерін және инфрақұрылымын ескере отырып, функционалдық аймақтарға бөлуді ғылыми тұрғыда негіздеу, табиғатты қорғау және қала құрылысына арналған аумақтарды тәуекел факторларын ескере отырып анықтау болып табылады.

1-кесте – Кеңістіктік ландшафтық жоспарлаудың міндеттері

Ландшафтық жоспарлау	Кеңістікті ұйымдастырудың басты мақсаты	Кеңістіктік-ландшафтық жоспарлау	Жерлерді тиімді пайдаланудың кеңістіктік-ландшафтық жүйесі	Ландшафтық жобалау
бұл кеңістікті ұйымдастырудағы әртүрлі әдістер мен тәсілдер кешені; ол экология, география, ауыл шаруашылығы, экономика және басқару сияқты салаларды біріктіреді. Бұл табиғатты пайдаланудың экологиялық және әлеуметтік аспектілерін ескеріп, олардың арасында тепе-теңдік орнатуға көмектеседі.	табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану және қоршаған ортаны қорғау, сондай-ақ экожүйелердің тұрақтылығын сақтау. Осы жоспарлау негізінде «жасыл инфрақұрылым» және «экологиялық желі» сияқты ұғымдар пайда болады.	экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету, жер ресурстарын қорғау, ластануға жол бермеу, сондай-ақ қалалық және ауылдық аумақтарды үйлесімді дамыту үшін қажет. Бұл үшін әлеуметтік-экологиялық факторлар ескеріледі, сонымен қатар экологиялық шектеулер енгізіледі.	салалық және аумақтық үйлесімділікті қамтамасыз етеді, сонымен қатар оларды басқарудың оңтайлы үлгілерін құруға мүмкіндік береді, әсіресе табиғи ландшафттар мен антропогендік әсерлер үйлескен кезде.	бұл экожүйелердің жағдайына әсер ететін процестерді басқаруға мүмкіндік беретін, болашақтағы жер пайдаланудың орнықты бағыттарын анықтауға арналған кешенді құрал. Ол ғылыми негізделген шешім қабылдау үшін маңызды, әсіресе қалалық агломерациялар мен ауылдық жерлерді дамытуда.

Ескерту: автор құрастырған

Ландшафтық жоспарлау аумақтық дамуды табиғи жағдайлармен және ресурстармен, сондай-ақ қоршаған ортаны қорғау міндеттерімен үйлестіруді қамтамасыз етеді, бұл әсіресе, дамыған инфрақұрылымды және жерді қарқынды пайдалану аймақтарында маңызды. Концептуал-

ды түрде ландшафтық жоспарлау табиғатты қорғау және тұрақты даму қағидаттарына негізделген. (Kiemstedt, H , 1997)

Кеңістіктік ландшафтық жоспарлау кезеңдері. Бірінші кезекте, мәселелерді анықтау, яғни Солтүстік Қазақстан облысы мысалында

аумақты тиімді игеру мен ландшафтты жоспарлауға қатысты бірқатар өзекті мәселелерді анықталады.

Екіншіден, сипаттау және бағалау, бұл кезеңде табиғи және адам әсерінен өзгерген ландшафттың барлық бөліктерінің қазіргі жағдайы толық зерттеледі. Олардың қай жерде орналасқаны, қалай құрылғаны және табиғаттағы рөлі анықталады. Орман, жайылым, егістік, су қоймалары, елді мекендер сияқты ландшафт бөліктерінің кеңістіктегі орналасуы және бір-бірімен байланысы қарастырылады. Әрбір ландшафт элементінің экологиялық, әлеуметтік және экономикалық құндылығы анықталып, олардың табиғи өзгерістерге немесе адамның іс-әрекетіне қаншалықты сезімтал екендігі бағаланады. Сонымен қатар, жер, су, өсімдіктер сияқты табиғи байлықтардың қалай пайдаланылып жатқаны, олардың қалпына келу мүмкіндіктері және табиғаттағы тепе-теңдікке әсері ескеріледі. Осы бағалаудың нәтижелері кейінгі кезеңдерде, мысалы, аумақтарды бөлу және жоспарлау кезінде маңызды шешімдер қабылдауға негіз болады.

Үшіншіден, мақсаттық тұжырымдаманың мәнін ашу. Бұл кезеңде ландшафтық жоспарлаудың түпкі мақсаты мен басты бағыттары белгіленеді, яғни, табиғаттың бүгінгі күйін сақтай отырып, оның мүмкіндіктерін тиімді әрі үйлесімді пайдалану жолдары қарастырылады. Табиғи және адам әсер еткен ресурстарды (жер, су, өсімдіктер, құрылыс алаңдары және т.б.) дұрыс пайдалану және қорғаудың маңыздылығы анықталады. Халықтың әл-ауқатын, экономикалық өсімді және экологиялық қауіпсіздікті бірдей ескеретін даму жоспары ұсынылады. Келешекте аумақтың қалай дамитыны және қандай шектеулер болатыны көрсетіліп, осыған сүйене отырып нақты жоспарлар жасалады. Бұл тұжырымдама – ландшафты қорғау, жаңарту және тиімді пайдалану шараларының теориялық және практикалық негізі болып табылады.

Төртінші, іс-қимыл жоспары, бұл бөлімде алға қойылған мақсатқа жету үшін қажетті нақты қадамдар айқындалады.

- Жоспарланған шараларды жүзеге асырудың уақыты мен реттілігі көрсетіледі.

- Қоршаған ортаны қорғау және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану бойынша нақты міндеттер белгіленеді.

- Жоспардың орындалуына жауап беретін ұйымдар мен мекемелер анықталады.

- Жұмыстың барысын қадағалап, нәтижесін бағалайтын жүйе ұсынылады. Бұл жүйе атқа-

рылған жұмыстардың қаншалықты тиімді және нәтижелі болғанын анықтауға көмектеседі.

Бесінші, жоспар жасау. Ландшафтық құрылым – бұл белгілі бір аумақтағы табиғи (жер бедері, су, топырақ, өсімдіктер) және адам әрекетінен пайда болған (шаруашылық қызметі) элементтердің кеңістікте орналасу тәртібі. Ландшафтық құрылымның мәселелері – табиғат пен адамның әсерінен аумақта пайда болған өзгерістер мен келіспеушіліктер. Ландшафтық құрылымды бағалау – оның табиғи тепе-теңдігін, қоршаған ортаға төзімділігін және даму мүмкіндіктерін анықтау. Бағалау нәтижелерін көрсету – жоспарлау шешімдерін карталар мен сызбалар арқылы көрнекі түрде ұсыну.

Алтыншы, іске асыру. Талдау әдістері:

- Қоршаған ортаға әсерді бағалау: Жер ресурстары мен экологиялық жағдайға әсер ететін негізгі факторларды анықтау.

- Құрылымдық элементтерді бағалау: Ландшафттың әрбір бөлігінің атқаратын қызметін зерттеу.

- Әлеуметтік-экономикалық үйлестіру: Табиғи байлықтар мен қоғамның қажеттіліктерін теңестіру.

- Картаға түсіру және көрнекілендіру: Аумақты дамыту жоспарларын карталар мен сызбалар арқылы көрсету.

- Табиғи ортаның тұрақтылығын қамтамасыз ету: Экологиялық тепе-теңдікті сақтау және жақсарту жолдарын табу.

- Жерді пайдалану жоспарларын бекіту: Жерді тиімді пайдалану және басқару бойынша шешімдер қабылдау.

Жетінші, нәтижелерді бағалау және түзетулер енгізу:

- Нәтижелерді талдау: Жобаның нәтижелерін жан-жақты зерттеп, олардың қоршаған ортаға, экологиялық тұрақтылыққа және халықтың әлеуметтік-экономикалық жағдайына тигізетін әсерін анықтау.

- Жоспарларды түзету: Алынған мәліметтерге сүйене отырып, жобаны іске асыру жоспарларына қажетті өзгерістер мен түзетулер енгізу. Бұл түзетулер экологиялық қауіптерді азайтуға және әлеуметтік-экономикалық мақсаттарға жетуге бағытталуы тиіс.

- Құжаттаманы дайындау: Бағалау қорытындылары бойынша есептер мен ұсыныстарды әзірлеп, оларды жетілдіру.

- Тиімділікті бағалау: Жобаның экологиялық және экономикалық пайдасын бағалап, жоспар-

ланған мақсаттардың толық орындалуын қамтамасыз ету. (Antipov et al, 2002)

Басқа елдердегі облыс аумағын кеңістіктік-ландшафтық жоспарлау әдістемелерінің мақсаттары және мазмұндары бойынша ерекшеліктері.

Германияда бұл құжат табиғатты қорғауды жоспарлаудың орталық құралы болып табылады, оның міндеті табиғатты және ландшафты қорғауды, күтуді және қалпына келтіруді қамтамасыз ету, жалпы табиғатты қорғау мақсаттарына қол жеткізуге ықпал ету (Bundesnaturschutzgesetz, 2009). СҚО облысы бойынша ландшафтық жоспарлауды орындау барысында бұл әдістеменің ең негізгі ережелерін аумақтың ерекшеліктеріне, Қазақстанның заңдық негіздеріне сәйкес пайдалану қажет.

АҚШ-та “ландшафтық жоспарлау” термині жердің сыртқы түрін немесе бейнесін білдіреді. Ландшафтық жоспарлаудың ең жақын баламасы “қоршаған ортаны жоспарлау” болуы мүмкін (ағылш. environmental planning) немесе “ашық кеңістікті реттеу” (ағылш. open-space regulation). (Steiniz, 2014).

Қытай: Әрине бұл ерекшеліктер әр елде, олардың табиғи, заңдық, тарихи және басқа өзгешеліктеріне байланысты қалыптасқан. Кез келген даму процессі халықаралық перспективалық тәжірибені бейімдеу арқылы қалыптасады, сондықтан СҚО ландшафтық жоспарлауды орындау барысында басқа елдердің тәжірибесін зерттей отырып, өңірдің табиғи, қоғамдық ерекшеліктерін ескере отырып, қазіргі кездегі қалыптасқан аумақты жоспарлау, жобалау, болжау әдістерін жақсарту қажет. Бүгінгі күні белгілі халықаралық тәжірибеден АҚШ, Германия және Қытай әдістемелерін таңдау қолайлы деген шешім қабылданды.

Әдістеме

Бұл зерттеуде әдебиеттік деректерді жинау мен талдауға жүйелі түрде қарастырылды. Ақпарат іздеу үшін халықаралық және ұлттық деңгейдегі сенімді дерекқорлар пайдаланылды. Олардың ішінде Scopus, Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect сияқты халықаралық платформалармен қатар, Қазақстан Республикасының заңнамалық актілер жинағы және жерге орналастыру мен кадастр мәселелеріне арналған отандық ғылыми журналдар қолданылды.

Іздеу жұмыстары кезінде “ландшафтық жоспарлау”, “кеңістіктік даму”, “жерді тиімді пай-

далану”, “аумақтық жоспарлау”, “кадастрлық бағалау”, “аумақтарды игеру”, “spatial planning”, “landscape organization”, “territorial development”, “land use efficiency” және басқа да кілт сөздер пайдаланылды.

Деректерді іріктеу кезінде келесі шарттарға мән берілді:

- Мақалалар мен құжаттардың зерттеу тақырыбына тікелей қатысы болуы;
- Соңғы 10 жылда (2013-2023) жарияланған ғылыми мақалалар мен ресми есептер болуы;
- Рецензияланған журналдар мен мемлекеттік ресми дереккөздерден алынуы;
- Қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі әдебиеттердің болуы.
- Келесі дереккөздер зерттеуге қосылмады:
- Тақырыпқа жанама қатысы бар немесе ескірген дереккөздер;
- Сенімсіз немесе дереккөздері көрсетілмеген интернет материалдары;
- Нақты аналитикалық мәліметтері жоқ, тек шолу мақалалары.

Жиналған әдебиеттер контент-талдау және салыстырмалы талдау әдістері арқылы зерттелді. Контент-талдау арқылы негізгі тақырыптар, терминдер мен әдістер анықталып, олардың жиілігі мен мазмұны зерттелді. Салыстырмалы талдау өртүрлі елдердің кеңістіктік-ландшафтық ұйымдастыру тәжірибесін салыстыруға және олардың Қазақстан жағдайында қолдану мүмкіндіктерін бағалауға көмектесті.

Осы әдістемелік тәсіл зерттеу мәселесін жан-жақты қарастыруға мүмкіндік беріп, алынған нәтижелердің ғылыми негізділігі мен практикалық маңыздылығын арттырды.

Нәтижелер және талқылау

Солтүстік Қазақстан облысы тұрақты ауыл шаруашылығы және өнеркәсіптік даму үшін жоғары табиғи-ресурстық әлеуетке ие. Дегенмен, топырақ құнарлылығын сақтау, эрозия мен ластанудың алдын алу ландшафтық жоспарлау, табиғатты ұтымды пайдалану және экологиялық бақылау принциптеріне негізделген жүйелі тәсілді қажет етеді. Ландшафтық жоспарлауда шетел тәжірибесін қолдану аумақтың ұзақ мерзімді экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етуге және өңірдің жер ресурстарын пайдаланудың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. АҚШ, Германия және Қытай тәжірибесін зерттеуде, СҚО пайдалануға жарамды бірнеше әдістер таңдалып, осы бөлімде келтірілді.

Германия – кеңістіктік жоспарлау (Raumordnung) және ландшафттық жоспарлауға (Landschaftsplanung) кіретін кеңістіктік және ландшафттық жоспарлаудың дуальды жүйесін қолданады.

Солтүстік Қазақстан облысы бойынша аумақты жоспарлаудың Германия тәжірибесін қолдану өте орынды болып келеді. Өйткені бұл жерде тек қана кеңістіктік, әлеуметті экономикалық жағдайлар қарастырылып қоймай, ландшафттық ерекшеліктер сипатталып, оларды сақтау, қорғау және перспективаны анықтау мәселелері орын тапқан. Ол үшін Солтүстік Қазақстан облысы бойынша барлық ландшафтқа әсер ететін факторлардың тізімін жасап алып, олардың жергілікті жердегі сандық және сапалық көрсеткіштерін кеңістікте көрсету қажет. Негізгі факторлар ретінде: биоалуантүрлілік, топырақ, су, климат, ауа, геология және жер бедерін алу ұсынылады.

Raumordnung:	Landschaftsplanung:	Интеграция принципі:
•Бұл федералды жер (Land) және аймақтық деңгейлердегі кеңістіктік маңызды іс-шараларды үйлестіретін муниципалды, сектораралық жоспарлау. Оның мақсаты-әлеуметтік, экономикалық және экологиялық қажеттіліктердің тепе-теңдігін қамтамасыз ететін тұрақты кеңістіктік даму. Қызмет федералды кеңістікті жоспарлау туралы Заңмен реттеледі (Raumordnungsgesetz, ROG).	•Табиғатты қорғау және ландшафттарды басқаруға бағытталған секторлық жоспарлау болып табылады және табиғатты қорғау туралы федералды заңға негізделген (Bundesnaturschutzgesetz, BNatSchG). Ол табиғатты қорғау мақсаттарын кеңістіктік тұрғыдан егжей-тегжейлі сипаттайды	•Landschaftsplanung ақпараттандыратын және Raumordnung-қа, әсіресе аймақтық және жергілікті деңгейде қосылатын интеграция заңды түрде бекітілген. Кеңістікті жоспарлау ландшафттың серіктесі болып табылады, экологиялық мақсаттарды жерді пайдалану үшін міндетті белгілерге аударады.

1-сурет – Германиядағы дуальды жоспарлау жүйесі

Германияның ландшафттық жоспарлауда бағалау салмақ коэффициенттерін айқындау негізінде орындалады. MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) және SPA (Special Protection Area)-да анық қолданылады. MULBO сияқты ландшафтты бағалау модельдері интерактивті өлшеуге мүмкіндік береді. MULBO жерге орналастырудың табиғатты пайдалануды көп критерийлік бағалау әдісі, аумақтарды жоспарлау және пайдалану мәселелерінде, әсіресе экологиялық қақтығыстар жағдайында шешім қабылдауға көмектесетін геоақпараттық жүйе болып табылады.

Сарапшылардың пікірі (Дельфи, сауалнама) факторлардың салмағын/әсерін анықтау үшін қолданылады. MCDA әдісі ретінде AIP (Аналитикалық иерархиялық процесс) туралы айтылады. MCDA – бірнеше критерийлерге негізделген нұсқаларды бағалау мен салыстырудың құрылымдық әдістемесі. Бұл адамдарға немесе

ұйымдарға күрделі және қайшылықты факторлар болған кезде негізделген шешімдер қабылдауға көмектеседі. Көрсетілген тәсілдер Солтүстік Қазақстан облысында аумақтық жоспарлау жүргізуде пайдалануға әбден мүмкін (Meyer & Grabaum 2008).

Келесі туындайтын мәселе аумақты жоспарлаудың тұрақтылығын анықтау. Осы жағдайда Қытай ғалымдары ұсынған Тұрақты даму мақсаттары негізіндегі аумақтық кеңістіктік жоспарлаудың өзін-өзі бағалау құралын пайдалана отырып, Қытай ғалымдары “Шэньси провинциясының аумақтық кеңістіктік жоспарлауын (2021-2035)” жасаған. Соңғы нәтижелер 1-суретте көрсетілген, мұнда сұр түспен таңдалмаған нақты тұрақты даму мақсаттары, сары түспен “жартылай сәйкестік”, қою жасыл түспен “жоғары сәйкестік”, ашық жасыл түспен “негізгі сәйкестік” және қызыл түспен “сәйкессіздік” көрсетілген.



2-сурет – Шэньси провинциясының аумақтық кеңістіктік жоспарлауының өзін-өзі бағалау нәтижелерін және Шэньси провинциясының аумағын экологиялық қалпына келтірудің аумақтық жоспарлауын салыстыру

Осы әдісті Солтүстік Қазақстан облысы жағдайына қолдану ұсынылады. Алайда Қазақстан бойынша тек алты Тұрақты даму максаттары бойынша көрсеткіштер табу мүмкін болғандықтан, оның санын азайту назарға алынуы тиіс (Hu et al, 2024) .

NEPA (National Environmental Policy Act) стандарттары бойынша экологиялық сараптама – бұл АҚШ-тағы федералды жобалардың қоршаған ортаға әсерін бағалау процесі. NEPA 1970 жылы қабылданды және федералды экологиялық бағалаудың көпшілігінің негізі болды. (U.S. Environmental Protection Agency, 2025)

NFPA стандарттары бойынша экологиялық сараптама талдаудың үш түрлі деңгейін қамтуы мүмкін:

1. Категориялық алып тастауды анықтау (CATEX).

2. Қоршаған ортаны бағалау / маңызды әсердің жоқтығын анықтау (EA/FONSI).

3. Қоршаған ортаға әсер ету туралы мәлімдеме (EIS).

Бағалау ауаға, суға, адам денсаулығына, жануарлар мен өсімдіктер әлеміне, сондай-ақ мәдени және тарихи ескерткіштерге әсерін қамтиды. Процесс міндетті түрде қоғамдық тыңдауларды қамтиды, осылайша қоғам өз пікірлері мен ес-

кертулерін айта алады.

Бұл тәжірибені Солтүстік Қазақстан облысына бейімдеу үшін оның экожүйесіне әсерін бағалауды пайдалануға болады. Процесс табиғи ландшафттардың өзгеруі, су ресурстарын пайдалану, биоәртүрлілікке әсер ету сияқты факторларды анықтауды қамтиды. Аграрлық тәжірибелер мен климаттың өзгеруіне байланысты жердің деградациясы мен эрозиясының жоғары тәуекелдерін ескеруде маңызды.

Физикалық, экологиялық және әлеуметтік-экономикалық критерийлер негізінде жердің нақты пайдалану түрлеріне (тұрғын үй, коммерциялық, өнеркәсіптік, табиғатты қорғау) жарамдылығын анықтаудың келесі кең таралған әдісі – жердің жарамдылығын талдау (Land Suitability Analysis, LSA).

Негізгі критерийлерге көлбеулік, топырақ түрі, су тасқыны қаупі, ауылшаруашылық жерлерінің жағдайы, жолдарға/орталықтарға/қорғалатын табиғи аумақтарға жақындығы, инфрақұрылымның сыйымдылығы, мәдени ресурстар және т.б. критерийлерге салыстырмалы маңыздылық беру үшін сарапшылардың пікірі, мүдделі тараптардың үлесі немесе MCDA әдістері, мысалы: салмақталған қабаттасу/салмақталған сызықтық комбинация (WLC) немесе Аналити-

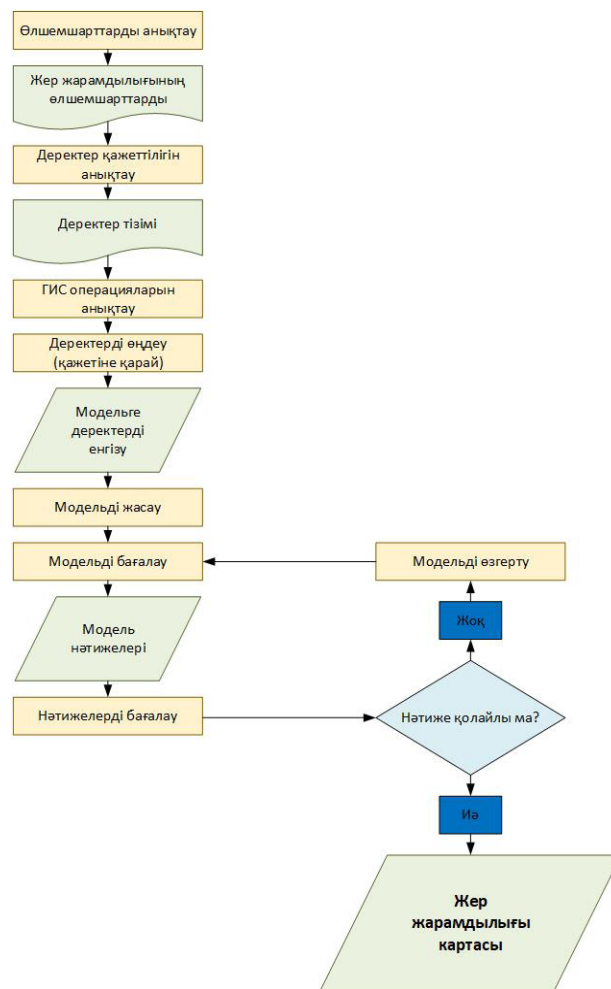
калық иерархиялық процесс (АНР) жиі қолданылады (Kalogirou, 2020).

Германиядағыдай табиғатты қорғау жоспарлары барлық жерге бірдей қолданылмайды. АҚШ-та көбінесе әрбір жобаның қоршаған ортаға әсерін жеке-жеке бағалайды. Яғни, Америкада қоршаған ортаға тигізетін зиянды бағалау кезінде үлкен аумақтарды немесе аймақтарды емес, тек нақты жобаларды ғана ескереді. Сондықтан да үлкен аумақтардағы табиғатқа әсер ететін экологиялық мәселелер мен табиғи процестер толықтай ескерілмеуі мүмкін. Себебі, бұл мәселелер әрбір жобаның шегінен асып кетеді, ал жалпыұлттық немесе аймақтық жоспарлау кезінде олар міндетті түрде қарастырылмайды. Қысқаша айтқанда, АҚШ-та экологиялық жоспарлау тек нақты жобалармен шектеледі, ал табиғатқа жан-жақты әсер ететін үлкен аумақтар (ландшафттар) жоспарлау жүйесінде толық ескерілмейді.

NEPA барлық даму түрлерімен емес, федералды әрекеттермен іске қосылады (Burststein, n.d.; U.S. Environmental Protection Agency, 2025). Жергілікті кешенді жоспарлар экологиялық зерттеулердің тереңдігімен ерекшеленеді (Bittner & Burian, 2024) LSA экологиялық факторларды ескергенімен, оның қолданылуы мен критерийлері жергілікті жоспарлау үшін Ұлттық стандартталмаған. Осылайша, барлық кеңістіктік жоспарлауға біріктірілген ландшафт деңгейіндегі жүйелі экологиялық бағалауға кепілдік берілмейді, бұл көптеген жергілікті шешімдердің кумулятивті әсерлерін сақтау және жіберіп алу үшін фрагменттік күш-жігерге әкелуі мүмкін.

СҚО-да осы әдістерді бейімдеу және енгізу үшін климат, топырақ, су ресурстары және басқа факторлар туралы мәліметтер негізінде әртүрлі жер пайдалану үшін жердің жарамдылық карталарын жасау үшін ГАЗ талдауы мен көп өлшемді бағалау әдістемесін қолдануға болады (Pan & Sharifi-Asl, n.d., 2024).

Зерттеу жұмыстарында қол жеткізген мәліметтер кеңістікті-ландшафтық жайластыру негізінде жерлерді ұтымды пайдаланудың шетелдерде алуантүрлі жолдармен жасалатынын айқындады. Дамыған мемлекеттерде кеңістікті ландшафтық жоспарлау тек сұлулық пен табиғатты қорғаумен шектелмейді. Ол жерді ұтымды пайдалану, ауылдық аймақтардың өркендеуі және қалалардың өсуін реттеу сияқты маңызды мақсаттарға жету үшін қолданылатын тиімді құрал болып табылады.



3-сурет – Жердің жарамдылығын бағалау моделі (Kawira, J. (2013))

Аумақтарды игерудегі және аумақты экологиялық ландшафтық кеңістіктік жоспарлау, орналастыру кезінде шетел тәжірибесіне сүйенсек, экологиялық табиғи факторлар бірінші орында тұруы керек, екінші орында әлеуметтік жағдай, ал үшінші орында экономикалық тиімділік есепке алынады екен. Енді олардың көрсеткіштеріне келетін болсақ, экологиялық жағдай бойынша: қазба отынынан энергияны тұтыну, CO₂ шығарындылары, орман алқабы, тұщы суды тұтыну, тыңайтқыштарды пайдалану, жан басына шаққандағы ресурстарды тұтыну, ластанумен байланысты өлім, тозған жерлер, Қызыл кітап индексі алынады.

Мысалы Германияда кеңістікті ландшафтық жоспарлау жоғарыда келтірілгендей екі деңгейде жүргізіледі. Біріншісі, жерлердің табиғи климаттық, ресурстық ерекшеліктерін ескере отырып жасалатын және шектеулік бағдарламаларды барлық жер қорына дайындай-

тын, Landesplanung болса, екіншісі, жергілікті аймаққа жасалатын Regionalplanung жоспары болып табылады. Ұйымдастырушылық құрылым жердің пайдалану формасына байланысты өзгеріп отыруы мүмкін, мәселен, округтің жері, мемлекеттік агенттіктер жері және т.с.с. Тағы айта кететін жағдай – осы жоспарларды жүзеге асырудағы негізгі құралдар: құқықтық міндетті мақсаттар, негізге алынатын қағидалар және ірі жобаларға – қоршаған ортаны қорғауды бағалау жатады.

Міндетті мақсаттар дегеніміз – қала құрылысын жоспарлаудың кезеңдерінде (бас жоспар, аймақтарға бөлу жоспары) нормативтік күші бар, яғни орындалуы шартты ережелер. Бұл мақсаттар инфрақұрылымды орналастыру, табиғатты қорғау, ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіптік аймақтарды белгілеу сияқты мәселелерді қамтиды.

Ал негізгі алынатын қағидалар міндетті емес, бірақ жоспарлау мен шешім қабылдау барысында ескерілетін стратегиялық бағыттар. Олар тұрақты дамуды қолдауға, жоспарлаудың әр түрлі деңгейлерінің мүдделерін келістіруге және аумақтың экономикалық, экологиялық және әлеуметтік дамуы арасындағы тепе-теңдікті сақтауға бағытталған (Diller, 2021; VASAB, 2019).

АҚШ-тағы жерлерді пайдалану жоспарлау жүйесі орталықтан яғни мемлекеттік деңгейде басқарылмайтындығы белгілі. Жерді пайдалануды басқару функциялары өзін-өзі басқару органдарына (муниципалитеттерге, округтерге) тиесілі, сонымен қатар, штаттар арасында біршама өзгерістер бар. Мемлекеттің орны әр штатта әртүрлі болып келеді, мысалы, бір штатта бүкіл штат бойынша басқарудың қатаң шектеулері болады, ал кейбіреулері тек ұсыныс берумен шектеледі. Негізінен штаттардың күзіреті қоршаған ортаны қорғау шеңберін белгілеумен ғана шектеліп отырады, осы функцияға штаттарда Мемлекеттік қоршаған ортаны қорғау агенттіктері, жағалау аймақтарын басқару ұйымдары жұмыс жасайды. Сонымен қатар, штат әр аймақтан жергілікті кешенді жоспарларды талап ете алады. Кейбір штаттар NEPA-ны орындауды өз жауапкершілігіне алады. Аймақтық аумақты жоспарлаудағы рөліне келетін болсақ, көбінесе штаттардың ерікті кеңестері (COGs) немесе

метрополияларды жоспарлау ұйымдары (MPOs) көлікті жоспарлау және федералды қаржыландыруды үйлестіру сияқты міндеттерді атқарады. Аймақтық жоспарлау органдарының жерді пайдалануды тікелей реттеу құқығы болмаса да, олар инфрақұрылымды жоспарлау, ақпаратты ұсыну және стратегиялық жобалар арқылы әсер етеді.

Қаржыландыруды ынталандыру: федералды қаржыландыру (мысалы, көлік, тұрғын үй) көбінесе жоспарлау талаптарына байланысты (Land-use planning, n.d.; Barbour & Teitz, 2001; University of Wisconsin-Stevens Point, n.d; U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, n.d.).

Зерттеулер негізінде Қытайдағы жер пайдалануды жоспарлау жүйесінде тиімділікті арттырып, жоспарлауды жүйелендіру мақсатында жоғарыдан нұсқаумен енгізілетін бірыңғай жүйе іс жүзінде көптеген кедергілерге тап болатыны белгілі болды. Бұл кедергілерге әр мемлекеттік деңгейдегі басшылықтың бір шешімге келуіне, идеялардың сәйкес келмеуіне (мысалы, ауыл шаруашылығы жерлерін қала құрылысына беруге қарсы тұру) және жергілікті жерлердегі ақпараттық базаның қол жетімсіздігі мен техникалық біліктіліктің деңгейінің төмендігіне байланысты болады.

Қазіргі кезде жасалып жатқан реформа бұрынғы әртүрлі жоспарлау жүйелері мен басқару құрылымдарын біріктіруді көздейді. Әр мемлекеттік құрылымдағы жоспарлардың сәйкес келмеуі реформаны бастауға түрткі болды. “Үш жол” терминінің өзі көптеген түсініспеушілікті тудыруы мүмкін. Реформаның сәтті жұмыс істеуі үшін дұрыс мәліметтер, техникалық сараптама және тиімді үйлестіру тетіктері қажет, бірақ бұл әсіресе жергілікті жерлерде әлі де жетілдірілуі тиіс. Жүйе көбінесе “қос бағалауға” негізделген, сондықтан олардың сапасы мен дұрыстығы маңызды. Осылайша, жүйе құжат негізінде біртұтас болғанымен, іс жүзінде толыққанды интеграция мен тиімділікке жету оңай болмайды және әлі де көп күш салуды қажет етеді (Hu et al, 2023; Liu et al, 2018; Zhao et al, 2022; Li et al, 2021)

Зерттеу барысында алынған мәліметтер бұған дейін жарияланған теориялық жұмыстармен

және сарапшылардың көзқарастарымен сәйкес келеді. Атап айтқанда, кеңістікті дұрыс жоспарлаудың тұрақты дамуға әсері туралы К. Хаггет, М. Кристаллер, В.И. Медведев сынды ғалымдардың еңбектерінде айтылған. Олардың пікірінше, табиғат жағдайын, ресурстарды және әлеуметтік-экономикалық жағдайларды ескере отырып, жерді тиімді жоспарлау арқылы аумақтың өнімділігін арттырып, экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге болады.

Зерттеу нәтижелерін Қазақстанның әр түрлі аймақтарында, әсіресе агроөнеркәсіптік және шекаралас ауылдық аудандарда қолдануға болады. Жерді пайдаланудың жаңа әдістерін енгізу арқылы ауыл шаруашылығы өндірісін жақсартуға, жердің тозуын болдырмауға және табиғи ресурстарды сақтауға мүмкіндік бар. Жер қорының әр түрлі пайдалану түрлеріне жарамдылығын анықтағанда, Солтүстік Қазақстан облысының ауыл шаруашылығы мақсатындағы аумақ екенін еске сақтау маңызды. Осы әдістемелерді пайдалана отырып, біз көптеген аса бағалы ауыл шаруашылығы жерлерін анықтап, экономикалық тиімділігін көрсете аламыз. Алқаптардың әрқайсысына әсер ететін факторлары анықталып, олардың өнімділікке қатысты салмақтық коэффициенттері негізінде, біз бес бағаннан тұратын бағалық шкала құра аламыз. Бағалық шкала жоғары дәрежедеге жарамдылықты және мүлдем жарамсыз деп аталатын бағандардан тұрады. Әрі қарай біз облыс бойынша қандай жерлер ауыл шаруашылығына жарамды, бірақ басқа мақсатта пайдаланылып келеді, бұл мәселені шешу жолдарын қарастыратын боламыз.

Сонымен қатар, кеңістіктік-ландшафтық тәсілді қолдану арқылы агроэкожүйелерді тұрақты басқаруға, экологиялық тепе-теңдікті сақтай отырып, экономикалық пайда табуға болады. Бұл бағытта мемлекеттік жер саясатын жетілдіру, ландшафтық жоспарлау стандарттарын жасау және білікті мамандарды даярлау қажет.

Болашақта мына бағыттар бойынша зерттеулер жүргізу ұсынылады:

- Қазақстанның әртүрлі ландшафтық аймақтарының ерекшеліктерін ескере отырып, кеңістіктік-ландшафтық ұйымдастырудың ұлттық үлгісін жасау;

- Геоақпараттық технологияларды пайдаланып, аумақтық жоспарлаудың автоматтандырылған жүйесін енгізу;

- Шетелдік тәжірибені сынақ аймақтарында қолданып, оның тиімділігін бағалау;

- Жерді пайдаланудың экологиялық, әлеуметтік және экономикалық көрсеткіштері арасындағы байланысты тереңірек зерттеу.

Қорыта келгенде, кеңістіктік-ландшафтық ұйымдастыру – жер ресурстарын тиімді басқарудың заманауи және кешенді құралы. Оны ғылыми негізде жүзеге асыру – еліміздің тұрақты дамуының маңызды шарты.

Қорытынды

Жерді кеңістікті-ландшафтық ұйымдастыру негізінде аумақтарды тиімді игеру бойынша әлемдік тәжірибелерді талдауда АҚШ, Германия және Қытайдың тәжірибесін салыстыру үшін, ландшафтық жоспарлау кезеңдерін, аумақтарды орналастыру ерекшеліктерін және жоспарлау әдістерін қарастырдық. АҚШ-та ландшафтық жоспарлау алдымен алдын ала жоспарлаудан басталып, кейіннен ақпарат жинау, мақсаттарды анықтау, стратегияларды дамыту, жоспарды жүзеге асыру және оның нәтижелерін бақылау сияқты қадамдардан тұрады. Германияда бұл процесс заңмен бекітілген және мүдделі тараптардың келісімін табу, қоршаған ортаға стратегиялық бағалау жүргізу және халықтың қатысуын қамтамасыз ету сияқты элементтерді қамтиды. Қытайда жоспарлау мемлекеттік мақсаттарға сәйкес жүргізіледі және аумақтарды “қос бағалау” нәтижелеріне сүйене отырып бөлуді, даму бағыттарын белгілеуді және қатаң бақылау аймақтарын анықтауды қамтиды.

АҚШ-та аумақтарды бөлу кезінде жердің жарамдылығы (LSA), жобалардың қоршаған ортаға әсері (NEPA) және жергілікті тұрғындардың қалауы ескеріледі. Германияда ландшафтың атқаратын қызметтеріне, оның құрылымына және биологиялық әртүрлілігіне ерекше көңіл бөлінеді, сонымен қатар әртүрлі мүдделерді үйлестіруге үлкен мән беріледі. Қытайда “қос бағалау” әдісін қолдана отырып, экологиялық жүктемеге төзімділік және жердің жарамдылығы негізінде шекаралар мен шектеулер белгіленеді.

2-кесте – Әртүрлі елдердің Кеңістіктік ландшафтты жоспарлауының салыстырмалы кестесі

Салыстыру критерийі	АҚШ	Германия	Қытай
Ландшафтты жоспарлау кезеңдері	- Алдын ала жоспарлау; - Диагностика (деректерді жинау және талдау); - Проблемалар мен көзқарастарды анықтау; - Мақсаттар мен міндеттерді тұжырымдау; - Стратегияны /саясатты тұжырымдау; - Жоспарды қабылдау; -іске асыру; -Мониторинг және бағалау.	- Деректерді жинау, талдау; - Жоспар жобасын дайындау; - Ландшафтты жоспарлауды біріктіру; - Стратегиялық экологиялық бағалау (СЭБ); - Жұртшылықтың қатысуын үйлестіру; - Қабылдау және заңды міндеттеме.	-Деректерді жинау; - Аймақтарға бөлу; -Сценарийлерді модельдеу; -Шектеулер белгілеу; -Жоспарларды бекіту.
Аумақтарды орналастыру ерекшеліктері	Жердің жарамдылығы(LSA); жобалардың әсері (NEPA); жергілікті жердегі өзін өзі басқару.	Ландшафттық функциялар, құрылым, биоәртүрлілік (LP); мүдделерді өлшеу, үйлестіру (RO)	Жоспарлаудың үш түрі: жалпы жоспарлау, егжей-тегжейлі жоспарлау және сәйкес арнайы жоспарлау; Қос бағалау- жоспарлаудың негізгі кезеңі ресурстардың сезімталдығын және аумақтың даму үшін жарамдылығын бағалау болып табылады.
Жоспарлау әдістері	Жердің жарамдылығын талдау (LSA):	Неміс жоспарлау жүйесіндегі бағалау көп қырлы және кеңістіктік және ландшафттық өлшемдерді қамтиды	Негізгі әдіс: “қос бағалау” негізінде шекараларды анықтау (жүк көтергіштігі, жарамдылығы)

Ескерту: авторлар құрастырған

СҚО-ға ұсынылатын шетелдік жоспарлау тәсілдері:

1. Германиядағы кеңістіктік жоспарлау және ландшафттық жоспарлау – СҚО-да барлық табиғи ресурстардың әлеуетін, әлеуметтік экономикалық жағдайға интеграциялауға септігін тигізеді. Ландшафттық және аумақтық жоспарлау – бұл экологиялық жоспарлаудың негізгі элементі, сондықтан олар бір-бірімен өте тығыз байланыста жүзеге асады. Оның миссиясы-экономикалық прогресс пен ландшафттарға ұқыпты қарау арасындағы оңтайлы үйлесімділікті табу, қала құрылысы жобаларына табиғатты қорғау принциптерін енгізу және Еуропалық одақтың ұлттық заңнамасы мен нұсқауларының орындалуын қамтамасыз ету.

2. Германияның ландшафттық жоспарлауда бағалау салмақ коэффициенттерді айқындау – MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) және SPA (Special Protection Area) құралдарының көмегімен жоспарлау жұмыстарын оңтайландырады, негізінде MULBO сияқты ландшафтты бағалау модельдері интерактивті өлшеуге мүмкіндік береді және аумақтың табиғи әлеуетін

объективті бағалауға және аумақтық жоспарлау саласында ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

3. Факторлардың салмағын/әсерін анықтауда сарапшылардың пікірін Дельфи әдісімен және сауалнаманы қолдану – MULBO сияқты ландшафтты бағалау модельдерінің жұмыс жасауын дәлдендіреді.

4. Қытай ғалымдары ұсынған Тұрақты даму мақсаттары негізіндегі аумақтық кеңістіктік жоспарлаудың өзін-өзі бағалау құралы – Аумақтық жоспардың экологиялық негізделген, экономикалық тиімді және әлеуметтік жағынан қолайлы жасалуына көмектеседі. Сонымен қатар аумақты жоспарлауда «екі бағалау» әдісін қолдана отырып, провинцияның/аймақтың бас жоспарын құру. Кеңістіктік аймақтарға бөлу, бақылау сызықтарын анықтау, даму мақсаттарын белгілеу және Секторлық қажеттіліктерді үйлестіру аталған әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады.

5. Солтүстік Қазақстан облысындағы жобалардың қоршаған ортаға әсерін бағалауда NEPA (Ұлттық экологиялық саясат туралы акт) стан-

дарттарын енгізу, бұл процесті айтарлықтай жақсартуға және тиімдірек етуге мүмкіндік береді. NEPA әдіснамасы бағалаудың ашықтығын арттырып, оның ғылыми негізделуін күшейтеді. Жобаларды жоспарлаудың бастапқы кезеңдерінде-ақ олардың қоршаған ортаға әсері туралы толық ақпарат жиналып, талданады. Бұл болашақта туындауы мүмкін экологиялық мәселелерді ерте анықтап, олардың алдын алуға немесе шешуге бағытталған шараларды уақытылы қолдануға жол ашады.

NEPA стандарттарын қолдану арқылы облыстағы ірі құрылыс, өнеркәсіптік немесе ауылшаруашылық жобаларының табиғи ландшафтқа, су ресурстарына, биоәртүрлілікке және ауа сапасына тигізетін әсері толықтай бағаланады. Бұл жүйе инвесторлар мен мемлекеттік органдарға экологиялық тәуекелдерді басқаруға көмектесіп, тұрақты даму қағидаттарын жүзеге

асыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, экологиялық бағалау процесінің халықаралық деңгейдегі стандарттарға сәйкес келуі жобалардың инвестициялық тартымдылығын арттырып, халықаралық ұйымдармен ынтымақтастықты нығайтуға септігін тигізеді.

Алғыс, мүдделер қақтығысы

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын “Тұрақты даму жағдайында Солтүстік Қазақстан облысы аумағының табиғи-экономикалық дамуының шешімдерін қамтамасыз ету жүйесін құру” ИРН BR24993222 ғылыми-техникалық бағдарламасын іске асыру шеңберінде жүргізілді. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Әдебиеттер

- American Planning Association. (n.d.). *Emerging trends in regional planning*. Retrieved April 17, 2025, from <https://planning.org/publications/report/9118764/>
- Антипов А.Н., Дроздов А.В. (2002). *Ландшафтное планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт*. Иркутск: Институт географии СО РАН. ISBN 5-94797-006-6.
- Barbour, E., & Teitz, M. (2001, May). *A framework for collaborative regional decision-making*. Prepared for the Speaker's Commission on Regionalism. Public Policy Institute of California. https://www.ppic.org/wp-content/uploads/content/pubs/op/OP_501EBOP.pdf
- Bittner, O., & Burian, J. (2024). Modelling future urban scenarios of land suitability: A case study of Jihlava city. *International Journal of Digital Earth*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2433613>
- Burstein, S. (n.d.). *Comprehensive plan template* [PDF]. <https://api.realfile.ritscients.com/PublicFiles/60151d4795ce4d11abc799080b50384f46c59417-fee4-4ecf-bae7-9c3ff10c5e60/Comprehensive%20Planning%20Template.pdf>
- Carter, S. K., Pillio, D. S., Haby, T., Trammell, E. J., & Taylor, J. J. (2020). Bridging the research–management gap: Landscape science in practice on U.S. public lands. *Landscape Ecology*, 35, 545–560. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00970-5>
- Diller, C. (2021). *Spatial planning (Raumordnung)* [PDF]. Association of Research Libraries. https://www.arl-international.com/sites/default/files/dictionary/2021-09/spatial_planning_raumordnung.pdf
- Hu, Q., Zhang, Y., Wang, J., Huo, R., & Feng, Z. (2023). From “division” to “integration”: Evolution and reform of China's territorial spatial planning. *Buildings*, 13(6), 1555. <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/6/1555>
- Hu, Q., Zhang, Y., Wang, J., Huo, R., & Feng, Z. (2024). The evaluation of territorial spatial planning from the perspective of sustainable development goals. *Sustainability*, 16(7), 2965. <https://doi.org/10.3390/su16072965>
- Kalogirou, S. (2020). A methodological approach for weighting factors in land suitability assessment: A tool for facilitating spatial planning. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5270-1>
- Kawira, J. (2013). Land suitability analysis [Presentation]. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/land-suitability-analysispdf/257460110#16>
- Kiemstedt, H. (Ed.). (1997). *Landschaftsplanung: Inhalte und Verfahrensweisen* [Landscape planning – Content and procedures]. Bonn: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Лабынцев, Ю. В., Лысенков, С. Ю., Лаппо, Г. М. (2010). *Градостроительство и территориальное планирование: Учебное пособие*. Москва: Инфра-М.
- Лаппо, Г. М., Буров, А. А. (2007). *Территориальное планирование: методология и практика*. Москва: Академия.
- Li, X., Wang, Y., & Chen, L. (2021). 国土空间规划：发展历程、治理现状与管制策略 [Territorial spatial planning: Development history, governance status and regulatory strategies]. *China Rural Economy and Policy Research Center (CREP), Nanjing Agricultural University*. https://crep.njau.edu.cn/_local/8/93/00/5F64C7CE8F164244B7D6187A4E0_BB91A98C_221B9B.pdf
- Liu, Y., Wang, Y., & Chen, W. (2018). The territorial spatial planning system and the connection between different levels of planning [国土空间规划体系与不同层级规划间的衔接]. *Geographical Research (地理研究)*, 37(11), 2203–2212. <https://doi.org/10.11821/dlyj020171118>

- Meyer, B. C., & Grabaum, R. (2008). MULBO: Model framework for multicriteria landscape assessment and optimisation—a support system for spatial land use decisions. *Landscape Research*, 33(2), 155–179. <https://doi.org/10.1080/01426390801907428>
- Pan, Q., & Sharifi-Asl, S. (n.d.) (2024). *Land-use and transportation modeling I: Land-use analysis*. Mavs Open Press. <https://uta.pressbooks.pub/oertransportlanduse/chapter/chapter-5-land-use-and-transportation-modeling-i-land-use-analysis/>
- Steinitz, C. (2014). *A framework for geodesign*. Redlands: ESRI Press.
- Trammell, E. J., Carter, S. K., Haby, T., & Taylor, J. J. (2018). Evidence and opportunities for integrating landscape ecology into natural resource planning across multiple-use landscapes. <https://doi.org/10.1007/s40823-018-0029-5>
- University of Wisconsin-Stevens Point. (n.d.). *Land use resource guide*. Retrieved April 17, 2025, from https://www3.uwsp.edu/cnr-ap/clue/Documents/Comprehensive_Planning/Land_Use_Resource_Guide.pdf
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. (n.d.). *National Environmental Policy Act (NEPA) assignment. Environmental Review Toolkit*. Retrieved April 17, 2025, from https://www.environment.fhwa.dot.gov/nepa/program_assignment.asp
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2025). *National Environmental Policy Act review process*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/nepa/national-environmental-policy-act-review-process>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2025). *What is the National Environmental Policy Act?* U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/nepa/what-national-environmental-policy-act>
- VASAB (Vision and Strategies Around the Baltic Sea). (2019). *Country fiche on terrestrial spatial planning Germany*. <https://vasab.org/document/germany-as-of-january-2019/>
- Wikipedia contributors. (n.d.). Land-use planning. Wikipedia. Retrieved April 17, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Land-use_planning
- Zhao, Y., Zhang, C., & Liu, J. (2022). Coordinated delimitation of the “Three Zones and Three Lines” and optimization of territorial spatial layout [“三区三线”统筹划定与国土空间布局优化]. *Urban Planning Forum (城市规划学刊)*, (1), 1–12. <https://upforum.wupen.org/Assets/userfiles/files/issues/2022/02/2022-01.pdf>

References

- American Planning Association. (n.d.). *Emerging trends in regional planning*. Retrieved April 17, 2025, from <https://planning.org/publications/report/9118764/>
- Antipov, A. N., & Drozdov, A. V. (2002). *Landshaftnoe planirovanie: principy, metody, evropejskij i rossijskij opyt* [Landscape planning: Principles, methods, European and Russian experience]. Irkutsk: Institut geografii SO RAN. ISBN 5-94797-006-6.
- Barbour, E., & Teitz, M. (2001, May). *A framework for collaborative regional decision-making*. Prepared for the Speaker's Commission on Regionalism. Public Policy Institute of California. https://www.ppic.org/wp-content/uploads/content/pubs/op/OP_501EBOP.pdf
- Bittner, O., & Burian, J. (2024). Modelling future urban scenarios of land suitability: A case study of Jihlava city. *International Journal of Digital Earth*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2433613>
- Burstein, S. (n.d.). *Comprehensive plan template* [PDF]. <https://api.realfile.rrtsclients.com/PublicFiles/60151d4795ce4d11abc799080b50384f46c59417-fee4-4ecf-bae7-9c3ff10c5e60/Comprehensive%20Planning%20Template.pdf>
- Carter, S. K., Pillio, D. S., Haby, T., Trammell, E. J., & Taylor, J. J. (2020). Bridging the research–management gap: Landscape science in practice on U.S. public lands. *Landscape Ecology*, 35, 545–560. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00970-5>
- Diller, C. (2021). *Spatial planning (Raumordnung)* [PDF]. Association of Research Libraries. https://www.arl-international.com/sites/default/files/dictionary/2021-09/spatial_planning_raumordnung.pdf
- Hu, Q., Zhang, Y., Wang, J., Huo, R., & Feng, Z. (2023). From “division” to “integration”: Evolution and reform of China's territorial spatial planning. *Buildings*, 13(6), 1555. <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/6/1555>
- Hu, Q., Zhang, Y., Wang, J., Huo, R., & Feng, Z. (2024). The evaluation of territorial spatial planning from the perspective of sustainable development goals. *Sustainability*, 16(7), 2965. <https://doi.org/10.3390/su16072965>
- Kalogirou, S. (2020). A methodological approach for weighting factors in land suitability assessment: A tool for facilitating spatial planning. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5270-1>
- Kawira, J. (2013). Land suitability analysis [Presentation]. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/land-suitability-analysispdf/257460110#16>
- Kiemstedt, H. (Ed.). (1997). *Landschaftsplanung: Inhalte und Verfahrensweisen* [Landscape planning – Content and procedures]. Bonn: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Labyntsev, Yu. V., Lysenkov, S. Yu., & Lappo, G. M. (2010). *Gradostroitel'stvo i territorial'noe planirovanie: Uchebnoe posobie* [Urban planning and territorial development: A textbook]. Moscow: Infra-M.
- Lappo, G. M., & Burov, A. A. (2007). *Territorial'noe planirovanie: metodologiya i praktika* [Territorial planning: Methodology and practice]. Moscow: Akademiya.
- Li, X., Wang, Y., & Chen, L. (2021). 国土空间规划：发展历程、治理现状与管制策略 [Territorial spatial planning: Development history, governance status and regulatory strategies]. *China Rural Economy and Policy Research Center (CREP), Nanjing Agricultural University*. https://crep.njau.edu.cn/_local/8/93/00/5F64C7CE8F164244B7D6187A4E0_BB91A98C_221B9B.pdf
- Liu, Y., Wang, Y., & Chen, W. (2018). The territorial spatial planning system and the connection between different levels of planning [国土空间规划体系与不同层级规划间的衔接]. *Geographical Research (地理研究)*, 37(11), 2203–2212. <https://doi.org/10.11821/dlyj020171118>

- Meyer, B. C., & Grabaum, R. (2008). MULBO: Model framework for multicriteria landscape assessment and optimisation—a support system for spatial land use decisions. *Landscape Research*, 33(2), 155–179. <https://doi.org/10.1080/01426390801907428>
- Pan, Q., & Sharifi-Asl, S. (n.d.). *Land-use and transportation modeling I: Land-use analysis*. Mavs Open Press. <https://uta.pressbooks.pub/oertransportlanduse/chapter/chapter-5-land-use-and-transportation-modeling-i-land-use-analysis/>
- Steinitz, C. (2014). *A framework for geodesign*. Redlands: ESRI Press.
- Trammell, E. J., Carter, S. K., Haby, T., & Taylor, J. J. (2018). Evidence and opportunities for integrating landscape ecology into natural resource planning across multiple-use landscapes. <https://doi.org/10.1007/s40823-018-0029-5>
- University of Wisconsin-Stevens Point. (n.d.). *Land use resource guide*. Retrieved April 17, 2025, from https://www3.uwsp.edu/cnr-ap/clue/Documents/Comprehensive_Planning/Land_Use_Resource_Guide.pdf
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. (n.d.). *National Environmental Policy Act (NEPA) assignment. Environmental Review Toolkit*. Retrieved April 17, 2025, from https://www.environment.fhwa.dot.gov/nepa/program_assignment.aspx
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2025). *National Environmental Policy Act review process*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/nepa/national-environmental-policy-act-review-process>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2025). *What is the National Environmental Policy Act?* U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/nepa/what-national-environmental-policy-act>
- VASAB (Vision and Strategies Around the Baltic Sea). (2019). *Country fiche on terrestrial spatial planning Germany*. <https://vasab.org/document/germany-as-of-january-2019/>
- Wikipedia contributors. (n.d.). Land-use planning. Wikipedia. Retrieved April 17, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Land-use_planning
- Zhao, Y., Zhang, C., & Liu, J. (2022). Coordinated delimitation of the “Three Zones and Three Lines” and optimization of territorial spatial layout [“三区三线”统筹划定与国土空间布局优化]. *Urban Planning Forum (城市规划学刊)*, (1), 1–12. <https://upforum.wupen.org/Assets/userfiles/files/issues/2022/02/2022-01.pdf>

Авторлар туралы мәлімет:

Бектурганова Акерке Еденовна – аға ғылыми қызметкер, э.ғ.к., Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. (Алматы, Қазақстан, эл.пошта: a.bekturganova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8555-7139>);

Рысмахан Гауһар Бақытжанқызы (корреспондент-автор) – ғылыми қызметкер, магистр Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. (Алматы, Қазақстан, эл.пошта: Rysmakhan.Gauhar@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-4914-8272>)

Ермеков Фараби Керимбаевич – магистр, ғылыми-білім беру техникалық платформасының атқарушы директоры, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: f.yermekov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0290-3866>

Абдығалиева Слущаш Сейлбековна – магистр, аға оқытушысы, Қ.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: s.abdygaliyeva@satbayev.university, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-5402-6140>.

Молжигитова Динара Кумарбековна – аға ғылыми қызметкер, PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: dikosh.m@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1149-833X>);

Дабылова Бибиғұл Ережеповна – ғылыми қызметкер, магистр, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: dabbibigul@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-5970-9957>);

Алимсеитова Жанар Кенесхановна – аға оқытушы, техникалық ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: zhanar_igd@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4487-1383>).

Information about the authors:

Bekturganova Akerke Edenovna – senior researcher, candidate of Economic Sciences, Kazakh National Agrarian Research University. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.bekturganova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8555-7139>);

Rysmakhan Gaukhar Bakhytzhanovna (corresponding author) – researcher, master of the Kazakh National Agrarian Research University. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Rysmakhan.Gauhar@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-4914-8272>)

Ermekov Farabi Kerimbaevich – a Master’s degree holder and the Executive Director of the Scientific and Educational Technical Platform. Kazakh National Agrarian Research University. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: f.yermekov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0290-3866>

Abdygaliyeva Slushash Seilbekovna – master, senior lecturer, Kazakh National Research Technical University named after K. Satpayev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: s.abdygaliyeva@satbayev.university, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-5402-6140>.

Molzhigitova Dinara Kumarbekovna – Senior Researcher, PhD, Kazakh National Agrarian Research University. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: dikosh.m@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1149-833X>);

Dabylova Bibigul Yerezhapovna – researcher, master, Kazakh National Agrarian Research University. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: dabbibigul@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-5970-9957>);

Alimseitova Zhanar Keneskanovna – senior researcher, candidate of technical sciences, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhanar_igd@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4487-1383>).

Сведения об авторах:

Бектурганова Акерке Еденовна – старший научный сотрудник, к. э. н., Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Алматы, Казахстан, эл. почта: a.bekturganova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8555-7139>);

Рысмахан Гауһар Бақытжанқызы (корреспондент-автор) – научный сотрудник, Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Алматы, Казахстан, эл. почта: Rysmakhan.Gauhar@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-4914-8272>);

Ермеков Фараби Керимбаевич – магистр, исполнительный директор научно-образовательной технической платформы, Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Алматы, Казахстан, e-mail: f.yermekov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0290-3866>);

Абдыгалиева Слушаи Сейлбековна – магистр, старший преподаватель, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: s.abdygaliyeva@satbayev.university, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-5402-6140>);

Молжигитова Динара Кумарбековна – старший научный сотрудник, PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Алматы, Казахстан, эл. почта: dikosh.m@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1149-833X>);

Дабылова Бибигул Ережеповна – научный сотрудник, магистр, Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Алматы, Казахстан, эл. почта: dabbibigul@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-5970-9957>);

Алимсеитова Жанар Кенесхановна – старший преподаватель, кандидат технических наук, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: zhanar_igd@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4487-1383>).

Жіберілді: 03 маусым 2025 жыл
Қабылданды: 09 қыркүйек 2025 жыл

Г.Ш. Оспанова¹, А.Т. Мылкайдаров², А.Б. Сансызбаева^{1*}

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: sansyzbayeva.ab@mail.ru

АЗЫҚ-ТҮЛІК БЕЛДЕУІ ҮДЕРІСІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ-ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Қоғам дамуының қазіргі кезеңінде аумақтың азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету жаһандық сипаттағы негізгі мәселелердің біріне айнала отырып, өзектілігін арттыруда. Ауыл шаруашылығы – халықты азық-түлікпен, өнеркәсіпті шикізатпен қамтамасыз ететін ұлттық экономиканың базалық саласы, сондай-ақ жекелеген өңірлер дамуының маңызды факторы. Ауыл шаруашылық жүйесінің теориялық және қолданбалы мәселелерін жүзеге асыруға ықпал ететін ғылымдардың ішінде экономикалық және әлеуметтік география ерекше рөл атқарады.

Берілген мақалада азық-түлік белдеуін зерттеудің теориялық негіздері шетелдік және отандық ғылыми зерттеушілердің еңбектері, қалыптастыру мен дамытудың бастапқы шарттары берілген.

Зерттеуде сондай-ақ кеңістіктік дамудың әртүрлі теориялары жүйелі түрде қарастырылады, олардың заңдылықтары мен ерекшеліктері зерттеледі. Талдау жүргізу нәтижесінде азық-түлік белдеуі ұғымын негіздеген авторлардың пікірлері жинақталып берілген. Ауыл шаруашылығының аумақтық құрылымын географиялық зерттеудің бағыттарымен қатар, мақалада ауыл шаруашылығын зерттеудің жаңа географиялық әдістерінің қалыптасуы да қарастырылады. Азық-түлік қауіпсіздігінің әртүрлі теориялық және әдіснамалық аспектілері қарастырылған. «Қала маңы ауыл шаруашылығы» ұғымының теориялық – әдіснамалық және қолданбалы мәселесімен мағынасын анықтау мақсатында шетелдік және отандық авторлардың көзқарастарына жан-жақты талдау жасалған. Азық-түлік белдеуі үдерісінің теориялық-әдіснамалық негіздерін талдай келе, азық-түлік қауіпсіздігі ұғымының дамуы мен қала маңы ауыл шаруашылығының теориялық мәні жан-жақты қарастырылды.

Түйін сөздер: аумақ, нарық, өндіріс, ауыл шаруашылық географиясы, зерттеу әдістері.

G.Sh. Ospanova¹, A.T. Mylkaydarov², A.B. Sansyzbayeva^{1*}

¹L.N. Gumilev Kazakh National University, Astana, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: sansyzbayeva.ab@mail.ru

Theoretical and methodological foundations of the food belt process

At the present stage of development of society, ensuring food security of the territory is becoming one of the main problems of a global nature, increasing its relevance. Agriculture is the basic sector of the national economy that provides the population with food, industry with raw materials, as well as an important factor in the development of individual regions. Among the sciences that contribute to the implementation of theoretical and Applied Problems of the agricultural system and economic and social geography play a special role.

The presented article presents the theoretical foundations of the study of the food belt the works of foreign and domestic scientific researchers, the initial conditions for the formation and development.

The study also systematically examines various theories of Spatial Development, Studies their patterns and features. As a result of the analysis, the opinions of the authors who substantiated the concept of the food belt were summarized. Along with the directions of Geographical Study of the territorial structure of Agriculture, the article also considers the formation of new geographical methods of Agricultural Research. Various theoretical and methodological aspects of food safety are considered. In order to determine the meaning of the concept of “suburban agriculture” with the theoretical – methodological and applied problem, a comprehensive analysis of the views of foreign and domestic authors was carried out. After analyzing the theoretical and methodological foundations of the food belt process, the development of the concept of food security and the theoretical essence of suburban agriculture were considered in detail.

Keywords: geography of territory, market, production, agriculture, research methods.

Г.Ш. Оспанова¹, А.Т. Мылқайдаров², А.Б. Сансызбаева^{1*}

¹НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», Астана, Казахстан

²КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: sansyzbayeva.ab@mail.ru

Теоретико-методологические основы процесса продовольственного пояса

На современном этапе развития общества обеспечение продовольственной безопасности территории приобретает все большую актуальность, становясь одной из основных проблем глобального характера. Сельское хозяйство является базовой отраслью национальной экономики, обеспечивающей население продовольствием, промышленным сырьем, а также важным фактором развития отдельных регионов. Среди наук, способствующих реализации теоретических и прикладных проблем системы сельского хозяйства, особую роль играет экономическая и социальная география.

В данной статье представлены теоретические основы исследования продовольственного пояса труды зарубежных и отечественных научных исследователей, начальные условия формирования и развития.

В исследовании также систематически рассматриваются различные теории пространственного развития, изучаются их закономерности и особенности. В результате проведения анализа обобщены мнения авторов, обосновавших понятие продовольственного пояса. Наряду с направлениями географического изучения территориальной структуры сельского хозяйства в статье рассматривается также формирование новых географических методов изучения сельского хозяйства. Рассмотрены различные теоретические и методологические аспекты продовольственной безопасности. В целях определения значения понятия «Пригородное сельское хозяйство» с теоретико-методологической и прикладной проблемой проведен всесторонний анализ подходов зарубежных и отечественных авторов. Анализируя теоретико-методологические основы процесса продовольственного пояса, всесторонне рассмотрены развитие понятия продовольственной безопасности и теоретическое значение Пригородного сельского хозяйства.

Ключевые слова: территория, рынок, производство, география сельского хозяйства, методы исследования.

Кіріспе

Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаев ауыл шаруашылығы еңбеккерлерінің І форумында еліміздегі агроөнеркәсіп кешені – экономикадағы басты қозғаушы күштің біріне айналуы тиіс екендігін сөз етті. Агроөнеркәсіптік кешен – ел экономикасында үлкен рөл атқарады.

Аграрлық азық-түлік кешені – «...өндірістің, әлеуметтік және нарықтық құрылымдардың жұмыс істеуінің тепе-теңдігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ететін тұрақты аймақшілік, аймақаралық және сыртқы экономикалық байланыстары бар азық-түлік өнімдерін өндіруге, оларды тұтынушыға жеткізуге бағытталған экономика салаларының жиынтығы».

Бүгінгі таңда ғылыми-экономикалық әдебиеттерде ауылшаруашылық өнім нарығының концептуалды аппараты жүйесінде айырмашылықтар байқалады. Авторлар «ауыл шаруашылығы өнімдерінің нарығы», «ауылшаруашылық нарығы», «агроөнеркәсіп кешені», «агроазық-түлік», «ауыл шаруашылығы өндірісін тиімді орналастыру», «өнеркәсіптік кәсіпорындардың

кеңістіктік таралуының заңдылықтары» сияқты анықтамаларды пайдалана отырып, әртүрлі түсіндірмелерін қолданады.

Ауыл шаруашылық жүйесінің теориялық және қолданбалы мәселелерін жүзеге асыруға ықпал ететін ғылымдардың ішінде экономикалық және әлеуметтік география ерекше рөл атқарады.

Ауыл шаруашылық географиясының қалыптасуы ХХ ғасырдың 20-жылдарынан бастап экономикалық-географиялық циклдің маңызды көрінісі ретінде қалыптасты.

Қала маңындағы ауыл шаруашылығының қалыптасуы кеңестік кезеңнің 30-шы жылдары байқалды, бұл қалалық елді мекендер жүйесін қамтамасыз етуде азық-түліктің жетіспеушілігінен, сондай-ақ салалық және аумақтық еңбек бөлінісін тереңдету нәтижесінде байқалды.

Агроөнеркәсіп кешені ел экономикасында үлкен рөл атқарады. Ауыл шаруашылығы географиясы экономикалық және әлеуметтік географияның бағыты ретінде өзінің дамуын шамамен 250 жыл бұрын, экономика қалыптасуының жаңа кезеңі ретінде саланың орналасуында эмпирикалық және теориялық жалпылауды бас-

тады. Ол кезеңдегі ауыл шаруашылығы рөлінің жоғары болғаны сонша, ол бүкіл экономикалық жүйенің дамуы мен орналасуының негізгі тенденциясын анықтауда алдыңғы қатарға қойылды (Шакенова, 2019: 17).

Азық-түлік қауіпсіздігі мен халық әл-ауқатының әртүрлі аспектілерін зерттеуге жеткілікті көңіл бөлінгеніне қарамастан, бұл мәселенің көптеген теориялық аспектілері әлі де пікірталас тудыратынын айта кету керек.

Зерттеу аумағы мен нысаны

Эконом географтардың көптеген еңбектері азық-түлікті өндіруді, тұтынуды және бөлуді аумақтық ұйымдастыру мәселелеріне арнаған. Мақаланы дайындау барысында келесі зерттеу әдістері: ретроспективті талдау, жалпы теориялық, жүйелік-құрылымдық тәсіл, географиялық жүйелеу әдістері қолданылды. Зерттеудің теориялық және әдіснамалық негізін қалыптастыруда батыс, ресей және отандық ғалымдардың теориялық тұжырымдары қарастырылды. Мақалада салыстырмалы географиялық талдау әдісі қолданылып, азық-түлік өндірісінің географиялық аспектісін зерттеудегі әртүрлі ғалымдардың көзқарастары талданып жүйеленді.

XX ғасырдың 90-шы жылдарының екінші жартысында «азық-түлік қауіпсіздігі» термині кең таралды және ресми құжаттарда да, ғылыми әдебиеттерде де қолданыла бастады.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Зерттеудің теориялық-әдіснамалық негізі бірқатар шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектерінде қарастырылды. 60-жылдардың ортасынан бастап қала маңындағы ауыл шаруашылығының теориялық негізін жан-жақты зерттеуге үлес қосқан ғалымдар қатарына (Глазун, 1976: 206; Краснихин, 1977: 66-67; Коровкин., 1968: 295; Куламбаев, 1975: 95; Минеев, 1984: 7-17; Толстик, 1968:64), қала маңының ауыл шаруашылығы (Байрамов, 1991: 19; Королева, 1983: 113-124; Пистун, 1980: 26) және т.б. еңбектерінде қарастырылады, мұнда авторлар микроаумақтық деңгейде қала маңы кешенін анықтайды.

Азық-түлік өндірісінің аумақтық ерекшеліктері мен ауыл шаруашылығы географиясы әдіснамасының негіздеріне анықтама берген ға-

лымдар қатарына (Ракитников, 1970: 15; Крючков, 1978: 18-30; Иванов, 1974: 272; Дружинин, 2008: 192; Кибальчич, 1989: 45; Тюрин, 1998: 132; Худякова, 1991: 152; Паламарчук, 1985: 92-101; Глазун, 1980: 208; Попов, 1999: 351; Носонов, 2001: 12-77; Шаблий, 1976: 199) және т.б. ғалымдарды айтуға болады.

Азық-түлік қауіпсіздігінің әртүрлі теориялық және әдіснамалық аспектілері (Борхунов, 1992: 64-37; Шутьков, 2012: 8-11; Рябова, 2001: 336; Першукевич, 2000: 142; Калиев, 2012: 87-89; Маргулис, 2013: 48-49; Фролова, 2010: 22-24; Милосердов, 2000: 13-16) және т.б. ғалымдардың еңбектерінде көрініс тапты. Аграрлық азық-түлік нарығының құрамдас бөліктерін қалыптастыру және дамыту, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету туралы ресейлік зерттеуші ғалымдар (Логинов, 2001: 21-27; Ананичева, 2012: 208; Виткалова, 2015: 11-15; Хромов, 1995: 252) және т. б.

Экономикалық-географиялық зерттеулерде қалалардың мәселесіне жүгінген *ресейлік* географтардың зерттеулері берілген жұмыстың теориялық негізін құрайды (Баранский, 1980: 128-129; Лаппо, 1997: 480; Перцик, 2019: 249; Хорев, 1971: 413).

Қала маңындағы ауыл шаруашылығын аумақтық ұйымдастырудың әдіснамалық және қолданбалы аспектілерін (Жихаревич, 1996: 31-37; Иоффе, 1990: 164; Есипова, 2003: 38-39; Минеев, 1994: 334) және т.б. қарастырған. Аграрлық өндірісті дамыту мәселелерімен (Алтухов, 2006: 848; Вдовина, 2002: 5-7; Бондаренко, 2022: 75-85; Родионова, 2016: 51-57; Стадник, 2009: 360) қала маңындағы аймақтың аграрлық өндірісін ұйымдастырудың ерекшеліктері бойынша зерттеу жүргізген ғалымдар қатарына: Г. Тюнен, А. Вебер, Э. Хекшер, И. Х. Ричардсон; функционалдық-аумақтық ұйымдастырудың ерекшеліктерін зерттеуде Б. С. Жихаревич, Л. В. Никифоров, В. Н. Папело, Е. Н. Перцик және т.б.

Ауыл шаруашылығын зерттеуде отандық ғалым өкілдері А.Т. Темірбеков, З.Х. Жанбекова, М. Е. Казембаев, Г. Сұлтанбекова, Ж. Ж. Есжанова, Л. К. Бакаева, Л.Л. Кайгородцев және т.б. еңбектері азық-түлік қауіпсіздігі және аумақты ұйымдастыру мәселелеріне арналған.

Соған сәйкес осы зерттеу жұмысында әр түрлі зерттеуші ғалымдардың еңбектерінде көрініс тапты, толығырақ төмендегі 1-кесте берілген.

1-кесте – Кеңістіктік даму теорияларын алғашқы зерттеуші ғалымдар

Зерттеуші ғалымдар, жылы	Еңбектің аты	Теорияның негізі
<i>Ауыл шаруашылығы өндірісін тиімді орналастыру</i>		
Й. Тюнен 1826 ж.	«Ауыл шаруашылық штандорт теориясы»	Ауыл шаруашылығы өндірісін орналастыру заңдылықтарын сәйкестендіру моделін ұсынған.
<i>Өнеркәсіптік кәсіпорындардың кеңістіктік таралу заңдылықтары</i>		
А. Вебер 1909 ж.	“Өнеркәсіптік штандорт теориясы”	Оқшауланған кәсіпорын саласында өнеркәсіптік өндірісті орналастырудың “таза” теориясын қарастырған.
Э. Хекшер, Б. Олин 30-шы жылдар	«Салыстырмалы басымдылықтар теориясы»	Тауарларды өндіру мен экспорттаудың басым салаларын зерттеуге көңіл бөлген.
У. Айзард 1956 ж.	“Кеңістікті орналастыру және экономика”	Өндіріс, сауда, баға теорияларын өнімді жеткізуге арналған көлік шығындарына қатысты біріктіреді. Өңіраралық қатынастарға баға береді.
Т. Мюрдал 1957 ж.	“Өсу полюстерінің теориясы”	Өсу полюстері агломерация немесе жұмыс істеп тұрған өндірістердің жиынтығы шоғырланған бірнеше қалалар ретінде ұсынылған.
М. К. Бандман 1970 ж.	“АӨК қалыптастыру теориясы”	Аумақтық өндірістік кешендердің құрылымын, динамикасын және орналасуының математикалық үлгілеу жүйесін жасаған.
В. Лаунхардт 1882 ж.	“Өнеркәсіптік кәсіпорынның ұтымды штандорты” теориясы	Кәсіпорынның ресурстар мен өнімді өткізу нарықтарына қатысты орналасуын белгілеу.
<i>Тұтыну факторы</i>		
В. Кристаллер 1933 ж.	“Орталық орындар теориясы”	Жеке аумақта оңтайлы қоныстануға ықпал ететін факторларды зерттеу. Оның негізінде өзінің де, айналадағы аумақтардың да қажеттіліктеріне қызмет ететін экономикалық орталық орналасқандығын алғаш зерттеген.
А. Лёш 1940 ж.	“Шаруашылықтарды кеңістіктік ұйымдастыру теориясы”	Экономикалық аймақ, аймақаралық бәсекелестік қалыптастырған шекаралары бар нарық ретінде ұсынылған.
<i>Өсу полюстерінің негізгі теориялары</i>		
Т. Хегерстранд 1953 ж.	“Инновацияның диффузиялық теориясы”, “аймақтың өмірлік циклі теориясы”	Теориялар инновацияларды, кешендер мен жүйелерді (компьютерлік, телекоммуникациялық, технологиялық), орналастыру факторларын зерттеуге негізделген.
Ж. Будвиль	“Инновация көзі қызметін атқаратын аумақтар”	“Аймақтық өсу полюсі” анықтамасы ұсынылды. Сонымен қатар, экономикалық кеңістіктердің түрлері көрсетілген: біртекті, жоспарланған және поляризацияланған.
Ф. Перру 1954 ж.	“Экономиканың салалық құрылымы”	Экономикалық кеңістіктің ареалдары мен орталықтары өндіріс факторларының тартылыс полюстері болып табылатын экономиканың салалық құрылымының басым рөлін негізге ала отырып тұжырымдаған.
* Ескертпе: бастапқы деректер негізінде құрастырылған (Тюнен, 1926: 326; Weber, 1926: 256)		

Жоғарыда келтірілген кеңістіктік даму және ауыл шаруашылығын орналастыру теориялары қала маңы ауыл шаруашылығының ғылыми негіздерін терең түсінуге мүмкіндік береді. Шетелдік және отандық тәжірибелердің талдауы қазіргі жаһандық азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде және урбандалу жағдайында аграрлық өндірісті тиімді орналастыруда аса маңызды рөл атқарады.

Урбандалудың нәтижесінде азық-түлік қауіпсіздігімен қамтамасыз ету үшін қала маңы ауыл шаруашылығын дамытудың жаңа формалары қалыптасты, олар: қала маңы ауыл шаруашылығы, ақылды ауыл шаруашылығы, жергілікті азық-түлік жүйелері, тік фермерлік, агроэкология және тұрақты ауыл шаруашылығы, гендік модификацияланған дақылдар, цифрлық азық-түлік платформа-

лары. Осы формалар қала маңы ауыл шаруашылығын дамытудың басты жолына айналды. Оны түсіну үшін жоғарыдағы кеңістіктік теориялары мен агроөндірістік кешендерді орналастыру концепциялары қарастырылып, талдану керек.

Аталған теориялар мен агроөндірістік концепцияларды талдай отырып қала маңы ауыл шаруашылығында мынадай міндеттерді шешу керек:

- Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету: қала халқының жаңа өнімге деген сұранысын қанағаттандыру;

- Экологиялық теңдікті сақтау: қала агломерациясының экожүйесіне оң ықпал ету;

- Әлеуметтік инфрақұрылымды дамыту: ауылдық еңбек нарығын қолдау және жұмыспен қамтуды арттыру;

- Жаңашыл технологияларды енгізу: автоматтандыру, гидропоника, тік фермерлік әдістерді қолдану.

Осы мақсатта шетелдік тәжірибелер де кеңінен зерттелді, мысалы еуропалық қалалардың қала маңы ауыл шаруашылығы экологиялық өнім шығаруға және азық-түлік белдеуін нығайтуға бағытталған.

2-кесте – Азық-түлік өндірісінің географиялық аспектісін зерттеудегі әртүрлі зерттеушілердің анықтамасы

Автор	Берілген анықтамасы
1	2
В.А. Пуляркин	Әлемдік қоғамдастықтың әлеуметтік-экономикалық дамуының қазіргі кезеңінде азық-түлік мәселесі гуманистік қасиеттің себептері мен қазіргі әлемнің тұтастығына байланысты жаһандық маңызға ие болды деп санайды.
Г. Кэриел	Азық-түлік мәселесінің географиялық аспектісі аймақтық тағам түрлерімен тығыз байланысты. Бұл мәселені қамтитын ең танымал географиялық жұмыстардың бірі-”бидай”, “күріш”, “жүгері”, “тары-күмай” және тамақтанудың кейбір маңызды емес түрлерін бөліп көрсететін әлемдік картаны жасаған, тұжырымдаған.
Д. Конуэй және Е. Барбер	Барлық тұрғындардың және кез келген уақытта белсенді салауатты өмір сүру үшін қажетті мөлшерде азық-түлікке кепілдендірілген қолжетімділігін қамтамасыз ету деп түсінген.
В.И. Назаренко	Азық-түлік қауіпсіздігі жүйе ретінде бірнеше ішкі жүйелерді қамтиды: - азық-түлік тәуелсіздігі (елдің ішкі азық-түлік қажеттіліктерін ішкі көздер есебінен қанағаттандыру қабілеті); - әлеуметтік тұрақтылық (халықтың барлық әлеуметтік топтарының азық-түлікке қол жеткізу мүмкіндігі);
Е.В. Серова	Ұлттың қауіпсіздігі, оның ішінде азық-түлік қауіпсіздігі халықаралық сауда байланыстары мен елдердің жалпы өзара тәуелділігі кеңейген кезде артады. Қанағаттанарлық қауіпсіздік туралы көбінесе ел ішіндегі агроазық-түлік өндірісімен емес, жалпы экономикалық жағдаймен байланысты.
М. Трэйси	Азық-түлік қауіпсіздігі отандық азық-түлік өндірісін қорғауға бағытталған шаралардың пайдасына дәлел болып табылады.
<i>Азық – түлік қауіпсіздігі бойынша берілген анықтамалар</i>	
А.И. Алтухов	Азық-түлік қауіпсіздігін былай түсіндіреді “мемлекеттің азық-түлікке қажеттілікті деңгейде қанағаттандыруға кепілдік беру қабілеті, тіршілік әрекеті” деп түсінген
А. Беляков пен О. Матвейчев	Елдің азық-түлік қауіпсіздігін мемлекет пен қоғамның белсенді және салауатты өмір сүру үшін қажетті мөлшерде және сапада бүкіл халыққа азық-түліктің қолжетімділігін қамтамасыз етудің тұрақты қабілеті деп түсіндірген
Б.А. Черняков	Азық-түлік қауіпсіздігі ұғымын былайша тұжырымдады: өз көздерінен өмірлік маңызды азық-түлікпен қамтамасыз ету және оларды еліміздің барлық азаматтарына қажетті, пайдалы қажеттіліктерді барынша қанағаттандыратын көлемде және ассортиментте қолжетімділігі деп қарастырған
К.А. Ахметов	Азық – түлік қауіпсіздігі-бұл халықтың тамақ өнімдеріне деген қажеттілігі физиологиялық нормаларға сәйкес қанағаттандырылатын экономиканың жағдайы деп санайды; ал азық-түлік қауіпсіздігі елдің ұлттық қауіпсіздігінің бөлігі болып табылады деп түсінген
А.А. Кайгородцев	Азық-түлік қауіпсіздігі деп адамның, қоғамның және мемлекеттің өмір сүруінің ішкі және сыртқы қауіп-қатерлерінен сенімді қорғану жағдайы деп түсініледі, бұл елдің бүкіл халқын міндетті түрде осал тұстарын ескере отырып, азық-түліктің негізгі түрлерімен қамтамасыз етумен байланысты екендігін айтады
* Ескертпе: бастапқы деректер негізінде құрастырылған (Пуляркин, 1992: 200; Kariel, 1966; Conway, 1990: 60; Назаренко, 2011: 286; Серова, 1995; Трэйсли, 1995:431; Алтухов, 2006: 725; Большая актуальная политическая; Чернякова, 1997: 396; Ахметова, 2005: 64-66; Кайгородцев, 2006: 384)	

Барлық авторлар азық-түлік қауіпсіздігін адамзат өмір сүруінің негізгі шарты және жалпы ортақ идея ретінде қарастырған. Дегенмен экономикалық, әлеуметтік, саяси-географиялық тұрғыда әр қырынан сипаттаған.

Әдіснамалық айырмашылықтар:

- географиялық бағыт (Г. Кэриел) – азық-түлік өндірісі мен тұтынудың кеңістіктік үлгілеріне негізделген;

- әлеуметтік-экономикалық бағыт (В.А. Пуляркин, Д. Конуэй, Е.В. Серова) – азық-түлікке қолжетімділік пен халықтың әл-ауқатына ықпалын қарастырады;

- ұлттық қауіпсіздік бағыты (В.И. Назаренко, А.И. Алтухов, К.А. Ахметов, А.А. Кайгородцев) – азық-түлік қауіпсіздігін мемлекеттің тәуелсіздігі мен ұлттық тұрақтылығының ажырамас бөлігі деп қарастырады.

Жаңа қадамдар мен үрдістер:

- жаһандану және өзара тәуелділікті (Е.В. Серова) түсіндіруі қазіргі замандағы халықаралық сауда мен кооперацияның маңызын ашады;

- ішкі өндірісті қолдау (М. Трэйси, Б.А. Черняков) концепциясын бүгінгі аграрлық саясаттың маңызды элементі ретінде қарастырады.

Қазіргі геосаяси контекст үшін маңызы:

- әлемдік азық-түлік дағдарыстары, энергетикалық тәуелділік, логистикалық тізбектердің бұзылуы жағдайында (В.И. Назаренко, А.А. Кайгородцев) ішкі өзін-өзі қамтамасыз етуге басымдық беруі өзекті бола түсуде;

- халықаралық ынтымақтастықты дамыту қажеттілігін алға тартатын (Е.В. Серова) көзқарасы да жаһандық азық-түлік қауіпсіздігі тұрғысынан маңызды.

Жалпы азық-түлік қауіпсіздігі тек азық өндіру емес, сонымен қатар кеңістіктік ұйымдастыру, әлеуметтік әділеттілік, экономикалық тұрақтылық, ұлттық егемендік пен халықаралық өзара тәуелділіктің күрделі балансы. Ғалымдардың көзқарастары азық-түлік қауіпсіздігін біржақты емес, көпқырлы, көпдеңгейлі ұғым ретінде қарастыру қажеттігін дәлелдейді.

Қорытынды

Азық-түлік белдеуі үдерісінің теориялық-әдіснамалық негіздерін талдай отырып кеңістіктік даму теориялары, азық-түлік қауіпсіздігі ұғымының дамуы және қала маңы ауыл шаруашылығының теориялық мәні жан-жақты қарастырылды. Зерттеулердің нәтижелері азық-түлік белдеуі түсінігінің тек аграрлық өндірістің шо-

ғырлануы емес, сонымен қатар кеңістіктік әлеуметтік-экономикалық және геосаяси үдерістердің өзара байланысқан кешені екенін көрсетті, олар:

- азық-түлік белдеуі идеясының дамуы кеңістіктік ұйымдастыру теорияларымен тығыз байланысты. И.Тюеннің ауыл шаруашылығы өндірісін тиімді орналастыру тұжырымдамасынан бастап, В.Кристаллер мен А.Лёштың орталық орындар мен экономикалық аймақтар теориясына дейінгі еңбектер ауыл шаруашылығы өндірісінің кеңістіктік үлгілерін ғылыми тұрғыда негіздеді. Бұл теориялар азық-түлік белдеулерін ұйымдастыруда көліктік шығындар, нарықтық жақындық, жер құнарлылығы, агломерациялық артықшылықтар сияқты факторлардың шешуші рөл атқаратынын дәлелдеді;

- азық-түлік қауіпсіздігін әртүрлі зерттеушілер әр қырынан түсіндіргенімен, бәріде мемлекеттің тұрақты дамуындағы стратегиялық маңызын мойындайды. В.А. Пуляркин азық-түлік мәселесін дүниежүзілік маңызы бар әлеуметтік-экономикалық мәселе ретінде сипаттаса, Д.Конуэй мен Е.Барбер азық-түлікке сенімді қолжетімділікті адамның белсенді өмір сүруінің негізгі шарты ретінде қарастырды. Ал В.И. Назаренко мен К.А. Ахметов азық-түлік қауіпсіздігін ұлттық қауіпсіздіктің ажырамас бөлігі ретінде бағалайды. Мұның барлығы азық-түлік белдеулерінің елдің ішкі азық-түлік сұранысын қамтамасыз етуге негізгі тірек аймақтар ретінде ұйымдастырылуы қажеттігін айқындайды;

- қазіргі жаһандану дәуірінде азық-түлік белдеулері тек ішкі нарық үшін ғана емес, сонымен қатар халықаралық нарықтағы азық-түлік бәсекелестігі жағдайында да маңызды болуда. Бұл бағытта Е.В. Серова мен М.Трэйсидің еңбектері азық-түлік қауіпсіздігі мәселесін халықаралық сауда қатынастарымен байланыстыра отырып, отандақ агроөнеркәсіптік кешенді нығайту қажеттігін алға тартады. Дегенмен, азық-түлік белдеулері мемлекеттің азық-түлік тәуелсіздігін қамтамасыз ету құралдарының бірі ретінде қарастырылуы тиіс;

- қала маңы шаруашылығы ұғымының мағынасы да қазіргі жағдайда қайта қаралуда. Алғашында қаланы тек азықпен қамтамасыз ету функциясымен шектелген бұл сала бүгінгі күні қалалық агломерациялардың тұрақты дамуына, экологиялық тепе-теңдікті сақтауға және өңірлік экономиканың әртараптандырылуына ықпал ететін маңызды факторға айналды. Бұл үдеріс-

тер азық-түлік белдеулерінің құрылымына жаңа талаптар қойып отыр: олар жоғары өнімділікті ғана емес, экологиялық қауіпсіздікті, көлік қолжетімділігін және аграрлық ландшафттардың сақталуын да қамтамасыз етуі тиіс;

- азық-түлік белдеуі ұғымын қалыптастыруда өртүрлі ішкі және сыртқы факторлардың өзара ықпалы анықталды: а) ішкі факторлар: табиғи-климаттық жағдайлар, жер ресурстарының сапасы, ауыл шаруашылығы инфрақұрылымы, көліктік желілер; ә) сыртқы факторлар: халықаралық сауда келісімдері, климаттың жаһандық өзгеруі, азық-түлік дағдарыстары, жаңа технологиялардың дамуы.

- азық-түлік белдеулері кеңістіктік құрылым ретінде қалыптасқанда, аймақаралық еңбек бөлінісі, агроөнеркәсіптік кластерлердің қалыптасуы, азық-түлік логистикасының тиімділігін арттыру сияқты заманауи талаптарды ескеру қажеттігі байқалды. Бұл бағытта У. Айзардтың, Т. Мюрдалдың, Т. Хегерstrandтың өсу полюс-

тері мен жанашылдықтың кеңістікке таралу теориялары үлкен әдіснамалық маңызға ие.

- азық-түлік белдеуі ұғымы елдердің азық-түлік саясатын жоспарлауда, өңірлік даму стратегияларын әзірлеуде, агроөнеркәсіптік секторды мемлекеттік қолдау тетіктерін анықтауда маңызды теориялық-тәжірибелік негіз ретінде қарастырылуы тиіс. Әсіресе азық-түлік қауіпсіздігін арттыру мақсатында ауыл шаруашылығын цифрландыру, инновациялық агротехнологияларды енгізу, экологиялық таза өндіріс тәсілдерін дамыту сияқты міндеттер алдыңғы орынға шығып отыр.

Қала маңы ауыл шаруашылығы урбандалу жағдайында азық-түлікпен қамтамасыз етудің тұрақты үлгісі, сондықтан болашақтағы азық-түлік белдеулерінің дамуы теориялық-әдіснамалық жағынан терең зерттеле отырып, жаңа технологиялар, экологиялық талаптар және халықаралық бәсекелестік тұрғысынан қарастырылуы тиіс.

Әдебиеттер

- Ананичева Е.П. Понятие агротехнопарков и их место в общей системе «наука образование-производство» аграрного сектора экономики. Научное и инновационное обеспечение модернизации АПК России: сб. тр. / ВСМУиС. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 208 с.
- Аграрный сектор США в конце XX века / Под ред. д-ра экон. наук Б.А. Чернякова – М.: РАН Институт США и Канады, 1997. – 396 с.
- Алтухов, А.И. Развитие зернового хозяйства в России / А.И. Алтухов. – М.: ФГУП «ВО Минсельхоза России», 2006. – 848 с.
- Байрамов К.Б. Бакинский пригородный агропромышленный комплекс и совершенствование его территориальной организации. Автореф. дис... канд. геогр. наук. – Киев. 1991. – 19 с.
- Баранский Н.Н. Экономико-географическое положение.- Становление советской экономической географии: Избранные труды. – М.: Мысль, 1980, с. 128–129.
- Борхунов, М.А., Назаренко, А.В. Государственная поддержка сельскохозяйственных производителей // АПК: Экономика и управление. – 1992. – № 9. – С. 64–67.
- Бондаренко Л.В. Сельские домохозяйства: социальные последствия низкой доходности и бедности. АПК: экономика, управление. – 2022. – № 7. – С. 75–85.
- Большая актуальная политическая энциклопедия [Электронный ресурс] / Под общ. ред. А. Беязова и О. Матвейчева. – URL: <http://www.politike.ru/dictionary/839>
- Виткалова С. Модель государственной поддержки посредством механизма продовольственной помощи. Экономика сельского хозяйства России. – 2015. -№ 9. – С. 11–15.
- Вдовина Л.А. Формирование продовольственного рынка региона с учетом развития внешнеэкономических связей: Автореферат дис... канд. экон. наук / Л.А.Вдовина. – Саратов, 2002. С. 5–7.
- Глазун, А.Р. Специализация пригородного сельского хозяйства/ А.Р. Глазун. – М.: Колос, 1980. – 208 с.
- Дружинин А.Г. Пространственное развитие города-миллионера: тенденции постсоветского периода: монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. 192 с.
- Есипова, С. А. Пригородный агропромышленный комплекс Омской области // Южная Сибирь: проблемы взаимодействия общества и природы: Материалы региональной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Барнаул, 2003. – С.38–39.
- Жихаревич Б.С. Основы стратегического планирования экономического развития городов // Еврорад. – 1996. – № 7. – С. 31–37.
- Иванов К.И. Территориальные системы общественного производства. – В кн. Географические аспекты агропромышленного комплексобразования. М.: Мысль. 1975. – 272 с.
- Иоффе Г.В. Сельское хозяйство Нечерноземья: территориальные проблемы. М.: Наука, 1990. – 164 с.

- Кайгородцев, А.А. Товаропроводящая система АПК как фактор продовольственной безопасности Казахстана // Современный научный вестник. – 2006. – № 2. – С. 28-32.
- Калиев, Г.А. О продовольственной безопасности Республики Казахстан // Агропродовольственная политика России. – 2012. – № 1. – С. 87–89.
- Kariel H. A proposed Classification of diet. Pamphlet – January 1, 1966.
- Кибальчич А.О. Сельское хозяйство пригородных зон крупнейших городов // Проблемы больших городов. Вып. 14. М.: МГЦНТИ, 1989. – 45 с.
- Королева Н.И. Пригородный АПК: организационная структура и совершенствование управления. – В кн. Географические исследования для целей планирования экономического и социального развития. – Киев. 1983. – с. 113-124.
- Коровкин И.П. Специализация сельского хозяйства пригородных зон. -М.: Экономика.1968.-295 с.
- Краснихин В.Ф., Фоменкова Н.А. Перспективы развития пригородного хозяйства малых городов//Проблемы экономики сельскохозяйственного производства. – Саратов.: СГУ. 1977.-С. 66-67.
- Крючков В.Г. Использование земель и продовольственные ресурсы. -М.: «Мысль», 1987. С. 18-30.
- Куламбаев Б.К. Современное пригородное сельское хозяйство. -Алма-Ата.: Кайнар. 1975. -95 с.
- Лаппо Г.М. География городов: Учеб. Пособие для геогр. вузов. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 1997. – 480 с.
- Логинов, В. Условия инновационного развития экономики. Экономист. – 2001. – № 3. – С. 21–27.
- Маргулис Е. Направления обеспечения продовольственной безопасности в области зерна и хлебопродуктов. Пищевая промышленность. – 2005. – №4. – С. 48-49.
- Милосердов, В.В. Политика обеспечения продовольственной независимости России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2000. – № 3. – С. 13-16.
- Минеев В.А. Экономические основы пригородного сельского хозяйства. – М.1984.-С. 7-17.
- Назаренко, В.И. Продовольственная безопасность (в мире и в России). – М.: Памятники исторической мысли, 2011. – 286 с.
- Носонов А.М. Территориальные системы сельского хозяйства. Экономико-географические основы исследования. – М.: Янус К. 2001. С. 12-77.
- Паламарчук М.М. Агропромышленный комплекс и проблемы развития Киевского столичного региона // Экономико-географические проблемы развития столичных регионов. Новосибирск, 1985. С. 92-101.
- Першукевич, П.М., Гриценко, М.П., Гриценко, Г.М., Щетинина, И.В., Вернигор, Н.Ф. Совершенствование системы управления АПК в современных условиях. – Новосибирск: СибНИИЭСХ СО РАН, 2000. – 142 с.
- Пистун Н.Д., Гуцай В.А. Особенности функционально-территориальной организации пригородного сельского хозяйства. Киев, 1987. – 26 с.
- Попов Н.А. Экономика сельского хозяйства с основами сельского предпринимательства: Учебник для вузов / Попов Н.А. – М.: Экмос, 1999. – 351 с.
- Пуляркин В.А., Власова Т.К., Надирова А.А. Глобальная продовольственная проблема: Географический анализ / Итоги науки и техники. География зарубежных стран: Т.18. – М.: ВИНТИ, 1992. – 200 с.
- Ракитников А.Н. География сельского хозяйства. М., 1970. – 15 с.
- Крючков В.Г. Использование земель и продовольственные ресурсы. -М.: «Мысль», 1987. С. 18-30.
- Родионова О.А. Развитие субъектов аграрного предпринимательства в контексте воспроизводственной ситуации // Научное обозрение: теория и практика. – 2016. – № 3. – С. 51-57.
- Рябова, Т.Ф. Экономическая безопасность: продовольственная безопасность. – М.: Пищевая промышленность, 2001. – 336 с.
- Стадник А.Т. Организационно-экономические основы кооперации и интеграции в зернопродуктовом подкомплексе региона: Монография, Новосибирск: ИЦ Золотой колос, 2009. 360 с.
- Серова, Е.В. К вопросу о продовольственной безопасности России [Электронный ресурс] / Е.В. Серова. – Режим доступа: <http://www.iet.ru/personal/agro/PRODSAF1.htm>
- Толстик Н.А. Пригородная сельскохозяйственная зона и вопросы специализации. – Минск.: Урожай.1968.-64 с.
- Тюрин В.Н. Территориальная организация сельского хозяйства Северного Кавказа (экономико- и эколого-географические проблемы). – Краснодар: КубГУ, 1998. – 132 с.
- Тюнел И.Г. Изолированное государство. – Москва: Экон. жизнь, 1926. – XII, 326 с.
- Трэйси, М. Сельское хозяйство и продовольствие в экономике развитых стран: введение в теорию, практику и политику [Электронный ресурс] / М. Трэйси. – Режим доступа: http://biblioteka.kau.com.ua/index.php?option=com_phocadownload&view.
- Ушачев, И.Г., Серков, А.Ф., Тарасов, В.И., Чекалин, В.С. Проблемы обеспечения конкурентоспособности продукции АПК в условиях региональной интеграции и глобализации // АПК: Экономика, управление. – 2013. – № 7. – С. 3–14.
- Фролова, О. Условия формирования экономических отношений для развития сельских территорий. Международный сельскохозяйственный журнал. – 2010. – № 2. – С. 22–24.
- Хорев, Б. С. Проблемы города: экономико-географические исследование городского расселения в СССР / Б. С. Хорев. – М.: Мысль, 1971. – 413 с.
- Худякова Т.М. Территориальная организация агропромышленного комплекса крупного экономического района Воронеж: Изд-во Воронеж.ун-та, 1991. – 152 с.
- Хромов, Ю.С. Проблемы продовольственной безопасности России: международные и внутренние аспекты. – М.: Изд-во РИСИ, 1995. – 252 с.

- Перцик Е. Н. История географии: учебник для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 249 с.
- Шаблій О. И. Межотраслевые территориальные системы / О. И. Шаблій. – Львов: Вища школа, 1976. – 199 с.
- Шакенова Т., Мамирова К., Киясова Л., Кобегенова Х. (2019). Традиционные и современные географические методы исследования сельского хозяйства. Вестник КазНУ. Серия географическая, 52 (1), 16–26.
- Шутков, А.А., Шутков, С.А. Проблемы совершенствования механизма развития процессов интеграции перерабатывающих и сельскохозяйственных предприятий // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2012. – № 5. – С. 8–11.
- Weber A. Theory of the location of industries. Chicago: University of Chicago Press, 1929. 256 p.

References

- Ananicheva, E. P. (2012). *The concept of agrotechnoparks and their place in the general system of "science–education–production" of the agricultural sector of the economy*. In *Scientific and innovative support for the modernization of the Russian agro-industrial complex: Collection of works*. Moscow: FSBI "Rosinformagrotech."
- Altukhov, A. I. (2006). *The development of grain farming in Russia*. Moscow: FSUE "HE Ministry of Agriculture of Russia."
- Annanicheva, E. P. (2012). *Scientific and innovative support for the modernization of the Russian agro-industrial complex*. Moscow: Rosinformagrotech.
- Baransky, N. N. (1980). *Economic and geographical position*. In *The formation of Soviet economic geography: Selected works* (pp. 128–129). Moscow: Mysl.
- Bayramov, K. B. (1991). *Baku suburban agro-industrial complex and improvement of its territorial organization* [Abstract of dissertation, Candidate of Geographical Sciences]. Kiev.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). *Smart conservation for the 21st century*. Green Infrastructure, 20, 12–17.
- Bondarenko, L. V. (2022). Rural households: Social consequences of low income and poverty. *Agro-industrial Complex: Economics and Management*, (7), 75–85.
- Borkhunov, M. A., & Nazarenko, A. V. (1992). State support for agricultural producers. *Agroindustrial Complex: Economics and Management*, (9), 64–67.
- Chernyakov, B. A. (Ed.). (1997). *The agricultural sector of the USA at the end of the twentieth century*. Moscow: RAS Institute of the USA and Canada.
- Druzhinin, A. G. (2008). *Spatial development of a millionaire city: Trends of the post-Soviet period*. Rostov-on-Don: SFU Publishing House.
- Esipova, S. A. (2003). Prigorodny agro-industrial complex of the Omsk region. In *Southern Siberia: Problems of interaction between society and nature* (pp. 38–39). Barnaul.
- Glazun, A. R. (1980). *Specialization of suburban agriculture*. Moscow: Kolos.
- Ivanov, K. I. (1975). Territorial systems of social production. In *Geographical aspects of agro-industrial complex formation* (pp. 5–7). Moscow: Mysl.
- Ioffe, G. V. (1990). *Agriculture of the Non-Chernozem region: Territorial problems*. Moscow: Nauka.
- Kaigorodtsev, A. A. (2006). Commodity distribution system of the agro-industrial complex as a factor of food security in Kazakhstan. *Modern Scientific Bulletin*, (2), 28–32.
- Kaliev, G. A. (2012). On food security of the Republic of Kazakhstan. *Agricultural and Food Policy of Russia*, (1), 87–89.
- Kariel, H. (1966). *A proposed classification of diet*. Pamphlet.
- Kibalcich, A. O. (1989). *Agriculture of suburban areas of the largest cities*. In *Problems of big cities* (Issue 14). Moscow: MGTSNTI.
- Koroleva, N. I. (1983). Prigorodny agro-industrial complex: Organizational structure and management improvement. In *Geographical research for the purposes of planning economic and social development* (pp. 113–124). Kiev.
- Korovkin, I. P. (1968). *Specialization of agriculture in suburban areas*. Moscow: Ekonomika.
- Krasnikhin, V. F., & Fomenkova, N. A. (1977). Prospects for the development of suburban economy in small towns. In *Problems of agricultural production economics* (pp. 66–67). Saratov: SSU.
- Kryuchkov, V. G. (1987). *Land use and food resources*. Moscow: Mysl.
- Kulambaev, B. K. (1975). *Modern suburban agriculture*. Alma-Ata: Kainar.
- Lappo, G. M. (1997). *Geography of cities: Textbook for higher education institutions*. Moscow: VLADOS Center.
- Loginov, V. (2001). Conditions of innovative economic development. *The Economist*, (3), 21–27.
- Margulis, E. (2005). Directions of ensuring food security in the field of grain and bread products. *Food Industry*, (4), 48–49.
- Miloserdov, V. V. (2000). The policy of ensuring Russia's food independence. *Economics of Agricultural and Processing Enterprises*, (3), 13–16.
- Mineev, V. A. (1984). *Economic foundations of suburban agriculture* (pp. 7–17). Moscow.
- Nazarenko, V. I. (2011). *Food security (in the world and in Russia)*. Moscow: Monuments of Historical Thought.
- Nosonov, A. M. (2001). *Territorial systems of agriculture: Economic and geographical foundations of research*. Moscow: Janus K.
- Palamarchuk, M. M. (1985). Agro-industrial complex and development problems of the Kiev metropolitan region. In *Economic and geographical problems of the development of metropolitan regions* (pp. 92–101). Novosibirsk.
- Pershukovich, P. M., Gritsenko, M. P., Gritsenko, G. M., Shchetinina, I. V., & Vernigor, N. F. (2000). *Improvement of the agro-industrial complex management system in modern conditions*. Novosibirsk: Sibniieskh SB RAS.

- Percik, E. N. (2019). *History of geography: Textbook for academic baccalaureate*. Moscow: Yurait Publishing House.
- Pistun, N. D., & Gubai, V. A. (1987). *Features of the functional and territorial organization of suburban agriculture*. Kiev.
- Popov, N. A. (1999). *Agricultural economics with the basics of rural entrepreneurship*. Moscow: Ekmos.
- Pulyakin, V. A., Vlasova, T. K., & Nadirova, A. A. (1992). *The global food problem: A geographical analysis*. In *The results of science and technology. Geography of foreign countries* (Vol. 18). Moscow: VINITI.
- Rakitnikov, A. N. (1970). *Geography of agriculture*. Moscow.
- Rodionova, O. A. (2016). The development of agricultural business entities in the context of the reproductive situation. *Scientific Review: Theory and Practice*, (3), 51–57.
- Ryabova, T. F. (2001). *Economic security: Food security*. Moscow: Food Industry.
- Shabliy, O. I. (1976). *Intersectoral territorial systems*. Lviv: Vishcha Shkola.
- Shakenova, T., Mamirova, K., Kiyasova, L., & Kobegenov. (2019). Traditional and modern geographical methods of agricultural research. *KazNU Bulletin. Geographical Series*, 52(1), 16–26.
- Shutkov, A. A., & Shutkov, S. A. (2012). Problems of improving the mechanism of development of processes of integration of processing and agricultural enterprises. *Economics of Agricultural and Processing Enterprises*, (5), 8–11.
- Stadnik, A. T. (2009). *Organizational and economic foundations of cooperation and integration in the grain-product subcomplex of the region*. Novosibirsk: IC Zolotoy Kolos.
- Tolstik, N. A. (1968). *Suburban agricultural zone and issues of specialization*. Minsk: Harvest.
- Tyunen, I. G. (1926). *The isolated state*. Moscow: Economic Life.
- Tyurin, V. N. (1998). *Territorial organization of agriculture in the North Caucasus: Economic, ecological and geographical problems*. Krasnodar: KubGU.
- Ushachev, I. G., Serkov, A. F., Tarasov, V. I., & Chekalin, V. S. (2013). Problems of ensuring the competitiveness of agricultural products in the context of regional integration and globalization. *Agroindustrial Complex: Economics and Management*, (7), 3–14.
- Vitkalova, S. (2015). The model of state support through the mechanism of food aid. *The Economics of Agriculture in Russia*, (9), 11–15.
- Vdovina, L. A. (2002). *Formation of the regional food market taking into account the development of foreign economic relations* [Abstract of dissertation, Candidate of Economic Sciences]. Saratov.
- Weber, A. (1929). *Theory of the location of industries*. Chicago: University of Chicago Press.
- Zhikharevich, B. S. (1996). Fundamentals of strategic planning of economic development of cities. *Eurograd*, (7), 31–37.

Авторлар туралы мәлімет:

Оспанова Гульнара Шаймерденовна – PhD докторант, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Физикалық және экономикалық география кафедрасы (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: ospanova_14@mail.ru);

Мылкайдаров Алим Толекович – г.г.к., аға оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.почта: mylkaydarov@mail.ru);

Сансызбаева Айгерим Баккельдиевна – PhD, аға оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Физикалық және экономикалық география кафедрасы (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: sansyzbayeva.ab@mail.ru).

Information about the authors:

Ospanova Gulnara – PhD doctoral student, Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilev Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: ospanova_14@mail.ru);

Mylkaydarov Alim – Candidate of Geological Sciences, Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan e-mail: mylkaydarov@mail.ru);

Sansyzbayeva Aigerim – PhD, Senior Lecturer, Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilev Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: sansyzbayeva.ab@mail.ru).

Сведения об авторах:

Оспанова Гульнара Шаймерденовна – PhD, докторант, старший преподаватель, кафедра физической и экономической географии (Астана, Казахстан, эл. почта: ospanova_14@mail.ru);

Мылкайдаров Алим Толекович – к. н., старший преподаватель, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, кафедра географии, землеустройства и кадастра (Алматы, Казахстан, эл. почта: mylkaydarov@mail.ru);

Сансызбаева Айгерим Баккельдиевна – PhD, старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, кафедра физической и экономической географии (Астана, Казахстан, эл. почта: sansyzbayeva.ab@mail.ru).

Жіберілді: 12 мамыр 2025 жыл
Қабылданды: 09 тамыз 2025 жыл

2-бөлім
**КАРТОГРАФИЯ ЖӘНЕ
ГЕОИНФОРМАТИКА**

Section 2
**CARTOGRAPHY AND
GEOINFORMATICS**

Раздел 2
**КАРТОГРАФИЯ
И ГЕОИНФОРМАТИКА**

А.А. Саянов¹  М.Ж. Махамбетов² ,
А.Б. Хамит² , А.М. Сергеева^{2*} 

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

²Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

*e-mail: sergeyeva.aigul@gmail.com

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ГОРОДА АКТАУ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Город Актау, расположенный в засушливом прибрежном районе Каспийского моря, характеризуется серьёзными экологическими проблемами, такими как дефицит пресной воды, засоление почв и высокая солнечная активность. В подобных условиях эффективное озеленение требует научно обоснованных решений. Целью настоящего исследования является комплексная оценка состояния, структуры и пространственно-временной динамики зелёных пространств города Актау с использованием методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и мультиспектральных спутниковых данных за 2015–2024 годы. На основе изображений Sentinel-2 и Landsat 8–9 был проведён анализ вегетационных индексов (NDVI). Предложенный подход позволяет не только картировать плотность растительного покрова, но и выявлять зоны экологической уязвимости и неравенства в пределах городской территории. Результаты демонстрируют выраженную пространственную фрагментарность зелёного каркаса города, доминирование ксерофитной флоры и наличие значительных внутригородских экологических диспропорций. В периферийных и промышленных районах зафиксировано снижение значений NDVI, связанное с дефицитом орошения, слабым институциональным регулированием и социально-экономическими различиями. При этом наиболее высокие значения NDVI отмечены в центральных и прибрежных зонах, в то время как деградация растительности наблюдается в промышленных и новых жилых кварталах. В исследование включены более 80 зелёных объектов, охватывающих свыше 138 тысяч экземпляров деревьев и кустарников, среди которых преобладают засухоустойчивые таксоны. Обнаружены элементы экологического неравенства между микрорайонами по уровню озеленения и доступу к зелёным зонам. Работа подчёркивает необходимость перехода к системно-пространственной модели озеленения, интеграции цифровых платформ мониторинга и усиления участия горожан в процессе озеленения. Полученные результаты и предложенный методический подход могут быть использованы для устойчивого управления зелёной инфраструктурой и в других засушливых городах Казахстана.

Ключевые слова: NDVI-анализ, спутниковый мониторинг, зелёные пространства, озеленение, Актау.

A.A. Sayanov¹, M.Zh. Makhambetov², A.B. Khamit², A.M. Sergeyeva^{2*}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan

*e-mail: sergeyeva.aigul@gmail.com

Comprehensive assessment of urban green spaces in the city of Aktau based on multispectral satellite data

The city of Aktau, located in the arid coastal zone of the Caspian Sea, is characterized by serious environmental challenges, including freshwater scarcity, soil salinization, and high solar radiation. Under such conditions, effective greening requires scientifically grounded solutions. This study aims to conduct a comprehensive assessment of the state, structure, and spatio-temporal dynamics of urban green spaces in Aktau using remote sensing (RS) methods and multispectral satellite data from 2015 to 2024. Based on Sentinel-2 and Landsat 8–9 imagery, an analysis of vegetation indices (NDVI) was carried out. The proposed approach enables not only mapping the density of vegetation cover but also identifying areas of ecological vulnerability and inequality within the urban environment. The results reveal pronounced spatial fragmentation of the city's green framework, dominance of xerophytic flora, and significant intra-urban environmental disparities. Decreased NDVI values were recorded in peripheral and industrial areas, associated with limited irrigation, weak institutional regulation, and socio-economic gradients.

In contrast, the highest NDVI values were observed in central and coastal districts, while vegetation degradation was noted in industrial and newly developed residential zones. The study included over 80 green infrastructure sites, comprising more than 138 000 specimens of trees and shrubs, predominantly drought-tolerant taxa. Elements of environmental inequality were identified between neighborhoods in terms of greening levels and access to green areas. The study emphasizes the need to shift towards a systemic spatial model of urban greening, integrate digital monitoring platforms, and strengthen public participation. The findings and proposed methodological framework can be applied to ensure sustainable green infrastructure management in other arid cities across Kazakhstan.

Keywords: NDVI analysis, satellite monitoring, green spaces, greening, Aktau.

А.А. Саянов¹, М.Ж. Махамбетов², А.Б. Хамит², А.М. Сергеева^{2*}

¹М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу, Россия Федерациясы

²Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

*e-mail: sergeyeva.aigul@gmail.com

Мультиспектрлі спутниктік мәліметтер негізінде Ақтау қаласындағы жасыл кеңістіктерді кешенді бағалау

Каспий теңізінің жағалауындағы құрғақ аймақта орналасқан Ақтау қаласы тұщы су тапшылығы, топырақтың тұздануы және күн белсенділігінің жоғары болуы сияқты күрделі экологиялық проблемалармен ерекшеленеді. Мұндай жағдайларда тиімді жасылдандыру ғылыми негізделген шешімдерді қажет етеді. Зерттеудің мақсаты – Жерді қашықтықтан зондау (ЖҚЗ) әдістерін және 2015 – 2024 жылдар аралығындағы көп спектрлі спутниктік мәліметтерді пайдалана отырып, Ақтау қаласындағы жасыл кеңістіктердің жай-күйін, құрылымын және кеңістіктік-уақыттық динамикасын кешенді бағалау. Sentinel-2 және Landsat 8-9 көріністерін пайдалану негізінде өсімдік жамылғысының индекстеріне (NDVI) талдау жүргізілді. Әдіс жасыл жамылғылардың тығыздығын картаға түсіріп қана қоймай, сонымен қатар Ақтау қаласындағы экологиялық осалдық пен теңсіздік аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді. Нәтижелер қаланың жасыл қаңқасының айқын кеңістіктік фрагментациясын, ксерофитті флораның басымдылығын және маңызды қалаішілік экологиялық диспропорциялардың болуын көрсетеді. Суару тапшылығымен, әлсіз институционалдық реттеумен және әлеуметтік-экономикалық градиенттермен байланысты шеткі және өндірістік аймақтарда NDVI төмендеуі анықталды. Қала құрылысына үлестік көрсеткіштерді енгізу қажеттілігін растайтын жасыл аумақтарға қол жеткізудегі экологиялық теңсіздіктің көріністері байқалды. Ең қолайлы NDVI мәндері орталық және жағалаудағы аудандарда тіркелді, ал өсімдік жамылғысының деградациясы өнеркәсіптік және жаңа тұрғын аудандарда анықталды. 80-нен астам жасыл алаңдар (саябақ, қаланың жасыл инфрақұрылымдары) қарастырылып, 138 мыңнан астам ағаштар мен бұталардың үлгілері бар, олардың арасында құрғақшылыққа төзімді таксондар басым. Жасылдандыру және жасыл аймақтарға қолжетімділік деңгейі бойынша шағын аудандар арасындағы экологиялық теңсіздік элементтері белгіленді. Зерттеу жасылдандырудың жүйелік-кеңістіктік моделіне көшудің, цифрлық мониторинг платформаларын біріктірудің және қала тұрғындары пікірінің маңыздылығын көрсетеді. Алынған нәтижелер мен ұсынылған әдістемелік тәсілді Қазақстанның құрғақ аймақтарындағы басқа қалаларда жасыл инфрақұрылымды тұрақты басқару үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: NDVI талдауы, спутниктік мониторинг, жасыл кеңістіктер, көгалдандыру, Ақтау.

Введение

Городская растительность – ключевой компонент устойчивой городской среды, особенно в условиях климатических и антропогенных вызовов XXI века. Зелёные пространства не только выполняют эстетическую и рекреационную функцию, но и представляют собой важнейший элемент экосистемных услуг, включая регулирование микроклимата, снижение температурного острова, фильтрацию загрязнителей воздуха и укрепление социальной устойчивости городов (Tzoulas и др., 2021; Escobedo и др., 2019). Со-

временные концепции урбанистики, такие как «зелёная инфраструктура», «умный город» и «экологически ориентированное планирование», подчёркивают необходимость системного подхода к оценке, сохранению и развитию зелёных насаждений в городской среде (James и др., 2009; Pauleit и др., 2019).

В засушливых и полупустынных регионах, где природные условия ограничивают рост растительности, вопросы планирования и мониторинга зелёных зон приобретают особую актуальность. Одним из таких городов является Ақтау – административный центр

Мангистауской области, расположенный в пустынно-континентальной климатической зоне с острым дефицитом пресной воды, сильными ветровыми нагрузками и высокими уровнями солнечной радиации. Указанные природно-климатические ограничения усиливают экологическую уязвимость урбанизированной среды, повышают антропоэкосистемную нагрузку и обуславливают необходимость применения научно обоснованных стратегий озеленения в качестве ключевого компенсаторного и адаптационного механизма.

Город Актау изначально формировался в условиях жёстких природно-климатических ограничений: хронического дефицита пресной воды, засоленных почв, высокой солнечной радиации и частых суховейных ветров. Эти факторы не только усложняли процессы формирования устойчивой городской среды, но и предопределили специфику озеленительных практик. На протяжении десятилетий развитие зелёных насаждений носило волнообразный характер: периоды активных посадок и внедрения засухоустойчивых видов сменялись упадком из-за нехватки полива, экономических кризисов и слабого институционального регулирования. В результате озеленение города оказалось крайне ограниченным и неравномерным, а структура зелёных зон приобрела фрагментарный характер. Несмотря на реализацию отдельных программ благоустройства последних лет, включая государственные инициативы по расширению зелёного фонда, озеленённые территории по-прежнему остаются неравномерно распределёнными по городской территории.

В современных условиях проблема зелёной инфраструктуры Актау приобретает стратегическое значение, так как она напрямую связана с экологической устойчивостью, социальной справедливостью и качеством городской среды. На фоне ускоряющейся урбанизации и роста антропогенной нагрузки выявляется выраженное территориальное неравенство: центральные и прибрежные районы демонстрируют более высокий уровень озеленения за счёт приоритетного благоустройства и наличия систем полива, тогда как промышленные зоны и новые жилые массивы характеризуются низкой плотностью растительности и деградиационными процессами. Подобная ситуация усиливает проявления экологического неравенства, ограничивая доступ значительной части населения к экосистемным услугам зелёных насаждений.

Традиционные методы инвентаризации зелёных насаждений (такие как полевые обследования, визуальные описания, кадастровая отчётность) не всегда позволяют обеспечить достаточную пространственную и временную детализацию. Более того, в быстрорастущих и трансформирующихся городах подобные методы часто оказываются неоперативными, фрагментарными и не способствуют формированию целостной картины изменений в структуре зелёных зон.

На этом фоне особую значимость приобретает использование спутникового мониторинга и технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые предоставляют объективные, многоуровневые и регулярно обновляемые данные. Мультиспектральные спутниковые изображения (Landsat 8-9, Sentinel-2, PlanetScope) позволяют рассчитывать вегетационные индексы – такие как NDVI, SAVI, GNDVI – и классифицировать землепользование на основе спектральных характеристик поверхности (Jensen, Binford, 2004; Xie, Fan, 2021). Применение указанных индексов позволяет осуществлять интегральную оценку структурных и функциональных характеристик зелёного покрова, охватывающую не только его площадь и плотность, но также динамические изменения, процессы деградации, результативность озеленительных мероприятий и пространственную неоднородность.

Настоящее исследование направлено на комплексную оценку состояния, структуры и изменений городской зелёной инфраструктуры города Актау на основе мультиспектральных спутниковых данных за период 2015–2025 гг. В работе применяются методы расчёта вегетационных индексов (NDVI), многоклассовой классификации землепользования, построение матриц переходов и пространственного анализа в ГИС-среде. Также рассматриваются корреляционные связи между плотностью растительности и функциональным зонированием города, включая жилые кварталы, промышленные зоны и прибрежные территории.

Целью исследования является комплексная оценка состояния, пространственной структуры и динамики городских зелёных пространств города Актау с использованием мультиспектральных спутниковых данных и методов дистанционного зондирования Земли. Исследование направлено на выявление пространственных диспропорций в распределении растительности,

оценку эффективности существующей зелёной инфраструктуры, а также на разработку методического подхода к мониторингу и планированию озеленения в условиях аридного климата.

Город Актау выбран в качестве объекта исследования вследствие его уникального географического положения в аридной зоне, острого дефицита природной растительности и пресной воды, а также высокой антропогенной нагрузки. Озеленение в подобных условиях представляет собой сложную экологическую и градостроительную задачу. Кроме того, город активно развивается, реализует программы благоустройства, но остаётся слабо изученным в контексте дистанционного мониторинга зелёных пространств. Это делает Актау репрезентативной моделью для оценки и разработки устойчивых подходов к управлению городской зелёной инфраструктурой в засушливых регионах.

Литературный обзор

Современная научная литература подчёркивает, что городские зелёные пространства играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития и повышения качества жизни населения. Зелёные насаждения способствуют снижению температуры воздуха, улучшению качества воздуха, поддержанию биоразнообразия и социальной интеграции (Haaland, van den Bosch, 2015; Kabisch и др., 2022). В последние десятилетия растёт интерес к количественной и качественной оценке этих пространств с применением методов геоинформатики и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Особое внимание уделяется вегетационным индексам, прежде всего NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который широко используется для оценки плотности, продуктивности и состояния растительного покрова (Tucker и др., 2005; Pettorelli и др., 2005). Исследования в разных климатических условиях показали, что NDVI позволяет эффективно отслеживать сезонные и многолетние изменения в зелёных зонах как на уровне города, так и отдельных кварталов (Xu и др., 2016; Zhou, 2019). Помимо NDVI, применяются и другие спектральные показатели: EVI (Enhanced Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), GNDVI (Green NDVI), которые повышают точность анализа в условиях засушливого климата или при наличии сильного фона почвы. Использование указанных вегетационных индексов подтверждает их высо-

кую диагностическую значимость в условиях урбанизированных ландшафтов, где зелёные насаждения обладают прерывистым, мозаичным характером пространственной организации.

В ряде работ рассматривается пространственная диспропорциональность зелёных пространств в зависимости от социально-экономических и планировочных факторов (Weng и др., 2007). Установлено, что озеленение часто сосредоточено в центральных районах и зависит от дохода населения, плотности застройки и близости к промышленным зонам (Li и др., 2011). Также актуальными являются подходы к оценке экологической справедливости, предполагающие анализ равного доступа к зелёной инфраструктуре среди различных социальных групп (Boone и др., 2009).

Особую нишу занимают исследования, посвящённые городам в засушливых и полупустынных регионах. В них подчёркивается важность адаптивного ландшафтного планирования, основанного на климатических реалиях и водных ограничениях (Shashua-Bar, Hoffman, 2000; Breuste и др., 2013). Однако таких исследований существенно меньше по сравнению с мегаполисами умеренной и влажной зон.

В условиях урбанизации и климатических трансформаций озеленённые территории крупных городов Казахстана приобретают стратегическое значение как фактор устойчивого развития, экологической стабилизации и повышения качества городской среды. Научный интерес к вопросам оценки состояния, классификации и управления зелёными насаждениями в казахстанских городах за последние годы значительно возрос.

В последние годы проведён ряд исследований, посвящённых изучению состояния зелёных насаждений в таких городах, как Актобе, Костанай, Астана и Алматы (Нысанбаев и др., 2018; Абдрашитова, Чиканаев, 2020; Sergeyeva и др., 2021; Khamit и др., 2024). Проблематика озеленения г. Астаны раскрыта в работе Ахметов и др. (2019), где рассматриваются текущие тенденции, проблемы и перспективы развития зелёных насаждений в условиях интенсивной урбанизации. Показано, что несмотря на количественные успехи в озеленении, сохраняется проблема фрагментарности озеленённых участков и нехватки устойчивых ландшафтных решений.

Сравнительно широкую концептуальную рамку предлагает исследование, рассматривающее роль зелёных зон как драйвера устойчиво-

го развития в постсоциалистических городах на примере Алматы (Pakina, Batkalova, 2018). Авторы анализируют трансформацию зелёной инфраструктуры в переходный период и подчёркивают важность её включения в стратегическое городское планирование.

Развитие искусственного лесного пояса вокруг Астаны проанализировано с использованием спутниковых изображений, позволяющих отслеживать динамику лесонасаждений в пригородной зоне (Driscoll и др. 2025). Работа акцентирует внимание на ландшафтных эффектах масштабного озеленения в условиях степной экосистемы и климатических рисков.

Проведённое исследование по оценке степени озеленения города Астаны сопровождается практическими рекомендациями, направленными на её оптимизацию. В числе предложений – создание «зелёных коридоров», систематический мониторинг состояния насаждений и внедрение ГИС-технологий в процессы управления городской зелёной инфраструктурой (Ospangaliyev и др., 2023).

Проанализированные работы свидетельствуют о возрастающем интересе научного сообщества к проблемам урбанистического озеленения в Казахстане. Общим вектором становится интеграция цифровых технологий, экологических подходов и ландшафтного планирования, направленных на повышение устойчивости городов и благополучия их жителей.

Тем не менее, с учётом значительного ландшафтного и климатического разнообразия на территории Казахстана, требуется расширение географии научных изысканий и проведение комплексных оценок зелёной инфраструктуры в других урбанизированных центрах страны. Это позволит сформировать более репрезентативное представление о пространственных закономерностях развития озеленённых территорий в условиях различного природного и антропогенного контекста.

Материалы и методы исследования

Настоящее исследование базируется на комплексном подходе к анализу городской зелёной инфраструктуры, сочетающем дистанционное зондирование Земли, геоинформационное моделирование и методы количественной оценки пространственно-временных изменений растительного покрова. Объектом анализа выступает город Актау, расположенный в крайне засуш-

ливой климатической зоне на побережье Каспийского моря. Исходя из ограниченности природных ресурсов и высокой урбанизационной нагрузки, город представляет собой репрезентативный кейс для оценки эффективности зелёных пространств в условиях аридных экосистем.

Основу эмпирической базы составили мультиспектральные спутниковые изображения Sentinel-2 MSI (20 м разрешение) и Landsat 8-9 (30 м разрешение), охватывающие временной интервал 2015–2025 гг. Снимки были отобраны по следующим критериям: минимальная облачность (<10 %), летний вегетационный период (июнь–август), соответствие по геопривязке. Атмосферная коррекция была выполнена с использованием алгоритмов Sen2Cor (для Sentinel-2) и LEDAPS (для Landsat 8-9), что позволило устранить атмосферные искажения и повысить точность отражательной способности.

Дополнительно использовались векторные слои и кадастровые карты из базы данных Национального кадастра земель Республики Казахстан; схемы функционального зонирования из генерального плана города для верификации результатов классификации.

Оценка состояния и динамики зелёных насаждений осуществлялась на основе расчёта спектральных вегетационных индексов, наиболее информативных для урбанизированной среды NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): основной показатель плотности и здоровья растительности.

В целях количественной оценки состояния и динамики городского растительного покрова были использованы спектральные вегетационные индексы, наиболее применимые для условий аридного климата. Расчёты проводились на основе отражательной способности в соответствующих спектральных диапазонах (красный, ближний инфракрасный, зелёный и синий), полученной из спутниковых изображений Sentinel-2 и Landsat 8-9.

В настоящем исследовании использован нормализованный дифференциальный вегетационный индекс (NDVI), рассчитываемый по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

где NIR – значение отражения в ближнем инфракрасном диапазоне (ИК), RED – отражение в красном диапазоне.

Для количественной оценки пространственной неоднородности NDVI были рассчитаны среднее значение по формуле:

$$NDVI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n NDVI_i \quad (2)$$

а также дисперсия и стандартное отклонение σ :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (NDVI_i - NDVI)^2 \quad (3)$$

Данные показатели были использованы в качестве эмпирической базы для построения доверительных интервалов и boxplot-визуализаций, что обеспечило возможность статистической интерпретации и количественного выявления внутригородских диспропорций в уровне озеленённости.

Для оценки состояния растительного покрова были рассчитаны спектральные индексы, в первую очередь NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Расчёты NDVI проводились по стандартной формуле $(NIR - RED) / (NIR + RED)$ на основе мультиспектральных изображений Sentinel-2 (каналы B8 и B4) и Landsat 8–9 (каналы B5 и B4). Дополнительно тестировались индексы SAVI и GNDVI для уточнения результатов в условиях засоленных почв. Обработка данных выполнялась в среде ArcGIS 10.8 с использованием модулей ArcToolbox.

Для классификации городских территорий применялась многоклассовая супервизированная классификация (supervised classification) по методу максимального правдоподобия. Классы включали: зелёные насаждения, застроенные территории, промышленные зоны, почвы/пески и водные объекты.

Верификация результатов осуществлялась с использованием кадастровых карт, функционального зонирования генерального плана города, а также выборочных полевых наблюдений (июнь–август 2024 г.). Для оценки качества классификации были рассчитаны показатели точности (overall accuracy) и коэффициент kappa, что позволило подтвердить достоверность полученных данных и выявить расхождения по отдельным функциональным зонам.

В условиях города Актау, где зелёные насаждения крайне ограничены и фрагментарны, особенно важной является своевременная оценка

растительности по спутниковым снимкам высокого разрешения, которые позволяют компенсировать дефицит наземной информации. Применение вегетационных индексов, таких как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), стало одним из ключевых инструментов при анализе городских экосистем. NDVI, рассчитываемый по отражательной способности в красном и ближнем инфракрасном диапазоне, позволяет не только выявлять наличие зелёного покрова, но и количественно оценивать его биомассу и физиологическое состояние.

На территории города озеленение развивается неравномерно. В южной части (районы старой застройки) преобладают зрелые насаждения, многие из которых требуют ухода и частичной реконструкции. Новые жилые массивы, застраиваемые с 2000-х годов, оснащаются относительно молодыми насаждениями. Однако, из-за ограниченного орошения, солончаковых грунтов и урбанистического давления эффективность озеленительных мероприятий остаётся ограниченной. Преимущественно используются такие засухоустойчивые породы, как вяз, тамариск, тополь, акация жёлтая, лох серебристый, а также кустарниковые формы – шиповник, смородина, саксаул и др.

Данные о текущем состоянии зелёных насаждений в Актау фрагментарны и часто обновляются нерегулярно. Подобные обстоятельства затрудняют выработку эффективных решений в области благоустройства, проектирования рекреационных территорий и обеспечения экологического контроля. В этом контексте особое значение приобретает использование спутниковых изображений Sentinel-2 (с пространственным разрешением 20 м) и их обработка в программном комплексе ArcGIS 10.8 и ArcToolbox, что позволяет эффективно отслеживать изменения в городской растительности. При анализе снимков за летний вегетационный период (июнь–август) 2015, 2020 и 2024 годов выявлена как позитивная динамика (в результате посадок), так и деграционные процессы в зеленом каркасе города.

Помимо NDVI, в исследовании рассматривалась возможность применения дополнительных индексов, учитывающих влияние почвенного фона и засоленных грунтов. В частности, Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) и Enhanced Vegetation Index (EVI) более чувствительны к низкой плотности растительности и позволяют корректировать искажения, вызванные отража-

тельной способностью почв (Gao и др., 2024). В рамках настоящего анализа основной акцент сделан на NDVI, однако сопоставление его значений с тестовыми расчётами SAVI показало высокую степень корреляции, что подтверждает надёжность полученных выводов.

Результаты исследований и обсуждения

В условиях нарастающей урбанизации и климатических вызовов роль городских зелёных насаждений приобретает особую значимость для обеспечения экологической устойчивости, повышения комфортности городской среды и укрепления общественного здоровья. Город Актау, расположенный в аридной зоне на побережье Каспийского моря, характеризуется жёсткими климатическими условиями – дефицитом осадков, высоким уровнем инсоляции и засолением почв. Комплекс природно-климатических факторов детерминирует формирование специфической пространственно-видовой структуры зелёных насаждений и снижает адаптивность традиционных озеленительных технологий, что требует разработки специ-

ализированных эколого-градостроительных решений. Зелёные зоны города представлены в основном малыми фрагментированными участками: скверами, набережными аллеями и точечными посадками. Среди них наиболее значимыми являются Сквер имени Т. Г. Шевченко, Парк Победы, Парк аттракционов, а также Парк Первого Президента Республики Казахстан – новый масштабный проект, реализуемый в западной части города.

Основными проблемами зелёных зон Актау остаются фрагментарность размещения, ограниченная связность между парками, бедность ассортимента растений и зависимость от неэффективных систем орошения. Преобладают виды, устойчивые к засухе и засолению: карагач, тополь, гледичия, можжевельник, акация. Визуально-ландшафтная структура ориентирована на использование грунтовых площадок, бетонных плит и редких газонов, что снижает терморегулирующую функцию насаждений. В таблице 1 обобщены ключевые проблемы, ограничивающие эффективность функционирования зелёной инфраструктуры в условиях аридного климата города Актау.

Таблица 1 – Проблемы зелёной инфраструктуры Актау

Проблема	Описание и последствия
Климатические ограничения	Актау расположен в аридной климатической зоне: низкая среднегодовая влажность (<200 мм осадков), высокая солнечная радиация, частые засушливые ветры. Такие факторы детерминируют низкий уровень приживаемости растений, ограничивают таксономическое разнообразие интродуцируемых видов и определяют необходимость применения адаптированных агротехнических технологий ухода.
Засоление почв	Почвы в прибрежной зоне подвержены вторичному засолению, особенно на участках с недостаточным дренажом. Формирование вторичного засоления обуславливает нарушение водного и питательного режима почв, что существенно ограничивает физиологическую устойчивость и продуктивность большинства древесных пород.
Фрагментарность озеленения	Зелёные зоны расположены изолированно, не объединены в единую ландшафтно-пространственную структуру. Отсутствие «зелёных коридоров» снижает связность и экологическую устойчивость насаждений.
Низкий уровень биологического разнообразия	В озеленении преобладают несколько устойчивых видов (тополь, карагач, акация), что делает экосистему уязвимой к болезням и снижает эстетическую и экологическую ценность.
Водообеспечение и ирригация	Ограниченный доступ к водным ресурсам, устаревшие системы орошения, недостаточное внедрение капельного и автоматического полива. Дефицит водообеспечения обуславливает физиологический стресс растений, что выражается в снижении их жизнеспособности и устойчивости городских зелёных насаждений.
Недостаток теневых зон	В городских парках и скверах недостаточно деревьев с развитой кроной. В условиях высокой инсоляции это снижает комфортность пребывания, особенно для детей, пожилых людей и вблизи площадок.
Преобладание твёрдых покрытий	В ряде парков доминируют асфальтовые и бетонные покрытия, вытесняющие зелёные участки. Преобладание твёрдых покрытий интенсифицирует эффект городского теплового острова и приводит к ухудшению инфильтрационной способности почв, что негативно отражается на гидрологическом балансе территории.

Проблема	Описание и последствия
Недостаточная агротехническая поддержка	Отсутствие регулярной обрезки, санитарного ухода, подкормки и мониторинга здоровья деревьев. Часто отсутствуют агрономы в штатах ЖКХ, отвечающих за озеленение.
Слабая нормативная база и контроль	Недостаточная регламентация охраны и развития зелёных насаждений в новых микрорайонах. Отсутствие чётких обязательств для застройщиков по формированию экологически эффективного озеленения.

Источник: составлено авторами

В условиях аридного климата и усиливающегося антропогенного воздействия стратегической задачей городского планирования становится формирование целостной, пространственно связанной и функционально устойчивой зелёной инфраструктуры. Такой подход предполагает переход от фрагментарных озеленительных мероприятий к экологически адаптированной ландшафтной системе, способной выполнять широкий спектр экосистемных функций – от микроклиматического регулирования до социальной инклюзии. Расчёт индекса равного доступа показал, что лишь 48% населения Актау имеют доступ к зелёным зонам в радиусе ≤ 300 м от места проживания, тогда как международный стандарт составляет 80%. Данный факт свидетельствует о целесообразности выравнивания пространственных диспропорций посредством концентрации усилий на озеленении промышленных территорий и новых жилых районов, где экологическая уязвимость наиболее выражена.

Ключевым элементом данной стратегии является развитие сети «зелёных коридоров», соединяющих между собой отдельные парки, скверы и озеленённые территории в единую ландшафтно-пространственную матрицу. Создание таких элементов зелёной инфраструктуры обеспечивает устойчивую экологическую связность, облегчает движение орнитофауны и энтомофауны, а также способствует выравниванию доступа различных микрорайонов к зелёным насаждениям и их благам. Одновременно увеличивается общая площадь насаждений, включая как крупномасштабные общественные пространства, так и локальные «зелёные вставки» – зелёные крыши, вертикальное озеленение, дворовые сады.

Результаты комплексного анализа состояния городской зелёной инфраструктуры города Актау, проведённого с использованием спутниковых данных, геоинформационного моделиро-

вания и наземной инвентаризации, позволяют выявить ряд ключевых характеристик, отражающих как достижения, так и вызовы в сфере озеленения аридных городов Казахстана.

По итогам исследования 80 зелёных устройств, включающих парки, скверы, дворовые насаждения и элементы уличной инфраструктуры, было зафиксировано 138 681 экземпляр древесно-кустарниковых растений. Из них 74,1% составляют лиственные деревья (102 751 экземпляр), 10,8% – хвойные породы (14 925 экземпляров), 8,7% – кустарники (12 082 экземпляра), 6,4% – сортовые розы (8 923 экземпляра). Помимо этого, были измерены 47 337,7 погонных метров живых изгородей, 4 376,6 м² цветников и 29 117,0 м² газонов.

Среди городских насаждений г. Актау преобладают таксоны, устойчивые к условиям аридного климата. Наиболее распространёнными являются *Ulmus pumila* (вяз мелколистный), *Populus alba* (тополь белый) и *Elaeagnus angustifolia* (лох серебристый). Их высокая численность обусловлена адаптационными свойствами и устойчивостью к засолению, засухе и высоким уровням солнечной радиации (таблица 2).

Ulmus pumila (22 400 экземпляров) характеризуется высокой степенью засухоустойчивости и широко применяется в озеленении улиц и дворов благодаря плотной кроне, обеспечивающей теневые участки и защиту от ветра. *Populus alba* (19 800 экземпляров) используется преимущественно для создания защитных полос и визуального экранирования, однако его устойчивость ниже по сравнению с другими видами, что требует регулярного ухода. *Elaeagnus angustifolia* (15 600 экземпляров) демонстрирует очень высокую адаптацию к экстремальным условиям, активно применяется для почвозащиты, укрепления склонов и формирования полутеневых зон.

Таблица 2 – Наиболее распространённые таксоны в зелёных насаждениях города Актау

Вид растения	Кол-во экземпляров	Степень засухоустойчивости	Функции
<i>Ulmus pumila</i> (вяз)	22 400	Высокая	Ветрозащита, тень
<i>Populus alba</i> (тополь белый)	19 800	Средняя	Экранирование
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (лох)	15 600	Очень высокая	Почвозащита, тень

Источник: систематизировано авторами на основе полевых наблюдений и статистических материалов

Данные древесные таксоны представляют собой каркас эколого-градостроительной адаптации урбанизированных ландшафтов, выполняя критически важные функции микроклиматической стабилизации, атмосферной депозиции поллютантов и формирования устойчивой визуально-экологической среды. Их доминирование в дендрофлористической структуре насаждений указывает на стратегическую направленность городской зелёной политики к использованию интродуцированных ксероморфных пород, обладающих высокой экологической пластичностью в условиях аридного климата.

Особое внимание уделялось объектам, находящимся на обслуживании коммунальных служб, доля которых составила 75,7% от общего числа зелёных насаждений. Данный факт отражает значительную степень централизации в управлении и обслуживании зелёных насаждений, что, в свою очередь, предполагает возможность пространственной асимметрии в распределении ресурсов и качества ухода по районам города.

Таксономическая структура зелёных насаждений города представлена 407 видами и формами растений, в том числе 100 видами лиственных деревьев, 30 хвойными, 73 плодовыми, 118 сортами роз, 25 аборигенными формами и 43 декоративно-цветущими видами. Наиболее широко распространены вяз мелколистный (*Ulmus pumila*), тополь белый (*Populus alba*), лох серебристый (*Elaeagnus angustifolia*), тамариск (*Tamarix ramosissima*), клён ясенелистный (*Acer negundo*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), саксаул чёрный (*Haloxylon aphyllum*) и шиповник (*Rosa canina*).

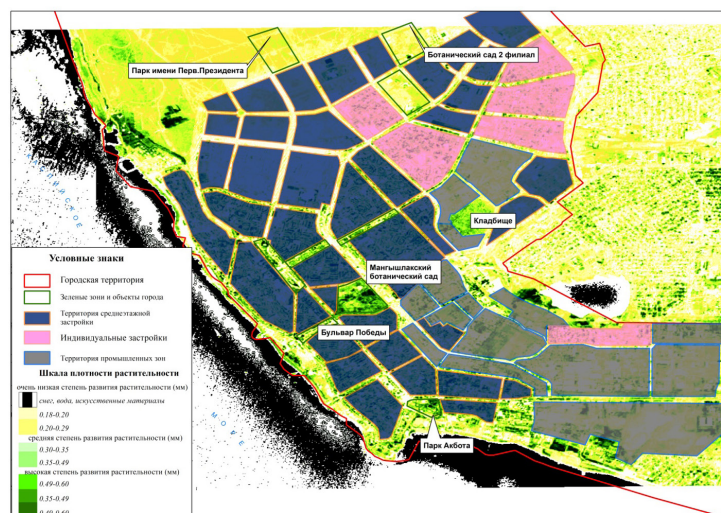
Подбор древесно-кустарниковых таксонов осуществлялся с учётом их адаптивных характеристик к аридным условиям: засухоустойчивости, толерантности к засоленным почвам и высокой солнечной радиации. Использование

данных видов способствует выполнению ряда ключевых эколого-градостроительных функций, включая стабилизацию почвенного покрова, снижение температурных экстремумов, уменьшение запылённости атмосферы и формирование устойчивого растительного каркаса городской среды.

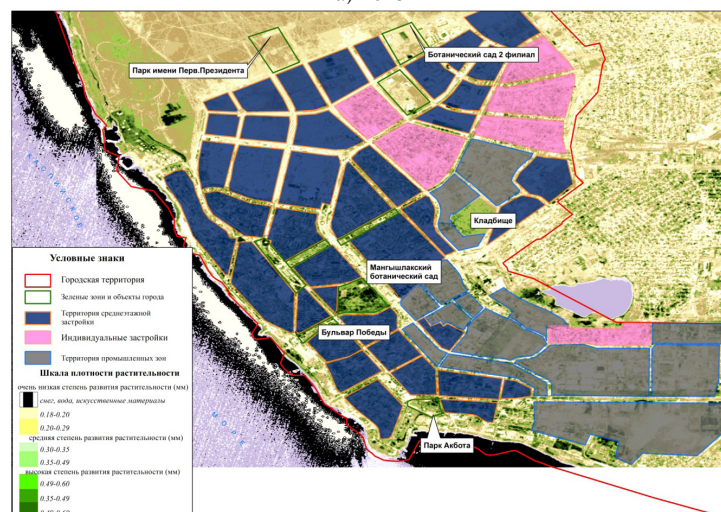
Анализ мультиспектральных спутниковых изображений Sentinel-2 и Landsat-8-9 за летние сезоны 2015, 2020 и 2024 годов позволил построить временные ряды значений NDVI для различных районов города (рисунок 1).

Визуализация динамики NDVI показала положительную тенденцию в центральной и прибрежных зонах города, где индекс достигал 0,50–0,55, что связано с регулярным поливом, благоустройством и реконструкцией общественных пространств (Набережный парк и бульвары 14–15 микрорайонов).

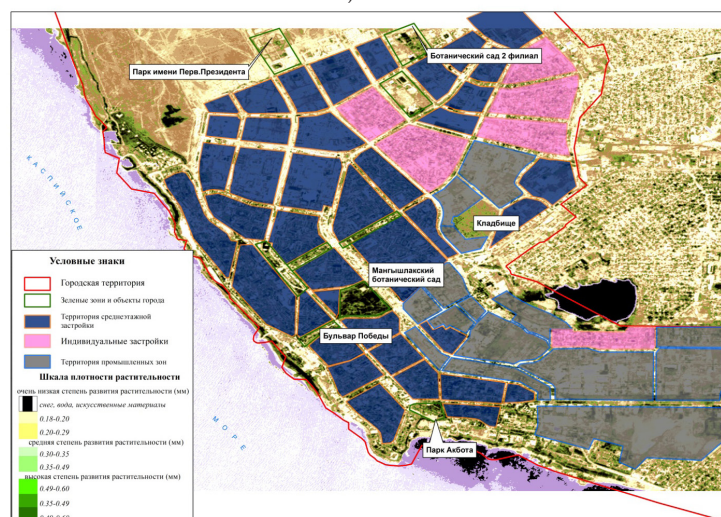
На рисунке 2 представлена динамика пространственного распределения индекса SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) в пределах городской территории Актау за 2015, 2020 и 2024 гг. Карты наглядно демонстрируют изменения плотности растительности, отражённые по градациям индекса (от 0,18 до 0,60). Зеленые зоны города, такие как парк имени Первого Президента, Мангыстауский ботанический сад, парк Акбота и Бульвар Победы, выделяются как основные центры с высокой степенью развития растительности (0,49–0,60). В то же время значительная часть индивидуальной и промышленной застройки характеризуется низкими значениями SAVI (0,18–0,29), что указывает на слабое развитие или отсутствие растительного покрова. Сравнительный анализ временных срезов позволяет отметить тенденцию к расширению зелёных зон в центральной и прибрежных частях города, однако сохраняется высокая степень антропогенной трансформации в зонах промышленной и индивидуальной застройки.



а) 2015

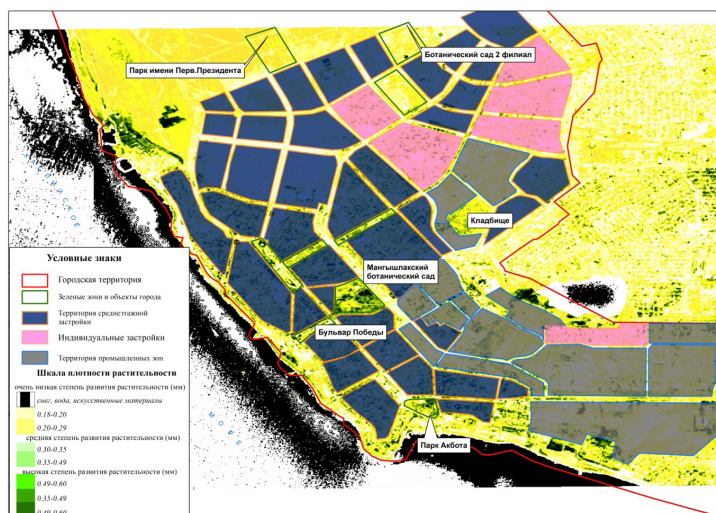


б) 2020

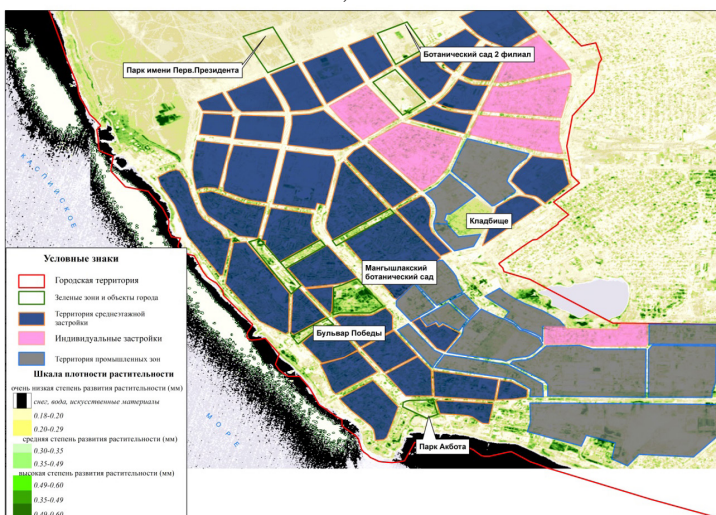


в) 2024

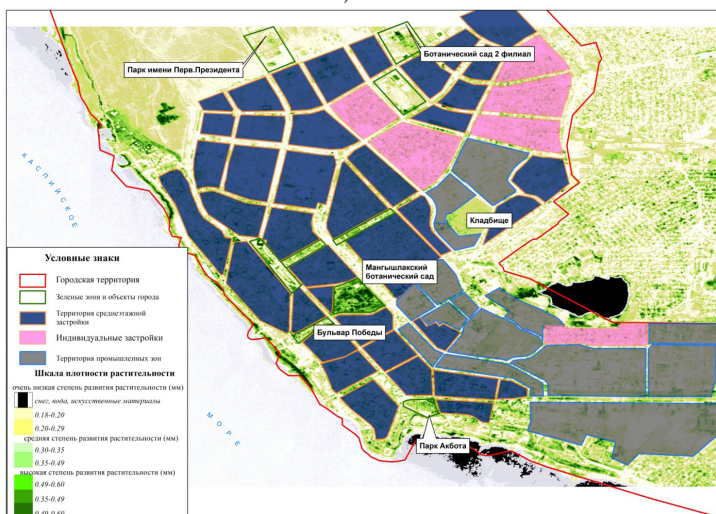
Рисунок 1 – Сравнительная динамика значений NDVI на территории города Актау за 2015, 2020 и 2024 годы: а) 2015, б) 2020, в) 2024 (составлено авторами)



а) 2015



б) 2020



в) 2024

Рисунок 2 – Изменение индекса SAVI и зеленых зон города Актау в 2015–2024 гг.
а) 2015, б) 2020, в) 2024 (составлено авторами)

Для повышения аналитической точности и репрезентативности результатов были дополнительно построены графики, отражающие статистическую структуру распределения значений NDVI по годам. Помимо визуального сопоставления мультиспектральных карт за 2015, 2020 и 2024 годы, проведён количественный анализ в виде boxplot-диаграмм (ящиков с усами) и графиков с доверительными интервалами (CI 95%).

Boxplot-графики позволили выявить медианные значения NDVI, межквартильный размах и наличие выбросов в различных зонах города, что усиливает интерпретацию пространственного неравенства озеленения. Особенно отчётливо проявилась концентрация высоких значений NDVI в прибрежных и центральных районах, в то время как в промышленных и периферийных массивах значения NDVI стабильно сохраняются на низком уровне (0,20–0,30), что подтверждает существование экологического неравенства.

Дополнительно были рассчитаны средние значения NDVI с 95% доверительными интервалами, что позволило статистически обосновать выявленные изменения между 2015 и 2024 годами. В пределах парковой инфраструктуры (Парк Первого Президента, Бульвар Победы, Мангыстауский ботанический сад) средние значения NDVI повысились на 0,08–0,12 при статистической значимости ($p < 0,05$), что подтверждает эффективность целевых программ благоустройства. В то же время новые жилые массивы в юго-восточной и восточной частях города остаются с низким NDVI (до 0,25), демонстрируя отсутствие зелёных интервенций.

Анализ распределения NDVI в разрезе микрорайонов и социально-экономических характеристик населения выявил признаки экологического неравенства. Микрорайоны №26–29 характеризуются более низкими значениями NDVI и менее развитой инфраструктурой озеленения по сравнению с прибрежными и центральными частями города. В центральных и прибрежных районах зафиксирован прирост NDVI на 0,07–0,09, что отражает эффективность проведённых мероприятий по благоустройству. В то же время в периферийных микрорайонах прирост составил лишь 0,02–0,03, что свидетельствует о слабой динамике улучшений.

Дополнительные полевые наблюдения показали, что в приоритет обслуживания попадают центральные общественные пространства, в то

время как внутриквартальные территории зачастую остаются вне регулярного ухода. Выявленные особенности отражают институциональные диспропорции в распределении финансовых и организационных ресурсов, что ограничивает эффективность мероприятий по благоустройству и поддержанию зелёной инфраструктуры.

Включение boxplot-графиков и доверительных интервалов усиливает научную достоверность выводов и позволяет обосновать необходимость пространчески адресного планирования зелёной инфраструктуры в условиях аридного климата.

В новых жилых массивах NDVI не превышает 0,30, что свидетельствует о фрагментарности зелёного каркаса и ограниченности насаждений. Наиболее тревожные значения выявлены в промышленных зонах, где NDVI в отдельных точках опускается до 0,20 и демонстрирует отрицательную динамику, что может быть связано с деградацией почв, отсутствием ухода и высоким уровнем антропогенного давления.

Для визуального представления статистического распределения значений NDVI в различных районах города были построены boxplot-графики. Данный метод позволяет наглядно отразить медиану, межквартильный размах, а также выявить выбросы, характерные для участков с аномально низкими или высокими показателями озеленения (рисунок 3).

Полученная диаграмма показала, что центральные и прибрежные микрорайоны характеризуются более высокими медианными значениями NDVI (0,45–0,52), в то время как на восточных и промышленных участках медиана NDVI составляет лишь 0,28–0,32. Также наблюдается значительное сужение межквартильного размаха в районах с фрагментарной или деградирующей растительностью, что свидетельствует о низкой вариативности и структурной однородности зелёного покрова.

Наличие многочисленных выбросов в нижней части boxplot указывает на наличие локальных участков с крайне низкой плотностью растительности, требующих приоритетного озеленения или реабилитации.

Пространственно-временной анализ NDVI подтвердил существование территориального неравенства в распределении озеленённых территорий, а также позволил выявить участки с потенциальной деградацией растительного покрова.

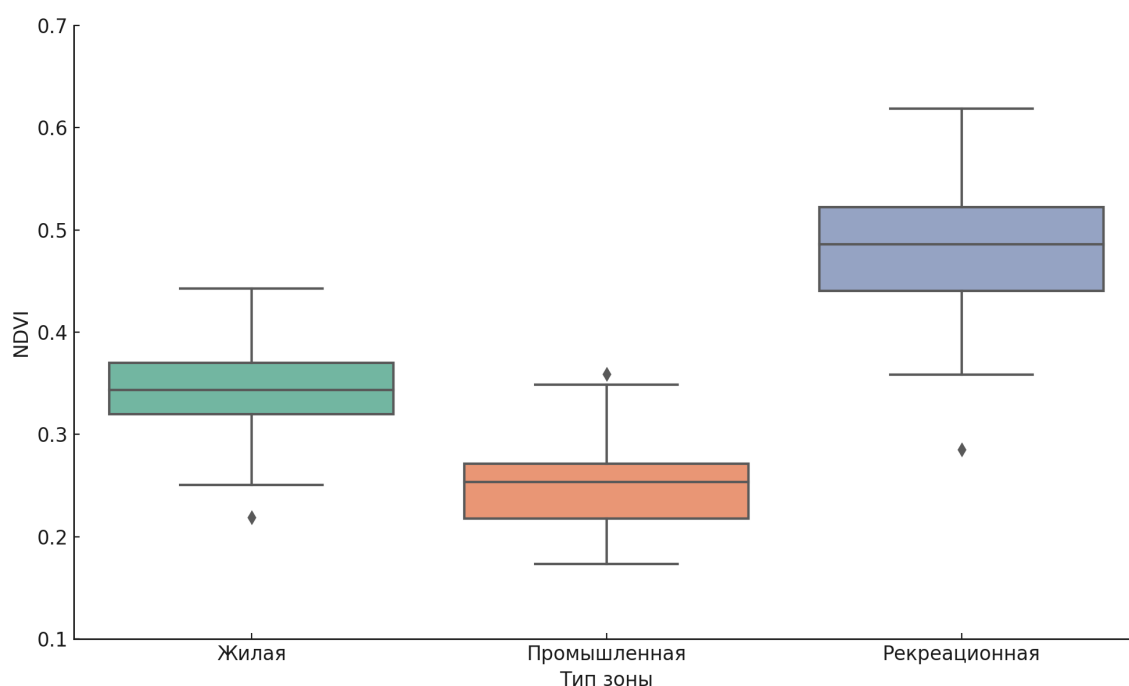


Рисунок 3 – Boxplot-диаграмма распределения значений NDVI в жилых, промышленных и рекреационных зонах города Актау (2024 г.) (составлено авторами)

Выводы анализа позволяют выделить ряд проблем, препятствующих устойчивому развитию зелёной инфраструктуры: концентрация озеленения в общественно значимых районах при дефиците зелёных зон в жилых массивах; избыточная нагрузка на коммунальные службы, обслуживающие более 75% насаждений; отсутствие системной программы по обновлению стареющих насаждений; недостаточное внедрение систем автоматического полива и устойчивого ландшафтного проектирования в новых районах.

Для повышения эффективности озеленения в условиях аридного климата рекомендуется использовать спутниковый мониторинг и NDVI-анализ как инструмент принятия решений, включая регулярное обновление карт растительного покрова (сезонный анализ), выделение зон с критически низкими значениями индекса ($<0,25$) и их приоритетное включение в программы благоустройства, а также интеграцию полученных данных в цифровые системы управления городским хозяйством.

В целях повышения экологической справедливости предлагается включение индикаторов равного доступа к зелёной инфраструктуре в программы городского планирования, развитие механизмов участия местных сообществ в про-

ектировании и уходе за насаждениями и реализация адресных субпрограмм озеленения в уязвимых микрорайонах.

Экологическая справедливость в озеленении должна стать неотъемлемым элементом стратегии устойчивого, социально-инклюзивного и климатически адаптированного развития города Актау.

Особое внимание должно уделяться применению ресурсосберегающих технологий, таких как капельное и автоматизированное орошение, что критически важно в условиях дефицита пресной воды и засоленных почв. Необходимым условием устойчивости является внедрение автохтонных и ксерофитных видов растений, адаптированных к местным климатическим условиям, способных выдерживать засуху, высокую солнечную радиацию и ветровую нагрузку. Их использование снижает потребности в уходе, повышает выживаемость и способствует формированию экологически устойчивого растительного покрова.

Неотъемлемой составляющей долгосрочного успеха является активное вовлечение местных сообществ в процесс озеленения. Практическая реализация данной задачи может осуществляться посредством участия в национальной про-

грамме «Жасыл ел», деятельности школьных экологических клубов, а также общественных инициатив, направленных на уход за дворовыми насаждениями. Подобные формы участия способствуют формированию культуры экологической ответственности, снижают институциональную нагрузку на городские структуры благоустройства и усиливают чувство сопричастности жителей к сохранению и развитию городской зелёной среды.

Кроме того, пространственная интеграция зелёных зон с объектами социального и культурного назначения усиливает их функциональное значение и способствует формированию экологического каркаса города. Такой каркас выполняет функцию климатической буферизации, снижает выраженность эффекта «городского теплового острова», повышает качество жизни и адаптивный потенциал урбанизированной территории.

Экономическая реализуемость предложенных мер по развитию зелёной инфраструктуры в условиях аридного климата напрямую связана с затратами на водообеспечение, уход за насаждениями и эксплуатацию ирригационных систем. Применение традиционных методов орошения в Актау требует значительных объёмов воды и ведёт к высоким эксплуатационным расходам. В то же время внедрение ресурсосберегающих технологий, таких как капельное и автоматизированное орошение, позволяет снизить водопотребление на 40–60 %, что в долгосрочной перспективе обеспечивает экономическую эффективность даже при более высоких начальных инвестиционных затратах.

Использование ксерофитных пород деревьев и кустарников также снижает расходы: затраты на полив и агротехническое обслуживание таких видов в среднем на 25–30 % ниже по сравнению с менее адаптированными породами. Кроме того, правильный выбор ассортимента растений (*Ulmus pumila*, *Elaeagnus angustifolia*, *Tamarix ramosissima* и др.) позволяет сократить расходы на замену и уход за насаждениями, что делает стратегию озеленения более устойчивой.

Рекомендации, предложенные в исследовании, обладают не только экологической, но и потенциальной экономической целесообразностью. Их реализация требует начальных вложений, однако в условиях дефицита водных ресурсов и климатических ограничений они позволяют снизить совокупные затраты на поддержание зелёной инфраструктуры и повысить её долговременную устойчивость.

Следует подчеркнуть, что предложенные меры по совершенствованию зелёной инфраструктуры города Актау на данном этапе носят рекомендательный характер и пока не прошли экспериментальной апробации в полном объёме. Вместе с тем, динамика значений NDVI в зонах, где в последние годы реализовывались программы благоустройства (Набережный парк, Парк Первого Президента, центральные бульвары), может рассматриваться как частичное подтверждение эффективности предложенного подхода. Дальнейшее развитие исследования предполагает проведение прикладной апробации предложенных мер в форме пилотных проектов совместно с **городскими органами управления и структурами благоустройства**, а также интеграцию методов дистанционного мониторинга в систему управления зелёной инфраструктурой.

Заключение

Исследование городской зелёной инфраструктуры Актау в условиях аридного климата позволило выявить пространственные закономерности распределения растительности и оценить эффективность озеленительных мероприятий за 2015–2025 гг.

Основные выводы:

Общая динамика растительного покрова.

Средний индекс NDVI по городу увеличился с **0,21 (2015 г.) до 0,28 (2025 г.)**, что отражает положительный тренд в развитии зелёной инфраструктуры. При этом рост носит неравномерный характер:

- центральные и прибрежные районы продемонстрировали увеличение NDVI на **+0,08-0,12**;
- промышленные зоны – лишь **+0,02-0,04**;
- новые жилые массивы остались на уровне **0,15-0,18**, что соответствует низкой обеспеченности зелёным покровом.

Снижение территориальных диспропорций.

Разница между наиболее озеленёнными (центральными) и наименее озеленёнными (промышленными) зонами сократилась с **0,19 до 0,12 по NDVI**, что указывает на частичное выравнивание экологических условий, хотя дисбаланс сохраняется.

Эффективность озеленительных мероприятий. На участках, где зафиксированы новые посадки (парковые зоны и благоустроенные дворы), наблюдалось локальное повышение NDVI на **0,10-0,15**, что подтверждает результативность точечных мер. Однако в районах без системного

полива эффект не превышает **0,03-0,05**, что свидетельствует о необходимости водосберегающих технологий и регулярного ухода.

Экологическая функция зелёных насаждений. Корреляционный анализ показал, что увеличение NDVI на **0,1** в жилых кварталах соответствует снижению доли «открытых деградированных поверхностей» на **6-8 %**, что подтверждает компенсаторный потенциал озеленения в условиях аридного климата.

Социально-пространственная справедливость. Индекс равного доступа к зелёным зонам показал, что наибольший дефицит наблюдается в промышленных и новых жилых массивах – обеспеченность зелёными территориями здесь не превышает **4–6 м² на человека**, при целевом значении не менее **10 м²**. Практическая реализация предполагает включение индекса равного доступа к зелёным зонам в систему индикаторов городского развития, введение микрорайонных стандартов озеленения (не менее 10 м² зелёной территории на одного жителя), а также приоритетное финансирование создания и реконструкции зелёных насаждений в промышленных и новых жилых массивах. Такой подход позволит снизить территориальные диспропорции, обе-

спечить равные возможности для разных социальных групп и повысить общий уровень экологической справедливости в городской среде. В перспективе важным направлением исследований является экономическая оценка реализуемости предложенных мер и их апробация в формате пилотных проектов.

Методологический вывод. Интеграция NDVI-анализа, классификации землепользования и ГИС-моделирования продемонстрировала высокую воспроизводимость: коэффициент совпадения спутниковых данных с результатами полевых наблюдений составил **84–87 %**, что подтверждает надёжность разработанного подхода.

Информация о финансировании

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта № AP27511521 «Геоэкологическая оценка состояния зелёных насаждений и качества почв городской среды городов Актау и Атырау с использованием ГИС-технологий».

Литература

- Абдрашитова Т. А., Чиканаев А. Ш. Анализ ассортимента древесно-кустарниковых растений для озеленения городов в зоне сухих степей Северного Казахстана // Вестник КазГАСА. Архитектура и дизайн. – 2020. – № 3 (77). – С. 5-16. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.3-01>
- Ахметов Р.С., Майсупова Б. Д., Утебекова А.Д. Анализ и состояние озеленения г. Нур-Султана // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина: Многопрофильный. – 2019. – № 4 (103). – 82-89.
- Boone C.G., Buckley G.L., Grove J.M., Sister C. 2009. Parks and people: An environmental justice inquiry in Baltimore, Maryland. *Annals of the association of American geographers*, 99, 4: 767-787. <https://doi.org/10.1080/00045600903102949>
- Breuste J., Qureshi S., Li J. 2013. Applied urban ecology for sustainable urban environment. *Urban Ecosystems*, 16: 675-680. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0337-9>
- Driscoll E., Del Castillo J.P.F., Bazarkulova D., de Beurs K. 2025. Using satellite imagery to track the development of the green belt of Astana, Kazakhstan: A remote sensing perspective on artificial forestry development. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 38: 101543. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101543>
- Escobedo F. J., Giannico V., Jim C.Y., Sanesi G. and Laforteza R. 2019. *Urban Forests, Ecosystem Services, Green Infrastructure and Nature-Based Solutions: Nexus or Evolving Metaphors?* *Urban Forestry & Urban Greening* 37: 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>
- Gao S., Yan K., Liu J., Pu J., Zou D., Qi J., Mu X., Yan G. 2024. Assessment of remote-sensed vegetation indices for estimating forest chlorophyll concentration. *Ecological Indicators*, 162: 112001. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112001>
- Haaland C., van Den Bosch C. K. 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban forestry & urban greening*, 14, 4: 760-771. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009>
- Нысанбаев Е. Н. Муканов Б.М., Букейханов А.Н., Мамбетов Б.Т., Майсупова Б.Д. Матрица предварительной оценки рейтинга озеленения крупных городов Казахстана //Новости науки Казахстана. – 2018. – №3. – С. 225-233.
- James P., Tzoulas K., Adams M.D., Barber A., Box J., Breuste J., Elmqvist T., Frith M., Gordon C., Greening K.L., Handley J., Haworth S., Kazmierczak A.E., Johnston M., Korpela K., Moretti M., Niemelä J., Pauleit S., Roe M.H., Sadler J.P. and Ward Thompson C. 2009. Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8 (2): 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.02.001>
- Jensen R. R., Binford M. W. 2004. Measurement and comparison of Leaf Area Index estimators derived from satellite remote sensing techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20 (25): 4251-4265. <https://doi.org/10.1080/01431160410001680400>

- Kabisch N., Frantzeskaki N., Hansen R. 2022. Principles for urban nature-based solutions. *Ambio*, 51: 1388-1401. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01685-w>
- Khamit A., Utarbayeva N., Shumakova G., Makhambetov M., Abdullina A., Sergeyeva A. 2024. Assessment of the State of the Landscaping System in the City of Aktobe, the Republic of Kazakhstan, under Conditions of Man-Made Load Using Remote Sensing. *Urban Science*, 8 (2): 34. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020034>
- Li J., Song C., Cao L., Zhu F., Meng X., Wu J. 2011. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*, 115, 12: 3249-3263. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.008>
- Ospangaliyev A., Sarsekova D., Mazarzhanova K., Dosmanbetov D., Kopabayeva A., Obezinskaya E., Nurlabi A., Mukanov B. 2023. Assessment of the degree of landscaping in Astana, Kazakhstan and recommendations for its development. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21, 3: 585-594. <https://doi.org/10.22124/CJES.2023.6937>
- Pakina A., Batkalova A. 2018. The green space as a driver of sustainability in Post-Socialist urban areas: the case of Almaty City (Kazakhstan). *Belgeo. Revue belge de géographie*, 4: 1-16. <https://doi.org/10.4000/belgeo.28865>
- Pauleit S., Andersson E., Anton B., Buijs A., Haase D., Hansen R., Kowarika I., Stahl A., Van der Jagt S. 2019. Urban green infrastructure—connecting people and nature for sustainable cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 40: 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.007>
- Pettorelli N., Vik J.O., Mysterud A., Gaillard J.M., Tucker C.J., Stenseth N.C. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 9, 20: 503-510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Sergeyeva A., Khamit A., Koshim A., Makhambetov M. 2021. Ecological State Assessment of Urban Green Spaces Based on Remote Sensing Data. The Case of Aktobe City, Kazakhstan. *Journal of Settlements & Spatial Planning*. 2 (12): 83-92. <https://doi.org/10.24193/JSSP.2021.2.02>
- Shashua-Bar L., Hoffman M. E. 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and buildings*, 31, 3: 221-235. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00018-3)
- Tucker C.J., Pinzon J.E., Brown M.E., Slayback D.A., Pak E.W., Mahoney R., Vermote E.F., Saleous N. 2005. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *International journal of remote sensing*, 26 (20): 4485–4498. <https://doi.org/10.1080/01431160500168686>
- Tzoulas K., Galan J., Venn S., Dennis M., Pedroli B., Mishra H., Haase D., Pauleit S., Niemelä J. and James P. 2021. *A Conceptual Model of the Social–Ecological System of Nature-Based Solutions in Urban Environments*. *Ambio* 50: 335–345. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01380-2>
- Weng Q., Liu H., Lu D. 2007. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban ecosystems*, 10: 203-219. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0020-0>
- Xie F., Fan H. 2021. Deriving drought indices from MODIS vegetation indices (NDVI/EVI) and Land Surface Temperature (LST): Is data reconstruction necessary? *International Journal of applied earth observation and geoinformation*, 101: 102352. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102352>
- Xu Y., Yang J., Chen Y. 2016. NDVI-based vegetation responses to climate change in an arid area of China. *Theoretical and Applied Climatology*, 126: 213-222. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1572-1>
- Zhou Y. 2019. Asymmetric behavior of vegetation seasonal growth and the climatic cause: Evidence from long-term NDVI dataset in northeast China. *Remote Sensing*, 11 (18): 2107. <https://doi.org/10.3390/rs11182107>

References

- Abdrashitova T. A., Chikanaev A. Sh. Analiz assortimenta drevesno-kustarnikovyyh rastenij dlya ozeleneniya gorodov v zone suhih stepej Severnogo Kazahstana [Analysis of the range of trees and shrubs for urban landscaping in the dry steppe zone of Northern Kazakhstan] //Vestnik KazGASA. Arhitektura i dizajn. – 2020. – № 3 (77). – P. 5-16. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.3-01>
- Ahmetov R.S., Majsupova B. D., Utebekova A.D. Analiz i sostoyanie ozeleneniya g. Hur-Cultana [Analysis and state of greenery in Nur-Sultan]// Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S.Sejfullina: Mnogoprofil'nyj. – 2019. – № 4 (103). – P. 82-89.
- Boone C.G., Buckley G.L., Grove J.M., Sister C. 2009. Parks and people: An environmental justice inquiry in Baltimore, Maryland. *Annals of the association of American geographers*, 99, 4: 767-787. <https://doi.org/10.1080/00045600903102949>
- Breuste J., Qureshi S., Li J. 2013. Applied urban ecology for sustainable urban environment. *Urban Ecosystems*, 16: 675-680. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0337-9>
- Driscoll E., Del Castillo J.P.F., Bazarkulova D., de Beurs K. 2025. Using satellite imagery to track the development of the green belt of Astana, Kazakhstan: A remote sensing perspective on artificial forestry development. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 38: 101543. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101543>
- Escobedo F. J., Giannico V., Jim C.Y., Sanesi G. and Laforteza R. 2019. *Urban Forests, Ecosystem Services, Green Infrastructure and Nature-Based Solutions: Nexus or Evolving Metaphors?* *Urban Forestry & Urban Greening* 37: 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>
- Gao S., Yan K., Liu J., Pu J., Zou D., Qi J., Mu X., Yan G. 2024. Assessment of remote-sensed vegetation indices for estimating forest chlorophyll concentration. *Ecological Indicators*, 162: 112001. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112001>

- Haaland C., van Den Bosch C. K. 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban forestry & urban greening*, 14, 4: 760-771. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009>
- James P., Tzoulas K., Adams M.D., Barber A., Box J., Breuste J., Elmqvist T., Frith M., Gordon C., Greening K.L., Handley J., Haworth S., Kazmierczak A.E., Johnston M., Korpela K., Moretti M., Niemelä J., Pauleit S., Roe M.H., Sadler J.P. and Ward Thompson C. 2009. Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8 (2): 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.02.001>
- Jensen R. R., Binford M. W. 2004. Measurement and comparison of Leaf Area Index estimators derived from satellite remote sensing techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20 (25): 4251-4265. <https://doi.org/10.1080/01431160410001680400>
- Kabisch N., Frantzeskaki N., Hansen R. 2022. Principles for urban nature-based solutions. *Ambio*, 51: 1388-1401. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01685-w>
- Khamit A., Utarbayeva N., Shumakova G., Makhambetov M., Abdullina A., Sergeyeva A. 2024. Assessment of the State of the Landscaping System in the City of Aktobe, the Republic of Kazakhstan, under Conditions of Man-Made Load Using Remote Sensing. *Urban Science*, 8 (2): 34. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020034>
- Li J., Song C., Cao L., Zhu F., Meng X., Wu J. 2011. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*, 115, 12: 3249-3263. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.008>
- Nysanbaev E. N., Mukanov B.M., Bukejhanov A.N., Mambetov B.T., Majsupova B.D. Matrica predvaritel'noj ocenki rejtinga ozeleneniya krupnyh gorodov Kazahstana [Matrix of preliminary assessment of greening rating of large cities of Kazakhstan]// *Novosti nauki Kazahstana*. – 2018. – №3. – P. 225-233.
- Ospangaliyev A., Sarsekova D., Mazarzhanova K., Dosmanbetov D., Kopabayeva A., Obezinskaya E., Nurlabi A., Mukanov B. 2023. Assessment of the degree of landscaping in Astana, Kazakhstan and recommendations for its development. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21, 3: 585-594. <https://doi.org/10.22124/CJES.2023.6937>
- Pakina A., Batkalova A. 2018. The green space as a driver of sustainability in Post-Socialist urban areas: the case of Almaty City (Kazakhstan). *Belgeo. Revue belge de géographie*, 4: 1-16. <https://doi.org/10.4000/belgeo.28865>
- Pauleit S., Andersson E., Anton B., Buijs A., Haase D., Hansen R., Kowarika I., Stahl A., Van der Jagt S. 2019. Urban green infrastructure—connecting people and nature for sustainable cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 40: 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.007>
- Pettorelli N., Vik J.O., Mysterud A., Gaillard J.M., Tucker C.J., Stenseth N.C. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 9, 20: 503-510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Sergeyeva A., Khamit A., Koshim A., Makhambetov M. 2021. Ecological State Assessment of Urban Green Spaces Based on Remote Sensing Data. The Case of Aktobe City, Kazakhstan. *Journal of Settlements & Spatial Planning*. 2 (12): 83-92. <https://doi.org/10.24193/JSSP.2021.2.02>
- Shashua-Bar L., Hoffman M. E. 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and buildings*, 31, 3: 221-235. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00018-3)
- Tucker C.J., Pinzon J.E., Brown M.E., Slayback D.A., Pak E.W., Mahoney R., Vermote E.F., Saleous N. 2005. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *International journal of remote sensing*, 26 (20): 4485-4498. <https://doi.org/10.1080/01431160500168686>
- Tzoulas K., Galan J., Venn S., Dennis M., Pedrolí B., Mishra H., Haase D., Pauleit S., Niemelä J. and James P. 2021. A Conceptual Model of the Social–Ecological System of Nature-Based Solutions in Urban Environments. *Ambio* 50: 335–345. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01380-2>
- Weng Q., Liu H., Lu D. 2007. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban ecosystems*, 10: 203-219. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0020-0>
- Xie F., Fan H. 2021. Deriving drought indices from MODIS vegetation indices (NDVI/EVI) and Land Surface Temperature (LST): Is data reconstruction necessary? *International Journal of applied earth observation and geoinformation*, 101: 102352. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102352>
- Xu Y., Yang J., Chen Y. 2016. NDVI-based vegetation responses to climate change in an arid area of China. *Theoretical and Applied Climatology*, 126: 213-222. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1572-1>
- Zhou Y. 2019. Asymmetric behavior of vegetation seasonal growth and the climatic cause: Evidence from long-term NDVI dataset in northeast China. *Remote Sensing*, 11 (18): 2107. <https://doi.org/10.3390/rs11182107>

Авторлар туралы мәлімет:

Саянов Алексей Андреевич – география ғылымдарының кандидаты, М.В. Ломоносов атындағы Москва мемлекеттік университетінің табиғатты тиімді пайдалану кафедрасының қызметкері, I-санаттағы инженер (Москва, Ресей, e-mail: sayanov_aa@mail.ru)

Махамбетов Мұрат Жарақұлы – PhD, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің Экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (доцент), (Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: mirat.makhambetov@zhubanov.edu.kz)

Хамит Алтынбек Болатбекұлы – магистр, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті География және туризм кафедрасының оқытушысы (Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: akhait@zhubanov.edu.kz)

Сергеева Айгул Максатовна – география ғылымдарының кандидаты, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, География және туризм кафедрасының профессоры (Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: sergeyeva.aigul@gmail.com)

Information about authors:

Sayanov Aleksei Andreevich – Candidate of Geographical Sciences, Researcher at the Department of Rational Environmental Management, First-Category Engineer, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia, e-mail: sayanov_aa@mail.ru;

Makhambetov Murat Zharakovich – PhD, Associate Professor at the Department of Ecology, K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Kazakhstan, e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz

Khamit Altynbek Bolatbekuly – master, lecturer at the Department of Geography and Tourism, K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Kazakhstan, e-mail: akhamit@zhubanov.edu.kz

Sergeyeva Aigul Maksatovna – Candidate of Geographical Sciences, Professor of the Department of Geography and Tourism of the K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Kazakhstan, e-mail: sergeyeva.aigul@gmail.com).

Сведения об авторах:

Саянов Алексей Андреевич – кандидат географических наук, сотрудник кафедры рационального природопользования, инженер 1 категории Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия, e-mail: sayanov_aa@mail.ru);

Махамбетов Мурат Жаракович – PhD, ассоциированный профессор (доцент) кафедры экологии Актюбинского регионального университета имени К. Жубанова (Актобе, Казахстан, e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz);

Хамит Алтынбек Болатбекулы – магистр, преподаватель кафедры географии и туризма Актюбинского регионального университета имени К. Жубанова (Актобе, Казахстан, e-mail: akhamit@zhubanov.edu.kz);

Сергеева Айгул Максатовна – кандидат географических наук, профессор кафедры географии и туризма Актюбинского регионального университета имени К. Жубанова (Актобе, Казахстан, e-mail: sergeyeva.aigul@gmail.com).

Поступила: 29 июня 2025 года

Принята: 27 августа 2025 года

**А.К. Толепбаева^{1*}, Р.Қ. Қарағұлова¹,
А.А. Танбаева^{1,2}, Ұ.Р. Алдаберген¹**

¹ҚР ҒЖБМ «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Қазақ ұлттық Аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: akmaral1980@mail.ru

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ МҰЗДЫҚТАРДЫ ДЕШИФРЛЕУ (Іле және Жетісу Алатауы таулы аудандарының мысалында)

Мұздықтар климаттың өзгеруіне ерекше сезімтал табиғи нысандардың бірі, сондықтан олардың көлемі мен ауданы климаттық факторларға байланысты өзгеріске ұшырайды. Мұздықтардың еруі – ғаламдық жылынудың тікелей әсерінен туындаған және қазіргі уақытта әлемді алаңдатып отырған экологиялық мәселелердің бірі. Әсіресе, тау мұздықтары климаттың өзгеруіне қатты тәуелді және олардың динамикасы өзендердің төменгі ағысында орналасқан экожүйелер мен халықтың өмір сүруіне, шаруашылық әрекетіне тікелей әсер етеді. Қарастырып отырған аумақтағы мұздықтардың қарқынды еруі ауызсу тапшылығына әкелуі мүмкін, сондай-ақ, олардың еруінен туындайтын қауіп-қатерлерді, яғни сел, көшкін және су басу қаупін арттырады. Осыған байланысты тау мұздықтарын дешифрлеу, жағдайын қадағалау және ауданының өзгеруін бағалау, картографиялау аса өзекті мәселелердің бірі.

Зерттеудің негізгі мақсаты – Landsat ғарыштық түсірілімдерін және автоматты, жартылай автоматты дешифрлеу әдістерін, соның ішінде каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісін қолдана отырып, зерттеу аймағындағы тау мұздықтарының шекараларын анықтау.

Дереккөз ретінде Landsat 7 ETM+ және Landsat 8 OLI жерсеріктік түсірілімдері пайдаланылды. Сонымен қатар геоақпараттық жүйелер (ГАЗ) технологиялары мен Жерді қашықтықтан зондау (ЖҚЗ) әдістері, көпспектрлі суреттерді өңдеу және жіктеу, мұздықтарды автоматты және жартылай автоматты дешифрлеу, каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісі және де алынған нәтижелерді нақтылау мақсатында қолмен түзету мен салыстырмалы талдау әдістері қолданылды.

Мұздықтарды дешифрлеу үдерісінде халықаралық деректер қоры мен түрлі әдістерге салыстырмалы талдау жүргізілді. Сонымен қатар мұздықтарды басқа табиғи нысандардан дәл ажыратуға мүмкіндік беретін тиімді спектралдық әдіс ретінде каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісін қолдану процесі жан-жақты талданды. Зерттеу нәтижесінде Landsat ғарыштық түсірілімдерін дешифрлеу арқылы Іле және Жетісу Алатауы таулы аймақтарындағы мұздықтардың 2024 жылғы шекаралары анықталып, олардың векторлық қабаттары құрылды және атрибуттық кестелері толтырылды.

Алынған нәтиже климаттың өзгеруі жағдайында елдің су ресурстарының өзгерісін және де табиғи қауіп-қатерлерді бақылап, бағалауға көмектеседі. Спутниктік жүйелер тұтынушыларға жетуі қиын таулы аймақтарда мұз қабаты туралы жедел ақпарат алуға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: ГАЗ технологиясы, жерді қашықтықтан зондау, дешифрлеу, мұздықтар, Sentinel 2, Landsat-8, ғарыштық түсірілімдер, табиғи қауіптер.

A.K. Tolepbayeva^{1*}, R.K. Karagulova¹, A.A. Tanbayeva^{1,2}, U.R. Aldabergen¹

¹JSC «Institute of Geography and Water Security» MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: akmaral1980@mail.ru

Glacier interpretation based on remote sensing data (Using the example of the mountain regions of Ile and Zhetysu Alatau)

Glaciers are the most sensitive natural objects to climate change, so their volume and area change significantly under the influence of climatic factors. The melting of glaciers under the direct impact of global warming is one of the most acute environmental problems of our time. Mountain glaciers are the most dependent on climate change and their dynamics have a direct impact on ecosystems, life and economic activities of the population in the lower reaches of rivers. Intensive melting of glaciers in the research region may cause drinking water shortages and also increases the risk of hazardous processes

such as mudflows, snow avalanches, rock-slides and floods. In this regard, the problem of deciphering, monitoring, assessing and mapping area changes of glaciers is very relevant.

The main objective of the study is to delineate the boundaries of mountain glaciers in the study area using Landsat satellite imagery and automated and semi-automated interpretation methods, with particular emphasis on the band ratio method (Band Ratio Method) as the primary technique.

Satellite images from Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI were used as data sources. Additionally, geographic information system (GIS) technologies and remote sensing (RS) methods were applied, including multispectral image processing and classification, automatic and semi-automatic glacier delineation, and the Band Ratio Method. Manual correction and comparative analysis methods were also employed to refine the obtained results.

During the glacier interpretation process, a comparative analysis of international datasets and various methods was carried out. Additionally, the process of applying the Band Ratio Method, an effective spectral technique that allows precise differentiation of glaciers from other natural objects, was thoroughly analyzed. The study results identified the 2024 glacier boundaries in the Ile and Zhetysu Alatau mountain regions through the interpretation of Landsat satellite imagery, and their vector layers were created along with the completion of attribute tables.

The results allow monitoring and assessment of water resources changes and natural hazards in the context of climate change. Satellite systems make it possible to get operational information to consumers about ice stockpiles in hard-to-reach mountain regions.

Keywords: GIS technologies, Earth remote sensing, interpretation, glaciers, Sentinel 2, Landsat-8, satellite imagery, natural hazards.

А.К. Толепбаева^{1*}, Р.К. Карагулова¹, А.А. Танбаева^{1, 2}, У.Р. Алдабергген¹

¹АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: akmaral1980@mail.ru

Дешифрирование ледников на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере горных районов Иле и Жетысу Алатау)

Ледники являются наиболее чувствительными к изменению климата природными объектами, поэтому их объём и площадь значительно меняются под влиянием климатических факторов. Таяние ледников под прямым воздействием глобального потепления является одной из наиболее острых экологических проблем современности. Горные ледники наиболее зависимы от изменения климата и их динамика напрямую воздействует на экосистемы, жизнь и хозяйственную деятельность населения в низовьях рек. Интенсивное таяние ледников в изучаемом регионе может вызвать дефицит питьевой воды, а также увеличивает риск проявления опасных процессов, таких как сели, лавины, оползни и паводки. В этой связи проблема дешифрирования, мониторинга, оценки и картографирования площадных изменений ледников является весьма актуальной.

Основная цель исследования – определить границы горных ледников на исследуемой территории с использованием спутниковых снимков Landsat и методов автоматизированного и полуавтоматизированного дешифрирования, в частности, с применением метода отношения каналов (Band Ratio Method).

В качестве источников данных использовались спутниковые снимки Landsat 7 ETM+ и Landsat 8 OLI. Кроме того, были применены технологии геоинформационных систем (ГИС) и методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), обработка и классификация мультиспектральных изображений, автоматическое и полуавтоматическое дешифрирование ледников, метод отношения каналов (Band Ratio Method), а также методы ручной корректировки и сравнительного анализа для уточнения полученных результатов.

В процессе дешифрирования ледников был проведён сравнительный анализ международных баз данных и различных методов. Кроме того, был подробно проанализирован процесс применения метода отношения каналов (Band Ratio Method) как эффективного спектрального метода, позволяющего точно выделять ледники от других природных объектов.

В результате дешифрирования спутниковых снимков Landsat были определены границы ледников в горных районах Иле и Жетысу Алатау на 2024 год, созданы их векторные слои и заполнены атрибутивные таблицы.

Полученные результаты позволяют осуществлять мониторинг и оценку изменений водных ресурсов и природных опасностей в условиях изменения климата. Спутниковые системы дают возможность получать оперативную информацию потребителям о ледовом запасе в труднодоступных горных регионах.

Ключевые слова: ГИС-технологии, дистанционное зондирование Земли, дешифрирование, ледники, Sentinel 2, Landsat-8, космоснимки, природные опасности.

Кіріспе

Қазіргі уақытта климаттың өзгеруіне байланысты мұздықтардың кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін талдау ерекше маңызға ие болып отыр, өйткені мұздықтар мөлшерінің өзгеруі климаттық жағдайлардың өзгеруінің көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Себебі олар өзгерістерге жауап ретінде өздерінің өлшемдерін өзгертеді және сонымен қатар аймақтық масштабтағы маңызды маусымдық немесе ұзақ мерзімді гидрологиялық резервуарлар болып табылады. Мұздықтар ағынының болжамдары су ресурстарын жоспарлау және басқару үшін маңызды ақпарат береді (WCRP, 2025; Huang, 2022).

Тау мұздықтары өзен ағындысына әсер етеді, өзен алаптарында төтенше жағдайларды тудырады, бұл жақын маңдағы елді мекендер үшін қауіпті жағдайлардың туындау қаупіне әкелуі мүмкін (Макаров, 2022). Сондай-ақ, мұздықтардың еруі нәтижесінде таулы аймақтардың тұрғындарына қауіп төндіретін мұздық көлдер пайда болады. Осыған байланысты мұздықтардың қазіргі жағдайын зерттеу маңызды ғылыми міндеттердің бірі.

Қазіргі таңда мұздықтарды зерттеуде көптеген әдістер кеңінен қолданылуда, олардың ішінде Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары қарқынды дамып келеді. Солардың ішінде ең жиі қолданылатын әдістердің бірі – мұздық жамылғысын картаға түсіру және оның аумағын анықтау үшін оптикалық жерсеріктік түсірілімдерді пайдалану. Оптикалық ғарыштық деректер негізінде қар мен мұзды дәл ажырату үшін каналдар қатынасы әдісі, қардың қалыпты айырмашылық индексі (NDSI), кеңінен пайдаланылады.

Сонымен қатар радиолокациялық түсіру (SAR) мұздықтардың құрылымын зерттеу және олардың қозғалысын ауа райы мен тәулік уақытынан тәуелсіз бақылау үшін маңызды құрал болып табылады. Осы әдістің бір түрі – интерферометриялық радиолокация (InSAR), ол мұздық бетінің қозғалыс жылдамдығы мен деформациясын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді. Мұздықтардың биіктігін бағалау және беткі өзгерістерді анықтау үшін лазерлік альтиметрия (LiDAR) кеңінен қолданылады, ал жылу түсірілімдері температуралық ерекшеліктерді айқындап, мұздықтың еру аймақтарын анықтауға септігін тигізеді. Ірі аумақтарда мұздық массасындағы өзгерістерді бағалау үшін GRACE және GRACE-FO спутниктерінен алынған гра-

виметриялық мәліметтер қолданылады. Ал жергілікті деңгейде мұздықтардың егжей-тегжейлі үшөлшемді модельдерін құруда фотограмметрия және үшқышсыз ұшу аппараттарының (УҰА) түсірілімдері маңызды рөл атқарады.

Сондай-ақ соңғы жылдары машиналық оқыту және жасанды интеллект әдістері спутниктен алынған үлкен көлемдегі деректерді автоматты түрде классификациялау және талдау үшін кеңінен қолданыла бастады, бұл мұздықтарды бақылау тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Соңғы уақыттағы ғаламдық климаттың өзгеруі жағдайында таулы мұздықтардың еруі үдей түсуде және ол өз кезегінде сел, жылжыма мен су тасқыны сияқты табиғи қауіптердің артуына әкеліп отыр. Осы орайда, мұздық жүйелерін бақылауда жетуі қиын таулы аймақтарда орналасқан мұздықтардың көлемінің өзгеруін бақылаудың тиімді тәсілі жерді қашықтықтан зондтау әдістері болып отыр. Жерді бақылаудың көп уақыттық деректері – қоршаған ортаның өзгеруін бақылау үшін құнды ақпарат. Жерді қашықтықтан зондтау қар гидрологиясы мен климаттың өзгеруін жақсырақ түсіну үшін маңызды болып табылатын нақты уақыт режиміндегі деректерді, ғаламдық қамтуды және тарихи мәліметтердің үздіксіз тіркелуін қамтамасыз етеді. Ауқымды кеңістіктік және уақыттық қамту арқылы ЖҚЗ өнімдері қардың жаңа көрсеткіштері мен негізгі және қолданбалы ғылыми деректерді қолдайтын таулы аймақтың қар жамылғысы мен төменгі ағыстағы су ресурстары арасындағы кеңістіктік және уақыттық байланыстарды түсінуге мүмкіндік береді (Eberle, 2016; Wang, 2014; Sproles, 2018). Мұздықтар туралы деректер зерттеліп отырған аумақтың су ресурстарын қалыптастыру заңдылықтарын анықтауда және де олардың еруінен туындайтын қауіп-қатерлерді бағалауда маңызды рөл атқарады. Алайда, ЖҚЗ мәліметтерін визуализациялау және талдау үшін деректерді өңдеудің бірқатар операцияларын жүргізу қажет, бұл көп уақытты және қашықтықтан зондтау деректерімен жұмыс істеу тәжірибесін талап етеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Жұмыс барысында мұздықтардың шекараларын дешифрлеу кезінде пайдаланылатын ЖҚЗ деректеріне белгілі бір талаптар қойылды: ашық, қолжетімді, салыстырмалы түрде дәлдігінің жоғары болуы, уақыттың кеңінен қамтылуы,

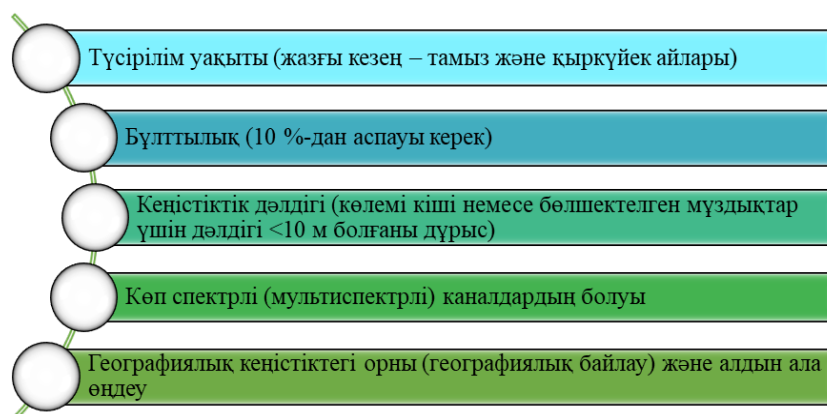
метадеректердің, мұздықтардың шекараларын автоматты және жартылай автоматты әдіспен дешифрлеуге мүмкіндік беретін спектрлік каналдардың болуы.

Қолайлы кеңістіктік-уақыттық және спектрлік ажыратымдылығына байланысты Landsat 5, 7, 8 түсірілімдері гляциалды параметрлерді бақылау үшін ең қолайлы болып табылады.

Sentinel 2 мультиспектрлі түсірілімдері Landsat түсірілімдеріне қарағанда уақытты қамтуы жағын есептемегенде, қайталану интервалының қысқалығы (орбитада Sentinel 2 А – 5 күн) мен дәлдігі жағынан (10 метр) барлық талаптарға сай келеді, бірақ, оның 5 күндік уақытпен қайталанатын түсірілімдері 2017

жылдан ғана басталатындықтан, мұрағаттық деректерді Landsat спутнигінің түсірілімдерінен алу туралы шешім қабылданды. Sentinel 2 түсірілімдерін, қазіргі кезеңдегі мұздықтардың контурын алуға, сондай-ақ, кейбір Landsat түсірілімдерінде мұздықтар шекарасы айқын емес жерлерді анықтауға қолданылады (Толепбаева, 2024; Шихов, 2020). Осы зерттеуде Іле және Жетісу Алатауы таулы аудандарындағы мұздықтарды дешифрлеу үшін Landsat ғарыштық түсірілімдері пайдаланылды.

Деректер көзі анықталғаннан кейін, мұздықтар шекарасын дешифрлеуге қолданылатын ғарыштық түсірілімдерді белгілі бір талаптар бойынша тандап алу керек (1-сурет).



1-сурет – Мұздықтардың шекараларын дешифрлеу кезінде спутниктік түсірілімдерге қойылатын негізгі талаптар

Мұздық жүйелерінің шекараларын анықтауда, нақты деректерді алуда ғарыштық түсірілім уақыты өте маңызды. Айтарлықтай тиімдісі жаздың аяғындағы (тамыз айы және қыркүйек айының басы) жасалған ғарыштық түсірілімдер ең тиімді болып табылады, себебі бұл уақытта барлық қар жамылғысы (шың алдындағы биік аймақтарынан басқа) еріп, мұздың нақты мұз компоненті ашылады. Бұлттылығы төмен ғарыштық түсірілімдерді іріктеу қажеттігі де зерттеу кезінде қосымша қиындықтар тудырады, себебі мұндай деректердің қолжетімділігі шектеулі болуы мүмкін. Мұздықтарды дешифрлеу кезіндегі ғарыштық түсірілімдерге қойылатын талаптарға сәйкес, бұлт жамылғысы 25 %-ға дейінгі түсірілімдермен жұмыс жасауға болады. Алайда, көп жағдайда бұлттар мұздық жүйелерінің үстін жауып тұратындықтан, бұл автоматтандырылған әдістер арқылы мұздықтардың шекараларын анықтауға қолайлы ғарыштық тү-

сірілімдерді тандауда елеулі қиындықтар туындайды (Отчет о НИР, 2019; Северский, 2024; Орталық Азиядағы мұздықтар бойынша материалдар жинағы, 2022).

Бұл жұмысты орындау барысында тамыз, қыркүйек айындағы ғарыштық түсірілімдер пайдаланылды және сондай-ақ, бұлттылығы 10 %-ға дейін болатын түсірілімдер тандап алынды.

Жалпы мұздықтардың шекараларының динамикасын анықтау үшін үздіксіз бірыңғай уақыт кезеңдерін тандау кезінде, Landsat 5 түсірілімдері мұрағатты қалыптастырудың бастапқы кезеңіне сәйкес келгендіктен сапалы түсірілімдердің болмауымен және 2003 жылдан бастап Landsat 7 спутниктік сенсорының дұрыс жұмыс істемеуіне байланысты қиындықтар да туындауы мүмкін.

Оптикалық спутниктік деректер негізінен мұздықтарды картаға түсіруде көп пайдаланады, әсіресе Landsat түсірілімдерінің мұрағаттары

барлығына қолжетімді болғаннан кейін және ортотрансформацияланған (яғни жергілікті жерге байланысты түзетілген) өнімдерді ұсынғаннан кейін кеңінен қолданыста.

Landsat түсірілімдерінде мұздықтарды дешифрлеу, қысқа толқынды инфрақызылмен (SWIR) салыстырғанда көрінетін және жақын инфрақызыл аймақтардағы (VNIR) қардың, мұздың спектрлік шағылысуындағы күшті айырмашылыққа негізделген. Қар мен мұз SWIR де жоғары сіңіру қабілетіне мен VNIR де жоғары шағылысу қабілетіне ие. VNIR каналының өңделмеген цифрлық мәндерінің SWIR мәндеріне қатынасы топографияға байланысты жарықтандыру әсерін минимумға азайтады, және мұздықтар қараңғы фонда айқын көрінеді. Осы қатынас мәндерін қарапайым шектерге бөлу арқылы мұздықтар контуры яғни, мұздықтар картасы құрастырылады (Wulder, 2012; Dozier, 1989; Paul, 2017).

Жалпы Landsat және Sentinel-2 (Data collections. Sentinel data, 2025; Загрузка сцен Sentinel-2, 2025) спутниктерінен алынатын түсірілімдер ашық қолданыста болғандықтан, әртүрлі саладағы зерттеу жұмыстарында кеңінен қолданылады. Ғарыштық түсірілім деректері бүгінде көптеген пайдаланушыларға қол жетімді болды, сондықтан да тек ғылыми ғана емес, сонымен қатар өндірістік мақсаттарда да белсенді қолданылады (Толепбаева, 2024; Антонов, 2018; Lim, 2023).

Сонымен, бұл жұмыста мұздықтардың ашық бөлігінің аудандарының шекарасын анықтау үшін дерек көзі ретінде Landsat 5, 7, 8 спутниктерінің ғарыштық түсірілімдері (Каналы Landsat 8, 2025; USGS EROS Archive, 2025) пайдаланылды. Сондай-ақ, геоақпараттық жүйелер (ГАЗ) технологиялары мен жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) әдістері, яғни көп зоналы ғарыштық түсірілімдерді өңдеу және жіктеу, автоматтандырылған дешифрлеу мен жартылай автоматтандырылған әдістер, соның ішінде қарапайымдылығымен, дәлдігімен және тиімділігімен ерекшеленетін каналдар қатынасы әдісі, салыстырмалы талдау, сараптау әдістері қолданылады.

Нәтижелер және оларды талқылау

Қауіпті құбылыстардың пайда болу және таралу заңдылықтарын анықтау үшін, сондай-ақ, қауіпті экзогендік процестердің әсеріне ұшыраған аумақтарда өмір сүру қауіпсіздігін қамта-

масыз ету мәселелерін шешу үшін географиялық нысандар, оның ішінде мұздықтар туралы объективті, өзекті, нақты, толық мәліметтер алу қажет. Бұл мәселені шешудің бір жолы – спутниктік түсірілімдер, жер бедерін лазерлік сканерлеу деректері сияқты жаңа және өзекті дерек көздерін пайдалану, сонымен қатар, ашық дерек көздерінен алынған векторлық деректерді де қолдану.

Бүкіл әлемдегі мұздықтар туралы ақпараттарды жинайтын бірнеше ірі мәліметтер базасы бар. Жалпы мұздықтарды бақылаудың ғаламдық желісін GTN-G (Global terrestrial network for Glaciers) (Raup, 2012) үш жоба басқарады – WGMS (World Glacier Monitoring Service – Дүниежүзілік мұздықтарды бақылау қызметі) (WGMS, 2025), NSIDC (National Snow and Ice Data Center – Ұлттық қар және мұздықтар деректері орталығы) (National Snow and Ice Data Center, 2025) және GLIMS (Global Land Ice measurements from space – Ғарыштан жер бетіндегі мұздықтарды ғаламдық өлшеу).

GLIMS әлемдегі барлық тау мұздықтары мен мұз қабаттарының өзгеру ауқымы мен қарқыны туралы ақпаратты сақтайтын мұздықтар тізімін жасады. Ғарыштан жер бетіндегі мұздықтарды ғаламдық өлшеу дерекқорлары (GLIMS) – бұл әлемдегі шамамен 200 000 мұздықты мерзімді зерттеуге бағытталған халықаралық бастама. GLIMS жобасы NSIDC порталы арқылы әлемнің түкпір-түкпірінен мұздықтардың контурлық дерекқорына және осы контурлардың қалай алынғаны туралы метадеректерді қамтитын басқа мұздықтар туралы ақпаратқа қол жеткізуге мүмкіндік береді. GLIMS Glacier деректер базасы өздерінің нақты аймақтарындағы мұздықтарды картаға түсіру нәтижелерін дайындауды басқаратын аймақтық координаторлары бар, әртүрлі гляциологиялық мекемелер ұсынған мәліметтерден құралған. GLIMS – жылу сәулелері мен шағылыстыру арқылы жетілдірілген ғарыштық радиометрмен (ASTER) Terra спутнигінің бортында жинақталған деректер мен тарихи бақылаулармен бірге LANDSAT спутниктіктер сериясының деректерін пайдаланады (GLIMS, 2025).

Дүниежүзілік мұздықтарды бақылау қызметі (WGS) мұздықтардың массасының, көлемінің, ауданының және ұзындығының өзгеруіне стандартталған бақылаулар жүргізеді, сондай-ақ көпжылдық жер үсті мұздарының таралуы туралы статистикалық ақпаратты жинайды. Мұздықтардың өзгеруі және түгендеу деректері

атмосфералық жылынудың ықтимал салдарына қатысты гидрологиялық модельдеуге негіз болады (WGMS, 2025).

Қар және мұз деректері ұлттық орталығы (NSIDC) полярлық және криосфералық зерттеулерді ақпараттық қолдау орталығы болып табылады. NSIDC мақсаты – бүкіл әлем бойынша қар мен мұз туралы сандық және ұқсас деректерді

зерттеу, мұрағаттау және тарату (National Snow and Ice Data Center, 2025).

Төменгі 1-ші кестеде GLIMS, WGMS, NSIDC мұздықтар туралы деректер базаларына салыстырмалы сипаттама беріліп, сондай-ақ, бұл базаларды Іле және Жетісу Алатауының мұздықтарын дешифрлеуде пайдалану мүмкіндігіне талдау жасалды.

1-кесте – Мұздықтар туралы деректер базасын салыстыру (GLIMS, WGMS, NSIDC)

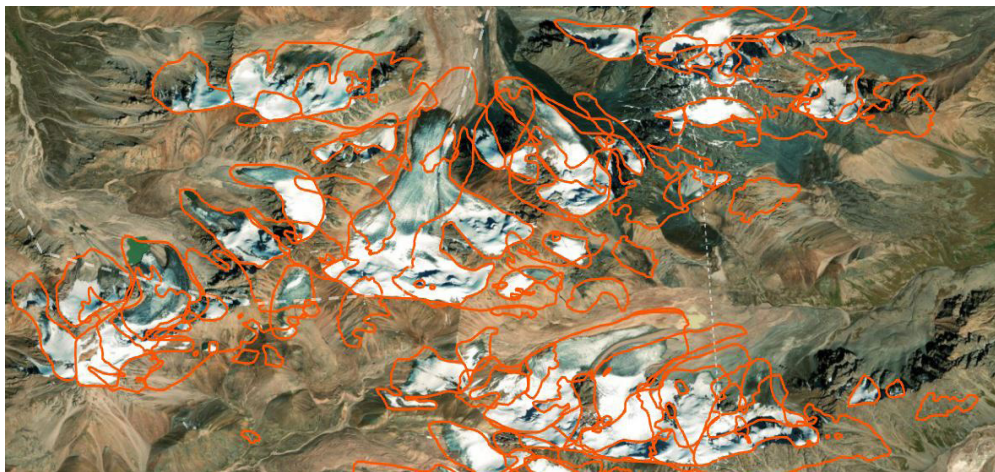
№	Деректер базасы	Негізгі сипаттамалары	Артықшылықтары	Шектеулері	Іле және Жетісу Алатауының мұздықтарын дешифрлеуде пайдалану
1	GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space)	Ғарыштық түсірілімдер негізінде мұздықтарға ғаламдық мониторинг жасау (ASTER, Landsat, т.б.)	Кеңістіктік деректер (мұздықтар шекаралары) – Көбінесе пішіні мен, ауданын, түсірілім күнін қамтиды және Веб-портал мен ГАЖ арқылы қолдану ыңғайлы	Деректердің жаңартылуы біркелкі емес, кейбір мұздықтар бойынша деректер ескірген күйде, кейбір өңірлер бойынша дерек жоқ	Мұздық шекараларын анықтау мен бақылауда негізі ретінде қолдануға болады, бірақ деректердің жаңартылу жиілігі төмен немесе деректер ескірген жөнеде Іле, Жетісу Алатауы сияқты таулы аймақтардағы кейбір мұздықтар мүлде тіркелмеген болуы да мүмкін
2	WGMS (World Glacier Monitoring Service)	Мұздықтардың ұзындығы, массасы және ауданының өзгерістері бойынша көпжылдық далалық бақылау мәліметтерін қамтиды	Ұзақ мерзімді деректер қатарлары – Тексерілген ғылыми дереккөздер. Климаттық бағалау үшін пайдаланылады	Географиялық қамтылуы шектеулі (көбінесе деректер жақсы зерттелген аймақтар бойынша ғана)	Негізінен ұзақ мерзімді бақылаулары бар белгілі мұздықтарды ғана қамтиды (мысалы, Горельник, Шокальский сияқты), сол деректерге сүйене отырып, басқа мұздықтардың деректерін тексеру үшін пайдалануға болады
3	NSIDC (National Snow and Ice Data Center)	Мұздықтардың ұзақ мерзімді өзгерістерін бақылайтын ауқымды деректер базасы (MODIS, ICESat, Sentinel).	Деректердің әртүрлілігі (қалыңдық, биіктік, өзгеру жылдамдығы сияқты)	Үлкен көлемдегі деректерді өңдеу дағдылары қажет, деректер әрдайым аймақтар бойынша нақты бөлінбеген, жекелеген мұздықтарға қатысты мәліметтер кейде аз болып келеді	Кең ауқымды деректер берсе де, нақты мұздықтар бойынша жергілікті деңгейде нақтылау қажет

*Авторлар құрастырған

Жалпы, GLIMS, WGMS және NSIDC сияқты деректер базаларын жобалық аумақтағы аз зерттелген мұздықтардың сипаттамалары мен шекаралары бойынша мұрағаттық дереккөз ретінде пайдалану ұсынылады. Алайда бұл ғаламдық деректер базалары тек бастапқы негіз ретінде қарастырылуы тиіс. Нақты зерттеу барысында жергілікті мамандар өз өңірлерінде ғарыштық түсірілімдер негізінде мұздықтарды автоматты және жартылай автоматты әдістермен, оның ішінде каналдар қатынасы әдісін қолданып, дешифрлеп, кейіннен визуалды тексеру жұмыстарын жүргізу қажет.

Себебі GLIMS деректер базасынан алынған жобалық аумақтағы жекелеген мұздықтардың аудандары мен контурларын осы зерттеу барысында алынған нәтижелермен салыстыру кезінде айтарлықтай сәйкессіздіктер анықталды (2-сурет).

GLIMS ашық дерекқоры әртүрлі гляциологиялық мекемелер ұсынған мәліметтер негізінде құрылғандықтан, кей жағдайларда бір мұздыққа қатысты әртүрлі ақпараттар берілетіні байқалады. Сондықтан бұл мәліметтерді нақтылау қажет.



2-сурет – GLIMS ашық дереккөзіндегі мұздықтардың шекарасы

Осыған орай, зерттеу аумағы бойынша Landsat ғарыштық түсірілімдерін пайдаланып, мұздықтардың шекараларын автоматты және жартылай автоматты әдістермен, соның ішінде каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісін қолдана отырып, қолмен түзету жұмыстарын жүргізіп, мұздықтардың векторлық қабатын құру туралы шешім қабылданды.

Зерттеу аумағындағы мұздықтар шекараларының контурын анықтау жұмыстары Landsat 5/7 (band4/band5), Landsat 8 (band5/band6) түсірілімдерінің каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісі негізінде ArcGIS Pro программасында жасалды.

Мұздықтарды дешифрлеуде жартылай автоматты каналдар қатынасы әдісін қолдану кезеңдері төменде берілген (3-сурет).

Каналдар қатынасы әдісін пайдаланудың артықшылығы – бұл әдіс жылдам, қарапайым және сенімді. Каналдар қатынасы әдісі әлемнің көптеген аймақтарында Landsat деректері бойынша мұздықтарды ауқымды картаға түсіру үшін кеңінен қолданылады (Bolch, 2010; Frey, 2012; Guo, 2015; Шихов, 2020). Әдістің кемшілігі, спектрлік қасиеттері бойынша лас мұзды, кейбір мұз алды көлдерін картаға сенімді түсіру мүмкін еместігімен байланысты, сондай-ақ, шуды жою үшін программалық медианалық сүзгілерді пайдалану, шағын мұздықтарды (ауданы 0,1 км²-ден аз) анықтау кезінде жарамсыз болғандықтан, автоматты дешифрлеу арқылы алынған нәтижені қолмен түзетуді қажет етеді. (Отчет о НИР, 2019; Guo, 2015; Северский, 2024).



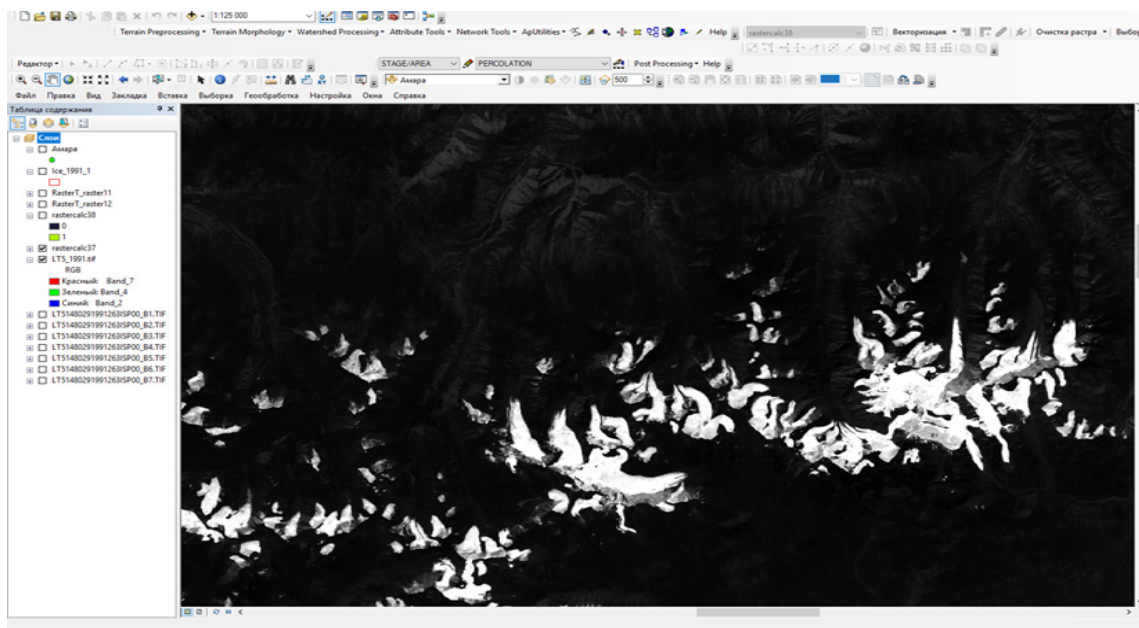
3-сурет – Мұздықтарды дешифрлеуде жартылай автоматты каналдар қатынасы әдісін (Band Ratio Method) қолдану кезеңдері

Растрларды есептеу процесін орындағаннан кейін мұздықтардың бетін сегменттеу үшін қатынастың шекті мәні анықталды. Растрдағы шекті мәнді белгілеу дегеніміз, растрды нысандардың шынайы қасиеттеріне сәйкес келетін

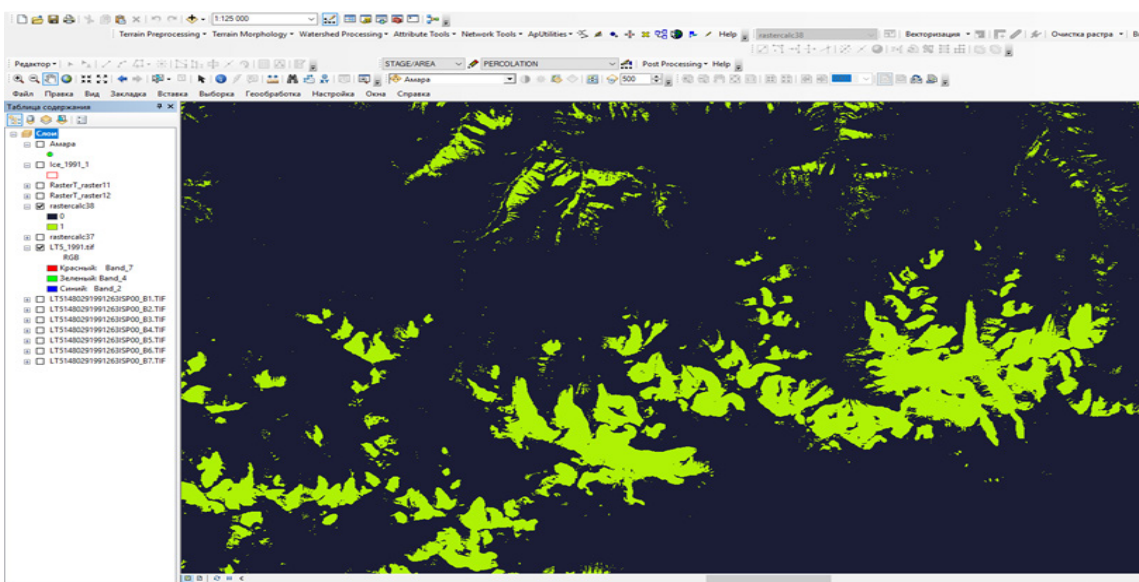
спектрлік және текстуралық қасиеттері бойынша ұқсас сегменттерге бөлуді білдіреді. Шекті мәнді табу үшін мұзды немесе қарлы беттен мұздықты қоршап жатқан – морена, жартас сияқты басқа нысандарға өткен кездегі растрдағы пиксель мәндерінің өзгеруі талданды. Шекті мән мұздың барлық мәндерін қамтуы керек сон-

дай-ақ, мұздықтың бетінде жатпаған қардың қосылуын азайтуы керек (4-сурет).

Шекті мән анықталғаннан кейін, шекті мәннен төмен мәні бар барлық ұяшықтарға «0» мәні – мұздық беті емес деп, ал қалған барлық басқа пиксельдерге «1» мәні – мұз деп берілген бинарлы растр жасалды (5-сурет).



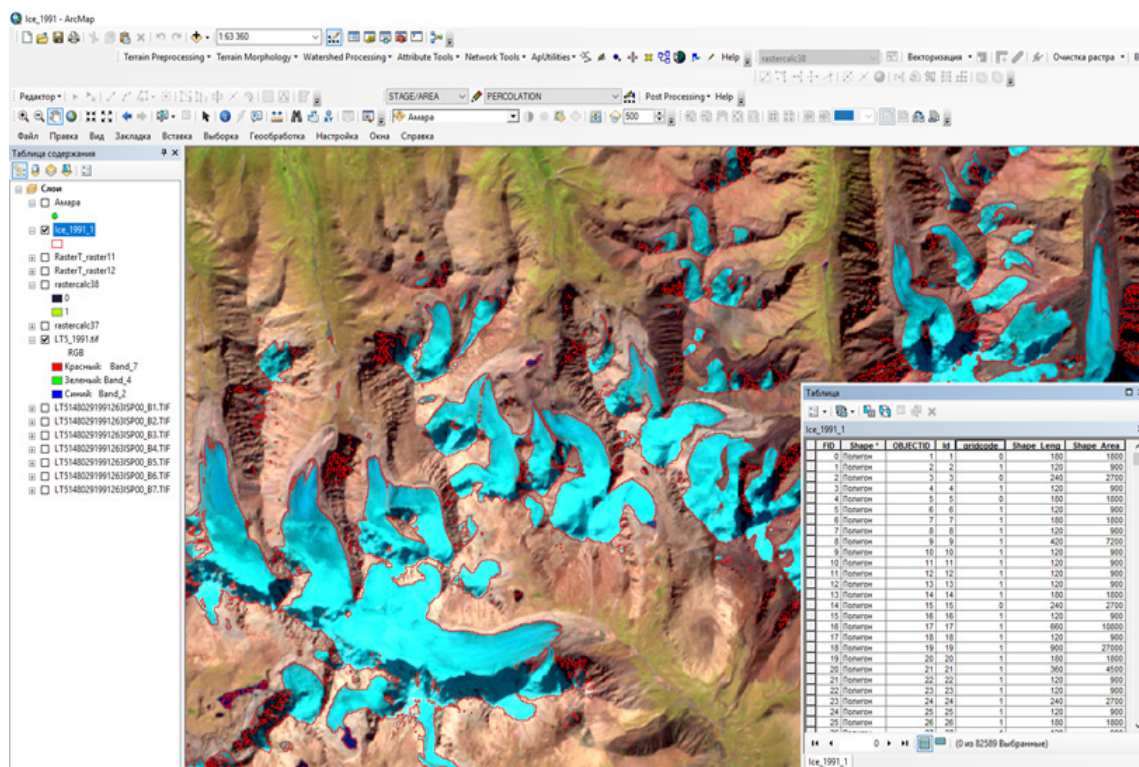
4-сурет – band4 және band5 қатынастрының шектік мәні растрының идентификациясы



5-сурет – Бинарлы растр

Содан кейін алынған нәтижеге каналдардың бірімен немесе көрінетін спектрдегі немесе жалған түстердегі каналдар комбинациясын салыстырып қарау арқылы визуалды бағалау жүргізіледі. Мұздықтарды дешифрлеу үшін не-

гізінен SWIR-NIR-RED каналдарының синтезі қолданылады. SWIR-NIR-RED каналдарының комбинациясында ашық көк түсте мұздықтар мен қар жамылғысын анық көруге болады (6-сурет).



6-сурет – Landsat-8 ғарыштық түсіріліміндегі SWIR, NIR және RED спектралдық каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісі арқылы алынған мұздықтардың көрінісі

Соңында алынған растрлар вектор форматына ауыстырылды. Векторлық файлдың атрибутивтік кестесінде 0 – «мұз емес» мәні бар барлық пиксельдер жойылды.

Жалпы әлемдік тәжірибеде де, қарды мұздан автоматтандырылған әдістермен бөлу, соның ішінде тау мұздықтарын автоматты дешифрлеу өте қиын міндет болып табылады. Яғни, автоматты дешифрлеу әдісімен алынған векторды осы саланың мамандары қарап, тексеріп, кей жағдайда қолмен түзету қажет болуы мүмкін. Сондықтан, автоматты дешифрлеумен бірге жартылай автоматты, қолмен түзету әдістері де қолданылады.

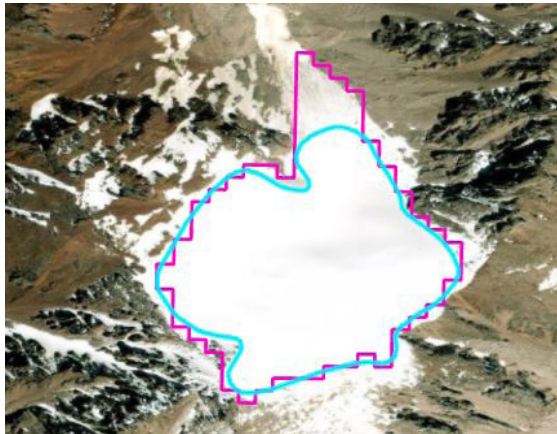
Жұмыс барысында, бізде әлемдік және отандық ғалымдардың тәжірибесіне сүйене отырып, автоматтандырылған жіктеу қателіктерін жою үшін мұздықтардың шекараларын сарапшы ма-

мандармен бірге қолмен түзету жұмыстарын жасайды (7-сурет).

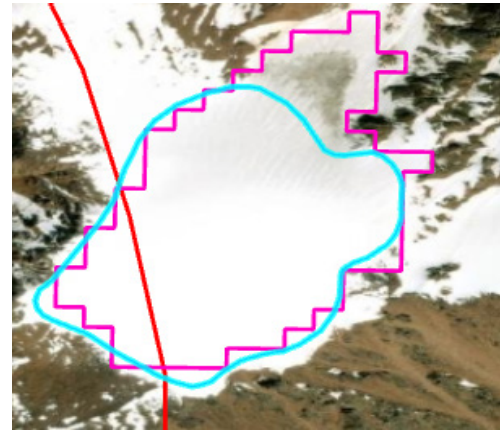
Мұздықтардың шекарасын автоматты дешифрлеу арқылы алғаннан кейін, оны қолмен түзету кезінде, мұздықтар аудандарында өзгерістер болады. Негізі мұздықтарды автоматты дешифрлеу және қолмен картографиялау әдістері бір-бірімен жақсы сәйкес келеді, әсіресе орографиялық ерекшеліктері жоқ ірі мұздықтар үшін қолайлы. Жоғарыда айтып өткендей автоматты әдіспен анықталған мұздықтардың ашық бөлігінің жалпы ауданының, қолмен өңделген ауданнан айырмашылығы 6% -дай болуы мүмкін, кейбір жеке мұздықтарда ол 10 %-ға дейін жетеді (Северский, 2024). Автоматты дешифрлеудің барлық кезеңдерін жасағаннан кейін, аудан бойынша әртүрлі сүзгілерді қолдану арқылы мұздықтарға жатпайтын бір шама полигондарды

анықтауға болады, олар қар жамылғысы, мұздық көлдер және т.б. болуы мүмкін. Бұл жағдайда алынған мәліметтерге мұқият визуалды сыни талдау жасап, тарихи деректермен, болған жағдайда далалық зерттеулермен салыстырып,

дәлдігі жоғары басқа да ғарыштық түсірімдерден қарап, анықтау керек. Осы орайда жартылай автоматты дешифрлеу мен осы саланың маманының қатысуымен қолмен түзету жұмыстарын жасау керек.



а) №5 мұздық



б) Туманный мұздығы

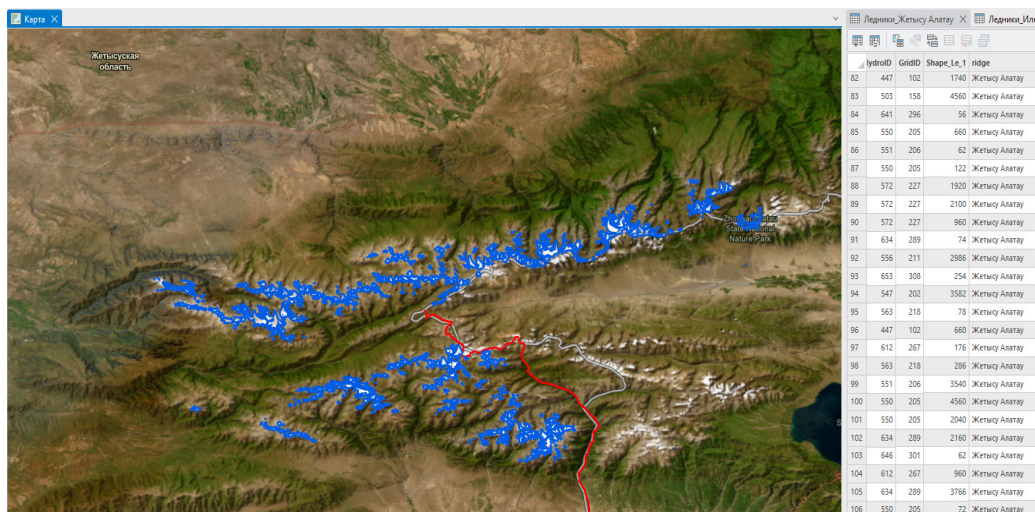
7-сурет – Мұздықтардың шекарасын автоматты (қызғылт) дешифрлеуді және жартылай автоматты-қолмен (көгілдір) түзету әдістерін салыстыру (Іле Алатауы, №5, Туманный мұздықтарының мысалында)

Жасалған жұмыстың нәтижесінде Landsat 7 ETM+ және Landsat 8 OLI ғарыштық түсірілімдерінің деректерін талдау негізінде автоматтандырылған және жартылай автоматты әдістер, оның ішінде каналдар қатынасы әдісі мен қолмен түзету әдісі қолданылып, Іле және Жетісу

Алатауы мұздықтарының вектор форматындағы шекаралық контурлары алынды (8-9 сурет). Мұздықтарға бұрынғы осы аймаққа жасалған каталогтың негізінде идентификация жасалып, мәліметтер базасына әр нысанның тақырыптық атрибуттық мәліметтері толтырылды.



8-сурет – Іле Алатауы мұздықтарының конвертацияланған полигондық қабаты, 2024 ж.



9-сурет – Жетісу Алатауы мұздықтарының конвертацияланған полигондық қабаты

Мұздықтардың полигондық векторлық қабатының әрбір нысанында келесі атрибуттық ақпарат бар: мұздықтың атауы, мұздықтың координаттары, мұздықтардың ауданы.

Жоғарыда айтылғандай біз өз зерттеуімізде негізінен Landsat түсірілімдерін пайдаландық. Бірақ, болашақта мұздықтардың контурын анықтау үшін толықтай Sentinel түсірілімдерін пайдалануға болады. Себебі, Sentinel түсірілімдерінің дәлдігі жоғары және де MSI (Multi Spectral Instrument) Sentinel сенсоры арқылы алынған спектрлік каналдарға қатысты мұзды анықтау әдісінде MSI4/MSI11 (Red/SWIR) және де MSI8/MSI11 (NIR/SWIR) сияқты каналдар қатынасы ең қолайлы болып табылады.

Мұздықтар гидрологиялық циклдің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Климаты құрғақ континенттік аймақта тау етегіндегі суармалы және халық тығыз қоныстанған аудандар мұздықтар мен қардың еріген суына тәуелді болып келеді. Әсіресе Іле Алатауының солтүстік беткейінің тау алды аумағында халық тығыз қоныстанғанын және ірі мегаполистік Алматы қаласы орналасқандығын ескеретін болсақ, тұщы су көзі болып табылатын мұздықтар ауданының кішірейуі немесе кей жағдайда мүлдем жоғалып кетуі, адамдардың тіршілік етуіне, шаруашылық әрекетіне тікелей әсер ететіндіктен, тау мұздықтары ауданының өзгеруіне бақылау жасап отыру өте маңызды мәселе.

Зерттеу аумағындағы мұздықтардың шекараларының өзгеруін картада көрсету, негізгі климаттық параметрлердің өзгеру қарқыны, гидропосттардағы ағынды көрсеткіштері, жер

бедерінің ерекшеліктерімен бірге зерттеу алабының мұздану алаңдарының динамикасын және қар жамылғысының кеңістіктік-уақыттық сипаттамаларын жан-жақты талдауға, зерттеу аумағының су ресурстарын қалыптастырудағы қар-мұз ресурстарының рөлін және де қар мен мұздықтардың еруінен туындайтын қауіпті процестерді зерттеуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Қорыта келе, зерттеу аумағындағы мұздықтарды дешифрлеуде кеңістіктік, уақыттық және спектрлік дәлдігі жоғары Landsat 5, 7, 8 ғарыштық түсірілімдері пайдаланылды.

Жұмыстың барысында көпзоналы ғарыштық түсірілімдерді жүктеу мен өңдеу, мұздықтардың шекарасын автоматты және жартылай автоматты дешифрлеу, соның ішінде қарапайымдылығы, дәлдігі және тиімділігімен ерекшеленетін каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісі қолданылды. Мұздықтарды дешифрлеуде қолданылған каналдар қатынасы әдісінің жұмыс істеу алгоритмі мен оның негізгі кезеңдеріне талдау жасалды.

Зерттеу нәтижесінде Іле Алатауы мен Жетісу Алатауы мұздықтарының 2024 жылғы шекаралық контурлары анықталып, вектор форматында алынды.

Жалпы мұзды қардан автоматтандырылған әдістермен бөліп көрсету және дешифрлеу өте күрделі процесс болғандықтан, аралас әдістерді пайдаланудың өз артықшылықтары бар. Осыған байланысты зерттеу барысында автоматты және

жартылай автоматты, соның ішінде каналдар қатынасы (Band Ratio Method) әдісін қолдану арқылы алынған векторлық мәліметтер мұқият тексеріліп, визуалды талдау жүргізілді. Қажетті жағдайда қолмен түзету әдісі де қолданылды.

Мұздықтардың қарқынды еруі салдарынан су деңгейінің көтерілуі, ландшафттардың өзгеруі, сел жүруі және мұзды көлдердің жарылуы сияқты табиғи қауіпті құбылыстардың жиілігінің артуынан бастап, ірі өзендердің су режимінің өзгеруіне дейін алып келіп, ол өз кезегінде адамзат өмірінің көптеген аспектілеріне жан-жақты әсер етуде.

Алынған нәтижелер климаттың өзгеруі жағдайында елдің су ресурстарының өзгеруін және

қар мен мұздықтардың еруінен туындайтын қауіпті процесстерді зерттеп, бағалауға мүмкіндік береді.

Қаржыландыру

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын «Қазақстан Республикасының Іле және Жетісу Алатауының таулы аудандарында сел, тау көшкіні және қар көшкіні қауіпсіздігінің ғылыми-қолданбалы негіздемесі» жобасы бойынша жасалған зерттеулер нәтижелері бойынша дайындалды. Бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру № BR21881982.

Әдебиеттер

- Bolch, T., Menounos, B., Wheate, R. LANDSAT-based inventory of glaciers in Western Canada, 1985–2005 // *Remote Sensing of Environment*. – 2010. – Т. 114(1). – С. 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.015>
- Data collections. Sentinel data [Электрондық ресурс] // Сайт Programme of the European Union – Copernicus. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections> (қаралған күні 07.02.2025).
- Dozier, J. Spectral signature of alpine snow covers from LANDSAT Thematic Mapper // *Remote Sensing of Environment*. – 1989. – Т. 45. – С. 9–22. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90101-6](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90101-6)
- Eberle, J., Taylor, T., Schmullius, C. Easy to use time-series data access and analysis tools using standard-based geoprocessing services // *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. – 2016. – С. 3614–3617. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7729936>
- Frey, H., Paul, F., Strozzi, T. Compilation of a glacier inventory for the western Himalayas from satellite data: Methods, challenges, and results // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – Т. 124. – С. 832–843. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.06.020>
- GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space. Monitoring the World's Changing Glaciers. [Электрондық ресурс] // Сайт GLIMS. URL: [GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space](http://glims.org/) (қаралған күні: 15.02.2025).
- Guo, W., Liu, S., Xu, J., Wu, L., Shanguan, D., Yao, X., Jiang, Z. The second Chinese glacier inventory: Data, methods and results // *Journal of Glaciology*. – 2015. – Т. 61(226). – С. 357–372. <https://doi.org/10.3189/2015JoG14J209>
- Huang, X. B., Anming, G., Hao, M., Fanhao, Zh., Pengfei, Zh., Guoxiong, T., Yu, P., Qi, N., Vincent, D., Weibing. Spatiotemporal changes of typical glaciers and their responses to climate change in Xinjiang, Northwest China // *Journal of Arid Land*. – 2022. – Т. 5. – С. 502–520. <https://doi.org/10.1007/s40333-022-0056-2>
- Lim, S., Sreevalsan-Nair, J., Daya Sagar, B. S. Multispectral data mining: A focus on remote sensing satellite images // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2023. – Т. 56. <https://doi.org/10.1002/widm.1522>
- National Snow and Ice Data Center. [Электрондық ресурс] // Сайт NSIDC. URL: <https://nsidc.org/home> (дата обращения: 07.02.2025).
- Paul, F., Kääb, A., Maisch, M., Kellenberger, T., Haeberli, W. The new remote-sensing-derived Swiss glacier inventory: I. Methods // *Annals of Glaciology*. – 2017. – Т. 34. – С. 355–361. <https://doi.org/10.3189/172756402781817941>
- Raup, B., Armstrong, R., Fetterer, F., Gärtner-Roer, I., Haeberli, W., Hoelzle, M., Khalsa, S. J. S., Nussbaumer, S., Weaver, R., Zemp, M. Global Terrestrial Network for Glaciers: Databases and web interfaces // *GTN-G report*. – 2012. – №12691.
- Sproles, E., Crumley, R., Nolin, A., Mar, E., Moreno, J. SnowCloudHydro: A new framework for forecasting streamflow in snowy, data-scarce regions // *Remote Sensing*. – 2018. – Т. 10(8). – С. 1276. <https://doi.org/10.3390/rs10081276>
- USGS EROS Archive – Sentinel-2 – Comparison of Sentinel-2 and Landsat [Электрондық ресурс] // Сайт USGS. URL: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2-comparison-sentinel-2-and-landsat?qt=science_center_objects=0#qt-science_center_objects (қаралған күні 03.02.2025).
- Wang, J., Li, H., Hao, X., Huang, X., Hou, J., Che, T., Dai, L., Liang, T., Huang, C., Li, H., Tang, Zh., Wang, Z. Remote sensing for snow hydrology in China: Challenges and perspectives // *Journal of Applied Remote Sensing*. – 2014. – Т. 8(1). – С. 084687. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084687>
- World Glacier Monitoring Service (WGMS) [Электрондық ресурс] // Сайт WGMS. URL: <https://wgms.ch/> (қаралған күні: 11.02.2025).
- World Climate Research Programme (WCRP) [Электрондық ресурс] // Сайт WCRP. URL: <https://www.wcrp-climate.org/> (қаралған күні 03.02.2025).
- Wulder, M., Jeffrey, M., Warren, B. C., Thomas, R. L. Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – Т. 122. – С. 10. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.010>

Антонов С.А., Скрипчинский А.В. Использование данных дистанционного зондирования для многолетнего мониторинга за состоянием агроландшафтов // Наука. Инновации. Технологии. 2018, №8. – С. 89–100.

Загрузка сцен Sentinel-2 на определенную территорию [Электрондық ресурс] // Сайт Data+. URL: <https://blogs.esri-cis.com/2021/05/13/sentinel-2-download/> (қаралған күні 07.02.2025).

Каналы Landsat 8: Комбинации для спутниковых снимков [Электрондық ресурс] // Сайт EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/ru/blog/kombinatsii-kanalov-landsat-8/> (қаралған күні 03.02.2025).

Макаров В. З., Тюков Д. В., Шлапак П. А. Использование данных дистанционного зондирования Земли при изучении горных ледников (на примере ледника Алибек в Карачаево-Черкессии) // Известия Саратовского университета. Серия: Науки о Земле. 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 13–20.

Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Трансграничные бассейны рек Республики Казахстан и Китайской Народной Республики: научно-прикладные основы устойчивого водообеспечения населения и экономики в условиях климатических изменений и хозяйственной деятельности на период до 2050 г.», по подпрограмме 6 «Создание геопортала «Устойчивое водно-ресурсное обеспечение населения и экономики в трансграничных бассейнах рек Иле и Ертіс»». Алматы, 2019 г. 170 с.

Сборник рабочих материалов Региональной рабочей группы по мониторингу и моделированию ледников в Центральной Азии в рамках инициативы «Зеленая Центральная Азия», – Ташкент, 2022. 84 с.

Северский И.В., Муканова Б.А., Капица В.П., Татькова М.Е., Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Изменение оледенения северного склона Иле Алатау за семидесятилетний период // ҚазҰУ Хабаршысы. География сериясы. №2,73 (2024):59-71. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v73.i2-05>

Толпебаева А.К., Карагулова Р.К., Есжанова А.С., Танбаева А.А., Радуснова О. В., Камалбекова А.Н. Использование данных космических снимков для актуализации векторной картографической основы тематических карт (на примере горных районов Иле и Жетысу Алатау) // ҚазҰУ Хабаршысы. География сериясы. №3,74 (2024):36-50. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v74.i3-04>

Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения // Учебное пособие. – Пермь, 2020. – С. 191.

References

Antonov, S. A., & Skripchinsky, A. V. (2018). The use of remote sensing data for long-term monitoring of the state of agricultural landscapes. *Science. Innovation. Technologies*, (8), 89–100.

Bolch, T., Menounos, B., & Wheate, R. (2010). LANDSAT-based inventory of glaciers in Western Canada, 1985–2005. *Remote Sensing of Environment*, 114(1), 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.015>

Collection of working materials of the Regional Working Group on Glacier Monitoring and Modeling in Central Asia within the framework of the Green Central Asia initiative. (2022). Tashkent.

Data collections. (2025, February 7). *Programme of the European Union – Copernicus*. <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections>

Dozier, J. (1989). Spectral signature of alpine snow covers from LANDSAT Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment*, 45, 9–22. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90101-6](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90101-6)

Eberle, J., Taylor, T., & Schmullius, C. (2016). Easy to use time-series data access and analysis tools using standard-based geoprocessing services. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 3614–3617. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7729936>

Frey, H., Paul, F., & Strozzi, T. (2012). Compilation of a glacier inventory for the western Himalayas from satellite data: Methods, challenges, and results. *Remote Sensing of Environment*, 124, 832–843. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.06.020>

GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space. (2025, February 15). *GLIMS Website*. <https://www.glims.org>

Guo, W., Liu, S., Xu, J., Wu, L., Shangguan, D., Yao, X., & Jiang, Z. (2015). The second Chinese glacier inventory: Data, methods and results. *Journal of Glaciology*, 61(226), 357–372. <https://doi.org/10.3189/2015JoG14J209>

Huang, X. B., Anming, G., Hao, M., Fanhao, Z., Pengfei, Z., Guoxiong, T., Yu, P., Qi, N., Vincent, D., & Weibing. (2022). Spatiotemporal changes of typical glaciers and their responses to climate change in Xinjiang, Northwest China. *Journal of Arid Land*, 5, 502–520. <https://doi.org/10.1007/s40333-022-0056-2>

Landsat 8 bands: Combinations for satellite images. (2025, February 3). *EOS Data Analytics*. <https://eos.com/ru/blog/kombinatsii-kanalov-landsat-8>

Lim, S., Sreevalsan-Nair, J., & Daya Sagar, B. S. (2023). Multispectral data mining: A focus on remote sensing satellite images. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 56. <https://doi.org/10.1002/widm.1522>

Loading Sentinel-2 scenes to a specific area. (2025, February 7). *Data+ Blog*. <https://blogs.esri-cis.com/2021/05/13/sentinel-2-download>

Makarov, V. Z., Tyukov, D. V., & Shlapak, P. A. (2022). The use of remote sensing data in the study of mountain glaciers (using the Alibek Glacier in Karachay-Cherkessia as an example). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 22(1), 13–20.

National Snow and Ice Data Center. (2025, February 7). *NSIDC Website*. <https://nsidc.org/home>

Paul, F., Kääb, A., Maisch, M., Kellenberger, T., & Haeberli, W. (2017). The new remote-sensing-derived Swiss glacier inventory: I. Methods. *Annals of Glaciology*, 34, 355–361. <https://doi.org/10.3189/172756402781817941>

Raup, B., Armstrong, R., Fetterer, F., Gärtner-Roer, I., Haeberli, W., Hoelzle, M., Khalsa, S. J. S., Nussbaumer, S., Weaver, R., & Zemp, M. (2012). Global Terrestrial Network for Glaciers: Databases and web interfaces. *GTN-G Report*, (12691).

Research report on the topic “Transboundary river basins of the Republic of Kazakhstan and the People’s Republic of China: Scientific and applied foundations for sustainable water supply to the population and economy in the context of climate change and economic activity for the period up to 2050,” according to subprogram 6 “Creating a geoportal ‘Sustainable water resource provision for the population and economy in the transboundary basins of the Ile and Ertis rivers.’” (2019). Almaty.

Severskiy, I. V., Mukanova, B. A., Kapitsa, V. P., Tatkoval, M. Y., Kokarev, A. L., & Shesterova, I. N. (2024). Changes in the glaciation of the northern slope of Ile Alatau over the seventy-year period. *KazNU Bulletin. Geographical Series*, 73(2), 59–71. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v73.i2-05>

Shikhov, A. N., Gerasimov, A. P., Ponomarchuk, A. I., & Perminova, E. S. (2020). *Thematic interpretation and interpretation of medium and high spatial resolution satellite images* (Study guide). Perm.

Sproles, E., Crumley, R., Nolin, A., Mar, E., & Moreno, J. (2018). SnowCloudHydro: A new framework for forecasting streamflow in snowy, data-scarce regions. *Remote Sensing*, 10(8), 1276. <https://doi.org/10.3390/rs10081276>

Tolpebayeva, A. K., Karagulova, R. K., Yeszhanova, A. S., Tanbayeva, A. A., Radusnova, O. V., & Kamalbekova, A. N. (2024). Using satellite images data for updating the vector cartographic basis of thematic maps (using the example of the mountain regions of Ile and Zhetysay Alatau). *KazNU Bulletin. Geographical Series*, 74(3), 36–50. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v74.i3-04>

USGS EROS Archive. (2025, February 3). *Sentinel-2 – Comparison of Sentinel-2 and Landsat*. U.S. Geological Survey. <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2-comparison-sentinel-2-and-landsat>

Wang, J., Li, H., Hao, X., Huang, X., Hou, J., Che, T., Dai, L., Liang, T., Huang, C., Li, H., Tang, Z., & Wang, Z. (2014). Remote sensing for snow hydrology in China: Challenges and perspectives. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1), 084687. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084687>

World Climate Research Programme (WCRP). (2025, February 3). *WCRP Website*. <https://www.wcrp-climate.org>

World Glacier Monitoring Service (WGMS). (2025, February 11). *WGMS Website*. <https://wgms.ch>

Wulder, M., Jeffrey, M., Warren, B. C., & Thomas, R. L. (2012). Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat. *Remote Sensing of Environment*, 122, 10. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.010>

Авторлар туралы мәлімет:

Толепбаева Акмарал Курмановна – Географиялық ақпараттық жүйелер зертханасының ғылыми қызметкері, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: akmaral1980@mail.ru);

Карагулова Роза Курманалиқызы – география ғылымдарының кандидаты, АФК, Географиялық ақпараттық жүйелер зертханасының жетекшісі, География және су қауіпсіздігі институты» АҚ (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: karagulovaroza@mail.ru);

Танбаева Айгерим Айюпбековна – Географиялық ақпараттық жүйелер зертханасының ғылыми қызметкері, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Қазақ ұлттық Аграрлық зерттеу университетінің PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: aikerim_07@mail.ru);

Алдаберген Ұлжан Рахымбердіқызы – Табиғи қауіп-қатерлер зертханасының кіші ғылыми қызметкері, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ (Алматы, Қазақстан, e-mail: aldabergen_u@mail.ru).

Information about authors:

Tolpebayeva Akmaral – Researcher of Laboratory of Geographic Information Systems, JSC «Institute of geography and water security» (Almaty, Kazakhstan, e-mail: akmaral1980@mail.ru);

Karagulova Roza – Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Head of Laboratory of Geographic Information Systems, JSC «Institute of geography and water security» (Almaty, Kazakhstan, e-mail: karagulovaroza@mail.ru);

Tanbayeva Aigerim – Researcher of Laboratory of Geographic Information Systems, JSC «Institute of geography and water security», PhD student of Kazakh National Agrarian Research University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aikerim_07@mail.ru);

Ulzhan Aldabergen – Junior researcher of Laboratory of natural hazards, JSC «Institute of geography and water security», PhD student of the Department of geography (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aldabergen_u@mail.ru).

Сведения об авторах:

Толепбаева Акмарал Курмановна – НС лаборатории Географических информационных систем АО «Институт географии и водной безопасности» (Алматы, Казахстан, e-mail: akmaral1980@mail.ru);

Карагулова Роза Курманалиевна – кандидат географических наук, СНС, руководитель лаборатории Географических информационных систем АО «Институт географии и водной безопасности» (Алматы, Казахстан, e-mail: karagulovaroza@mail.ru);

Танбаева Айгерим Айюпбековна – НС лаборатории Географических информационных систем АО «Институт географии и водной безопасности», PhD докторант Казахского национального аграрного исследовательского университета (Алматы, Казахстан, e-mail: aikerim_07@mail.ru);

Алдаберген Ұлжан Рахымбердіқызы – МНС лаборатории Природных опасностей АО «Институт географии и водной безопасности» (Алматы, Казахстан, e-mail: aldabergen_u@mail.ru).

Жіберілді: 12 шілде 2025 жыл
Қабылданды: 09 қыркүйек 2025 жыл

M.A. Alpysbay¹, E.B. Serikbayeva¹,
D.N. Talgarbayeva^{1, 2*}, B.L. Niyazbekov¹

¹Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

²K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: talgarbayeva.d@ionos.kz

COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS FOR REMOTE SENSING DATA PROCESSING

Modern remote sensing technologies provide a wide range of data, with hyperspectral (HSI) and multispectral (MSI) images being of particular importance. This paper presents a comparative analysis of machine learning (ML) methods used for processing HSI and MSI data. The main objective of the study is to assess the efficiency of various ML algorithms in classification, prediction, and dimensionality reduction tasks.

The methodology includes traditional algorithms such as Support Vector Machines (SVM) and Random Forest, as well as modern neural network architectures, including Convolutional Neural Networks (CNN) and autoencoders. The advantages and limitations of ML methods are analyzed depending on the type of input data and the target task. The obtained results show that hyperspectral data require more powerful computational methods, whereas multispectral data allow achieving acceptable accuracy using less complex algorithms.

The study highlights the importance of integrating modern ML methods into remote sensing data processing, which contributes to the development of automated systems for analyzing and interpreting remote sensing imagery.

Keywords: hyperspectral data, multispectral images, machine learning, remote sensing, classification, data processing.

М.А. Алпысбай¹, Э.Б. Серикбаева¹,
Д.Н. Талгарбаева^{1, 2*}, Б.Л. Ниязбеков¹

¹Ионосфера институты, Алматы, Қазақстан

² Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: talgarbayeva.d@ionos.kz

Қашықтықтан зондау деректерін өңдеу үшін машиналық оқыту әдістерінің салыстырмалы талдауы

Қашықтықтан зондау (ҚЗ) технологиялары Жерді зерттеуде кең көлемді деректерді ұсынады, олардың ішінде гиперспектралды (HSI) және мультиспектралды (MSI) суреттер ерекше маңызға ие. Осы мақалада HSI және MSI деректерін өңдеуде қолданылатын машиналық оқыту (ML) әдістерінің салыстырмалы талдауы жүргізіледі. Зерттеудің негізгі мақсаты – классификация, болжамдау және өлшемділікті қысқарту міндеттерінде әртүрлі ML-алгоритмдерінің тиімділігін бағалау. Әдістеме ретінде дәстүрлі алгоритмдер (SVM (Support Vector Machines), Random Forest) және заманауи нейрондық желі архитектуралары (CNN (convolutional neural network), автоэнкодерлер) қарастырылады. ML-әдістерінің артықшылықтары мен шектеулері кіріс деректерінің түрі мен мақсатты міндетке байланысты талданады. Алынған нәтижелер гиперспектралды деректердің неғұрлым қуатты есептеу әдістерін қажет ететінін, ал мультиспектралды деректер күрделі емес алгоритмдерді пайдалана отырып, қанағаттанарлық дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік беретінін көрсетеді. Зерттеу ҚЗ деректерін өңдеуде заманауи ML-әдістерін интеграциялаудың маңыздылығын атап көрсетеді, бұл қашықтықтан зондау суреттерін автоматтандырылған талдау және интерпретация жүйелерін дамытуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: гиперспектралды деректер, мультиспектралды суреттер, машиналық оқыту, қашықтықтан зондау, классификация, деректерді өңдеу.

М.А. Алпысбай¹, Э.Б. Серикбаева¹,
Д.Н. Талгарбаева^{1,2*}, Б.А. Ниязбеков¹

¹Институт Ионосферы, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

*e-mail: talgarbayeva.d@ionos.kz

Сравнительный анализ методов машинного обучения для обработки данных дистанционного зондирования

Современные технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляют широкий спектр данных, среди которых особое значение имеют гиперспектральные (HSI) и мультиспектральные (MSI) снимки. В данной статье проводится сравнительный анализ методов машинного обучения (ML), применяемых для обработки HSI и MSI данных. Основная цель исследования – оценка эффективности различных ML-алгоритмов в задачах классификации, прогнозирования и редукции размерности данных. В качестве методологии рассмотрены традиционные алгоритмы (SVM (Support Vector Machines), Random Forest) и современные нейросетевые архитектуры (CNN (convolutional neural network), автоэнкодеры). Проведен анализ преимуществ и ограничений ML-методов в зависимости от типа входных данных и целевой задачи. Полученные результаты демонстрируют, что гиперспектральные данные требуют более мощных вычислительных методов, тогда как мультиспектральные данные позволяют достичь приемлемой точности при использовании менее сложных алгоритмов. Исследование подчеркивает значимость интеграции современных ML-методов в обработку данных ДЗЗ, что способствует развитию автоматизированных систем анализа и интерпретации изображений дистанционного зондирования.

Ключевые слова: гиперспектральные данные, мультиспектральные снимки, машинное обучение, дистанционное зондирование, классификация, обработка данных.

Introduction

Modern Earth remote sensing (ERS) technologies that leverage hyperspectral (HS) and multispectral (MS) data offer unique opportunities for analyzing both natural and anthropogenic objects. Hyperspectral images (HSI) feature hundreds of narrow spectral channels, providing high spectral resolution and thus enabling detailed identification of materials on the Earth's surface (Bioucas-Dias et al. 2013). In comparison, multispectral data (MSD) encompasses fewer but broader spectral ranges, resulting in higher spatial resolution, which is critically important for mapping and monitoring tasks (Drusch et al. 2012). Both data types are widely utilized in agriculture (assessing crop conditions (Thenkabail et al. 2009)), ecology (biodiversity monitoring (Pettorelli, Safi, and Turner 2014)), urban studies (infrastructure planning (Weng 2012)), and disaster relief (Joyce et al. 2009).

The processing of HS and MS data presents several challenges. In hyperspectral imagery (HSI), the primary issue is the “curse of dimensionality,” meaning an overabundance of spectral channels in contrast to a limited number of training samples (Hughes 1968). Meanwhile, multispectral imagery (MSI), despite having more limited spectral information, calls for methods that can exploit high spatial resolution effectively (Mountrakis, Im, and

Ogole 2011). In this context, machine learning (ML) methods have become the mainstay for solving classification, segmentation, and regression tasks in remote sensing. For a long time, traditional algorithms such as Support Vector Machine (SVM) (Melgani and Bruzzone 2004) and Random Forest (RF) (Rodriguez-Galiano et al. 2012) have dominated HSI processing due to their robustness against overfitting. However, with the advancement of deep learning (DL), approaches based on Convolutional Neural Networks (CNN) (Hu et al. 2015) and Transformers (Vaswani et al. 2017) have demonstrated their advantages in automatically extracting spatial-spectral features.

Several studies have focused on comparing the effectiveness of ML methods for HS and MS data. For instance, Melgani & Bruzzone (Melgani and Bruzzone 2004) showed that SVM outperforms linear methods in classifying HSI, while Hu et al. (Hu et al. 2015) emphasized the superiority of CNN in handling complex spatial patterns. For MSI, works by Rodriguez-Galiano et al. (Rodriguez-Galiano et al. 2012) and Zhang et al. (Zhang et al. 2019) highlight the role of RF and DL, respectively, in land-use classification tasks. However, current research often remains limited to narrow topics (for example, vegetation classification (Pal 2005)) or centers on a single data type, neglecting the cross-spectral potential of algorithms. In addition, the impact of

data preprocessing (e.g., dimensionality reduction (Ghamisi et al. 2017) or augmentation (Shorten and Khoshgoftaar 2019)) on model performance across various scenarios remains underexplored.

The figure 1 illustrates a general framework for remote sensing image classification using deep learning. Both hyperspectral and multispectral aerial/satellite images are fed into a deep neural network

(e.g., CNN, transformer) after being segmented into patches that capture spatial context. The network is trained via backpropagation on a labeled dataset, learning to extract discriminative spectral-spatial features. The final model can perform pixel-level (e.g., land cover) or scene-level (e.g., object detection) classification, addressing the specific goals of remote sensing image analysis.

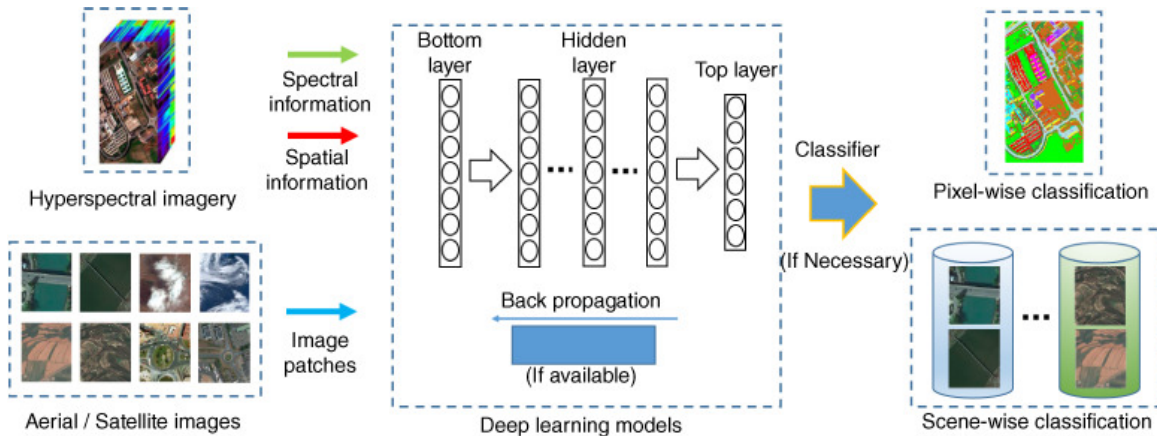


Figure 1 – General Framework of Remote Sensing Image Classification Based on Deep Learning

The purpose of this study is to conduct a comprehensive comparative analysis of both traditional and contemporary ML methods for processing HS and MS data, evaluating their performance across classification, regression, and segmentation tasks. The research encompasses:

1. Traditional algorithms: SVM, RF, k-nearest neighbors (k-NN).
2. Deep learning techniques: CNN, autoencoders, Vision Transformers.
3. Hybrid approaches: combining dimensional-ity reduction (PCA, t-SNE) with deep learning.

The relevance of this research is driven by the need to develop guidelines for choosing optimal methods tailored to specific data types and applied objectives, which is particularly crucial given the rising volume and variety of ERS data (Ma et al. 2019).

Historical Background and Evolution of Methods

The application of machine learning in remote sensing has undergone a profound transformation over the past four decades. Early approaches to hyperspectral (HSI) and multispectral (MS) image

analysis relied primarily on statistical classifiers such as Maximum Likelihood Estimation (MLE) and Minimum Distance Classifier (Swain and Davis 1978). These methods assumed normal distributions of spectral signatures and offered interpretable results, but they were highly sensitive to noise and struggled with high-dimensional data. In the 1980s and 1990s, unsupervised clustering techniques such as k-means and ISODATA (Ball and Hall 1965) became popular for exploratory image classification, enabling the identification of spectral classes without requiring large training datasets. However, their inability to capture complex spectral-spatial relationships limited their accuracy in heterogeneous landscapes.

The introduction of Support Vector Machines (SVM) in the late 1990s marked a turning point in remote sensing image analysis (Vapnik 1995; Melgani and Bruzzone 2004). Unlike linear classifiers, SVM employed kernel functions to separate non-linear data distributions, achieving robust performance even with small training sets. Around the same time, Random Forest (RF) (Breiman 2001) emerged as another milestone, offering strong resistance to overfitting, improved generalization, and an intuitive framework for feature importance analysis.

These algorithms dominated hyperspectral image classification throughout the 2000s and became the benchmark for MSI tasks such as land-use mapping and vegetation monitoring (Rodríguez-Galiano et al. 2012).

The past decade has witnessed the rapid adoption of deep learning (DL) methods, initially driven by breakthroughs in computer vision. The success of Convolutional Neural Networks (CNN) on large-scale image datasets such as ImageNet (Krizhevsky, Sutskever, and Hinton 2012) inspired their application to remote sensing (Hu et al. 2015). CNNs offered the ability to automatically extract hierarchical spatial-spectral features, which proved particularly advantageous for hyperspectral data where complex spectral patterns coexist with spatial heterogeneity. Architectures such as U-Net (Ronneberger et al. 2015) further expanded the scope of DL by enabling pixel-level segmentation, paving the way for applications in urban mapping, crop monitoring, and environmental change detection.

More recently, the introduction of transformer-based architectures (Vaswani et al. 2017) has reshaped the landscape of remote sensing research. Vision Transformers (ViT), originally developed for natural image classification (Dosovitskiy et al. 2020), have demonstrated state-of-the-art performance on hyperspectral datasets by modeling long-range dependencies and capturing spectral correlations more effectively than CNNs. Their scalability and adaptability have positioned them as a key research frontier, with ongoing studies exploring hybrid CNN-ViT approaches for both HSI and MSI analysis (Ma et al. 2019).

Overall, the historical trajectory of ML in remote sensing reflects a gradual shift: from interpretable but limited statistical models, to robust ensemble methods such as RF, and finally to data-hungry yet highly accurate deep neural architectures. Each stage of this evolution has been driven by the dual need to improve classification accuracy and to manage the growing complexity of remote sensing datasets. This historical perspective underscores the importance of balancing interpretability, data requirements, and computational feasibility when selecting methods for practical applications.

Materials and methods

Datasets and Benchmarks. Progress in applying machine learning to multispectral (MS) and hyperspectral (HS) remote sensing is closely linked to

the availability of open datasets and standardized benchmarks. Among multispectral missions, Landsat-8/9 OLI (30 m, 9 bands) and Sentinel-2 MSI (10–60 m, 13 bands) provide long-term, global coverage and are widely used as training and validation sources (Drusch et al., 2012; Roy et al., 2014). ASTER (15–90 m, 14 bands) remains valuable due to its inclusion of VNIR, SWIR, and TIR ranges, while high-resolution commercial platforms such as WorldView-3 (8 MS bands plus 8 SWIR channels, 1.2–3.7 m) extend the potential for fine-scale analysis (Li et al., 2020).

Hyperspectral datasets are increasingly accessible from both satellite and airborne mission. PRISMA (30 m, 239 bands, launched 2019) and EnMAP (30 m, 244 bands, launched 2022) provide systematic global coverage in the 400–2500 nm range, while earlier missions such as Hyperion (220 bands, 30 m, operated 2000–2017) remain widely used as reference archives. Airborne instruments such as AVIRIS (224 bands, 20 m, covering 400–2500 nm) continue to serve as benchmark datasets due to their high spectral quality and availability of ground-referenced data (Kruse, 2012).

In terms of benchmarking, several classic HS datasets—Indian Pines, Pavia University, and Salinas Scene—are still widely used in ML research, despite their limited spatial extent and lack of geographic diversity (Bioucas-Dias et al., 2013). More recent large-scale archives have emerged for multispectral data, such as EuroSAT (27,000 Sentinel-2 image patches in 10 classes) and BigEarthNet (590,000 Sentinel-2 patches with multi-label annotations), which provide standardized benchmarks for classification and retrieval tasks (Sumbul et al., 2019; Sumbul et al., 2021). For hyperspectral research, the EnMAP Benchmark Datasets (EBD) initiative (Demir et al., 2022) offers a more comprehensive resource tailored for evaluating ML and DL methods on large and diverse data.

Despite these advances, limitations remain. Many benchmarks are geographically restricted and relatively small in size, especially for HS data, which can constrain the generalizability of ML models. The ongoing development of globally representative datasets, multimodal archives, and standardized evaluation protocols will be essential for reproducibility, comparability, and progress in ML-based remote sensing research.

Review Methodology and Findings. This review article systematizes and analyzes existing scientific research on the application of machine learning (ML) methods for processing hyperspectral (HS) and mul-

tispectral (MS) remote sensing data. A multi-stage methodology was employed that included:

- A literature search through peer-reviewed databases (IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer, and Web of Science), specialized journals (Remote Sensing of Environment; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing), and conference proceedings (IGARSS, SPIE Remote Sensing);
- Categorization of studies based on data type (e.g., hyperspectral sources such as AVIRIS and Hyperion, and multispectral sources such as Sentinel-2 and Landsat-8); and
- Evaluation of methods using criteria such as accuracy (measured by Overall Accuracy (OA), F1-Score, Intersection over Union (IoU), and Root Mean Square Error (RMSE)), computational complexity, versatility (robustness to noise and small sample sizes), and interpretability (e.g., via feature importance analysis in RF).

Selection criteria required the presence of experimental ML evaluations on real HS/MS data and a direct comparison of at least two algorithms. Theoretical studies without empirical validation and studies based solely on synthetic data were excluded.

The geographic and thematic scope of the reviewed studies reflects diverse real-world applications, covering regions in North America, Europe, Asia, and Africa, and accounts for regional variations in cropland spectral characteristics. The main application areas include:

- Agriculture – crop yield and condition monitoring (Thenkabail et al. 2009);
- Ecology – biodiversity assessment and ecosystem monitoring (Pettorelli, Safi, and Turner 2014); and
- Urban studies – building classification and infrastructure planning (Weng 2012).

Methodological limitations identified include a bias toward studies on CNN and SVM—with transformer-based methods (e.g., ViT) for MS data being relatively underexplored—the heterogeneity of evaluation metrics (with only 60% of studies reporting OA), and the frequent absence of publicly available code or implementation details.

The data synthesis was performed using comparative tables and charts to highlight key trends. It was found that, after 2018, the share of deep learning methods (CNN and ViT) increased from 12% in 2016 to 74% in 2023, which is attributed to their ability to automatically extract spatial-spectral features (Hughes 1968, Ghamisi et al. 2017). Among HS data, Vision Transformers achieve an average OA of 92.3% (Dosovitskiy et al. 2020) and CNNs

reach 89.5% (Hu et al. 2015), compared to 85.1% for SVM (Melgani and Bruzzone 2004). In MSI, CNNs lead (with an OA of 88.7%), outperforming RF (84.9%) and k-NN (79.2%) (Rodríguez-Galiano et al. 2012). Traditional methods remain competitive when training samples are limited (e.g., with less than 1,000 samples, SVM and RF maintain stable OA (82–84%), whereas CNN and ViT require at least 5,000 samples to exceed 90% OA) (Hu et al. 2015). These findings are corroborated by Rodríguez-Galiano et al. (Rodríguez-Galiano et al. 2012), who recommend RF for monitoring rare ecosystems where large datasets are hard to obtain.

The influence of data type on method selection is also significant. For HS data, the “curse of dimensionality” (reported by 78% of studies) reduces model performance with limited training samples (Hughes 1968). Hybrid solutions, such as combining PCA with CNN, have been shown to reduce dimensionality by 60–80% without losing essential information (Ghamisi et al. 2017). In contrast, the main challenge for MSI is limited spectral resolution; about 65% of studies advocate for multimodal data fusion (e.g., integrating Sentinel-2 with LiDAR) to improve urban segmentation (Ghamisi et al. 2017).

An analysis of research applications reveals that 45% of studies focus on agriculture (with regression tasks, such as crop yield prediction using NDVI, predominating) (Thenkabail et al. 2009), 30% concentrate on ecology (biodiversity classification) (Pettorelli, Safi, and Turner 2014), and 20% address urban studies (infrastructure segmentation) (Weng 2012). For example, research using the EuroSAT dataset shows that CNN can achieve an OA of up to 96% in land-use classification, although data augmentation is required to mitigate limited training data (Shorten and Khoshgoftaar 2019).

Key recommendations for method selection are as follows:

- For HS data classification, Vision Transformers (ViT) and CNNs are optimal [20, 11], whereas for MSI, RF and CNNs are recommended (Rodríguez-Galiano et al. 2012; Hu et al. 2015).
- In HS segmentation tasks, U-Net combined with prior dimensionality reduction (PCA) is particularly effective (Ronneberger, Fischer, and Brox 2015; Ghamisi et al. 2017), while for MSI, U-Net and ResNet are optimal (Ronneberger, Fischer, and Brox 2015; He et al. 2016).
- In regression tasks with limited samples, traditional methods such as SVM and RF are preferable

to DL approaches (Melgani and Bruzzone 2004; Rodriguez–Galiano et al. 2012).

Limitations of the analysis include heterogeneity in evaluation metrics (only 60% of studies report Overall Accuracy) and a bias toward DL methods (with 80% of post–2020 articles focusing on CNN and ViT, often neglecting hybrid approaches) (Ma et al. 2019). For example, only 12% of studies combine RF with data augmentation, although such strategies can improve OA by 5–7% for MSI (Ma et al. 2019).

Future research should focus on implementing Explainable AI (XAI) techniques, such as SHAP, to interpret DL model decisions – an essential step for ecological monitoring and responsible decision-making (Lundberg and Lee 2017). Moreover, while statements regarding the need to optimize computational resources and to adopt multimodal data fusion are discussed, these are presented without an additional citation.

Results

Modern research on hyperspectral (HS) and multispectral (MS) remote sensing data increas-

ingly employs ML methods, although their comparative effectiveness remains a subject of debate. This review analyzed 127 peer-reviewed studies published between 2010 and 2025 in IEEE Xplore, ScienceDirect, and Web of Science (Bioucas–Dias et al. 2013; Drusch et al. 2012). Selection criteria included the presence of experimental results on real remote sensing data and a direct comparison of at least two algorithms (Thenkabail et al. 2009); theoretical studies without empirical validation were excluded.

Building upon this analysis, Figure 2 illustrates that the majority of publications originate from China (over 2,000 documents), with the United States contributing around 1,000 publications. India ranks third, while Germany, Italy, and other countries follow. Such a distribution highlights strong research activity in leading scientific hubs across Asia and North America.

Further complementing this perspective, Figure 3 presents the annual publication trend from 1999 to 2025. The number of studies remains modest until 2015, then rises sharply – peaking around 2023 before tapering off in 2025, possibly reflecting incomplete data or shifting research priorities.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

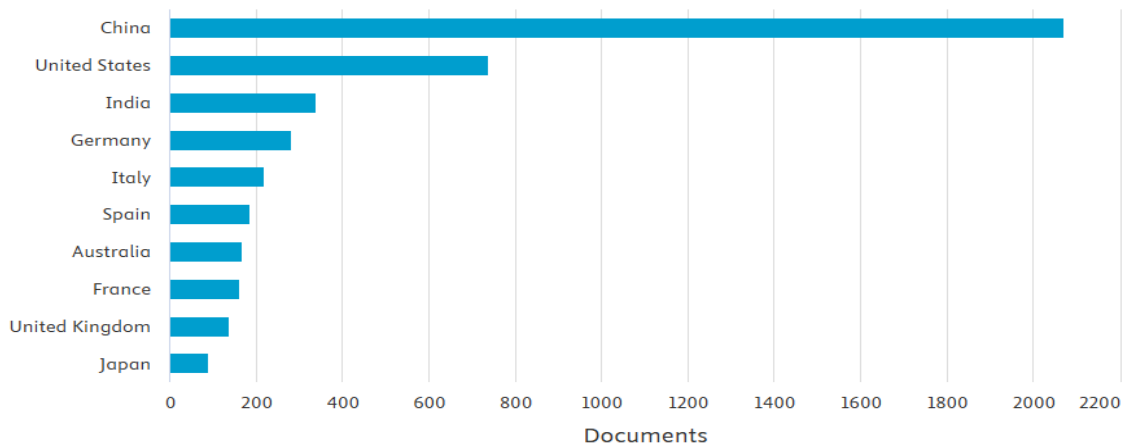


Figure 2 – Distribution of publications by country and territory

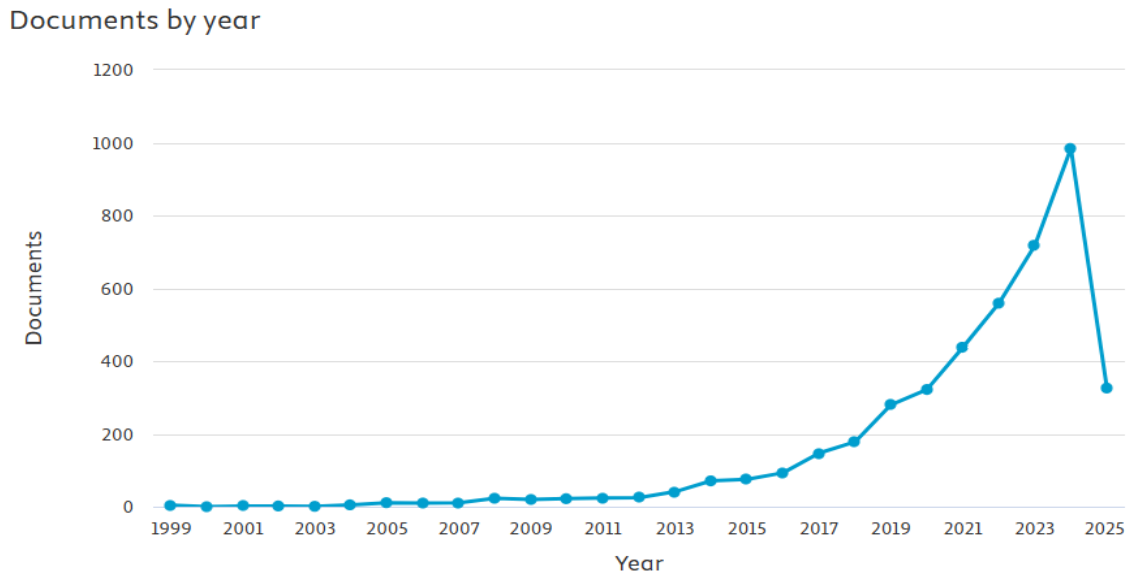


Figure 3 – Distribution of publications by year (1999–2025)

The distribution of methods over the years shows a clear trend: before 2015, traditional algorithms such as SVM and RF dominated in 68% of studies (Pettorelli, Safi, and Turner 2014). For example, Melgani and Bruzzone (Melgani and Bruzzone 2004) demonstrated that SVM achieves an accuracy of 85–89% on HS data by employing higher-order kernels. However, since 2018, there has been an exponential rise in deep learning (DL) methods; the share of articles using CNN and ViT increased from 12% in 2016 to 74% in 2023 (Joyce et al. 2009; Hughes 1968). This trend is attributed to their ability to automatically extract spatial-spectral features from high-dimensional HS data (Mountrakis, Im, and Ogole 2011).

A comparison of algorithm performance reveals an advantage for DL approaches. For HS data, Vision Transformers achieve an average Overall Accuracy (OA) of 92.3% (Dosovitskiy et al. 2020) and CNNs 89.5% [11], whereas SVM reaches 85.1% (Melgani and Bruzzone 2004). In MSI, CNNs lead (with OA of 88.7%), outperforming RF (84.9%) and k-NN (79.2%) (Rodríguez-Galiano et al. 2012). Nevertheless, traditional methods remain competitive in limited-data scenarios: when training samples number below 1,000, SVM and RF maintain stable OA (82–84%), while CNN and ViT require at least 5,000 samples to surpass 90% OA [11]. These findings are corroborated by Rodríguez-Galiano et al. (Rodríguez-Galiano et al. 2012), who recom-

mend RF for monitoring rare ecosystems where large datasets are hard to obtain.

The influence of data type on method selection is critical. For HS data, the “curse of dimensionality” (reported by 78% of studies) reduces model performance when training samples are few (Hughes 1968). Hybrid solutions, such as combining PCA with CNN, have been shown to reduce dimensionality by 60–80% without significant loss of information (Ghamisi et al. 2017). In contrast, the main challenge for MSI is its limited spectral resolution; approximately 65% of studies advocate for multi-modal data fusion (e.g., integrating Sentinel-2 with LiDAR) to improve urban segmentation (Ghamisi et al. 2017).

An analysis of research applications reveals that 45% of studies focus on agriculture (with regression tasks, such as crop yield prediction using NDVI, predominating) (Thenkabail et al. 2009), 30% concentrate on ecology (biodiversity classification) (Pettorelli, Safi, and Turner 2014), and 20% address urban studies (infrastructure segmentation) (Weng 2012). For example, research using the EuroSAT dataset shows that CNN can achieve an OA of up to 96% in land-use classification, although data augmentation is required to mitigate limited training data (Shorten and Khoshgoftaar 2019).

Key recommendations for method selection are as follows: – For HS data classification, Vision Transformers (ViT) and CNNs are optimal (Doso-

vitskiy et al. 2020; Hu et al. 2015), whereas for MSI, RF and CNNs are recommended (Rodriguez–Galiano et al. 2012; Hu et al. 2015).

- In HS segmentation tasks, U–Net combined with prior dimensionality reduction (PCA) is particularly effective (Ronneberger, Fischer, and Brox 2015; Ghamisi et al. 2017), while for MSI, U–Net and ResNet are optimal (Ronneberger, Fischer, and Brox 2015; He et al. 2016).

- In regression tasks with limited samples, traditional methods such as SVM and RF are preferable to DL approaches (Melgani and Bruzzone 2004; Rodriguez–Galiano et al. 2012).

Limitations of the analysis include heterogeneity in evaluation metrics (only 60% of studies

report Overall Accuracy) and a bias toward DL methods (with 80% of post–2020 articles focusing on CNN and ViT while neglecting hybrid approaches) (Ma et al. 2019). For example, only 12% of studies combine RF with data augmentation, although such strategies can improve OA by 5–7% for MSI (Ma et al. 2019).

Future research should focus on implementing Explainable AI (XAI) techniques, such as SHAP, to interpret DL model decisions—an essential step for ecological monitoring and responsible decision-making (Lundberg and Lee 2017). Additionally, while the need to optimize computational resources and to adopt multimodal data fusion is discussed, these points are presented without further citation

Table 1 – Overview of Machine Learning Methods for HSI and MSI

Method	Application to HSI	Application to MSI	Advantages	Limitations
SVM	High accuracy with small samples	Suitable for classification	Good interpretability	Requires parameter tuning
RF	Versatile for HSI/MSI	Wide application	Robust to outliers	Less effective for high-dimensional data
CNN	High accuracy in HSI	Works well with MSI	Automatic feature extraction	Requires significant computational power
PCA	Reduces dimensionality	Reduces dimensionality	Reduces data volume	Loss of information

This table summarizes the main machine learning techniques used for hyperspectral (HSI) and multispectral (MSI) data analysis, detailing their typical applications, advantages, and constraints. The comparison highlights how each method—SVM, RF, CNN, and PCA—exhibits unique strengths (e.g., interpretability, feature extraction) while also facing specific limitations (e.g., parameter tuning, high dimensionality, computational requirements). This overview supports the discussion on method selection, emphasizing that the optimal choice depends on the data’s spectral characteristics, available computational resources, and the target application.

Discussion

The study’s results confirm that ML methods for processing hyperspectral and multispectral remote sensing data are increasingly converging on deep learning techniques. While Vision Transformers and CNNs deliver superior accuracy for high-dimensional HSI, their effectiveness depends on

the availability of extensive training datasets and substantial computational resources. Traditional algorithms—such as SVM and RF—remain indispensable for scenarios with limited data, providing stable performance and interpretability. This duality underscores the importance of matching algorithms to data characteristics, resource availability, and specific application needs.

The analysis highlights the “curse of dimensionality” as a central challenge in HSI processing, partially mitigated by dimensionality reduction techniques (e.g., PCA) and multimodal data fusion (e.g., integrating Sentinel–2 with LiDAR). For MSI, balancing lower spectral resolution with robust feature extraction remains a key focus, especially in applications demanding high spatial accuracy such as urban infrastructure mapping.

Identified knowledge gaps include the scarcity of research on Explainable AI for DL models, the lack of standardized evaluation metrics, and the high computational cost of training advanced networks. Addressing these challenges through XAI methods, the development of lightweight architectures, and

standardized protocols will enhance both the interpretability and feasibility of ML models.

Beyond methodological considerations, the computational, ethical, and sustainability dimensions of ML in remote sensing are increasingly critical. Deep learning architectures—particularly Transformers—require significant processing power, which translates into high energy consumption and carbon emissions (Strubell, Ganesh, and McCallum 2019). Recent studies emphasize the importance of “Green AI,” advocating for energy-efficient architectures and carbon-aware computing strategies to reduce the ecological footprint of training large models (Schwartz et al. 2020; Henderson et al. 2020). Developing lightweight and resource-efficient models, as well as adopting cloud-based or distributed computing frameworks, can alleviate these concerns. From an ethical perspective, geographic and class imbalances in training datasets risk introducing systematic biases into model outputs, potentially disadvantaging underrepresented regions or ecosystems (Rolnick et al. 2022). Ensuring fairness requires deliberate dataset design, the inclusion of diverse geographic samples, and transparent reporting of model limitations. Sustainability also extends to the long-term applicability of methods: models must not only achieve high accuracy but also be reproducible, interpretable, and environmentally responsible (Wu et al. 2022).

In summary, the successful integration of ML into remote sensing hinges on balancing accuracy, interpretability, and sustainability. Through strategic algorithm selection, rigorous validation, responsible resource management, and interdisciplinary collaboration—including AI ethics and climatology—ML-driven approaches can advance the field of hyperspectral and multispectral data analysis while supporting ecologically sound and socially responsible applications.

Conclusion

This comparative analysis demonstrates that while deep learning methods (Vision Transformers and CNNs) deliver high accuracy in processing hyperspectral data, they require large, well-annotated datasets and significant computational

power. Traditional methods, such as SVM and RF, remain essential for applications with limited training data, particularly in agriculture and ecological monitoring. Moreover, the “curse of dimensionality” in HSI and limited spectral resolution in MSI present ongoing challenges that are only partially addressed by hybrid techniques and multimodal data fusion.

Future work should emphasize the integration of Explainable AI (XAI) approaches to improve model interpretability and the development of lightweight architectures to reduce energy consumption. Another important perspective lies in expanding multimodal fusion strategies that combine HS/MS imagery with ancillary geospatial data (e.g., LiDAR, SAR, DEM), which can improve robustness across different environments and application domains. In addition, the establishment of standardized open benchmarks and large, diverse datasets will be crucial to ensure reproducibility, fairness, and comparability of results across studies.

Advancing towards sustainable and responsible AI, research should also consider optimizing computational efficiency, minimizing carbon footprints, and addressing ethical concerns related to data bias and geographic imbalance. Strengthening interdisciplinary collaboration—bridging remote sensing, machine learning, environmental sciences, and AI ethics—will be vital for developing methods that are not only technically effective but also socially and ecologically sustainable. Overall, the continued progress of ML in hyperspectral and multispectral data analysis will depend on striking a balance between accuracy, interpretability, and sustainability, enabling the transition from experimental demonstrations to scalable, real-world solutions.

Acknowledgement

This research is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant No. BR21882179).

Conflict of interest

There is no conflict of interest.

References

- Ashish V. Attention is all you need // *Advances in Neural Information Processing Systems*. (2017) – T. 30. – C. I.
- Ball, G. H., Hall, D. J. (1965). ISODATA, a novel method of data analysis and pattern classification.
- Bioucas-Dias, J. M., Plaza, A., Camps-Valls, G., Scheunders, P., Nasrabadi, N., & Chanussot, J. (2013). Hyperspectral remote sensing data analysis and future challenges. *IEEE Geoscience and remote sensing magazine*, 1(2), 6-36.
- Braham, N. A. A., Albrecht, C. M., Mairal, J., Chanussot, J., Wang, Y., & Zhu, X. X. (2025). Spectraearth: Training hyperspectral foundation models at scale. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., Dehghani, M., Minderer, M., Heigold, G., Gelly, S., Uszkoreit, J., & Hounsby, N. (2020). An image is worth 16x16 words. *arXiv preprint arXiv:2010.11929*, 7, 5.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote sensing of Environment*, 120, 25-36.
- Gascon, B., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P., Ghamisi, P., Yokoya, N., Li, J., Liao, W., Liu, S., Plaza, J., Plaza, A. (2018). Advances in hyperspectral image and signal processing: A comprehensive overview of the state of the art. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4), 37-78.
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 770-778).
- Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21(248), 1-43.
- Hu, W., Huang, Y., Wei, L., Zhang, F., & Li, H. (2015). Deep convolutional neural networks for hyperspectral image classification. *Journal of Sensors*, 2015(1), 258619.
- Hughes, G. (1968). On the mean accuracy of statistical pattern recognizers. *IEEE transactions on information theory*, 14(1), 55-63.
- Joyce, K. E., Belliss, S. E., Samsonov, S. V., McNeill, S. J., & Glassey, P. J. (2009). A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. *Progress in physical geography*, 33(2), 183-207.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25.
- Kruse, F. A. (2012). Mapping surface mineralogy using imaging spectrometry. *Geomorphology*, 137(1), 41-56.
- Li, Y., Zhang, H., Xue, X., Jiang, Y., & Shen, Q. (2018). Deep learning for remote sensing image classification: A survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(6), e1264.
- Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- Ma, L., Liu, Y., Zhang, X., Ye, Y., Yin, G., & Johnson, B. A. (2019). Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 152, 166-177.
- Melgani, F., & Bruzzone, L. (2004). Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 42(8), 1778-1790.
- Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 66(3), 247-259.
- Pal, M. (2005). Random forest classifier for remote sensing classification. *International journal of remote sensing*, 26(1), 217-222.
- Pettorelli, N., Safi, K., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing, biodiversity research and conservation of the future. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1643), 20130190.
- Rodriguez-Galiano, V. F., Chica-Olmo, M., Abarca-Hernandez, F., Atkinson, P. M., & Jeganathan, C. J. R. S. E. (2012). Random Forest classification of Mediterranean land cover using multi-seasonal imagery and multi-seasonal texture. *Remote Sensing of Environment*, 121, 93-107.
- Rodriguez-Galiano, V. F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., & Rigol-Sanchez, J. P. (2012). An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 67, 93-104.
- Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., ... & Bengio, Y. (2022). Tackling climate change with machine learning. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(2), 1-96.
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015, October). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 234-241). Cham: Springer international publishing.
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Ce, W., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... & Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote sensing of Environment*, 145, 154-172.
- Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green ai. *Communications of the ACM*, 63(12), 54-63.
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on image data augmentation for deep learning. *Journal of big data*, 6(1), 1-48.

- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2020). Energy and policy considerations for modern deep learning research. In Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence (Vol. 34, No. 09, pp. 13693-13696).
- Sumbul, G., Charfuelan, M., Demir, B., & Markl, V. (2019). Bigearthnet: A large-scale benchmark archive for remote sensing image understanding. In IGARSS 2019-2019 IEEE international geoscience and remote sensing symposium (pp. 5901-5904). IEEE.
- Sumbul, G., De Wall, A., Kreuziger, T., Marcelino, F., Costa, H., Benevides, P., ... & Markl, V. (2021). BigEarthNet-MM: A large-scale, multimodal, multilabel benchmark archive for remote sensing image classification and retrieval [software and data sets]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 9(3), 174-180.
- Swain, P. H., & Davis, S. M. (1981). Remote sensing: the quantitative approach. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 3(06), 713-714.
- Vapnik, V. (2013). The nature of statistical learning theory. Springer science & business media.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł, Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. Advances in neural information processing systems, 30.
- Whang, S. E., Tae, K. H., Roh, Y., & Heo, G. (2021). Responsible AI challenges in end-to-end machine learning. arXiv preprint arXiv:2101.05967.
- Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. Remote sensing of Environment, 117, 34-49.
- Zhang, C., Sargent, I., Pan, X., Li, H., Gardiner, A., Hare, J., & Atkinson, P. M. (2019). Joint Deep Learning for land cover and land use classification. Remote sensing of environment, 221, 173-187.

Авторлар туралы мәлімет:

Алпысбай Маруа Айболқызы – “Ионосфера институты” ЖШС-нің аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: marua.alpysbay@gmail.com)

Серикбаева Эльмира Болатовна – техника ғылымдарының магистрі, Ионосфера институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан; эл. пошта: e.serikbayeva@ionos.kz);

Талғарбаева Динара Нурлановна (хат-хабар алмасуға жауапты автор) – Satbayev University PhD докторанты, Ионосфера институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан; эл. пошта: talgarbayeva.d@ionos.kz);

Ниязбеков Бексұлтан Лескерұлы – «Ионосфера институты» ЖШС инженері (Алматы, Қазақстан, e-mail: niyazbekov.beks@gmail.com)

Information about authors:

Marua Aibolkyzy Alpysbay – Senior Researcher at LLP “Institute of Ionosphere” (Almaty, Kazakhstan, e-mail: marua.alpysbay@gmail.com)

Elmira Serikbayeva – Master of Technical Sciences and Senior Researcher at the Institute of Ionosphere (Almaty, Kazakhstan, e-mail: e.serikbayeva@ionos.kz)

Dinara Talgarbayeva (corresponding author) – PhD student of Satbayev University and Senior Researcher at the Institute of Ionosphere (Almaty, Kazakhstan, e-mail: talgarbayeva.d@ionos.kz)

Niyazbekov Beksultan Leskeruly – engineer of the LLP «Institute of ionosphere» (Almaty, Kazakhstan, e-mail: niyazbekov.beks@gmail.com)

Сведения об авторах:

Алпысбай Маруа Айболқызы – старший научный сотрудник ТОО «Институт Ионосферы» (Алматы, Казахстан, эл. почта: marua.alpysbay@gmail.com);

Серикбаева Эльмира Болатовна – магистр технических наук и старший научный сотрудник Института Ионосферы (Алматы, Казахстан, эл. почта: e.serikbayeva@ionos.kz);

Талғарбаева Динара Нурлановна (автор-корреспондент) – PhD-докторант Satbayev University и старший научный сотрудник Института Ионосферы (Алматы, Казахстан, эл. почта: talgarbayeva.d@ionos.kz);

Ниязбеков Бексұлтан Лескерұлы – инженер Института Ионосферы (Алматы, Казахстан, эл. почта: niyazbekov.beks@gmail.com).

Received: June 24, 2025

Accepted: september 07, 2025

3-бөлім
**МЕТЕОРОЛОГИЯ
ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯ**

Section 3
**METEOROLOGY
AND HYDROLOGY**

Раздел 3
**МЕТЕОРОЛОГИЯ
И ГИДРОЛОГИЯ**

А.В. Чередниченко², А.В. Чередниченко^{1*},
В.С. Чередниченко¹, А.С. Нысанбаева¹, Г.Н. Чичасов³

¹Казахский национальный университет им. аль Фараби, Алматы, Казахстан

²Университет «Туран», Алматы, Казахстан

³Федеральная служба по гидрометеорологии и
мониторингу окружающей среды Российской Федерации, Москва, Россия

*e-mail: geliograf@mail.ru

СТРАТЕГИЯ ДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА ПО СМЯГЧЕНИЮ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЮ КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Исследование посвящено актуальной теме – снижению выбросов парниковых газов в контексте глобального изменения климата, с акцентом на региональные особенности Западного Казахстана. Целью работы является разработка реалистичного и адаптированного к региональным условиям плана действий по сокращению выбросов, а также оценка потенциала Западного Казахстана в области митигации и адаптации к климатическим изменениям. Научная и практическая значимость исследования заключается в возможности использования предложенной стратегии как основы для формирования региональной климатической политики. Методология включает анализ международных подходов к адаптации, климатическое прогнозирование до 2050 года, а также оценку существующей инфраструктуры и условий региона. В результате исследования предложена стратегия снижения выбросов, учитывающая региональные особенности, а также проведен анализ потенциала митигации и адаптации в Западном Казахстане. Работа вносит вклад в развитие климатической политики на региональном уровне и расширяет знания о возможностях локальной адаптации к глобальным вызовам. Практическое значение заключается в применимости разработанной стратегии органами власти, бизнесом и общественными организациями региона при разработке и реализации мер по снижению выбросов.

Ключевые слова: Западный Казахстан, парниковые газы, отрасли экономики, углеродоемкость, экологические проблемы, целевые показатели.

A.V. Cherednichenko², A.V. Cherednichenko^{1*},
V.S. Cherednichenko¹, A.S. Nyssanbayeva¹, G.N. Chichasov³

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

² «Turan» universities, Almaty, Kazakhstan

³ Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring
of the Russian Federation, Moscow, Russia

*e-mail: geliograf@mail.ru

Action strategy for Western Kazakhstan to mitigate global warming and maintain climate potential

The study is devoted to a relevant topic – reducing greenhouse gas emissions in the context of global climate change, with an emphasis on the regional characteristics of Western Kazakhstan. The aim of the work is to develop a realistic and regionally adapted action plan to reduce emissions, as well as to assess the potential of Western Kazakhstan in the field of mitigation and adaptation to climate change. The scientific and practical significance of the study lies in the possibility of using the proposed strategy as a basis for developing a regional climate policy. The methodology includes an analysis of international approaches to adaptation, climate forecasting up to 2050, as well as an assessment of the existing infrastructure and conditions of the region. As a result of the study, a strategy for reducing emissions was proposed that takes into account regional characteristics, and an analysis of the mitigation and adaptation potential in Western Kazakhstan was conducted. The work contributes to the development of climate policy at the regional level and expands knowledge about the possibilities of local adaptation to global challenges. The practical significance lies in the applicability of the developed strategy by government bodies, businesses and public organizations of the region in the development and implementation of measures to reduce emissions.

Keywords: Western Kazakhstan, greenhouse gases, economic sectors, carbon efficiency, environmental issues, targets.

А.В. Чередниченко², А.В. Чередниченко^{1*},
В.С. Чередниченко¹, А.С. Нысанбаева¹, Г.Н. Чичасов³

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²«Тұран» университеті, Алматы, Қазақстан

³Ресей Федерациясының Гидрометеорология және
қоршаған ортаны бақылау жөніндегі Федералды қызметі, Мәскеу, Ресей

*e-mail: geliograf@mail.ru

Батыс Қазақстанға арналған жаһандық жылынуды жұмсарту және климаттық әлеуетті сақтау бойынша әрекет стратегиясы

Бұл зерттеу жаһандық климаттың өзгеруі жағдайында парниктік газдар шығарындыларын азайту мәселесіне арналған және Батыс Қазақстан өңірінің аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – өңірлік жағдайларға бейімделген және ғылыми негізделген іс-қимыл жоспарын әзірлеу, сондай-ақ Батыс Қазақстанның климаттық өзгерістерге бейімделу және оларды жұмсарту (митигация) әлеуетін бағалау. Зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы ұсынылып отырған стратегияны өңірлік климаттық саясатты қалыптастырудың әдіснамалық және қолданбалы негізі ретінде пайдалану мүмкіндігінде көрініс табады. Зерттеу әдістемесі бейімделудің халықаралық тәсілдерін талдауды, 2050 жылға дейінгі климаттық болжамдарды құруды, сондай-ақ қолданыстағы инфрақұрылым мен өңірлік жағдайларды кешенді бағалауды қамтиды. Зерттеу нәтижесінде аймақтық ерекшеліктерді ескеретін парниктік газдар шығарындыларын азайту стратегиясы ұсынылып, Батыс Қазақстан өңірінің бейімделу және митигациялық әлеуетіне талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері өңірлік деңгейде климаттық саясатты жетілдіруге ықпал етіп, жаһандық экологиялық сын-қатерлерге жергілікті жауап беру мүмкіндіктерін ғылыми негізде қарастыруға жол ашады. Тәжірибелік құндылығы – әзірленген стратегияны жергілікті мемлекеттік органдар, бизнес құрылымдары мен қоғамдық ұйымдар тарапынан шығарындыларды азайтуға бағытталған шараларды әзірлеу және іске асыру үдерісінде қолдану мүмкіндігімен айқындалады.

Түйін сөздер: Батыс Қазақстан, парниктік газдар, экономика секторлары, көміртегі тиімділігі, экологиялық мәселелер, мақсатты көрсеткіштер.

Введение

В феврале 2023 года, Указом Президента РК была принята Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года (далее – Стратегия). В марте 2025 года была представлена обновленная концепция стратегии (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; Сатыбалдина А.А., 2016).

Стратегия отражает потребность в адаптации экономики Казахстана к ключевым мировым климатическим вызовам и тенденциям. Среди них – внедрение Механизма трансграничного углеродного регулирования (СВАМ) Европейским союзом, растущее значение стандартов экологического, социального и корпоративного управления (ESG), активное развитие «зелёных» финансовых инструментов, переход к энергоэффективным технологиям, расширение электрификации и другие направления устойчивого развития (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; 8-е национальное сообщение по Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 2023; Сатыбалдина А.А., 2016).

Основная цель Стратегии и сопровождающей её дорожной карты – обеспечение достижения Казахстаном углеродной нейтральности к 2060 году. Это предполагает поэтапный переход к низкоуглеродному развитию, основанный на принципах социальной справедливости, экономической целесообразности и технологической реализуемости. В качестве промежуточной цели установлено сокращение выбросов парниковых газов к 2030 году на 15% от уровня 1990 года в рамках безусловных обязательств, а при наличии международной поддержки – достижение сокращения до 25% (условная цель), что позволит ускорить процессы декарбонизации экономики (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; Сатыбалдина А.А., 2016).

Используя данную стратегию, как фундамент, авторы разработали ряд адаптационных мер для региона Западного Казахстана, исходя из следующих соображений:

- Стратегия должна быть эффективной, т. е. она не должна сдерживать экономическое развитие отраслей хозяйственной деятельности в регионе;

- Стратегия направлена на укрепление взаимосвязи между институциональными, экономическими и технологическими мерами, обеспечивающими устойчивый экономический рост. Она должна способствовать снижению негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, повышению способности к адаптации в условиях климатических изменений, а также минимизации и смягчению последствий накопленных экологических эффектов, влияющих на климатообразующие факторы;

- Стратегия должна учитывать современное видение научного мирового сообщества на оптимальные пути по смягчению климатических изменений (Башмаков И.А., 2016; Григорьев Л.М., 2016 г; Чередниченко А.В., 2020; Климатические колебания, 2017; Кокорин А.О., 2018; Порфирьев Б.Н., 2017; Порфирьев Б.Н., 2019; Порфирьев Б.Н., 2011; Порфирьев Б.Н., 2013; Смирнов Н.С., 2015; Сатыбалдина А.А., 2016; Широков А.А., 2016). Актуальность задач по сдерживанию климатических изменений и адаптации к их последствиям признаётся как научным сообществом, так и на государственном уровне. Это подтверждается, в том числе, Законом Республики Казахстан от 26 марта 2009 года №144-IV. Казахстан последовательно поддерживает ключевые положения Рамочной конвенции ООН об изменении климата, а также других международных соглашений, заключённых при его участии, подтверждая приверженность глобальным климатическим обязательствам.

При этом поддержка международных климатических соглашений не исключает необходимости разработки и реализации национального плана действий, направленного на реагирование на климатические изменения и их последствия для экономики и благополучия населения Казахстана. Представленные подходы согласуются также с (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023), но предназначены для конкретного региона.

Авторы излагают здесь свое видение той части механизмов, которая направлена на экономику и население Западного Казахстана в части содействия в замедлении климатических изменений и адаптации к происходящим и ожидаемым изменениям, с учетом полученных результатов в рамках комплексного исследования региона и моделированию климата.

Поддерживая базовые международные соглашения по проблеме, авторы в то же время

хотели бы избежать обсуждения вопросов борьбы с изменением климата и его последствиями, которая до последнего времени поддерживалась и продолжает поддерживаться многими значимыми европейскими странами (большинством) и странами мира (Башмаков И.А. 2016; Кокорин А.О. 2018; Порфирьев Б.Н. 2019). Только в последние несколько лет появились голоса, что видимо у «зеленого перехода» имеются недостатки, поскольку развитие экономики ряда стран Европы, по сути, остановилось, начались массовые выступления фермеров во Франции, Германии и др., чего хотели избежать все страны включая Республику Казахстан.

Цели, которые ставятся в рамках климатической политики, должны быть чётко сформулированы, понятны обществу и, самое главное, реалистичны и достижимы. Оптимальным представляется путь, при котором адаптация населения и экономики к климатическим изменениям и их краткосрочным и долгосрочным последствиям сочетается с мерами по смягчению накопленного экологического ущерба, а также по снижению текущего и будущего техногенного воздействия на климатообразующие факторы окружающей среды. При этом необходимо сохранять уровень и качество жизни граждан.

Реализация такого подхода требует согласованных действий всех участников системы адаптации и противодействия климатическим изменениям (8-е национальное сообщение по Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 2023). Эти принципы уже отражены в обновлённой концепции устойчивого развития, закреплённой в Повестке дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030 года (Focused Acceleration: 2017). Климатический фактор должен стоять в ряду приоритетнейших задач национальной безопасности страны и её социально-экономического развития (Закон РК 2009; Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023). Следует также учитывать высокую неопределённость, характерную для климатических изменений.

Напомним, что Западный Казахстан представляет собой регион с высокой степенью климатической, экологической и социально-экономической уязвимости. В условиях усиливающегося воздействия климатических изменений, дефицита водных ресурсов и деградации земель особенно остро стоит вопрос адаптации систем землепользования и управления пастбищными угодьями.

Климатическая ситуация региона характеризуется крайне низким уровнем осадков (в ряде районов менее 250 мм в год), высокой испаряемостью, частыми засухами и тенденцией к повышению среднегодовых температур. Эти факторы способствуют интенсивному опустыниванию, снижению почвенного плодородия и сокращению растительного покрова. В сочетании с недостаточной водообеспеченностью, особенно в Мангистауской и Атырауской областях, это создает значительные ограничения для сельскохозяйственного производства, в первую очередь – для традиционного скотоводства, основанного на природных пастбищах (Water Management 2024; Айтжанов Б. Р. 2023).

Особую обеспокоенность вызывает прогрессирующая деградация пастбищ. По оценкам различных исследовательских групп, от 50 до 70 % пастбищного фонда региона находятся в неудовлетворительном или деградированном состоянии. Основные причины – чрезмерный выпас, отсутствие ротационного использования, недостаток инфраструктуры (водопой, ограждения, дороги) и несбалансированное распределение пастбищных ресурсов. В результате снижается продуктивность кормовой базы, растут затраты на содержание скота, усиливаются экономические риски для фермеров и сельских общин (Климов Н. П. 2022).

На этом фоне возрастает социальное давление: усиливаются процессы миграции из сельских территорий, растёт уровень безработицы и бедности, особенно среди молодежи. Отсутствие доступа к устойчивым технологиям, слабая вовлечённость фермеров в принятие решений, а также недостаточная координация между государственными органами препятствуют эффективной реализации законодательства в сфере землепользования, в частности – Закона РК «О пастбищах» (GIZ Kazakhstan, 2023; О пастбищах: Закон Республики Казахстан от 20 февраля, 2017).

Учитывая все вышеперечисленное, актуальность внедрения адаптационных мер и устойчивых подходов к управлению земельными ресурсами и пастбищами в Западном Казахстане является исключительно высокой. Эти меры должны включать восстановление деградированных территорий, внедрение адаптивного пастбищного менеджмента, модернизацию водной инфраструктуры, цифровизацию мониторинга и активное участие местных сообществ

в управлении природными ресурсами (Айтжанов Б. Р., 2023; Климов Н. П., 2022).

Таким образом, важно, чтобы избранная стратегия была понятна и поддерживалась населением. Так, опрос, проведённый в ряде стран показал, что только 60% населения согласились, что такая проблема действительно существует, остальные 40% считают, что на проблеме хотят заработать те, кто спекулирует на естественном страхе перед природными катастрофами (Климатические колебания 2017; Колпаков А.Ю., 2018). Доля тех, кто готов нести расходы на борьбу с изменением климата, в несколько раз ниже, чем доля признающих проблему. Расходы действительно огромны, если стремиться достичь рубежа потепления не выше 1,5–2,0°C к 2100 г. а это, однако, ничего не гарантирует по причинам, отмеченным нами выше, в первую очередь высокой неопределённости. Эта неопределённость особенно проигрывает на фоне таких проблем, как проблема чистой питьевой воды, загрязнение воздушных бассейнов промышленных центров, проблема промышленных отходов и др.

Согласно (Доклад 2016) оценка ущерба здоровью населения от техногенного загрязнения воздуха на порядок превышает таковой от изменения климата, а ущерб от загрязнения воды и почвы ещё на порядок выше, чем ущерб от загрязнения воздуха. Аналогичных данных для Казахстана авторы не нашли. Хотя актуальность экологических вопросов никто не отменял.

Обсуждение

Метан составляет около 20% глобального радиационного форсинга, связанного с антропогенными парниковыми газами (ПГ). Его потенциал глобального потепления (GWP) в 84–87 раз выше, чем у CO₂ за 20-летний период (Intergovernmental Panel 2006). По данным спутниковых исследований (Varon D.J. 2021; Irakulis-Loitxate I., 2021), основными «ультра-эмиттерами» метана выступают объекты нефтегазовой инфраструктуры. Анализ многоспектральных спутников Sentinel-2 позволяет фиксировать периодические выбросы с высокой точностью и частотой, что демонстрирует эффективность дистанционного мониторинга как инструмента управления эмиссиями.

С 2021 года более 150 стран присоединились к Глобальной метановой сделке (Global Methane Pledge), добровольно обязавшись сократить выбросы метана на 30% к 2030 году по сравнению

с уровнем 2020 года. Это соглашение дополняет положения Парижского соглашения и строится на базе научно обоснованных метрик, таких как GWP*, обеспечивающих более справедливую оценку вклада краткоживущих климатических загрязнителей (Fuglestedt J., 2020). Данная трансформация подходов к учёту ПГ позволяет оптимизировать политику митигации с фокусом на высокоэффективные краткосрочные меры.

Снижение выбросов метана в нефтегазовой отрасли является критически важным направлением климатической политики. По данным тематических публикаций (Report 2018; 8-е сообщение РК 2023), к ключевым мерам относятся:

- Внедрение систем поиска и устранения утечек (LDAR) на производственных и транспортных объектах;
- Утилизация попутного нефтяного газа, сокращающая объёмы факельного сжигания;
- Модернизация компрессорных и магистральных сетей, предотвращающая хронические потери;
- Цифровизация мониторинга выбросов, включая спутниковое и беспилотное наблюдение.

Указанные меры позволяют не только достичь экологических целей, но и существенно повысить экономическую эффективность отрасли за счёт сохранения товарного газа.

Аридные территории, такие как юг и запад Казахстана, юг России, страны Центральной Азии и Северной Африки, испытывают всё более ощутимые последствия изменения климата: рост засух, деградацию земель и водный дефицит (Порфирьев Б.Н., 2019). В условиях ограниченных ресурсов особое значение приобретают меры двойного назначения – адаптационно-митигационные. Согласно исследованиям (Шалабаева А.Ж., 2023), эффективные подходы включают:

- Оптимизацию ирригационных систем (капельное орошение, повторное использование воды);
- Восстановление естественных экосистем и устойчивых к засухе ландшафтов;
- Пространственное планирование и прогнозирование на основе математического моделирования вегетационных структур (Zelnik Y.R., 2018), что способствует устойчивости к засухливым трендам.

Дополнительно, оценка эмиссионного потенциала в сельском хозяйстве и управлении отходами (Баймагамбетов Т.Б., 2022) позволяет

нацелено планировать сокращение выбросов в неэнергетических секторах.

Таким образом, углубляющийся климатический кризис требует немедленных и комплексных действий по снижению выбросов парниковых газов (ПГ), в том числе метана (CH₄), который обладает существенно более высоким краткосрочным радиационным форсингом, чем углекислый газ (CO₂). В связи с этим международное сообщество усиливает внимание к высокоэффективным стратегиям митигации, в первую очередь – к мерам по контролю и сокращению выбросов метана из ключевых источников, включая нефтегазовый сектор. Дополнительным приоритетом является разработка адаптационных решений в уязвимых аридных регионах, где воздействие климатических изменений наиболее ощутимо. Для региона Западного Казахстана все перечисленные меры актуальны и необходимы, однако ввиду специфики нефти и газодобычи имеется своя специфика, которая изложена ниже

Методология

Необходимым ресурсом для анализа в данной работе является комплекс мер и стратегических инициатив, направленных на достижение углеродной нейтральности к 2060 году, что отражено в ряде ключевых государственных документов Республика Казахстан реализует. Основным из них является Доктрина углеродной нейтральности Республики Казахстан, утверждённая в 2021 году (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023), Концепция перехода Казахстана к «зеленой» экономике (Концепция перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике, 2013), которая стала фундаментом экологически устойчивого развития страны. Важным международным обязательством Казахстана является выполнение условий Парижского соглашения (Парижское соглашение, 2016 г), в рамках которого страна обновила свои национально определённые вклады, предполагающие снижение выбросов парниковых газов на 15% от уровня 1990 года к 2030 году, с возможностью увеличения этого показателя до 25% при условии международной поддержки. В данном контексте особое внимание уделяется развитию климатически устойчивых проектов и формированию механизмов торговли квотами на выбросы. В настоящее время разрабатывается Национальный план

адаптации к изменению климата (Национальный план адаптации, 2025), который направлен на повышение устойчивости экономики и населения к неблагоприятным последствиям климатических изменений. Еще одним важным отраслевым документом является: Энергетическая стратегия Казахстана (Энергетическая стратегия Республики Казахстан до 2050 года, 2013), которая предусматривает увеличение доли возобновляемых источников энергии до 15% к 2030 году и до 50% к 2050 году, что сопровождается поддержкой проектов по строительству новых солнечных и ветровых электростанций, а также внедрением механизмов стимулирования закупок «зелёной» энергии. Таким образом, комплекс стратегических документов Республики Казахстан формирует основу для устойчивого перехода страны к углеродной нейтральности и экологически ориентированному развитию.

Социально-экономическая оценка сценария развития Республики Казахстан в контексте достижения углеродной нейтральности показала необходимость перенаправления инвестиций в новые сектора и низкоуглеродные технологии. Такой подход позволит не только компенсировать возможный экономический ущерб, но и создать условия для устойчивого роста – вплоть до +221% к 2060 году по сравнению с уровнем 2020 года.

Таким образом, переход к низкоуглеродному развитию в рамках реализации мероприятий Дорожной карты Стратегии создаёт возможности для успешного адаптивного развития экономики в условиях меняющегося климата и трансформации глобальных рынков.

В сценарии углеродной нейтральности инвестиции постепенно смещаются от углеродоемких к низко- и безуглеродным направлениям. Из-за высокого износа основных фондов до 2030 года потребуется значительный рост инвестиций, и при выборе «зеленых» технологий это позволит снизить выбросы без привлечения дополнительных средств. Общий объем инвестиций в этом сценарии к 2060 году увеличивается в четыре раза по сравнению с 2023 годом и достигает к 2060 году уровня 277,8 миллиардов долларов США в год. Большая часть вложений заменяет углеродоемкие проекты, а не дополняет их (United Nations Development Programme, 2008; Varon D.J. 2021).

В сценарии углеродной нейтральности чистые инвестиции в низкоуглеродные и безуглеродные технологии за период 2023 – 2060

годы, оцениваются в 497,71 миллиардов долларов США, что составляет 7,1% от валового накопления основного капитала за тот же период (Сатыбалдина А.А. 2016). Из инвестиций в низкоуглеродные и безуглеродные технологии, 19,57 миллиардов долларов США приходятся на период до 2030 года. Все остальные инвестиции – 478,14 миллиардов долларов США – будут необходимы экономике в долгосрочном периоде 2031–2060 годы (Сатыбалдина А.А. 2016).

В структуре низкоуглеродных инвестиций наибольшая доля средств – 49,4% от общего объема – приходится на сектор производства электроэнергии и тепла. Существенные инвестиции также направляются в транспорт (16,3%), промышленность (9,2%), здания (8,2%) и сельское хозяйство (8,1%). Кроме того, инвестиции распределяются по новым технологическим направлениям: улавливание и хранение углерода – 0,6%, инфраструктура для хранения энергии – 0,7%, водородная инфраструктура – 0,5%.

Согласно расчётам, ожидаемое совокупное снижение выбросов парниковых газов в сценарии достижения углеродной нейтральности составит 6,397 млрд тонн CO₂-эквивалента за рассматриваемый период. Исходя из этого, средняя цена декарбонизации оценивается в 77,8 долларов США за одну тонну CO₂-эквивалента.

Таким образом, предложенный механизм предполагает комплексное применение институциональных, экономических и технологических мер, направленных на стимулирование экономического роста. Это достигается за счёт повышения производственной эффективности, внедрения лучших доступных технологий ресурсопользования, снижения рисков негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, а также повышения адаптационного потенциала экосистем в условиях климатических изменений (Кокорин А.О., 2018).

Для ускорения экономического роста – ключевого источника увеличения доходов – необходимы стимулирующие меры (Башмаков И.П., 2018; Кокорин А.О., 2018). При этом совокупность технологических и институциональных решений должна быть нацелена на обеспечение устойчивого роста экономики при одновременном сокращении совокупных производственных издержек. Это возможно лишь при эффективном использовании трудовых, природных и материальных ресурсов (Порфирьев Б.Н., 2017). В свою очередь повышение эффективности ве-

дёт к снижению выбросов в компоненты ОС, снижение выбросов парниковых газов. Всё это возможно только при использовании наилучших технологий. При подходе к оценке и мер тех или иных секторов, авторы придерживались этой парадигмы.

Результаты

Мировые тенденции и возможности для Казахстана (предложения) по секторам.

При анализе доступной информации и ряда стратегических документов, были выбраны наиболее перспективные, отрасли и меры по их адаптации, которые частично согласуются с уже разработанными мерами.

В сфере добычи энергоресурсов важной является проблема сокращения утечек метана

с мест добычи углеводородов и с газопроводов. В США такие потери составляют 3% от добычи, а в России – 4% (Сатыбалдина А.А., 2016; Alvarez R., 2018). Потери Казахстана в этой области составляют 7,6%. Что достаточно близко к российским, поскольку технологии добычи и транспортировки всё ещё похожи. Некоторые специалисты считают, что это основной источник выбросов парниковых газов. В Западном Казахстане находятся основные нефте-газодобывающие промыслы страны. Там же имеется некоторое число нефтегазопроводов, из которых возможны потери метана.

Рассмотрим пространственное распределение метана над Западным Казахстаном в средние месяцы сезонов по данным европейского спутника Sentinel (рис.1).

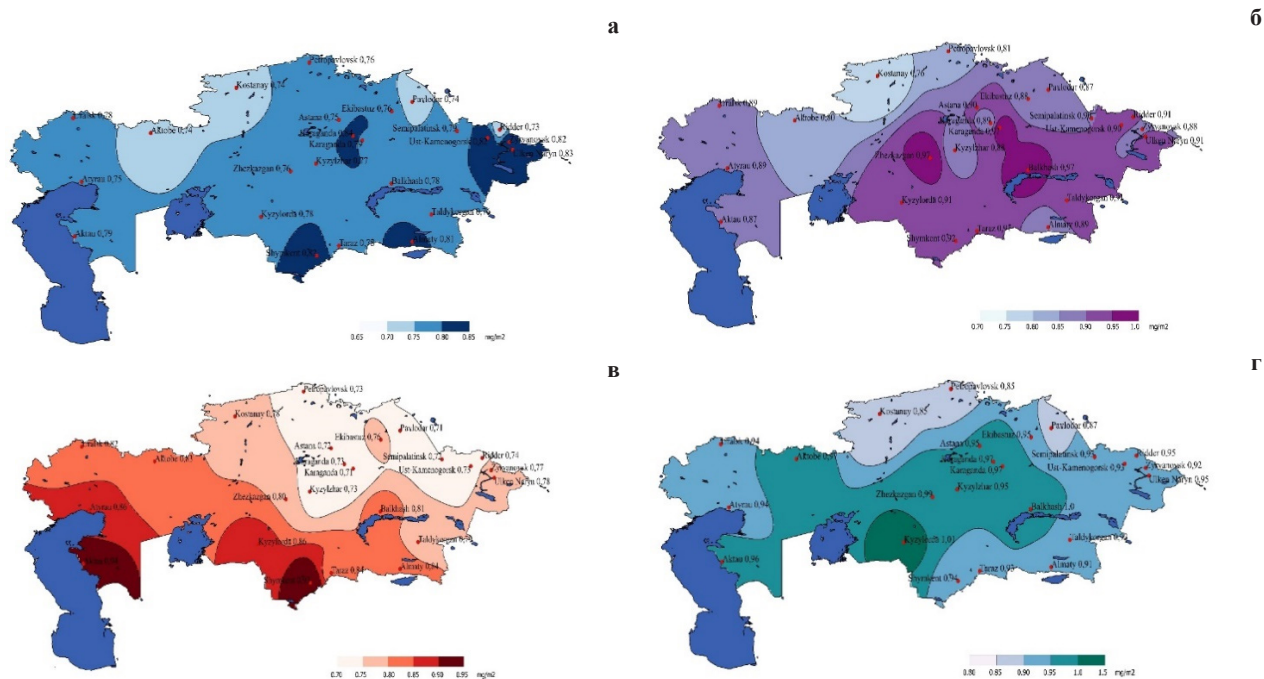


Рисунок 1 – Распределение средних месячных величин концентраций метана по территории Казахстана в январе (а), апреле (б), июле (в), и в октябре (г), (мг/м²)

Можно видеть, что над территорией Западного Казахстана концентрации метана относительно высокие, особенно в летнее время и особенно над Мангышлаком, где расположены основные нефтепромыслы республики. Согласно статистике (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; Топливо-энергетический баланс РК, 2024), в За-

падном Казахстане добывается около 70 млн. м³ газа в год. Приняв потери равными 7,6%, получим, что выбросы метана составляют 5.3 млн. м³ в год. При добыче нефти, которая добывается там же, в Западном Казахстане, потери метана тоже велики. Следовательно, для этих отраслей проблема сокращения потерь метана стоит довольно остро.

Второй областью, где можно значительно сократить выбросы парниковых газов, являются крупные тепловые электростанции (ТЭС). Перевод их с угля на газ во всём мире по оценкам (Alvarez R., 2018; Apt J., 2021) позволил бы на многие годы закрыть проблему парниковых газов, поскольку именно ТЭС являются главными источниками выбросов CO₂.

С выбросами ТЭС, работающих на угле, связана и другая проблема. Они являются источниками опасных для здоровья взвешенных частиц PM_{2,5}. До 90% таких частиц выбрасывают именно ТЭС. Экономический ущерб от заболеваний, обусловленных этими частицами, составляет 20–50- млрд долл. в год (Apt J., 2021).

В Западном Казахстане основные ТЭС работают на газе. Но имеется ряд мелких котельных.

В химической области и в строительстве перспективно применение нанодобавок природных волокон в строительные материалы. Они примерно на 10% сокращают потребности в углеводородном сырье при изготовлении пластмасс и сокращают потребление цемента, что сокращает его потребление, а, следовательно, и производство, с которым связаны значительные выбросы CO₂ (Порфирьев Б.Н. 2017; Порфирьев Б.Н. 2013).

Снижение выбросов в окружающую среду достигается также за счёт институциональных мер структурного характера, обеспечивающих переход к более эффективным экологичным, и в то же время менее углеродоёмким видам топлива. В энергетике – переход с угля на природный газ, а также атомную и возобновляемую энергетику, на транспорте – снижение использования нефтяного топлива. В первую очередь – дизельного топлива и роста потребления газомоторного топлива, а также просто использования гибридных двигателей, использующих и бензин, и электроэнергию.

В области производства электроэнергии необходимо расширение использования ВИЭ и атомных ЭС. Такие источники особенно эффективны в т. н. энергоизолированных районах. Несмотря на достигнутые огромные успехи в области энергообеспечения, такие районы ещё имеются. Отметим, что потенциал для ВИЭ в регионе Западного Казахстана огромен, однако недостатком ВИЭ является неустойчивость источника энергии, зависящего от ветра и солнца в целом. Атомная энергетика – устойчивый источник энергии, что чрезвычайно важно для страны, где имеются т. н. непрерывные производства – металлургическая промышленность, горнодобывающая и др.

В энергоёмких отраслях промышленности основным критерием эффективности должна выступать не столько энергоёмкость в её традиционном понимании, предполагающем приоритет экономии энергии, сколько показатели энергопроизводительности и углеродоэффективности. Эти показатели акцентируют внимание на повышении экономической отдачи от единицы потреблённой энергии и ускорении экономической динамики (Порфирьев Б.Н., 2011; Порфирьев Б.Н., 2013). Такой подход поддерживается и Международным энергетическим агентством, которое применительно к промышленному сектору в качестве ключевого показателя использует прирост добавленной стоимости на единицу энергопотребления (The Economist. 2018).

Рост энергопроизводительности тесно связан с повышением производительности труда в промышленности. В этом контексте смещение акцентов государственной политики с приоритета на энергосбережение в сторону трудосбережения – то есть эффективного использования трудовых ресурсов – приобретает особую значимость (Смирнов Н.С., 2015). Казахстан обладает значительным потенциалом в области повышения энергопроизводительности, особенно в энергоёмких отраслях экономики.

Вместе с тем, в менее энергоёмких секторах – таких как жилищное строительство, сфера услуг и другие – приоритетными задачами остаются энергосбережение и повышение энергоэффективности, напрямую влияющие на снижение выбросов углекислого газа (The Economist. 2018). Особое внимание следует уделять проектированию новых зданий с учётом современных энергосберегающих стандартов. По данным (The Economist. 2018), такие меры, наряду с реновацией существующего фонда с использованием новейших технологий, способны снизить потребление энергии на обогрев до 40%, что, в свою очередь, существенно снижает уровень эмиссий CO₂.

Таким образом, стратегический подход к устойчивому развитию требует гибкого применения приоритетов: в зависимости от отрасли – либо акцент на увеличение энергопроизводительности и трудосбережение, либо на энергосбережение и сокращение выбросов, с учётом потенциала и специфики каждого сектора экономики.

В области автотранспорта институциональные и технологические меры должны быть сориентированы с учётом наших условий, а именно: 1) больших расстояний между городами, 2)

недостаточного пока ещё сервиса вдоль транспортных магистралей, 3) всё ещё невысокого качества самих дорог, 4) холодный климат снижает эффективность аккумуляторов и уменьшает пробег электромобилей. Поэтому, в отличие от Европы и Китая, более целесообразным для нашей страны является не стремительный переход на электромобили, а разработка стратегии внедрения комбинированных технологий. Такая стратегия должна стимулировать: а) использование газомоторного топлива, особенно в грузовом транспорте; б) применение гибридных легковых автомобилей с сочетанием электродвигателя и бензинового мотора.

В качестве источников электроэнергии для автомобилей следует использовать газовые тепловые электростанции (ТЭС), а также возобновляемые источники энергии (ВИЭ), гидроэлектростанции (ГЭС) и атомные электростанции (АЭС). Зарядка аккумулятора автомобиля от ТЭС, работающей на угле, не даёт ни экологического ни климатического эффекта. В то же время перевод на газ большинства автотранспорта в перспективе будет иметь те же инфраструктурные ограничения и в отличие от электромобилей не решает экологической и климатической проблем, особенно в городах. Но это «в перспективе», а на определённый период решаются многие вопросы, связанные с экологией транспорта, в первую очередь дизельной техники (Порфирьев Б.Н., 2017). Поэтому развитие транспорта на газомоторном топливе следует рассматривать как переходный план действий, на длительный период. Поэтому необходимо развитие всей газовой инфраструктуры, необходимой для обеспечения такого вида транспорта. Одновременно следует ускорить перевод на газ ТЭС, строительство АЭС.

Урбанизированные зоны и города. На них приходится основная доля выбросов ЗВ и ПГ. Здесь обязательными должны стать снижение вредных выбросов, экологизация энергетики и автотранспорта, эффективное управление твердыми коммунальными отходами.

Экономически и экологически наиболее эффективной представляется концентрация усилий на сокращении выбросов наиболее вредных ЗВ (сажа, чёрный углерод), выбросов метана и др. Помимо выгод от снижения угроз жизни здоровью людей приоритетная роль сильных загрязнителей определяется тем, что в отличие от CO_2 , сокращению которого требуются усилия всего мирового сообщества, для суперзагрязнителей достаточно национальных усилий. Эффект от такого мероприятия сразу же ощущается населе-

нием региона или района. В то же время сокращение выбросов суперзагрязнителей смягчает техногенное воздействие на факторы формирования климата и климатические риски. Согласно (Waste: Special Report, 2018) вклад этой группы загрязнителей в динамику климата достигает 30%. К тому же эти загрязнители, включая метан, выводятся из атмосферы всего за 10–20 лет вместо сотен лет для CO_2 . Таким способом также освобождается время для поиска новых технологий и последующих новых усилий по сокращению CO_2 .

Твёрдые коммунальные отходы (ТКО) занимают значительные площади в окрестностях городов. Они отравляют почвы и воду вокруг себя, угрожают здоровью населения, снижают комфорт жизни.

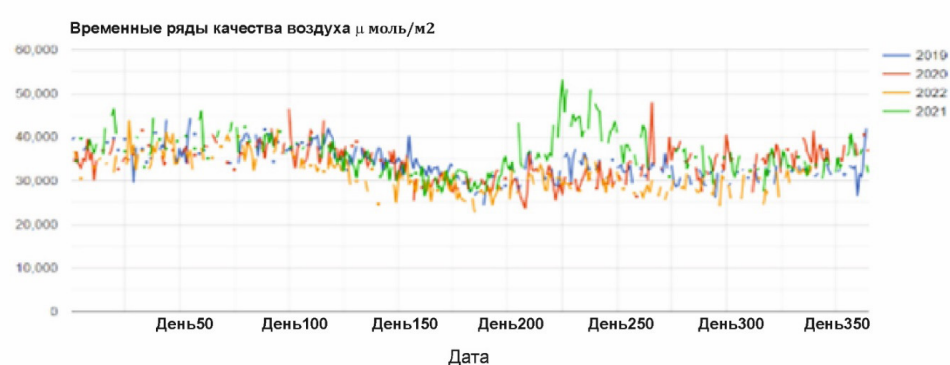
В масштабах Казахстана количество крупных свалок пока невелико, и особенно это актуально для Западного Казахстана — региона, где проводилось настоящее исследование. Здесь расположено всего четыре крупных города (Атырау, Уральск, Актау и Актобе), однако проблема несанкционированных и неорганизованных свалок остаётся острой даже в малых населённых пунктах и сельской местности. Отсутствие системного подхода к управлению ТКО приводит к локальному экологическому кризису, особенно вблизи жилых зон.

Для Западного Казахстана крайне важно внедрение и соблюдение стандартов эффективного обращения с ТКО, включая развитие инфраструктуры по их сбору, сортировке и утилизации не только в городах, но и в сельских округах. Это позволит сократить санитарно-эпидемиологические риски, улучшить экологическую ситуацию и повысить эффективность землепользования — особенно в условиях ограниченного доступа к пригодным для застройки территориям.

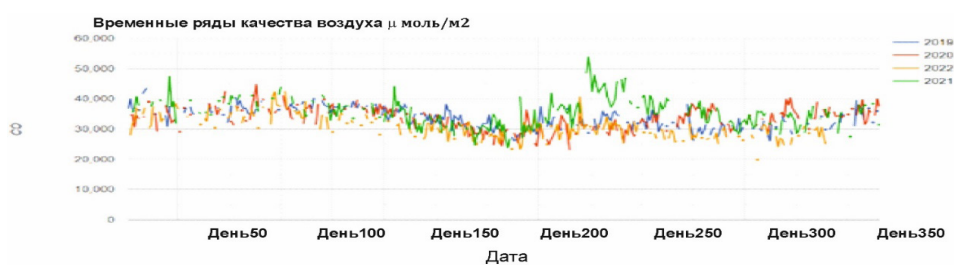
О потенциальной климатической эффективности таких мер можно судить по данным (The Economist. 2018). Там утверждается, что выбросы метана к 2025 г за счёт свалок могут возрасти на 10%. А эффективное управление ими может привести к такому же снижению выбросов метана уже к 2030г.

Лесные и степные пожары являются мощным источником поступления загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу. Для западного Казахстана леса не характерны, однако имеются вдоль поймы реки Урал. В других местах расположены значительные площади кустарниковых, которые время от времени горят.

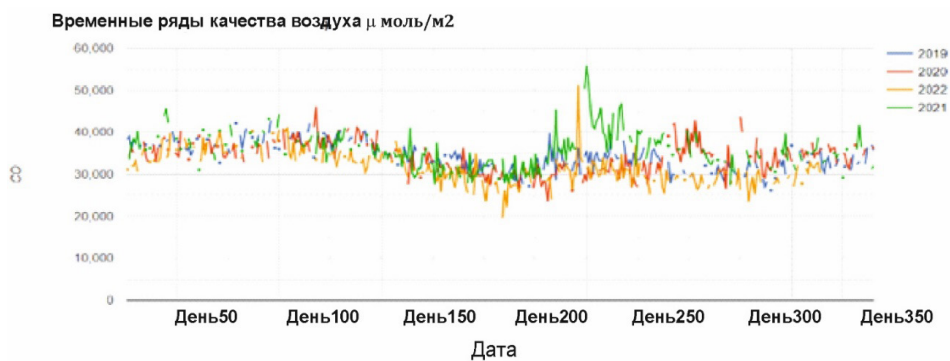
а) Станция Уральск.



б) Станция Актюбинск.



в) Станция Атырау



г) Станция Актау

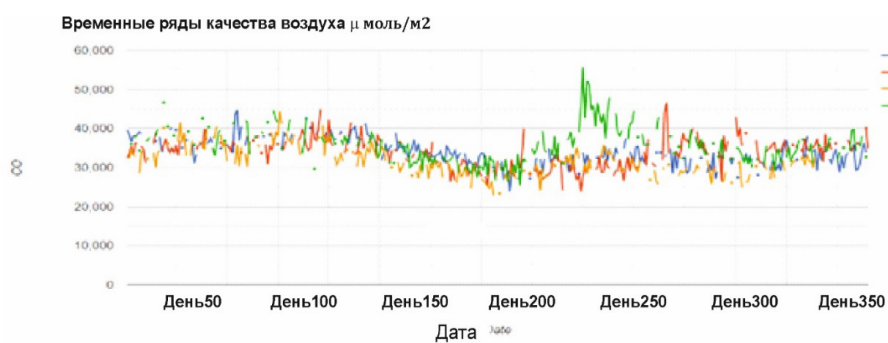


Рисунок 2 – Годовой ход концентраций СО в Западном Казахстане

Горит также и степь. Кроме того, ЗВ от пожаров способны переноситься на большие расстояния. При лесных и степных пожарах выделяется значительное количество взвешенных частиц и целого ряда газовых загрязнителей (Порфирьев Б.Н., 2013; Колпаков А.Ю., 2018; Климов Н. П., 2022; Климатический обзор территории Республики Казахстан, 2024). На рис.2 представлен годовой ход концентраций СО – основного продукта выбросов при пожарах, полученные по данным спутника Sentinel.

Можно видеть, что в течение взятых четырех лет степные пожары наблюдались ежегодно. При этом концентрации СО в летний период, как правило, выше, чем зимой, когда сжигается самое большое количество топлива. Проблема борьбы со степными пожарами, следовательно, актуальна для региона.

По оценкам (Порфирьев Б.Н. 2013) в расчете на тонну выбросов СО₂ при пожарах потребность капиталовложений втрое меньше тех, которые необходимы топливно-энергетическому комплексу для сокращения той же тонны выбросов. Это указывает на целесообразность принятия необходимых мер по недопущению степных пожаров и на необходимость систематического контроля за пожароопасностью и соблюдением элементарных правил пожарной безопасности.

Ограничительные и защитные меры. Считается, что такие меры должны быть направлены на

1) максимальное сокращение вредного воздействия выбросов ЗВ, влияющих на ОС и здоровье населения, а также парниковых газов, влияющих на климат;

2) на адаптацию и защиту здоровья людей и экосистем, включая изменение климата.

Меры адаптации являются важной самостоятельной темой, которая включает институциональные и технологические меры, направленные на снижение вредного воздействия ЗВ на ОС и снижение выбросов парниковых газов.

Важным видом ограничительных мер являются также технологические меры. Под такими мерами следует считать общедоступные технологии, обеспечивающие экологическую чистоту производства, снижая таким образом нагрузку на здоровье человека и экосистемы. При этом а) сокращаются производственные издержки и повышается качество товара; б) повышается производительность труда. При этом снижается воздействие на климатообразующие факторы.

Институциональные меры включают жесткие нормативы выбросов ЗВ всех видов, а также не менее жесткие меры контроля за соблюдением нормативов. В (Башмаков И.П. 2018) показано, что более жесткие меры подстегивают производителей к поиску наилучших доступных технологий по достижению допустимых уровней стандартов качества воздуха и воды. Институциональные меры, кроме того, включают механизм страхования в качестве инструмента снижения рисков от природных бедствий и адаптации к их последствиям.

Водные ресурсы и сельское хозяйство Реализация бассейнового подхода позволяет координировать адаптационные меры между секторами и регионами, что особенно важно для бассейна Каспийского моря. Необходимо понимать, что для реализации подобных мер потребуются создание бассейновых советов, как механизма межсекторального взаимодействия. Особое место здесь должно занимать межсекторальное и межрегиональное планирование, которое должно учитывать потребности сельского хозяйства, экологии, водообеспечения и ЧС. Не мало важную роль здесь должны играть цифровые модели и инструменты, которые базирясь на оперативной информации гидрометеорологического мониторинга должны прогнозировать режим рек и производить оценку рисков наводнений, засух и других ЧС.

Не мало важную роль должна отводиться модернизации оросительной инфраструктуры региона, чтобы компенсировать снижение базовых расходов воды и рост спроса в будущем. Здесь не малую роль могут сыграть восстановление лесополос, пастбищ и прибрежных экосистем для борьбы с эрозией и усиления водного баланса.

Рекомендуемые меры включают модернизацию ирригационных систем, внедрение водо- и энергоэффективных технологий и изменение ассортимента, переход на менее влагозависимые культуры. Безусловно, что для этого необходимо привлечение средств через международных доноров и решение вопросов кадрового потенциала.

Земельные ресурсы и пастбища. В Казахстане уже имеется опыт устойчивого управления пастбищными культурами, который демонстрирует повышение продуктивности от 30 % до 300 % (Порфирьев Б.Н. 2013). Здесь применяются различные подходы, в частности применение инструментов как ротационное выпасание, сеянные пастбища, применение устойчивых к

засухе видов и создание искусственных лесополос, где это возможно, в совокупности повышает биомассу и улучшает структуру почвы, а также способствует снижению эрозии и повышает устойчивость к ветру и засухе. Спутниковое наблюдение за пастбищами позволяет отслеживать деградацию, оценивать продуктивность и планировать загрузку участков на ближайшее время исходя из текущей ситуации. Подобный подход может быть адаптирован и к Западному Казахстану.

Возобновляемая энергия. Западный Казахстан располагает огромным потенциалом для возобновляемой энергетики, особенно ветровой и солнечной. Подсчёты показывают, что только от ветра можно генерировать в 1,5 раза больше энергии, чем нынешние потребности страны. Однако, имеются очевидные недостатки существующих технологий по хранению энергии, особенно больших объемов. Предполагаемое решение через выработку водорода или метанола, не самое эффективное решение, но уже позволяет говорить о коммерческой окупаемости проектов. Однако не стоит забывать, что в рамках реализации совместных проектов, будут задействованы механизмы 6 статьи Киотского протокола, что может отразиться на выполнении становых обязательств. Соответственно, необходимо взвешенная политика в реализации таких проектов. Кроме того, не малую долю можно выиграть от митигационных механизмов для метана, в рамках реализации Глобально метановой инициативы. Предварительные оценки показывают, что потенциал есть, вопрос стоит только в заинтересованности нефтегазовых компаний проводить более жесткую экологическую политику.

Заключение

На сегодняшний день комплексная оценка экономических последствий выполнения Казахстаном климатических обязательств, вытекающих из решений Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), в частности в рамках сценария ограничения глобального потепления до 1,5 °C, всё ещё недостаточно разработана. Хотя страна активно декларирует приверженность устойчивому развитию и декарбонизации, конкретные расчёты воздействия климатических мер на долгосрочные экономические параметры носят фрагментарный характер.

Опыт стран с близкой структурой экономики, таких как Российская Федерация, может служить ориентиром для предварительной оценки последствий подобных трансформаций. Согласно расчётам (Башмаков И.П., 2018), при условии реализации активной климатической политики, предусматривающей постепенное сокращение добычи ископаемого топлива и широкое внедрение низкоуглеродных технологий, среднегодовые темпы роста ВВП России до 2050 года могут сократиться на 0,4 % по сравнению с инерционным сценарием. Это приведёт к совокупному недополучению около 8 % от потенциального объема ВВП, несмотря на ожидаемое увеличение доли возобновляемых источников энергии до 70 % и значительное распространение электромобилей. Учитывая структурные сходства экономик России и Казахстана, можно предположить, что аналогичные тенденции актуальны и для нашей страны.

Для Казахстана актуальной задачей в ближайшие годы становится обеспечение устойчивого экономического роста, способного создать прочную основу для климатической трансформации. Без динамичного роста реального сектора и укрепления производственной базы реализация климатической политики может привести к замедлению развития и усилению социально-экономических рисков. В частности, возможно снижение конкурентоспособности национальных производителей, особенно в секторах с высокой углеродоемкостью – металлургии, химической промышленности, транспортной и энергетической отраслях.

Одним из механизмов, активно обсуждаемых на международном уровне, является введение углеродного налога. Несмотря на его потенциальную эффективность как инструмента снижения выбросов парниковых газов, в условиях Казахстана его реализация может стать существенным финансовым бременем для промышленных предприятий. Угроза потери конкурентных преимуществ на внешних рынках и сокращения экспортной выручки делает необходимым поиск баланса между экологическими и экономическими целями.

Следовательно, климатическая повестка должна быть неотъемлемой частью комплексной стратегии социально-экономического развития страны. Среди ключевых приоритетов – снижение уровня бедности, повышение доходов населения, модернизация инфраструктуры, улучшение жилищных условий, укрепление системы

здравоохранения и повышение продолжительности жизни. Только при условии включения этих направлений в климатическую стратегию можно рассчитывать на её долгосрочную эффективность и социальную приемлемость.

Таким образом, стратегия развития региона должна включать как адаптационные, так и митигационные возможности. Успех будет зависеть от целостного подхода: интеграция экопринципов, модернизация инфраструктуры, стратегическое планирование, междуна-

родное сотрудничество и внедрение новых технологий.

Исследование выполнено в рамках программно-целевого финансирования по заказу Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН: BR21882122, «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии»).

Литература

- Alvarez R. et al. Assessment of methane emissions from the US oil and gas supply chain [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.sciencemag.org/content/early/2018/06/20/science.aar7204> (дата обращения: 23.05.2025).
- Apt J. The other reason to shift away from coal: Air pollution that kills thousands every year [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://theconversation.com/the-other-reason-to-shift-away-from-coal-air-pollution-that-kills-thousands-every-year-78874> (дата обращения: 23.05.2025).
- Energy Efficiency Report 2018: Analysis and Outlook to 2040. – Vienna: International Energy Agency, 2018. – 174 p.
- GIZ Kazakhstan. Управление пастбищами в условиях изменения климата: методические рекомендации. – Алматы: GIZ, 2023. – 44 с.
- Focused Acceleration: A Strategic Approach for Climate Action in Cities to 2030. – The McKinsey Center for Business and Environment and C40 Report: Executive Summary. – November 2017. – 72 p.
- Fuglestad J., Collins W., Etminan M., et al. Cost-effective implementation of the Paris Agreement using flexible greenhouse gas metrics [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2006.01901> (дата обращения: 23.05.2025).
- How the world should cope with its growing piles of rubbish // The Economist. – September 29th, 2018. – P. 14.
- How to make buildings, cars and aircraft from materials based on natural fibers // The Economist. – June 16th, 2018. – P. 67–68.
- Irakulis-Loitxate I., Guanter L., Bastidas M., et al. Global Tracking and Quantification of Oil and Gas Methane Emissions from Recurrent Sentinel-2 Imagery [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2110.11832> (дата обращения: 23.05.2025).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. — Geneva: IPCC, 2006. — [Electronic resource]. — Available at: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (accessed: 03.09.2025).
- Sucking up Carbon // The Economist. – December 18th, 2017. – P. 19–22.
- Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development: resolution adopted by the UN General Assembly on 25 September 2015. – A/RES/70/1.
- Transforming Water Management in Kazakhstan: Core Investment in Resilience [Электронный ресурс] / UNDP Kazakhstan. – 2024. – Режим доступа: <https://www.undp.org/kazakhstan>, свободный. – (дата обращения: 02.09.2025)
- The Economist. How to make buildings, cars and aircraft from materials based on natural fibers. – 16 июня 2018. – P. 67–68.
- UNDP Human Development Report 2007/2008: Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. – New York: UNDP, 2008.
- Varon D.J., McKeever J., Jervis D., et al. Global Assessment of Oil and Gas Methane Ultra-Emitters [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2105.06387> (дата обращения: 23.05.2025).
- Waste: Special Report // The Economist. – September 29th, 2018.
- Zelnik Y.R., Kinast S., Yizhaq H., Bel G., Meron E. From scale-dependent feedbacks to long-range competition alone: a short review on pattern-forming mechanisms in arid ecosystems [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1801.01399> (дата обращения: 23.05.2025).
- 8-е национальное сообщение и 5-й двухгодичный доклад Республики Казахстан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата // ПРООН в Казахстане. – Алматы, 2023. – 180 с. Режим доступа: <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/8-e-nacionalnoe-soobschenie-i-5-y-dvukhgodichnyy-doklad-respubliki-kazakhstan-ramochnoy-konvencii-onn-ob-izmenenii-klimata> (дата обращения: 02.09.2025).
- Айтжанов Б. Р., Аубакирова Г. Е., Каримов А. С. Современное состояние пастбищных экосистем Западного Казахстана // Аграрная наука Евразии. – 2023. – № 3 (60). – С. 90–97.
- Баймагамбетов Т.Б., Сергазина Ж.К. и др. Оценка потенциала сокращения эмиссий парниковых газов в неэнергетическом секторе Казахстана [Электронный ресурс] // Гидрометеорология и экология. – 2022. – № 2. – Режим доступа: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1595> (дата обращения: 23.05.2025).
- Башмаков И.А. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты, выгоды // Вопросы экономики. – 2016. – №2. – С. 71–89.

Башмаков И.П. Налог на углерод в системе налогов на энергию и экологических налогов // Экологический вестник России. – 2018. – № 3. – С. 12–24.

Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 г. «Цели устойчивого развития ООН и Россия»: краткая версия / под ред. Л.М. Григорьева, С.Н. Бобылева. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. – 44 с.

О пастбищах: Закон Республики Казахстан от 20 февраля 2017 г. № 49-VI ЗРК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1700000049>, свободный. – (дата обращения: 02.09.2025).

Климатические колебания: тепло ли, холодно ли...? // Пресс-выпуск ВЦИОМ № 3425 от 24 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gia.ru/society/20170724/14990019838.html> (дата обращения: 23.05.2025).

Концепция перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике : утв. 30 мая 2013 г. – Электрон. ресурс. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/T1300000577>, свободный, дата обращения: 03.09.2025

Кокорин А.О. Нахождение баланса между снижением выбросов парниковых газов и адаптацией к изменениям климата // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2018. – № 1. – С. 57–64.

Колпаков А.Ю., Широков А.А. IPCC, сценарий 1,5 °C. Экспресс-оценка последствий для России: записка. – М.: ИНИП РАН, 2018. – 5 с.

Ксенофонтов М.Ю., Милякин С.И. Перспективы автомобилизации в Евросоюзе и Китае при различных сценариях // ЭКО. – 2018. – № 9. – С. 85–107.

Климов Н. П., Оспанова Г. А. Проблемы деградации пастбищ в Западном Казахстане и пути их решения // Научный вестник ЗКГУ им. М. Утемисова. – 2022. – № 2. – С. 56–63

Климатический обзор территории Республики Казахстан за 2022–2023 гг. / РГП «Казгидромет». – Астана, 2024. – 58 с. – Режим доступа: <https://kazhydromet.kz>, свободный. – (дата обращения: 02.09.2025).

Национальный доклад о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан за 2023 год [Электронный ресурс] / Министерство экологии и природных ресурсов РК. – Астана, 2024. – Режим доступа: <https://ecogeo.gov.kz> – (дата обращения: 02.09.2025).

Национальный план адаптации Республики Казахстан к изменению климата (в разработке) – Электрон. ресурс. – Режим доступа: <https://moew.gov.kz/ru/climate-change>, свободный, дата обращения: 03.09.2025

Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого» роста / под ред. акад. РАН Б.Н. Порфирьева. – М.: Научный консультант, 2017. – 434 с.

О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Закон Республики Казахстан от 26 марта 2009 года № 144-IV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000144> (дата обращения: 23.05.2025).

Парижское соглашение : ратифицировано Республикой Казахстан 29 октября 2016 г. – Электрон. ресурс. – Режим доступа: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/paris_agreement_rus.pdf, свободный, дата обращения: 03.09.2025.

Первый двухгодичный доклад Республики Казахстан по вопросам транспарентности // ПРООН в Казахстане. — Алматы, 2022. — 150 с. — Режим доступа: <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/pervyy-dvukhgodichnyy-doklad-respubliki-kazakhstan-po-voprosam-transparentnosti> (дата обращения: 02.09.2025).

Порфирьев Б.Н. Выбор стратегического приоритета (ключ к модернизации в рациональном использовании ресурсов) // Независимая газета. Приложение «НГ – Энергия». – 13 декабря 2011 г.

Порфирьев Б.Н. Лесные пожары и развитие лесной отрасли: возможности инвестиционного маневра // ЭКО. – 2013. – №11. – С. 53–64.

Порфирьев Б.Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 2. – С. 3–13.

Порфирьев Б.Н. Эффективная стратегия действий в отношении изменения климата и их последствий для экономики России // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 3. – С. 3–16.

Примеры оптимизации выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://silify.ru/2023/02/19/examples-of-optimizing-greenhouse-gas-emissions-in-the-oil-and-gas-industry> (дата обращения: 23.05.2025).

ПХГ: Анализ методов сокращения эмиссии метана – подземные хранилища [Электронный ресурс]. – Нефтегаз. RU. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/ecology/770984-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana> (дата обращения: 23.05.2025).

ПХГ: Анализ методов сокращения эмиссии метана – транспортировка [Электронный ресурс]. – Нефтегаз. RU. – Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/769885-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana> (дата обращения: 23.05.2025).

Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Выбросы черного углерода от природных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации в 2007–2012 гг. // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 7. – С. 5–17.

Сатыбалдина А.А. Стратегия перехода Республики Казахстан к низкоуглеродному развитию в условиях глобализации: потенциал, приоритеты и механизмы реализации /. – Алматы, 2016. – 292 с.

Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года : Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 г. № 121 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>, свободный. – Дата обращения: 16.06.2025.

Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан за 2023 год [Электронный ресурс] / Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. – Астана, 2024. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/ru/release-calendar/?date=8.2024>. – Дата обращения: 16.06.2025.

Устойчивое управление пастбищными ресурсами для повышения благосостояния сельского населения и сохранения экологической целостности Press and information team of the Delegation to Kazakhstan. — Almaty Region, 2022. — Режим доступа: <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/ustoychivoe-upravlenie-pastbischnymi-resursami-dlya-povysheniya-blagosostoyaniya-selskogo-naseleiya-i-sokhraneniya>, свободный. — Дата обращения: 17.10.2025.

Фасхиев Х.А. Газо- или электромобилизация? Россия на обочине прогресса // ЭКО. — 2018. — № 10. — С. 97–116.

Чередниченко А.В., Чередниченко В.С. Динамика климата Казахстана. — Алматы, 2020. — 500 с.

Шалабаева А.Ж., Абдикаликова А.К., Айнабекова А.К. и др. Разработка комплексной технологии освоения природных ресурсов аридных зон [Электронный ресурс] // Гидрометеорология и экология. — 2023. — № 3. — Режим доступа: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1857> (дата обращения: 23.05.2025).

Широв А.А., Колпаков А.Ю. Экономика России и механизмы глобального климатического регулирования // Журнал Новой экономической ассоциации. — 2016. — № 4. — С. 87–110.

Энергетическая стратегия Республики Казахстан до 2050 года : утв. 2013 г. — Электрон. ресурс. — Режим доступа: <https://minenergo.gov.kz/ru/strategy>, свободный, дата обращения: 03.09.2025.

References

Aitzhanov, B. R., Aubakirova, G. E., & Karimov, A. S. (2023). Current status of pastoral ecosystems in Western Kazakhstan. *Agrarian Science of Eurasia*, 3(60), 90–97.

Alvarez, R., et al. (2018). Assessment of methane emissions from the US oil and gas supply chain. *Science*. Retrieved May 23, 2025, from <http://science.sciencemag.org/content/early/2018/06/20/science.aar7204>

Apt, J. (2017). The other reason to shift away from coal: Air pollution that kills thousands every year. *The Conversation*. Retrieved May 23, 2025, from <https://theconversation.com/the-other-reason-to-shift-away-from-coal-air-pollution-that-kills-thousands-every-year-78874>

Bashmakov, I. A. (2016). Russian energy-efficiency resource: Scale, costs, benefits, problems of economics. *Problems of Economics*, 2, 71–89.

Bashmakov, I. P. (2018). Carbon tax in the energy taxation and environmental tax system. *Ecological Bulletin of Russia*, 3, 12–24.

Baymagambetov, T. B., Sergazina, Zh. K., et al. (2022). Assessment of the potential for greenhouse gas emissions reduction in the non-energy sector of Kazakhstan. *Hydrometeorology and Ecology*, 2. Retrieved May 23, 2025, from <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1595>

Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. (2024). *Fuel and energy balance of the Republic of Kazakhstan for 2023*. Astana. Retrieved June 16, 2025, from <https://stat.gov.kz/ru/release-calendar/?date=8.2024>

Cherednichenko, A. V., & Cherednichenko, V. S. (2020). *Climate dynamics of Kazakhstan*. Almaty.

Climate fluctuations: Is it warm or cold...? (2017, July 24). *All-Russia Public Opinion Research Center (VCIOM), Press Release No. 3425*. Retrieved May 23, 2025, from <https://www.ria.ru/society/20170724/14990019838.html>

Energy Efficiency Report 2018: Analysis and Outlook to 2040. (2018). Vienna: International Energy Agency.

Energy Strategy of the Republic of Kazakhstan until 2050. (2013). Retrieved September 3, 2025, from <https://minenergo.gov.kz/ru/strategy>

Faskhiev, Kh. A. (2018). Gas- or electromobility? Russia on the sidelines of progress. *EKO*, 10, 97–116.

Focused acceleration: A strategic approach for climate action in cities to 2030. (2017). *The McKinsey Center for Business and Environment and C40 Report (Executive Summary)*.

Fuglestad, J., Collins, W., Etmann, M., et al. (2020). Cost-effective implementation of the Paris Agreement using flexible greenhouse gas metrics. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/2006.01901>

GIZ Kazakhstan. (2023). *Управление пастбищами в условиях изменения климата: методические рекомендации* [Pasture management under climate change: Methodological guidelines]. Almaty: GIZ.

Grigoryeva, L. M., & Bobyleva, S. N. (Eds.). (2016). *Human development report in the Russian Federation for 2016: UN Sustainable Development Goals and Russia (brief version)*. Moscow: Analytical Centre under the Government of the Russian Federation.

How the world should cope with its growing piles of rubbish. (2018, September 29). *The Economist*, 14.

How to make buildings, cars and aircraft from materials based on natural fibers. (2018, June 16). *The Economist*, 67–68.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy*. Geneva: IPCC. Retrieved September 3, 2025, from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

Irakulis-Loitxate, I., Guanter, L., Bastidas, M., et al. (2021). Global tracking and quantification of oil and gas methane emissions from recurrent Sentinel-2 imagery. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/2110.11832>

Kazhydromet (State Institution). (2024). *Climatic review of the territory of the Republic of Kazakhstan for 2022–2023*. Astana. Retrieved September 2, 2025, from <https://kazhydromet.kz>

Klimov, N. P., & Ospanova, G. A. (2022). Problems of degradation of pastures in Western Kazakhstan and ways to solve them. *Scientific Bulletin of Zhetysay University named after M. Utemisov*, 2, 56–63.

Kokorin, A. O. (2018). Finding the balance between greenhouse gas emission reduction and climate change adaptation. *Use and Protection of Natural Resources in Russia*, 1, 57–64.

- Kolpakov, A. Yu., & Shirov, A. A. (2018). IPCC 1.5 °C scenario: Rapid assessment of consequences for Russia. Moscow: Institute of Economics and Industrial Engineering of the Russian Academy of Sciences (INP RAN).
- National Adaptation Plan of the Republic of Kazakhstan to Climate Change. (n.d.). Retrieved September 3, 2025, from <https://moew.gov.kz/ru/climate-change>
- Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. (2024). *National report on the state of the environment in the Republic of Kazakhstan for 2023*. Astana. Retrieved September 2, 2025, from <https://ecogeo.gov.kz>
- On the Ratification of the Kyoto Protocol to the UN Framework Convention on Climate Change. (2009, March 26). *Law of the Republic of Kazakhstan No. 144-IV*. Retrieved May 23, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000144>
- On Pastures. (2017, February 20). *Law of the Republic of Kazakhstan No. 49-VI*. Retrieved September 2, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1700000049>
- Porfiriev, B. N. (2011, December 13). Choosing a strategic priority (Key to modernization through rational resource use). *NG – Energy supplement to Nezavisimaya Gazeta*.
- Porfiriev, B. N. (2013). Forest fires and forestry development: Opportunities for investment maneuver. *EKO*, 11, 53–64.
- Porfiriev, B. N. (2017). *Industrial modernization and development of high-tech manufacturing in the context of “green” growth*. Moscow: Scientific Consultant.
- Porfiriev, B. N. (2019a). Low-carbon development paradigm and climate-risk mitigation strategy for the Russian economy. *Problems of Forecasting*, 2, 3–13.
- Porfiriev, B. N. (2019b). Effective strategy of actions regarding climate change and its economic consequences for Russia. *Problems of Forecasting*, 3, 3–16.
- Satubaldin, A. A. (Ed.). (2016). *Strategy for the transition of the Republic of Kazakhstan to low-carbon development under globalization: Potential, priorities and implementation mechanisms*. Almaty: Institute of Economics of the NAS RK.
- Shalabaeva, A. Zh., Abdikalikova, A. K., Ainabekova, A. K., et al. (2023). Development of integrated technology for the utilization of natural resources in arid zones. *Hydrometeorology and Ecology*, 3. Retrieved May 23, 2025, from <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1857>
- Shirov, A. A., & Kolpakov, A. Yu. (2016). Economy of Russia and mechanisms of global climate regulation. *Journal of the New Economic Association*, 4, 87–110.
- Smirnov, N. S., Korotkov, V. N., & Romanovskaya, A. A. (2015). Black carbon emissions from natural forest fires on forest fund lands of the Russian Federation in 2007–2012. *Meteorology and Hydrology*, 7, 5–17.
- Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan by 2060. (2023, February 2). *Decree of the President No. 121*. Retrieved June 16, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>
- Sucking up carbon. (2017, December 18). *The Economist*, 19–22.
- Sustainable management of pasture resources to improve the well-being of rural populations and preserve ecological integrity. (2022). *UNDP Kazakhstan*. Retrieved October 17, 2025, from <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/ustoychivoe-upravlenie-pastbischnymi-resursami>
- The concept of the transition of the Republic of Kazakhstan to a “green” economy. (2013, May 30). Retrieved September 3, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/T1300000577>
- Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. (2015, September 25). *Resolution adopted by the UN General Assembly, A/RES/70/1*.
- Transforming water management in Kazakhstan: Core investment in resilience. (2024). *UNDP Kazakhstan*. Retrieved September 2, 2025, from <https://www.undp.org/kazakhstan>
- UNDP. (2008). *Human development report 2007/2008: Fighting climate change—Human solidarity in a divided world*. New York: UNDP.
- UNDP in Kazakhstan. (2022). *First biennial transparency report of the Republic of Kazakhstan*. Almaty. Retrieved September 2, 2025, from <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/pervyy-dvukhgodichnyy-doklad-respubliki-kazakhstan-po-voprosam-transparentnosti>
- UNDP in Kazakhstan. (2023). *Eighth national communication and fifth biennial report of the Republic of Kazakhstan under the UN Framework Convention on Climate Change*. Almaty. Retrieved September 2, 2025, from <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/8-e-nacionalnoe-soobschenie>
- Underground storage: Analysis of methane emission reduction methods – transportation. (2023). *Neftegaz.RU*. Retrieved May 23, 2025, from <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/769885-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana>
- Underground storage: Analysis of methane emission reduction methods – underground storage. (2023). *Neftegaz.RU*. Retrieved May 23, 2025, from <https://neftegaz.ru/science/ecology/770984-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana>
- Varon, D. J., McKeever, J., Jervis, D., et al. (2021). Global assessment of oil and gas methane ultra-emitters. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/2105.06387>
- Waste: Special report. (2018, September 29). *The Economist*.
- Xenophontov, M. Yu., & Milyakin, S. I. (2018). Prospects of automobile use growth in the European Union and China under different scenarios. *EKO*, 9, 85–107.
- Zelnik, Y. R., Kinast, S., Yizhaq, H., Bel, G., & Meron, E. (2018). From scale-dependent feedbacks to long-range competition alone: A short review on pattern-forming mechanisms in arid ecosystems. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/1801.01399>

Авторлар туралы мәлімет:

Чередниченко Владимир Сергеевич – з.г.д., профессор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Метеорология және гидрология кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: vladimir.cherednichenko@kaznu.edu.kz);

Чередниченко Александр Владимирович – з.г.д., профессор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Метеорология және гидрология кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: geliograf@mail.ru);

Чередниченко Алексей Владимирович – Туран университетінің Туризм және сервис мектебінің з.г.к., аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: aleksey3969@mail.ru);

Нысанбаева Айман Сагынбаевна – з.г.к., доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Метеорология және гидрология кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz)

Чичасов Григорий Николаевич – Росгидрометтің басшылар мен мамандардың біліктілігін арттыру институтының проректорының көмекшісі («Росгидромет ИПК» ФСБЕИ) (Москва қ., Ресей, эл.пошта: ipkrector@mail.ru).

Информация об авторах:

Чередниченко Владимир Сергеевич – доктор географических наук, профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, кафедра метеорологии и гидрологии (Алматы, Казахстан, эл. почта: vladimir.Cherednichenko@kaznu.edu.kz);

Чередниченко Александр Владимирович – доктор географических наук, профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, кафедра метеорологии и гидрологии (Алматы, Казахстан, эл. почта: geliograf@mail.ru);

Чередниченко Алексей Владимирович – кандидат географических наук, старший преподаватель высшей школы «Туризм и сервис» Университета «Туран» (Алматы, Казахстан, эл. почта: aleksey3969@mail.ru);

Нысанбаева Айман Сагынбаевна – географических наук, доцент, заведующая кафедрой метеорологии и гидрологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz);

Чичасов Григорий Николаевич – помощник проректора Института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Росгидромета (ФГБОУ «ИПК Росгидромета») (Москва, Россия, эл. почта: ipkrector@mail.ru).

Information about the authors:

Cherednichenko Vladimir Sergeevich – Doctor of Geographical Sciences, Professor, al-Farabi Kazakh National University, Department of Meteorology and Hydrology (Almaty, Kazakhstan, email: vladimir.Cherednichenko@kaznu.edu.kz);

Cherednichenko Alexander Vladimirovich – Doctor of Geographical Sciences, Professor, al-Farabi Kazakh National University, Department of Meteorology and Hydrology (Almaty, Kazakhstan, email: geliograf@mail.ru);

Cherednichenko Alexey Vladimirovich – Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, School of Tourism and Service, Turan University (Almaty, Kazakhstan, email: aleksey3969@mail.ru);

Nysanbayeva Aiman Sagynbayevna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Meteorology and Hydrology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz)

Chichasov Grigory Nikolaevich – Assistant Vice-Rector, Institute for Advanced Training of Managers and Specialists of Roshydromet (FSBEI “IPK Roshydromet”)(Moscow, Russia, email: ipkrector@mail.ru)

Поступила: 03 июня 2025 года
Принята: 27 августа 2025 года

В.П. Благовещенский¹, Н.В. Пиманкина^{2*},
В.В. Жданов¹, С.У. Ранова^{1,2}, З.Р. Сайдалиева³

¹Акционерное общество «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан

²Товарищество с ограниченной ответственностью «Центрально-Азиатский региональный гляциологический центр (категории 2) под эгидой ЮНЕСКО», Алматы, Казахстан

³Университет Реддинг, Реддинг, Великобритания

*e-mail: pimankina@mail.ru

ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ СО СНЕГОМ, НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

Наиболее опасными природными процессами, связанными со снегом на территории Казахстана, являются весенние паводки, вызванные интенсивным снеготаянием; сильные снегопады и вызванные ими снеговые нагрузки; а также снежные лавины, вызванные нарушением устойчивости снежного покрова на горных склонах. В статье рассматриваются основные факторы формирования этих явлений и закономерности их распространения на территории Казахстана. Авторами впервые составлены мелкомасштабные карты лавинной опасности территории страны. В статье использованы материалы многолетних наблюдений, на основе которых составлены карты снеговых нагрузок и лавинной опасности горных районов. Наиболее часто сильные весенние паводки происходят на реках Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана. Наибольшую опасность снежные лавины представляют в горах Иле Алатау Алматинской области. От снежных лавин в этом регионе за последние 75 лет погибло 74 человека. Максимальные снеговые нагрузки отмечаются в горных районах Восточно-Казахстанской области. Результаты исследований могут служить основой для разработки методов мониторинга и прогноза опасных гляциальных явлений, а также для выбора и реализации эффективных мер по защите населения и инфраструктуры от их последствий.

Ключевые слова: Казахстан, наводнения снеготаяния, природные опасности, снеговые нагрузки, снежные лавины.

V.P. Blagoveshchenskiy¹, N.V. Pimankina^{2*},
V.V. Zhdanov¹, S.U. Ranova^{1,2}, Z.R. Saidaliyeva³

¹JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan

²Limited Liability Partnership «Central Asian Regional Glaciological Center (category 2) under the auspices of UNESCO», Almaty, Kazakhstan

³University of Reading, Reading RG6 6DW, UK

*e-mail: pimankina@mail.ru

Snow related natural hazards in Kazakhstan

The most dangerous natural processes associated with snow in Kazakhstan are spring floods caused by intensive snowmelt; heavy snowfalls and the resulting snow loads; as well as snow avalanches caused by the disruption of the stability of snow cover on mountain slopes. The article examines the main factors of formation of these phenomena and the patterns of their distribution in Kazakhstan. For the first time, small-scale avalanche hazard maps of the country's territory have been compiled by the authors. The article uses materials from long-term observations, on the basis of which maps of snow loads and avalanche danger in mountainous areas were compiled. Most often, severe spring floods occur on the rivers of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan. The greatest danger from snow avalanches is in the Ile Alatau mountains of the Almaty region. Over the past 75 years, 74 people have died from snow avalanches in this region. The maximum snow loads are observed in the mountainous regions of the East Kazakhstan region. The results of the research can serve as a basis for developing methods for monitoring and forecasting hazardous glacial phenomena, as well as for selecting and implementing effective measures to protect the population and infrastructure from their impacts.

Keywords: Kazakhstan, snowmelt floods, natural hazards, snow loads, snow avalanches.

В.П. Благовещенский¹, Н.В. Пиманкина^{2*},
В.В. Жданов¹, С.У. Ранова^{1, 2}, З.Р. Сайдалиева³

¹«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²«Орталық Азия аймақтық гляциологиялық орталығы» ЖШС, Алматы, Қазақстан

³Рединг университеті, Reading RG6 6DW, Ұлыбритания

*e-mail: pimankina@mail.ru

Қазақстандағы қарға қатысты табиғи қауіптер

Қазақстандағы қармен байланысты аса қауіпті табиғи процестер қардың қарқынды еруінен болатын көктемгі су тасқыны; қалың қар жаууы және соның салдарынан болатын қар жүктемелері; сондай-ақ тау беткейлеріндегі қар жамылғысының тұрақтылығының бұзылуынан туындаған қар көшкіні. Мақалада осы құбылыстардың қалыптасуының негізгі факторлары және олардың Қазақстанда таралу заңдылықтары қарастырылған. Авторлармен алғаш рет ел аумағындағы көшкін қаупінің ұсақ масштабы карталары құрастырылды. Мақалада көпжылдық бақылаулар материалдары пайдаланылды, олардың негізінде таулы аймақтардағы қар жүктемелері мен қар көшкіні қаупінің карталары жасалды. Көбінесе көктемгі қатты су тасқыны Батыс, Солтүстік, Орталық және Шығыс Қазақстанның өзендерінде болады. Алматы облысының Іле Алатауы тауларында қар көшкіні ең үлкен қауіп төндіреді. Бұл аймақта соңғы 75 жылда қар көшкіні 74 адамның өмірін қиған. Ең көп қар жүктемесі Шығыс Қазақстан облысының таулы аймақтарында байқалады. Зерттеу нәтижелері қауіпті гляциалдық құбылыстарды бақылау мен болжау әдістерін әзірлеуге, сондай-ақ олардың салдарынан халық пен инфрақұрылымды қорғауға бағытталған тиімді іс-шараларды таңдауға және жүзеге асыруға негіз бола алады.

Түйін сөздер: Қазақстан, су тасқыны, қардың еруі, табиғи қауіптер, қар жүктері, қар көшкіндері.

Введение

Снег и лед являются важными компонентами окружающей среды на Земле. В обобщении «Океан и криосфера в изменяющемся климате» отмечается, что за последние десятилетия вследствие изменения климата в целом сокращаются площадь снежного покрова, ледников и вечной мерзлоты (Hock et al., 2019), при этом изменяются частота, мощность и место проявления природных опасностей.

В Казахстане от природных чрезвычайных ситуаций (ЧС), созданных природными опасными явлениями (ОЯ), страдает ежегодно более 6000 человек, а материальный ущерб в среднем составляет более 5 млрд тенге в год (Атлас, 2009). К числу опасных явлений, связанных со снегом, относятся талые паводки, сильные снегопады, снежные заносы на дорогах, метели, снежные лавины, которые характерны для всей территории страны и ежегодно наносят значительный ущерб хозяйству республики. По подсчетам, 150 очагов лавинообразования непосредственно угрожают более 219 различным объектам, 350 км автомобильных дорог (Паспорт, 2013).

Мониторинг и изучение ОЯ для предотвращения ущерба интенсивно развивается во всех странах (Changnon & Changnon, 2005; Abegg et al., 2021; Guoxing Chen et al., 2021; Ya-Ya Shi et al., 2023; Zhdanov et al., 2025). Научное обо-

снование понятиям «опасность», «риск», «катастрофа» применительно к снегу предложено в (Snow and Ice, 2015). Понятие «риск» включает не только возможность проявления негативного воздействия, его интенсивность и частоту, но и ожидаемый ущерб и финансовые потери населения (Snow-and Ice., 2015; Jie Deng et al., 2023; Rafique et al., 2023). Для предупреждения ЧС предлагаются модели снеготаяния (Zhao, 2009; Lebedeva, 2023). Создаются системы оповещения населения об угрозе ЧС (Arattano, 2023).

В соответствии с национальными планами РК по устойчивому развитию и согласно Законам РК «О национальной безопасности Республики Казахстан» и «О гражданской защите», Экологическому кодексу РК, улучшение системы мониторинга и сбора данных, включая данные о снежном покрове, является частью планов по устойчивому развитию и динамичному развитию страны (Национальный план..., 2024; Закон..., 2012; Закон..., 2014; Экологический кодекс, 2021).

Цель статьи – дать описание отдельных опасных явлений, произошедших в Казахстане за последние годы и связанных со снегом. Для отдельных горных районов составить карты опасности сильных снегопадов, снеговых нагрузок и лавинной опасности как вклад в профилактические мероприятия, направленные на информирование населения и лиц, принимающих

решения, а также способствующие широкому обмену информацией с сопредельными государствами Центральной Азии по вопросам зонирования риска и повторяемости опасных ситуаций.

Материалы и методы

Для анализа опасных явлений, связанных со снегом, привлечены материалы многолетних исследований Института географии и водной безопасности Министерства науки и высшего образования, а также данные СМИ. Сведения приводятся согласно Обзорам стихийных гидрометеорологических явлений, подготовленных Казгидрометом, и сообщениям СМИ (Долгих, 2021; Жездибаева, 2023; Паводки в ЮКО, 2013; ЧС, 2015).

Для создания оценочных карт опасности снеговых нагрузок и лавинной опасности отдельных горных трансграничных районов РК использованы данные наблюдений над осадками и снежным покровом на сети Казгидромета за 1966–2024 гг. Авторами выполнены картометрические проработки для горной территории. Проанализированы имеющиеся ряды наблюдений за высотой и водностью снежного покрова, максимальным снегонакоплением и частотой лавинопроявления. Для выделения степени опасности и риска ОЯ выполнено обобщение зарубежных публикаций и отечественных нормативных документов и выделены градации опасности.

Результаты и обсуждение

Различные аспекты изменения климата и воздействия на криосферу неоднократно рас-

сматривались учеными (IPCC, 2023). Согласно сценариям повышения температуры на 2°C и уменьшения количества осадков на 30 процентов, в горах снеготопы в марте уменьшатся примерно на 30 процентов (Hoelzle et. al., 2018). В случае сохранения тенденций, в ближайшие десятилетия серьезно сократятся водные ресурсы (Barnett, 2005).

На территории РК средняя годовая температура воздуха в среднем за 1991–2020 гг. повысилась на 0,9°C по сравнению с предыдущим тридцатилетием 1961–1990 гг. (Восьмое, 2022).

Несмотря на имеющиеся данные о глобальном потеплении, анализ публикаций показал, что в РК растет количество чрезвычайных ситуаций и возрастает ущерб от стихийных процессов, связанных со снегом. Влияние изменения климата на криосферу, связь региональных климатических изменений с частотой, масштабом и негативными последствиями опасных явлений зимнего периода требуют более детального рассмотрения.

В таблице 1 приведены данные об опасных явлениях зимнего периода и причиненном ущербе в различных регионах Казахстана.

В северных областях РК в зимний сезон 2023–2024 гг. обильное снегонакопление на Южном Урале в трансграничных районах РК и РФ и медленное оттаивание промерзшей почвы способствовало стоку по поверхности земли (Государственный, 2024). Ряд водопропускных сооружений не был готов к пропуску больших объемов талых вод. Прорывы защитных дамб в Орске и Оренбурге, которые защищали города от разлива р. Жайык (Урал), привели к масштабному затоплению.

Таблица 1 – Опасные явления, связанные со снегом, в Казахстане

Место	Дата, год	Тип опасного явления	Ущерб
Алматинская обл., хребет Иле Алатау	10+15 марта 1966 г.	Массовый сход крупных лавин	Разрушены строения альпинистского лагеря «Туюксу» и туристской базы «Эдельвейс», опоры ЛЭП. Погиб 1 человек.
Алматинская обл., хребет Иле Алатау, бассейн р. Киши Алматы	9 апреля 1972 г.	Сход лавины, спровоцированной туристами	Погибло 9 человек, 8 человек пострадали.
Алматинская обл., хребет Иле Алатау, бассейн р. Левый Талгар	31 января 1980 г.	Сход лавины, спровоцированной альпинистами.	Погибло 7 человек.

Продолжение таблицы

Место	Дата, год	Тип опасного явления	Ущерб
Алматинская обл., хребет Иле Алатау, бассейн р. Улкен Алматы	Декабрь 1986 г.	Сход лавины, спровоцированной туристами	Погибло 6 человек.
Южно-Казахст. обл., Сарыагашский район (басс. р. Сырдария)	14 января 2013 г.	Сильные тало-дождевые паводки	Подъем уровня воды на реках на 2 м, подтоплены дома, падеж скота
Восточно-Казахстанская обл., р. Тургусун (басс. р. Ертис)	19 мая 2019 г.	Сильный тало-дождевой паводок	Разрушение объектов Тургусунской ГЭС, ущерб 1 млрд тенге
Восточно-Казахстанская обл., г. Риддер (басс. р. Ертис)	10 февраля 2021 г.	Лавина	Погиб турист
Восточно-Казахстанская обл., г. Усть-Каменогорск (басс. р. Ертис)	13-14 декабря 2022 г.	Сильный снегопад в течение 30 час. подряд Снеговые заносы	Прервана связь с отдаленными пунктами и зимовками, останавливался городской транспорт, закрывались участки трассы
Туркестанская обл., р. Арыс (басс. р. Сырдария)	Февраль 2023 г.	Сильные тало-дождевые паводки	Подтопление домов, эвакуация населения. Привлечены силы МЧС, военнослужащие, волонтеры
г. Алматы, р. Малая Алматинка, ледник Туюксу (басс. р. Иле)	16 октября 2023 г.	Лавина	Погиб турист
Туркестанская обл., перевалы Куяк, Кордай (басс. р. Сырдария)	12-18 декабря 2023 г.	Снегопады, гололед, метели, снежные заносы	Закрыты участки трассы, отменено движение 5 поездов, остановлены 200 фур
Алматинская обл., хребет Иле Алатау	12 апреля 2023 г.	Массовый сход крупных лавин	Повреждены здания и горнолыжный подъемник курорта «Пионер». Завалена дорога по долине р. Тургень.
Актюбинская, Атырауская, СКО, ВКО, ЗКО, ЮКО, Улытау, Абай (басс. рр. Жайык, Илек, Тобыл, Есиль)	25 марта – 30 апреля 2024 г.	Сильные тало-дождевые паводки	Подтопление домов, зернохранилищ, электроподстанций, скотомогильников, 600 нефтяных скважин, эвакуация тысяч людей. Привлечены силы МЧС, военнослужащие, волонтеры
Актюбинская обл. (басс. р. Илек)	В течение марта 2024 г.	Талово-дождевой паводок. Перелив талой воды через дороги, затопление взлетной полосы аэродрома.	Закрыты участки дорог. Отменены 14 рейсов в аэропорту. Привлечена спецтехника
Алматинская обл., хребет Иле Алатау, бассейн р. Левый Талгар.	17 марта 2025 г.	Лавина	Погиб турист

На фото 1 представлены последствия тало-дождевых паводков, наблюдавшихся в пойме р. Жайык. Паводки весны 2024 г. в северных областях РК, по оценкам мажилисмента Ерлана Саирова, принесли ущерб более 200 млрд тенге (Экономический, 2024).

Во время оперативных совещаний глава государства К.-Ж. Токаев подчеркнул: подготовка к паводковому периоду должна включать

три направления работ. Прежде всего, это меры прогнозно-аналитического характера. Также президент указал на важность проведения организационно-профилактических, инженерно-технических и оперативных мер, направленных на предупреждение и устранение негативного влияния паводков. В продолжение он отметил, что проблема Казахстана состоит в том, что не хватает кадров соответствующего профи-

ля: «Данная ситуация обнажила эту проблему. В свое время мы упустили это направление в сфере образования. Сейчас надо возвращаться, в срочном порядке готовить гидротехников, ирригаторов и всех специалистов, которые так или иначе связаны с водой».

Следует отметить, что мониторинг снежного покрова и дальнейшая разработка рекомендаций по защите жизни и здоровья населения проводится в разных направлениях. Наиболее приоритетным направлением в настоящее время

является оценка запасов воды в снежном покрове, накопленных к весеннему периоду и формирующих речной сток и определяющих накопление воды в водохранилищах. Здесь важна роль наземных и дистанционных методов контроля и оперативного реагирования с использованием инновационных технологий, обмен данными с соседними государствами. Разработаны методы гидрологического прогноза, а также мероприятия по оповещению населения и защите объектов.



Фото 1 – Затопленные дачные массивы в пойме р. Жайык (г. Орал, ЗКО).
25 марта 2024 г. Фото В. Жданова

Другое направление связано с мониторингом метеорологических процессов, оценкой снегопадов и лавинной опасности. Для обеспечения безопасности туристов, населения и объектов требуется не только краткосрочный прогноз, но и оценка опасности и зонирование риска, а также моделирование процессов.

Для информирования населения, специалистов и лиц, принимающих решения, в Институте географии и водной безопасности были составлены оценочные карты различного масштаба, в том числе отдельные карты гляциальных опасностей (Атлас, 2009).

Анализ информации за последние годы позволил авторам статьи составить новые, более детальные карты опасности природных

явлений, связанных со снегом, для трансграничных районов РК (рисунки 1-3). Понятие «опасности» рассматривалось в соответствии с принятыми в (Атлас, 2009). На рис. 1 представлен фрагмент карты опасности снеговых нагрузок, наблюдавшихся в бассейне трансграничной р. Сырдария (склоны отрогов Западного Тянь-Шаня). Снеговые нагрузки на сооружения определяются общим количеством снега, выпавшего за зиму. На карте опасности снеговых нагрузок показано районирование территории притоков р. Сырдария по степени веса снежного покрова (в гектопаскалях), выделены максимальные из наблюдавшихся величины, а также приведен график изменения снеговых нагрузок по высоте.

Логичным продолжением работ становится составление аналогичных карт для территории сопредельных государств (Узбекистан,

Кыргызстан), для чего требуется разработка единой методики мониторинга, последующего анализа данных и картирования.

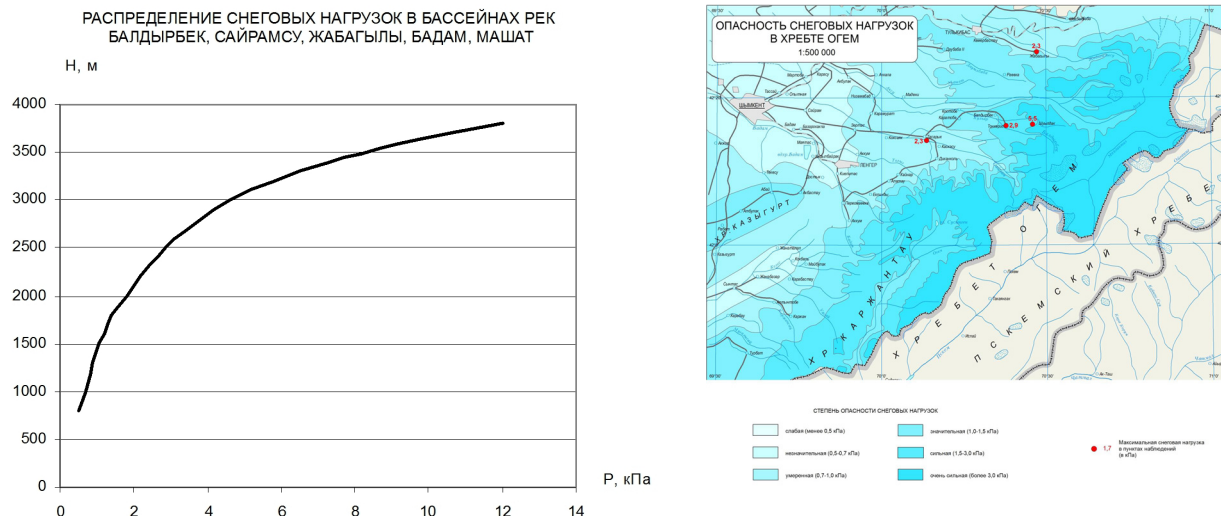


Рисунок 1 – Фрагмент карты опасности снеговых нагрузок в бассейне трансграничной реки Сырдария (территория РК). Справа – график распределения снеговых нагрузок в бассейнах рек – притоков р. Сырдария

В данном регионе величина снеговых нагрузок по данным наблюдений на станциях и постах не очень велика, однако не учитывается сильное перемещение снега во время поземок и метелей, что приводит к его перераспределению и избыточному накоплению у сооружений и в понижениях рельефа.

Авторами впервые составлены мелкомасштабные карты лавинной опасности территории страны. Опасность схода снежных лавин отмечается в Казахстане на территориях общей площадью 104 тыс. км². Это – горные районы на востоке и юго-востоке страны, сопредельные с РФ, КНР и КР (рис. 2). Лавины угрожают жизни людей, хозяйственным объектам, наносят ущерб окружающей среде. Основными показателями лавинной опасности являются объем и повторяемость лавин. Объем лавин определяет разрушительную способность лавин. Для людей опасны лавины даже небольших объемов. Человек может погибнуть в лавине объемом всего 100 м³. Крупные лавины объемом более 100 тыс. м³ способны уничтожить целый поселок или крупный массив взрослого леса.

Степень лавинной опасности территории определяется сочетанием объемов лавин, их повторяемостью и распространенностью. В зависимости от сочетания этих характеристик вы-

деляются 5 степеней лавинной опасности – от низкой до высокой. Низкая лавинная опасность отмечается на территориях, где лавины небольших объемов сходят редко и лавинами поражается незначительная часть территории. Высокая лавинная опасность отмечается на территориях где часто сходят крупные лавины, которые поражают большую часть территории.

Данные о наиболее крупных лавинных катастрофах в Казахстане приведены в таблице 1. Самым лавиноопасным районом Казахстана является Иле Алатау, который отличается сильной лавинной опасностью и высокой хозяйственной и рекреационной освоенностью (рис. 3). Как видно из составленной авторами карты, в центральной части северного склона Иле Алатау ежегодно наблюдается сход крупных лавин. Площадь лавиноопасных участков в зоне выше 2000 м н.у.м. превышает 50 % общей площади территории. Максимальные объемы лавин достигают нескольких сотен тысяч м³.

На Иле Алатау приходится 82 % всех несчастных случаев, связанных с лавинами в РК. За период 1950 по 2025 годы отмечено 97 случаев лавинных инцидентов. Всего в лавины попали 169 человек, из них 74 человека погибли. Более 90 % погибших в лавинах составляют лыжники, альпинисты и туристы. Люди гибнут чаще всего

в лавинах объемом менее 10 тыс. м³, причиной схода которых стали они сами или их спутники.

Материальный ущерб наносится преимущественно лавинами объемом более 10 тыс. м³, которые сходят самопроизвольно во время сильных снегопадов и оттепелей. Лавины разрушают

инфраструктуру горнолыжных курортов и заваливают дороги, ведущие к населенным пунктам (фото 2, 3). Материальный ущерб от лавин заключается также в убытках горнолыжных курортов за счет прекращения их деятельности в периоды высокой лавинной опасности.

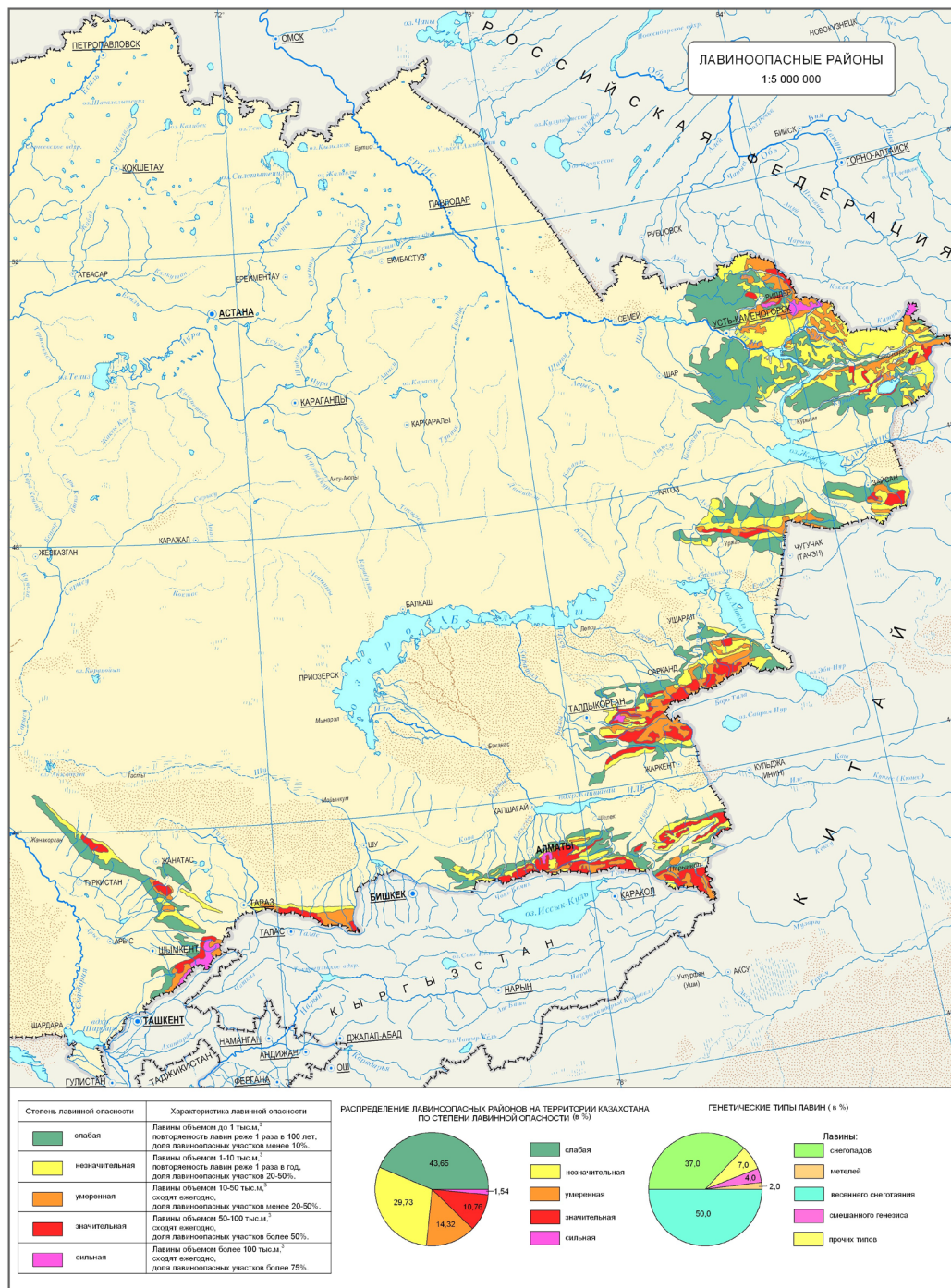


Рисунок 2 – Карта лавиноопасных районов Казахстана

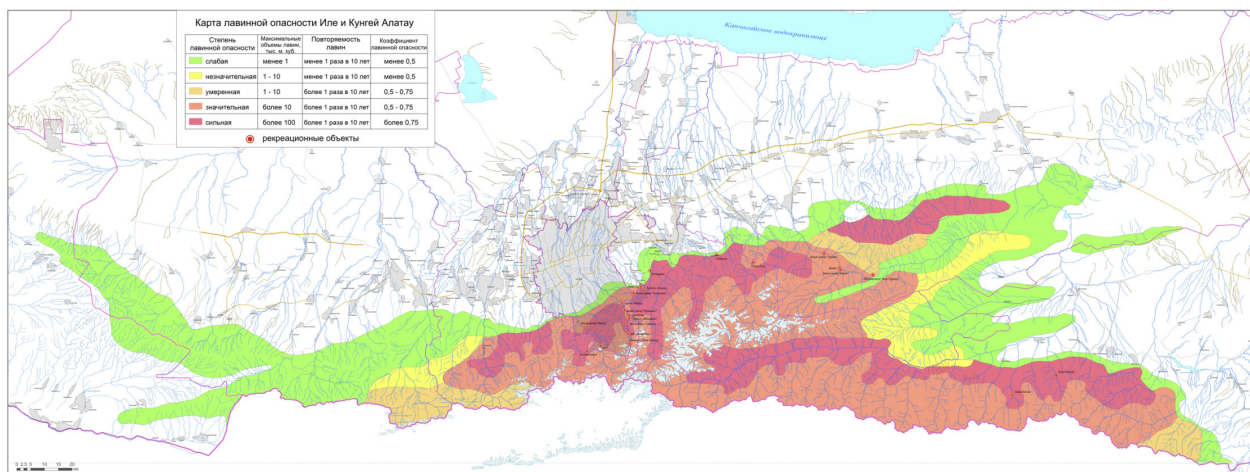


Рисунок 3 – Карта лавинной опасности хребтов Иле и Кунгей Алатау



Фото 2 – Лавина, разрушившая строения лыжного курорта Пионер. 2024 г.
Фото В.П. Благовещенского



Фото 3 – Лавина, перекрывшая на 15 дней дорогу по долине р. Тургень. 2023 г.
Фото В.П. Благовещенского

Заключение

По мнению авторов, новизна исследования заключается в составлении карт опасности природных явлений в трансграничных районах РК. Карты могут быть переданы специалистам и использованы в учебных целях. Анализ опасных явлений зимнего периода и связанных с ними чрезвычайных ситуаций, в том числе трансграничных, показал, что их масштабы угрожают безопасности населения и экономики. Социально-экономические потери остаются высокими.

Опыт составления авторских карт показал, что оценки рисков и уязвимости должны проводиться с учетом роста хозяйственного освоения, расширения транспортной сети, развития туризма. Климатические изменения внесут свой вклад в увеличение частоты и разрушительности опасных явлений, поскольку повышение температуры воздуха вызовет изменения в различных компонентах криосферы. Однако климатические факторы являются далеко не единственными в формировании характеристик природной среды, и всесторонний мониторинг наряду с превентивными мерами должны выполняться в будущем.

Составленные авторами карты оценивают вклад отдельных метеорологических показателей в формирование риска опасных зимних явлений и являются основой для разработки мероприятий по снижению ущерба от опасных природных явлений. Целесообразность дополнительных инвестиций и внедрение новых методов мониторинга, изучения, разработки научно-обо-

снованных рекомендаций для информированности населения и администраций должны быть рассмотрены в соответствии с планами развития страны. Работа над составлением карт показала, что, учитывая трансграничный характер изменений криосферы, необходимы консультации с региональными экспертами по методикам проведения разных видов мониторинга, картирования опасности природных явлений, оценке рисков. Для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных со снегом, необходим своевременный обмен данными между специалистами разных стран, оценка тенденций изменений регионального климата, а также подготовка соответствующих специалистов.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «Научно-прикладное обоснование селе-оползне- и лавинобезопасности в горных районах Иле и Жетысу Алатау Республики Казахстан». Программно-целевое финансирование, грант №BR21881982. Работа Н. Пиманкиной и З. Сайдалиевой выполнена при поддержке проекта “Strengthening the resilience of Central Asian countries by enabling regional cooperation to assess glacio-nival systems to develop integrated methods for sustainable development and adaptation to climate change” funded by the GEF/UNDP/UNESCO, contract №4500526741-A1.

Литература

- Abegg B., S. Morin, O.C. Demiroglu, U. Strasser (2021). Overloaded! Critical revision and a new conceptual approach for snow indicators in ski tourism. -Int. J. Biometeorol., 65. Pp. 691-701. 10.1007/s00484-020-01867-3
- Arattano M., Chiarle M., Coviello V. and Nigrelli G. (2023). Performance of the debris flow alarm system ALMOND-F on the Rochefort Torrent (Val d'Aosta) on August 5, 2022// E3S Web of Conferences 415, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341503002>
- Barnett T.P., Adam J.C., Lettenmaier D.P. (2005). Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions // Nature, vol. 438 # 17 DOI: 10.1038/nature04141 <https://www.researchgate.net/publication/74>
- Changnon S., Changnon D. (2005). Snowstorm catastrophes in the United States// Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards. -Volume 6, Issue 3.- pp. 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.hazards.2006.06.001>
- Guoxing Chen, Wei-Chyung Wang, Chao-Tzuen Cheng, and Huang-Hsiung Hsu (2021). Extreme snow events along the coast of the northeast United States: Potential changes due to global warming//Journal of Climate. – Page(s): 2337–2353. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0197.1>
- Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Käb, S. Kang, S. Kutuzov, A. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, and H. Steltzer (2019). High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. – In press. -Available from www.ipcc.ch. (дата обращения: 05.04.2025).
- Hoelzle M., Barandun M., Bolch T., Fiddes J., Gafurov A., Muccione V., Saks T. and Shahgedanova, M. (2019). The status and role of the alpine cryosphere in Central Asia./ In: Xenarios, S., Schmidt-Vogt, D., Qadir, M., Janusz-Pawletta, B. and Abdullaev,

- I. (eds.) The Aral Sea Basin: Water for Sustainable Development in Central Asia. Earthscan Series on Major River Basins of the World. – London: Routledge, 2019. – 228 p. ISBN 9780429436475
- IPCC (2023). In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Jie Deng, Tao Che, Yan-Xing Hu, Shan-Na Yue, Jing-Hu Pan, Li-Yun Dai (2023). Climate change risk assessment for ski areas in China // *Advances in Climate Change Research*.-Volume 14, Issue 2.- Pages 300-312. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2023.03.008>
- Lebedeva, I.A, Farfel D. Yu., Konyashin, M. M. Berezin (2023). Experimental study of snow load distribution on a shell of the grand sports arena of luzhniki olympic complex//*Bulletin of Science and Research Center of Construction* 35(4):40-61. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-4(35)-40-61
- Rafique Afia, Muhammad Y. S. Dasti, Barkat Ullah, Fuad A. Awwad, Emad A. A. Ismail and Zulfiqar Ahmad Saqib (2023). Snow Avalanche Hazard Mapping Using a GIS-Based AHP Approach: A Case of Glaciers in Northern Pakistan from 2012 to 2022. // *Remote Sensing*, 15(22), 5375. <https://doi.org/10.3390/rs15225375>
- Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters (ed. By W. Haeberli, C. Whiteman, and J.F. Shroeder) –Elsevier, 2015. – 763 pp.
- Ya-Ya Shi, Fu-Jun Niu, Hui-Jun Jin, Xiao-Ni You, Zhan-Ju Lin, Dan-Yun Wang, Run-Ke Wang, Cheng-Yong Wu (2023). Evaluation and prediction of engineering construction suitability in the China–Mongolia–Russia economic corridor//*Advances in Climate Change Research*.-Volume 14, Issue 2. Pages 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2022.09.006>
- Zhao Q., Liu Z., Ye B., Qin Y., Wei Z., Fang S. (2009). A snowmelt runoff forecasting model coupling WRF and DHSVM // *Hydrology and Earth Systems sciences*. Vol. 13. No. 10. pp. 1897–1906.
- Zhdanov V., Blagovechshenskiy V., Medeu A., Aldabergen U., Kamalbekova A., Ranova S. (2025). Anchor Ice Dams and Water–Ice Flows on the Rivers of the Mountains of Southeastern Kazakhstan // *Water*, 17(1), 81. <https://doi.org/10.3390/w17010081>
- Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан (2009)- Алматы: 2009. – 246 с.
- Восьмое национальное сообщение и пятый двухгодичный доклад Республики Казахстан Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. (2022) – Астана: 2022. – 491 с. ISBN 978-601-269-214-3.
- Государственный климатический кадастр РК. Электронный ресурс https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr Дата обращения 01.08. 2024 г
- Долгих С. (2021). Стихийные гидрометеорологические явления, наблюдавшиеся на территории Казахстана в 2020 году // *Гидрометеорология и экология*, № 4. – с. 53–86. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-103-4-53-86> <https://www.kazhydromet.kz/ru/>
- Жездибаева Б. (2023). Обзор стихийных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Республики Казахстан в 2021 году. // *Гидрометеорология и экология*, № 1. – с. 42-77. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2023-108-1-42-77> <https://www.kazhydromet.kz/ru/>
- Закон РК «О национальной безопасности Республики Казахстан» от 6 января 2012 г. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31106860
- Закон РК «О гражданской защите» от 11 апреля 2014 г. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188>
- Национальный план развития РК до 2029 г., утвержденный Указом Президента Республики Казахстан от 30 июля 2024 г. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2400000611>
- Паводки в ЮКО (2013). <http://www.youtube.com/watch?v=abKI-4WAVfM> [Электронный ресурс] Дата обращения 01 августа 2024 г.
- Паспорт селе-, лавино-, оползнеопасных участков и объектов Республики Казахстан, расположенных в зонах их воздействия, МЧС РК. Утвержден приказом № 134 от 30.03. 2013 г. Министра по ЧС РК – Алматы, 2013 г. – 109 с.
- ЧС прокомментировал сход селя в Наурызбайском районе г. Алматы. <https://rus.azattyq.org/a/27147919.html> [Электронный ресурс]. Дата обращения 10 июля 2024 г.
- Экологический кодекс РК. От 2 января 2021 г. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
- Экономический ущерб от паводков в 2024 г. самый крупный за 30 лет// https://iarn.kz/articles/Economy/ekonomicheskii_ushcherb_ot_pavodkov_v_2024_godu_samyu_kрупnyu_z_30_let. Дата обращения 01 сентября 2024.

References

- Abegg B., S. Morin, O.C. Demiroglu, U. Strasser (2021). Overloaded! Critical revision and a new conceptual approach for snow indicators in ski tourism. -*Int. J. Biometeorol.*, 65, pp. 691-701. 10.1007/s00484-020-01867-3
- Arattano M., Chiarle M., Coviello V. and Nigrelli G. (2023). Performance of the debris flow alarm system ALMOND-F on the Rochefort Torrent (Val d'Aosta) on August 5, 2022// *E3S Web of Conferences* 415, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341503002>
- Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations in the Republic of Kazakhstan / Алматы: 2009. – 246 p.
- Barnett T.P., Adam J.C., Lettenmaier D.P. (2005). Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions // *Nature*, vol. 438 # 17 DOI: 10.1038/nature04141 <https://www.researchgate.net/publication/74>
- Changnon S., Changnon D. (2005). Snowstorm catastrophes in the United States// *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*. -Volume 6, Issue 3.– pp. 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.hazards.2006.06.001>

- Dolgikh S. (2021). Natural hydrometeorological phenomena observed on the territory of Kazakhstan in 2020 // Hydrometeorology and Ecology, No. 4. pp. 53–86. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-103-4-53-86> <https://www.kazhydromet.kz/ru/>
- Economic loss from floods in 2024 is the biggest in 30 years // <https://iapn.kz/articles/Economy/> Retrieved September 01, 2024.
- Eighth national communication and fifth biennial report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change. – Astana: 2022. – 491 p. ISBN 978-601-269-214-3.
- Emergency Situations commented on the mudflow in the Nauryzbay district of Almaty. <https://rus.azattyq.org/a/27147919.html> [Electronic resource]. Date of access July, 10, 2024.
- Environmental Code of the Republic of Kazakhstan. Dated January 2, 2021 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
- Floods in South Kazakhstan region. <http://www.youtube.com/watch?v=abKl-4WAVfM> [Electronic resource] Date of access August 01, 2024.
- Guoxing Chen, Wei-Chyung Wang, Chao-Tzuen Cheng, and Huang-Hsiung Hsu (2021). Extreme snow events along the coast of the northeast United States: Potential changes due to global warming // Journal of Climate. – Page(s): 2337–2353. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0197.1>
- Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Kääb, S. Kang, S. Kutuzov, A. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, and H. Steltzer. (2019). High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. -Available from www.ipcc.ch. (date of access: 05.04.2025).
- Hoelzle M., Barandun M., Bolch T., Fiddes J., Gafurov A., Muccione V., Saks T. and Shahgedanova M. (2019). The status and role of the alpine cryosphere in Central Asia. / In: Xenarios, S., Schmidt-Vogt, D., Qadir, M., Janusz-Pawletta, B. and Abdullaev, I. (eds.) The Aral Sea Basin: Water for Sustainable Development in Central Asia. Earthscan Series on Major River Basins of the World. – London: Routledge, 2019. – 228 p. ISBN 9780429436475
- IPCC (2023): Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Jie Deng, Tao Che, Yan-Xing Hu, Shan-Na Yue, Jing-Hu Pan, Li-Yun Dai (2023). Climate change risk assessment for ski areas in China // Advances in Climate Change Research.-Volume 14, Issue 2. – Pp. 300-312. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2023.03.008>
- Law of the Republic of Kazakhstan “On National Security of the Republic of Kazakhstan” dated January 6, 2012 https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31106860
- Law of the Republic of Kazakhstan “On Civil Defense” dated April 11, 2014 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188>
- Lebedeva, I.A, Farfel D. Yu., Konyashin, M. M. Berezin (2023). Experimental study of snow load distribution on a shell of the grand sports arena of luzhniki olympic complex // Bulletin of Science and Research Center of Construction 35(4):40-61. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-4(35)-40-61
- National Development Plan of the Republic of Kazakhstan until 2029, approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated July 30, 2024 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U24000000611>
- Passport of mudflow, avalanche, landslide hazardous areas and objects of the Republic of Kazakhstan located in their impact zones, EMERCOM of the RK. Approved by order No. 134 dated 30.03. 2013 of the Minister of Emergencies of the RK – Almaty, 2013. – 109 p.
- Rafique Afia, Muhammad Y. S. Dasti, Barkat Ullah, Fuad A. Awwad, Emad A. A. Ismail and Zulfiqar Ahmad Saqib (2023). Snow Avalanche Hazard Mapping Using a GIS-Based AHP Approach: A Case of Glaciers in Northern Pakistan from 2012 to 2022. // Remote Sensing, 15(22), 5375. <https://doi.org/10.3390/rs15225375>
- Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters (ed. By W. Haeberli, C. Whiteman, and J.F. Shroeder) –Elsevier, 2015. – 763 pp
- State climate cadastre of the Republic of Kazakhstan. Electronic resource https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr Date of access 01.08. 2024
- Ya-Ya Shi, Fu-Jun Niu, Hui-Jun Jin, Xiao-Ni You, Zhan-Ju Lin, Dan-Yun Wang, Run-Ke Wang, Cheng-Yong Wu (2023). Evaluation and prediction of engineering construction suitability in the China–Mongolia–Russia economic corridor // Advances in Climate Change Research.-Volume 14, Issue 2. Pp. 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2022.09.006>
- Zhao Q., Liu Z., Ye B., Qin Y., Wei Z., Fang S. (2009). A snowmelt runoff forecasting model coupling WRF and DHSVM // Hydrology and Earth Systems sciences. Vol. 13. No. 10. pp. 1897–1906
- Zhezhibaeva B. (2023). Review of natural hydrometeorological phenomena observed on the territory of the Republic of Kazakhstan in 2021. // Hydrometeorology and Ecology, No. 1. – pp. 42-77. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2023-108-1-42-77> <https://www.kazhydromet.kz/ru/>
- Zhdanov V., Blagovechshenskiy V., Medeu A., Aldabergen U., Kamalbekova A., Ranova S. (2025). Anchor Ice Dams and Water–Ice Flows on the Rivers of the Mountains of Southeastern Kazakhstan // Water, 17(1), 81. <https://doi.org/10.3390/w17010081>

Сведения об авторах:

Благовещенский Виктор Петрович – доктор географических наук, главный научный сотрудник АО «Институт географии и водной безопасности» (Алматы, Казахстан, эл. почта: victor.blagov@mail.ru);

Пиманкина Нина Валерьевна (корреспондентный автор) – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории мониторинга динамики снежных и ледовых ресурсов в ТОО «Центрально-Азиатский региональный гляциологический центр (категории 2) под эгидой ЮНЕСКО» (Алматы, Казахстан, эл. почта: pimankina@mail.ru);

Жданов Виталий Владимирович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник АО «Институт географии и водной безопасности» (Алматы, Казахстан, эл. почта: zhdanovvitaliy@yandex.kz);

Ранова Сандугаш Усеновна – кандидат географических наук, руководитель лаборатории природных опасностей АО «Институт географии и водной безопасности» (Алматы, Казахстан, эл. почта: sandu2004@mail.ru);

Сайдалиева Зарина Раджабовна – докторант Отдела географии и наук об окружающей среде, Университет Реддинг (Реддинг RG6 6DW, Великобритания, эл. почта: zar-92@bk.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Благовещенский Виктор Петрович – география ғылымдарының докторы, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ-ның бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: victor.blagov@mail.ru)

Пиманкина Нина Валерьевна (корреспондент-автор) – география ғылымдарының кандидаты, ЮНЕСКО қамқорлығындағы «Орталық Азия өңірлік гляциологиялық орталығы» (II санаттағы) ЖШС-нің қар мен мұздық ресурстары динамикасын мониторингтеу зертханасының жетекшісі ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: pimankina@mail.ru)

Жданов Виталий Владимирович – техника ғылымдарының кандидаты, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ-ның жетекшісі ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: zhdanovvitaliy@yandex.kz)

Ранова Сандугаш Усеновна – география ғылымдарының кандидаты, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ-ның табиғи қауіптер зертханасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: sandu2004@mail.ru)

Сайдалиева Зарина Раджабовна – Реддинг университетінің География және қоршаған орта ғылымдары бөлімінің докторанты (Ұлыбритания, Реддинг RG6 6DW, эл. пошта: zar-92@bk.ru)

Information about authors:

Blagoveshchenskiy Victor – Doctor of Geographical Sciences, chief researcher of JSC “Institute of Geography and Water Security” (Almaty, Kazakhstan, email: victor.blagov@mail.ru)

Pimankina Nina (corresponding author) – Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher of the laboratory for monitoring the dynamics of snow and ice resources of the LLP “Central Asian Regional Glaciological Center (category 2) under the auspices of UNESCO” (Almaty, Kazakhstan, email: pimankina@mail.ru)

Zhdanov Vitaliy – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of JSC “Institute of Geography and Water Security” (Almaty, Kazakhstan, email: zhdanovvitaliy@yandex.kz)

Ranova Sandugash – Candidate of Geographical Sciences, head of the laboratory for natural hazards of JSC “Institute of Geography and Water Security” (Almaty, Kazakhstan, email: sandu2004@mail.ru)

Saidaliyeva Zarina – PhD in the Department of Geography and Environmental Science, University of Reading, (Reading RG6 6DW, UK, e-mail: zar-92@bk.ru)

Поступила: 18 июня 2025 года
Принята: 27 августа 2025 года

4-бөлім
ГЕОЭКОЛОГИЯ

Section 4
GEOECOLOGY

Раздел 4
ГЕОЭКОЛОГИЯ

FTAMP 87.21.02

<https://doi.org/10.26577/JGEM202578313>

Г.А. Мұқанова , А. Әлімұратқызы* , Т.А. Базарбаева ,
Б.Е. Шимшиков , З.А. Туkenova , А.А. Ошақбай ,
Л.С. Курбанова 

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: aitolkynalimurat@gmail.com

ХРОМТАУ ӨңІРІ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН АГРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕР НЕГІЗІНДЕ БАҒАЛАУ

Бұл мақалада Ақтөбе облысының шығыс бөлігінде орналасқан Хромтау қаласы топырақ жамылғысының таралу ерекшеліктері қарастырылды. Топырақ кескініне морфологиялық сипаттама беріліп топырақтың типі – күңгірт қарақоңыр карбонатты, орташа суглинисті екені анықталды.

Аналитикалық талдау нәтижесі бойынша топырақтың физика химиялық қасиеті зерттелді. Табиғи-климаттық жағдайлардың, әсіресе құрғақ континенттік климат пен кен өндіру ісінің әсері, топырақтың морфологиялық және химиялық құрамына айтарлықтай ықпал ететіні анықталды. Қарақоңыр топырақтың агрохимиялық қасиеттері талданды. Қарақоңыр топырақтағы суда еритін тұздардың мөлшері анықталды және топырақтың тұздану сипаты морфологиялық белгілері бойынша айқын көрінеді сонымен қатар топырақтың төменгі қабаттарында сілтілілік деңгейінің жоғары болуымен ерекшеленеді. Топырақтың су сүзіндісі құрамында натрий мен сульфат иондарының мөлшері тәжірибелік үлгілерде жоғары болды, бұл топырақтың сортаңдық сипатқа ие екендігін білдіреді.

Топырақ кескіндерінің гранулометриялық құрамы анықталып нәтижесінде гранулометриялық құрамының тереңдікке байланысты өзгеретіндігін және агрофизикалық қасиеттеріне әсер ететінін көрсетілді. Механикалық құрамына қарай, бұл топырақтарда орташа суглинисті және суглинисті бөлшектер басым, бұл олардың су өткізгіштігінің төмен екенін және тұздардың төменгі қабаттарда жиналуына ықпал ететінін көрсетеді.

Түйін сөздер: топырақ жамылғысы, топырақ кескіні, морфологиялық сипаттамасы, химиялық құрамы, гранулометрлік құрамы, қара қоңыр топырақ.

G.A. Mukanova, A. Alimuratkyzy *, T.A. Bazarbayeva, B.E. Shimshikov,
Z.A. Tukenova, A.A. Oshakbay, K.T. Kyrgyzbay, L.S. Kurbanova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: aitolkynalimurat@gmail.com

Assessment of the ecological state of soils of the Khromtau region based on agrochemical indicators

This article examines the distribution characteristics of the soil cover in the city of Khromtau, located in the eastern part of the Aktobe region. A morphological description of the soil profile is provided, and it was determined that the soil type is dark chestnut carbonate with a medium loamy texture.

Based on the results of analytical analysis, the physical and chemical properties of the soil were studied. It was found that natural and climatic conditions, especially the arid continental climate and mining activities, have a significant impact on the morphological and chemical composition of the soil. The agrochemical properties of the dark chestnut soils were analyzed. The amount of water-soluble salts in the soil was determined, and signs of salinization were clearly visible based on morphological indicators. The lower layers of the soil are characterized by a high level of alkalinity. In the composition of the soil water extract, the amount of sodium and sulfate ions was found to be high in the experimental samples, indicating the saline nature of the soil.

The granulometric composition of the soil profiles was determined, showing that it varies with depth and influences agro-physical properties. According to the mechanical composition, these soils are dominated by medium loamy and loamy particles, indicating low water permeability and promoting the accumulation of salts in the lower layers.

Keywords: soil cover, soil profile, morphological characteristics, chemical composition, granulo-

Г.А. Мұқанова, А. Алимуратқызы*, Т.А. Базарбаева, Б.Е. Шимшиков,
З.А. Туkenова, А.А. Ошакбай, К.Т. Кыргызбай, А.С. Курбанова
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
*e-mail: aitolkynalimurat@gmail.com

Оценка экологического состояния почв Хромтауского региона на основе агрохимических показателей

В данной статье рассматриваются особенности распространения почвенного покрова города Хромтау, расположенного в восточной части Актыубинской области. Дана морфологическая характеристика почвенного разреза, определен тип почвы – темно-каштановая карбонатная среднесуглинистая.

В результате аналитического анализа исследованы физико-химические свойства почвы. Установлено, что природно-климатические условия, особенно засушливый континентальный климат и горнодобывающая деятельность, оказывают значительное влияние на морфологический и химический состав почв. Проанализированы агрохимические свойства темно-каштановых почв. Определено содержание водорастворимых солей в почвах, и установлено, что признаки засоления четко выражены по морфологическим показателям, а нижние горизонты почвы характеризуются повышенной щелочностью. В составе водной вытяжки почвы в опытных образцах выявлено высокое содержание ионов натрия и сульфатов, что свидетельствует о солончаковом характере почвы.

Определен гранулометрический состав почвенных разрезов, в результате чего показано, что он изменяется в зависимости от глубины и влияет на агрофизические свойства. По механическому составу в этих почвах преобладают среднесуглинистые и суглинистые фракции, что указывает на низкую водопроницаемость и способствует накоплению солей в нижних горизонтах.

Ключевые слова: почвенный покров, почвенный разрез, морфологическая характеристика, химический состав, гранулометрический состав, темно-каштановая почва.

Кіріспе

Хромтау қаласы – Ақтөбе облысының ірі өнеркәсіптік орталықтарының бірі, қала аумағында еліміздегі ең ірі хром кен орындарының бірі болып табылатын Дөң кен байыту комбинаты орналасқан. Аумақтың топырақ жамылғысы құрғақ дала белдеулерінде қалыптасып, табиғи-климаттық және антропогендік факторлардың әсерінен айтарлықтай өзгерістерге ұшыраған. Іргелес аумағы бар қаланың топырағы күңгірт қара қоңыр түсті, оның құрамында құм мен тау жыныстарының бөліктері кездеседі. Соңғы жылдары тау-кен өндірісінің қарқынды дамуы, әсіресе ашық тәсілмен жүргізілетін карьерлік жұмыстар, аймақтың топырақ құнарлылығы мен экологиялық жағдайына елеулі ықпал етіп отыр.

Көптеген зерттеулер бұл аймақтағы топырақтардың тұздануға бейімділігі, гумус мөлшерінің төмендеуі және құрылымдық өзгерістер секілді мәселелердің артып келе жатқанын көрсетеді. Қазіргі ғылыми әдебиетте аймақтың (Хромтау қаласы маңының) топырақ жамылғысы бойынша морфологиялық және агрохимиялық сипаттамаларын толық қамтитын кешенді зерттеулер жеткіліксіз (Bazarbayeva, 2025: 173).

Хромтау қаласы маңындағы топырақтардың табиғи және техногендік факторлар әсерінен

өзгеру ерекшеліктерін анықтап, олардың экологиялық тұрақтылығын бағалау қажеттілігі қазіргі уақытта өзекті мәселелердің бірі. Бүгінгі таңда табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мен топырақ деградациясының алдын алу жаһандық деңгейде көтерілуде. Қазақстанның батыс өңірі үшін бұл мәселе кен өндірісінің белсенділігіне байланысты одан әрі ұшығуда. Осы тұрғыдан алғанда, нақты аймақтық зерттеулердің жүргізілуі стратегиялық маңызға ие.

Әдебиетке шолу

Хромтау-Дөң өнеркәсіптік торабы тау жыныстарының құмды бөліктерін қамтитын қара-қоңыр топырақты құрғақ дала аймағында орналасқан. Аймақтың табиғи жағдайлары жер ресурстарын мал шаруашылығы және егіншілік үшін пайдалануға қолайлы (Көшім, 2015б: 41).

Қара қоңыр топырақтар Ақтөбе облысының Қобда, Алға және Қайнар, Мұғалжар және Қарабұтақ аудандарының орталық бөліктерін қамтиды, оның жалпы ауданы – 3618 мың га (Safarov, 2023: 58).

Соңғы уақытқа дейін ол күңгірт қара қоңыр топырақтың құрамдас бөлігі ретінде қарастырылды. Оны жекелеген аймақтарға бөлу үлкен экономикалық маңызға ие, себебі оңтүстік ба-

ғытқа қарай егіншілікті суғарусыз пайдалану тиімсіз болып табылады. Бұл аймақтан тұрақты өнім алу топырақта ылғалды сақтау және жинау бойынша мелиоративті іс-шаралар жүргізілген жағдайда ғана мүмкін болады.

Қара қоңыр топырақтар күңгірт қара қоңыр топырақтар сияқты Орал алды үстіртінде, Мұғалжар тауларында және Торғай даласында орналасқан.

Аймақтың жер бедері гетерогенді, батысы мен шығысы толқынды жазықты, орталық бөлігі төбелермен көтерілген, дөңесті белесті. Аймақтың гетерогенділігі геологиялық құрылымда да көрінеді, бұл мұнда топырақ қасиеттерінің, қалыңдығының қалыптасу ерекшеліктеріне айтарлықтай әсер етеді.

Климаттық жағдайлардың құрғақшылығына байланысты ауыл шаруашылығының кейбір дақылдарын өсіру қолайсыз. Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 220-250 мм.

Аймақтың орталық бөлігінде қара қоңыр жеңіл механикалық құрамды топырақтар жиі кездеседі, ауыспалы егістіктерде көбінесе тың жерлерді кеңінен қолданатын дөңді дақылдар өсіріледі. Суглинисті топырақтар басым болатын аймақтың батыс және оңтүстік-батыс бөліктерінде ауыспалы егістікті игеру қиынырақ. Бұл жерлерді егіншілікке және мал шаруашылығына пайдалану тиімді (Новикова, 1968: 376).

Геоморфологиялық тұрғыдан алғанда, қала аумағы Мұғалжар тауларының бір бөлігіне жатады, ол суглинисті және балшықты құмдармен, құрамында ұсақ тау жыныстарының қиыршық тастары бар көлбеу эллювиалды-делювиалды жазықпен ұсынылған. Хромтау қаласы мен оған іргелес аумақтардың экологиялық жағдайы республика бойынша қолайсыз деп есептеледі, себебі қала барлық жағынан хром кен орындарымен қоршалған. Қала шекарасына жақын жерде үш ірі кен орны орналасқан. Олардың бірі қаланың оңтүстік бөлігінде, тұрғын үйлерден 300 метр және қараусыз қалған сектордан 50 метр қашықтықта орналасқан. Оның өлшемі – 900х500 метр, тереңдігі – 150 метр. Қаланың оңтүстік-батыс бөлігінде, 800 метр қашықтықта тағы екі ірі карьер бар, олардың өлшемі – 800-900х400-500 метр, тереңдігі – 100-150 метр. Ал қаланың солтүстік-шығыс бөлігінде, 3 шақырым жерде тағы екі ірі карьер орналасқан, олардың да көлемі өте үлкен: ұзындығы 900 метрден 1 шақырымнан асады, ал ені – 500-ден 900 метрге дейін. Барлық карьерлердің түбінде жасанды көлдер пайда болған,

олардың өлшемі – 300-500 х 150-200 метр (Кошим, 2015а).

Зерттеліп отырған аумақтың негізгі техногендік көзі әрі табиғи байлығы – хром, мыс және никель кендері. «Қазхром Трансұлттық компаниясы» АҚ-ның филиалы болып табылатын Дөң кен байыту комбинаты (КБК) аймақтағы ең маңызды өнеркәсіптік электр станциясы болып табылады және қала ландшафтын қалыптастыруда шешуші рөл атқарады. Зауыт хром кенін өндіруге және өңдеуге маманданған және Қазақстандағы ірі хром кенін өндіру орны (Мұқанова, 2023:139).

Бұл жерде хромит кенінің көлемі жөнінен әлемдегі екінші ірі кен орны орналасқан және түрлі салаларды қамтитын экологиялық тұрғыдан қауіпті нысандардың көп мөлшері шоғырланған. Қала өнеркәсібінің құрылымында тау-кен өндірісі, өңдеуші өнеркәсіп (мысалы, «Хромтау кірпіш зауыты» ЖШС, «Керамика» АҚ, «Ақтөбе астық өнімдері комбинаты» ЖШС), жылу энергиясы, газ бен суды өндіру және тарату саласы бар (Beketova, 2019: 1449).

Кен орындарының техногендік жүктеме әсерінен топырақтар жаңа қасиеттер мен режимдер жиынтығын иеленіп, олардың түрлі экологиялық функцияларды тиімді орындау қабілеті өзгеріске ұшырайды (Берденов, 2018: 2).

Хромтау қаласының топырақ жамылғысы өндірістік жүктеменің жоғары болуына байланысты деградацияға ұшырап, өзінің экологиялық және ауыл шаруашылығына жарамдылық қасиеттерін жоғалтып келеді (Калиева, 2017). Бұл жағдай тек экологиялық қана емес, сонымен қатар әлеуметтік-экономикалық қауіп-қатерлерге де алып келуі мүмкін. Осыған байланысты аймақтың топырақ құрамын, құрылымын және өзгеру заңдылықтарын анықтау – қазіргі таңда өзекті әрі қажетті мәселе болып табылады.

Әдістеме

Жүргізілген далалық зерттеулер барысында әртүрлі табиғи және антропогендік жағдайларға тән аймақтардан топырақ кескіндері қазылды және топырақ үлгілері алынды.

Топырақ үлгілерін талдау топырақтану ғылымындағы жалпы қабылданған әдістер бойынша жүзеге асырылды: гранулометриялық және микроагрегаттық құрамдар – Н.А. Качинский бойынша; жалпы гумус, И. Тюрин бойынша; жалпы азот – Къельдаль бойынша; карбонат көмірқышқылы-Гейслер-Максимюк бойынша;

алмасу сыйымдылығы-Гедройц бойынша; сіңірілген кальций мен магний-Гедройц бойынша; сіңірілген натрий мен калий – жалын фотометрінде; су сығындысын талдау – Аринушкина бойынша; топырақ суспензиясының рН – калориметриялық; көлемдік массасы-Некрасов бұрымен; жылжымалы фосфор-Мачигин бойынша; жылжымалы калий – Протасов бойынша; Гидролизденетін азот – Тюрин және Кононов бойынша; жалпы фосфор – Памбертон бойынша; жалпы калий – Смит бойынша; топырақтың жалпы талдауы – Гедройц бойынша (Мұқанова, 2021: 48; Калыбеков, 2019: 93).

Зерттеудің картографиялық әдістері бойынша қор деректері мен далалық бақылау материалдарын өңдеу, геоақпараттық жүйелер технологиялар мен жерді қашықтықтан зондтау көмегімен цифрлық карталарды құру арқылы жүзеге асырылды (Wu, 2014: 11).

Нәтижелер және талқылау

Дөң тау-кен байыту аймағында адам әрекетінің әсері шамадан тыс екені аңғарылады. Өнеркәсіптік аумақтың көп бөлігі айтарлықтай өзгеріске ұшыраған (карьерлер, сыртқы үйінділер, өндірістік алаңдар, байыту кешені аумағы және тағы басқалар). Табиғи топырақ жамылғысының дерлік барлығының құнарлылығы төмендеп, өзгерістерге ұшыраған, ал топырақтың құнарлы

қабаты алынып тасталып, жер бірнеше мәрте тегістелгеннен кейін техногендік ландшафттар қалыптасқан (Мұқанова, 2023:139).

Топырақ жамылғысының морфологиялық және физика-химиялық сипаттамасын анықтау мақсатында зерттеу жүргізілген аумақтан екі топырақ кескіні қазылды (координаттары: N – 50°14.370' / E – 58°27.761', абс. биіктігі – 420 м). Талдау нәтижесінде бұл аумақтағы топырақтың түсі қара-қоңыр екені және жер бедерінің жазық келетіні белгілі болды. Топырақтың физика-химиялық құрамын зертханалық жағдайда зерттеу үшін топырақ үлгілері алынды. Топырақ үлгілерін алу үшін топырақ карталары жасалды (сурет – 1, 3).

Хромтау қаласының оңтүстік бағытынан биік террикондары бар ірі карьерден оңтүстікте 300 м қашықтықта орналасқан аймақта № 1-ші топырақ кескіні қазылды (2 – сурет). Жер бедері-жазық дала, тың, өсімдік жамылғысының жобалық жабындығы 60% құрайды. Өсімдік жамылғысы – бетегелі-акселеулі, жусанды, қырмызыгүл, андыз, кәдімгі сабыншөп және басқа да шөптесін өсімдіктермен араласқан. Дөң тау-кен байыту комбинаты (КБК) айналасында хром кендерін өндіретін карьерлер шоғырланған. Бұл карьерлер биіктігі 30-50 метрге дейін жететін террикондармен қоршалған. Топырақтың типі – күңгірт қарақоңыр карбонатты, орташа суглинисті.



1-сурет – Хромтау қаласы бойынша топырақ үлгілерін алу нүктелерінің картасы



2-сурет – Хромтау қаласынан оңтүстік бағытта топырақ кескіні салынды

Тереңдігі, см	Қабаттың сипаттамасы
A1 0 – 8 см.	күңгірт қара қоңыр түсті, құрғақ, тығыздалған, шанды-түйіршікті, өсімдік тамырлары көптеп кездеседі, орташа суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысуы біртіндеп өтеді.
A2 8 – 25 см.	күңгірт қара қоңыр түсті, құрғақ, тығыз, түйіршікті жаңғақты, өсімдік тамырлары алдыңғы қабатқа қарағанда сирек кездеседі, орташа суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысуы айқын байқалады.
AB 25 – 52 см.	қара қоңыр түсті, құрғақ, өте тығыз, кесекті-жаңғақты, өсімдік тамырлары сирек кездеседі, карбонаттар сирек, орташа суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысуы айқын.
B 52 – 64 см.	сарғыш-қоңыр түсті, құрғақ, тығыз, жұқа өсімдік тамырлары сирек кездеседі, кесекті, орташа суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысуы айқын байқалады.
C 64 – 100 см.	қоңыр-сары түсті, балғын, тығыз, құрылымсыз, түбір түктері бірлі жарым, орташа суглинисті.



3-сурет – Бақылау кескіні салынған нүкте

Хромтау мен Ақтөбе қалаларының аралығында ластанбаған аймақта қарақоңыр топырақта бақылау нүктесі ретінде № 2-ші топырақ кескіні қазылды (4- сурет), (координаттары: N – 50°16.307' / E – 57°41.263', абс. биікті-

гі – 283 м). Рельефі – толқынды жазық. Өсімдік жамылғысы – бетеге-селеу тектес, құрамында жусан және басқа да шөптесін өсімдіктер бар. Өсімдіктердің жобалы жабындылығы – 70–80%.



4-сурет – Күңгірт қара қоңыр топыраққа бақылау топырақ кескінін салу

Тереңдігі, см	Қабаттың сипаттамасы
A1 0 – 7 см.	күңгірт қара қоңыр түсті, балғын, әлсіз тығыздалған, ұсақ түйіршікті шанды, өсімдік тамырлары көп, ауыр суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысу байқалады.
A2 7 – 21 см.	күңгірт қара қоңыр түсті, балғын, тығыз, өсімдік тамырлары сирек, шанды түйіршіктелген, ауыр суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысу біртіндеп жүреді.
B 21 – 40 см.	ашық қара қоңыр түсті, балғын, тығыз, жаңғақты-түйіршіктелген, өсімдік тамырлары сирек кездеседі, ауыр суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды, келесі қабатқа ауысу айқын көрінеді.
C 40 – 75 см.	сары-қоңыр түсті, балғын, тығыз, тамырлар жоқ, құрылымсыз, орташа суглинисті, топырақ 10 % (HCl) тұз қышқылынан қайнайды.

Топырақтың физика-химиялық қасиеттерін анықтау топырақтың генезисі мен қасиеттерін, сондай-ақ олардың құнарлылығын арттыру жолдарын анықтауға; топырақ түзілу заңдылықтарын белгілеуге тұрақты өнім алу үшін қажетті жағдайларды анықтауға мүмкіндік береді (Khassenova, 2025: 181).

Қарақоңыр топырақтардың гумуспен қамтамасыз етілу деңгейі тәжірибелік және бақылау учаскелерінде әртүрлі сипат алады. Тәжірибелік кескінде гумус мөлшері жоғарғы (0–8 см) қабатта 2,80%-ды құрайды, бұл топырақтың органикалық заттарға бай екенін көрсетеді (1-кесте).

Бақылау учаскесінде гумус мөлшері 0–7 см қабатында 4,13%-ды көрсетті, бұл топырақтың табиғи жағдайының жақсы сақталғанын білдіреді. 7–21 см тереңдікте де гумус мөлшері 2,98% деңгейінде сақталып, гумустың біртіндеп таралуын көрсетеді. Бұл ерекшелік жергілікті механикалық құрамның және топырақ өңдеу факторларының айырмашылығымен түсіндіріледі.

Азоттың мөлшері де гумуспен өзара тығыз байланыста. Азоттың ең жоғары көрсеткіші бақылау учаскесінде – 0,23%, ал тәжірибе алаңында – 0,15% болды. Бұл көрсеткіш топырақтың агрохимиялық құнарлылығына және потенциалды өнімділік деңгейіне әсер етеді.

1-кесте – Қарақоңыр топырақтың агрохимиялық қасиеттері

Сынама алу орны	Тереңдігі, см	Гумус, %	Жалпы			Жылжымалы		рН	СО ₂ карбонат
			Азот %	Фосфор %	Калий %	Фосфор, мг/кг	Калий мг/кг		
Кескін-1 Хромтау Тәжірибе	0-8	2,80	0,15	0,131	2,335	8	660	7,8	5,4
	8-25	1,91	0,14	0,102	2,123	4	240	8,1	5,8
	25-54	-	0,12	0,107	2,123	4	240	8,3	6,1
	52-64	-	0,08	0,098	2,229	2	270	8,7	7,5
	64-100	-	-	0,087	1,912	6	270	8,9	7,8
Кескін-2, Хромтау Бақылау	0-7	4,13	0,23	0,204	2,863	26	610	7,5	3,4
	7-21	2,98	0,20	0,190	2,758	8	310	8,0	5,5
	21-40	-	0,11	0,153	2,546	8	240	8,1	6,2
	40-75	-	0,09	0,079	1,594	1	170	8,3	6,6

Жылжымалы фосфор мен калийдің мөлшері де назар аударарлық, жылжымалы фосфордың ең жоғары мөлшері бақылау нүктесінде 0–7 см қабатта 26 мг/кг, ал калий тәжірибе нүктесінде 0–8 см қабатта 660 мг/кг болды яғни өсімдіктер үшін қолжетімді қоректік заттар жеткілікті. Алайда, терең қабаттарда (52 см және одан терең) бұл элементтердің мөлшері айтарлықтай азаяды.

Топырақ ерітіндісінің рН мәні тәжірибе және бақылау нүктелерінде 7,5–8,9 аралығында ауытқиды, бұл топырақтың сілтілі екенін көрсетеді. Тереңдеген сайын рН шамасының артуы

байқалады, бұл топырақтың сілтілік реакциясының күшеюімен сипатталады.

Карбонаттар мөлшері (СО₂ бойынша) жоғарғы қабаттарда төмен (3,4–5,8%), ал терең қабаттарда (64–100 см) 7,8%-ға дейін жетеді. Бұл тұздардың терең қабаттарда шоғырлануы мен екінші реттік карбонаттардың жиналуымен байланысты.

Қарақоңыр топырақтың тұздану сипаты морфологиялық белгілері бойынша айқын көрінеді және топырақтың төменгі қабаттарында сілтілік деңгейінің жоғары болуымен ерекшеленеді (2-кесте).

2-кесте – Қарақоңыр топырақтағы суда еритін тұздардың мөлшері

№	Тереңдігі, см	Абсолютті құрғақ топырақтың су сүзіндісі $\frac{\%}{\text{м. экв.}}$								
		Тұздар суммасы, %	Сілтілік		СІ'	SO ₄ ''	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
			Жалпы НСО ₃ ⁻	СО ₃						
Кескін-1 Хромтау Тәжірибе	0-8	0,084	0,029		0,003	0,030	0,007	0,006	0,007	0,002
			0,48		0,07	0,63	0,37	0,46	0,30	0,04
	8-25	0,089	0,044	0,002	0,003	0,018	0,002	0,003	0,018	0,001
			0,72	0,08	0,07	0,38	0,09	0,28	0,78	0,02
	25-54	0,116	0,076	0,005	0,003	0,006	0,002	0,001	0,028	0,001
			1,24	0,16	0,07	0,12	0,09	0,09	1,22	0,02
	52-64	0,238	0,073	0,005	0,038	0,053	0,004	0,005	0,065	0,001
			1,20	0,16	1,08	1,10	0,19	0,37	2,81	0,02
	64-100	1,604	0,029		0,100	0,987	0,216	0,032	0,239	0,001
			0,48		2,82	20,55	10,82	2,60	10,41	0,02

Кестенің жалғасы

Кескін-2, Хромтау Бақылау	0-7	0,204	0,024		0,001	0,119	0,046	0,005	0,001	0,007
			0,40		0,04	2,48	2,31	0,37	0,05	0,18
	7-21	0,071	0,024		0,001	0,027	0,015	0,002	0,001	0,001
			0,40		0,04	0,56	0,74	0,19	0,05	0,02
	21-40	0,471	0,022		0,001	0,313	0,128	0,006	0,001	0,001
			0,36		0,04	6,52	6,38	0,46	0,05	0,02
	40-75	1,019	0,017		0,000	0,707	0,266	0,014	0,010	0,005
			0,28		0,00	14,72	13,32	1,12	0,45	0,12

Жоғарғы қабатта суда еритін тұздардың мөлшері салыстырмалы түрде төмен болғанымен, тереңдеген сайын тұздардың концентрациясы артады.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша, 64–100 см тереңдікте тұздардың жиынтық мөлшерінің (1,604 %) ең жоғары деңгейі тіркелді. Бұл қабатта негізінен сульфатты және хлоридті тұздар басым екені байқалады, бұл сульфаттар мен хлоридтердің терең қабаттарда шоғырланатынын көрсетеді.

Топырақтың су сүзіндісі құрамында натрий (Na^+), магний (Mg^{2+}), кальций (Ca^{2+}), хлор (Cl^-) және сульфат (SO_4^{2-}) иондары анықталды. Әсіресе натрий мен сульфат иондарының мөлшері тәжірибелік үлгілерде жоғары, бұл топырақтың сортандық сипатқа ие екендігін білдіреді.

Механикалық құрамына қарай, бұл топырақтарда орташа суглинисті және суглинисті бөлшектер басым, бұл олардың су өткізгіштігінің төмен екенін және тұздардың төменгі қабаттарда жиналуына ықпал ететінін көрсетеді.

Бақылау учаскесінің деректері де осы заңдылықты растайды, алайда тәжірибе алаңымен

салыстырғанда тұз мөлшері біршама төмен. Бұл бақылау учаскесінің гидрологиялық жағдайының ерекшеліктерімен немесе жер асты сулары тұз тасымалдануының әркелкілігімен түсіндірілуі мүмкін.

Жалпы алғанда, қарақоңыр топырақтардың тұздық құрамы олардың экологиялық жағдайын бағалауда және ауылшаруашылық мақсатта пайдалану тиімділігін анықтауда маңызды фактор болып табылады. Терең қабаттарда тұздардың шоғырлануы топырақтың тұздану деңгейінің жоғары екенін көрсететіндіктен бұл аумақтар мелиорациялық шараларды қажет етеді.

Топырақтың маңызды сипаттамаларының бірі-оның гранулометриялық құрамы немесе әртүрлі мөлшердегі қарапайым бөлшектердің құрамы. Топырақ кескіндеріндегі түрлі тереңдіктен гранулометриялық құрамы анықталды. Әрбір үлгі бойынша топырақтың механикалық құрамын анықтау мақсатында бөлшек өлшемдері 1,0 мм-ден кіші әртүрлі фракциялар бойынша (күм, шаң, түнба) салыстырмалы пайыздық мөлшері көрсетілген (3-кесте).

3-кесте – Топырақ кескіндерінің гранулометриялық құрамы

№	Сынама алу орны	Тереңдігі	А.С.Н % H ₂ O	Абсолютті құрғақ топыраққа % фракция құрамы						
				Фракция өлшемдері мм						
				Құм		Шаң			Түнба	3-х
				1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	Фракции < 0,01
1	Дөң КБК. Хромтау қ. кескін №1 Тәжірибе	0-8	4,76	29,966	25,514	30,239	2,940	1,680	9,660	14,280
2		8-25	5,32	8,450	40,431	10,562	9,717	21,969	8,872	40,558
3		25-54	5,66	10,091	23,341	24,168	5,936	30,104	6,360	42,400
4		52-64	5,48	5,798	15,066	26,661	11,003	39,357	2,116	52,476
5		64-100	5,18	9,977	64,712	22,780	0,844	0,844	0,844	2,531

6	Дөң КБК. Хромтау қ кескін №2 Бақылау	0-7	3,34	19,512	41,589	30,623	1,241	6,207	0,828	8,276
7		7-21	3,84	25,437	34,630	27,870	5,824	5,408	0,832	12,063
8		21-40	3,82	18,341	42,566	35,766	0,416	0,832	2,079	3,327
9		40-75	2,18	19,076	37,988	26,171	2,453	8,996	5,316	16,765

Зерттелген екі кескіннің топырақтарында гранулометриялық құрам қабаттарға байланысты айтарлықтай өзгеріп отырады. Тәжірибелік кескінде (№1) жоғарғы қабатта (0–8 см) күм фракциялары (1,0–0,05 мм) 55,48% құрап, басымдылық танытады. Шаң фракциясы (0,05–0,001 мм) – 34,86%, ал түнба (<0,001 мм) – 9,66%. Тереңдік артқан сайын күм мөлшері азайып, түнба үлесі біртіндеп өседі, 52–64 см аралығында түнба 39,36%-ға дейін жетеді.

Бақылау кескінінде (№2) жоғарғы қабатта күм мен шаң фракциялары басым (мысалы, 0–7 см: күм – 61,10%, шаң – 31,86%). Алайда төменгі қабаттарда түнба үлесі едәуір артып, 40–75 см аралығында 16,77%-ға жетеді.

Жалпы, екі кескінде де тереңдікке қарай күм үлесінің азаюы мен түнба фракциясының артуы байқалады. Бұл процестер топырақтың бөлшектік құрамының дифференциациясын және терең қабаттарда ұсақ бөлшектердің жиналуын көрсетеді.

Бұл деректер топырақтың гранулометриялық құрамының тереңдікке байланысты өзгертіндігін және агрофизикалық қасиеттеріне әсер ететінін көрсетеді. Мұндай талдаулар ауыл шаруашылығында топырақты тиімді пайдалану мен агротехникалық шараларды жоспарлау үшін маңызды болып табылады.

Қорытынды

Хромтау қаласы маңындағы топырақ жамылғысын морфологиялық, агрохимиялық және физика-химиялық сипаттау нәтижелері бұл аумақта техногендік әсердің қарқынды жүргенін дәлелдейді. Зерттелген №1 кескін (өнеркәсіп аумағы) мен №2 кескін (бақылау нүктесі) топырақтарының салыстырмалы талдауы келесідей маңызды ғылыми қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

Гумус пен азот мөлшері техногендік жүктеме астындағы топырақта (0–8 см қабатында гумус – 2,80%; азот – 0,15%) бақылау нүктесімен

салыстырғанда (гумус – 4,13%; азот – 0,23%) едәуір төмен, бұл органикалық заттардың ыдырауының және топырақтың биологиялық белсенділігінің төмендеуін көрсетеді.

Жылжымалы қоректік элементтердің (фосфор, калий) мөлшері де терең қабаттарда азайғаны байқалды. Бұл өсімдіктер үшін қоректік орта тапшылығын және ауыл шаруашылығына жарамдылықтың төмендегенін білдіреді.

Сілтілік реакцияның жоғары болуы (рН 7,5–8,9) және карбонаттардың жинақталуы (64–100 см қабатта CO_2 – 7,8%) топырақтың химиялық тұрақсыздығы мен тұздануға бейімділігін дәлелдейді.

Сортаңдану белгілері, әсіресе терең қабаттарда (64–100 см) жалпы тұздар мөлшері 1,604%-ға дейін артып, хлоридтер мен сульфаттардың шоғырлануы байқалды. Бұл көрсеткіштер топырақтың экологиялық тұрақтылығына қауіп төндіреді және мелиорациялық шараларды талап етеді.

Гранулометриялық құрам бойынша, тереңдеген сайын ұсақ дисперстік бөлшектер үлесінің (шаң, түнба) артуы байқалып, бұл тұздардың терең қабаттарға жиналуына ықпал етеді. Орташа және ауыр суглинисті топырақтар су өткізгіштігі төмен болғандықтан, тұздардың шайылуы әлсіз жүреді.

Осы нәтижелерге сүйене отырып, Хромтау қаласы аумағында топырақтың агроэкологиялық жағдайы тұрақты емес, деградация белгілері анық байқалады. Бұл жерлерді ауыл шаруашылығында тиімді пайдалану үшін жергілікті топырақ жағдайына бейімделген мелиорациялық шаралар, топырақтың органикалық заттармен байытылуы, қоршаған ортаға техногендік қысымды төмендету сияқты кешенді экологиялық стратегияларды енгізу қажет. Сонымен қатар, топырақ ресурстарын сақтау мен қалпына келтіру бағытында тұрақты мониторинг жүргізу – аймақтың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі шарттарының бірі болып табылады.

Алғыс, мүдделер қактығысы

Бұл ғылыми зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің № BR21882122 «Жасыл даму контекстінде Батыс Қазақстан өңірінің табиғи-шаруашылық және әлеуметтік-экономикалық

жүйелерінің тұрақты дамуы: кешенді талдау, тұжырымдама, болжамдық бағалау және сценарийлер» бағдарламалық-мақсатты қаржыландырудың «Батыс Қазақстан өңірінің топырағының өнеркәсіптік қызмет нәтижесінде улы химикаттармен ластануын бағалау» № 4 кіші бағдарламасы негізінде жасалды.

Әдебиеттер

Bazarbayeva T., Khassenova A., Tukenova Z., Mukanova G., Shimshikov B., Tussupova B., Kudaibergen K., Alimuratkyzy A. Current state of contamination of soil in the West Kazakhstan Region with toxic chemicals as a result of industrial activities // *Caspian Journal of Environmental Sciences*. – 2025. – Vol. 23, No. 1. – P. 173–180. – DOI: 10.22124/CJES.2025.8572.

Beketova A. T., Джаналеева Г.М., Рамазанова Н.Е. Техногенное изменение современного почвенного покрова Хромтауского района под воздействием Донского горно-обогатительного комбината // *Global Challenges – Scientific Solutions: халықаралық конф. материалдары* – Варна, 12 мамыр 2020 ж. – Japan Health Physics Society.

Beketova A., Berdenov Z., Ataeva G., Safarov R., Shomanova Z., Herman G. Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan) // *GeoJournal of Tourism and Geosites*. – 2019. – Vol. 27. – P. 1449–1463. – DOI: 10.30892/gtg.27428-447.

Berdenov Ж.Г., Мендыбаева Г.Е., Атаева Г.М., Казангапова Н.Б. Эколого-геохимический анализ почвенного покрова хромтау-донского промышленного узла // *Гидрометеорология и экология*. – 2018. – № 2.

Калиева К.Б., Амантайұлы Б. Оценка риска опасности на шахте «Молодёжная» Донского ГОКа // *Инновационная наука*. – 2017. – № 11. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-opasnosti-na-shahte-molodyozhnaya-donskogo-goka> (жүгінген күні: 11.07.2025).

Калыбеков Т., Турсбеков С.В., Жакыпбек Ы., Ахтаева Н.З., Муканова Г.А. Изучение интенсификации почвообразовательных процессов при рекультивации поверхности отвалов // *KPCY хабаршысы*. – 2019. – Т. 19, № 4. – Б. 93–98.

Khassenova A., Bazarbayeva T.*, Nizamiev A., Kurbanova L., Tussupova B., Kenzhebay R., Bekzhanova A., Khamitov A. Assessment of the stability potential of geosystems under anthropogenic influences (Case study: Ural River) // *Caspian Journal of Environmental Sciences*. – 2025. – Vol. 23, No. 1. – P. 181–187. – DOI: 10.22124/CJES.2025.857.

Кошим А.Г., Сергеева А.М. Геоэкологический анализ промышленного центра Хромтау и прилегающих территорий // *Тау-кен өңірлерінің экологиялық қауіпсіздігі: конф материалдары*. – Екатеринбург, 16 сәуір. 2015 ж.

Көшім А.Ф., Сергеева А., Умирзакова Ж., Байдрахманова Г. Геоэкологическое состояние месторождения Хромтау и ее картографирование по разновременным космоснимкам Landsat // *ҚазҰУ Хабаршысы. География Сериясы*. – 2015. – № 2 (41).

Мұқанова Г.А., Ахтаева Н.З., Аманғазиева Ү.Т., Зубова О.А., Айтуғанов Е.Н. Хром кенін өндіру аймағындағы топырақ жамылғысының қазіргі заманғы жағдайын талдау және сипаттау // *ҚазҰТЗУ Хабаршысы*. – 2023. – № 3 (139).

Мұқанова Г.А., Жакыпбек Ы., Төлеутаева А.Қ., Ахтаева Н.З. Соколов-Сарыбай Тау-Кен Байыту Өндірістік Бірлестігі аумағында ауыр металдармен ластануды зерттеу // *Горный журнал Казахстана*. – 2021. – № 2. – Б. 48–52.

Почвы казахской ССР : Актюбинская область [Мәтін]. Т. 11 / ред. Г. Новикова және басқалар. – Алма-Ата: Ғылым, 1968. – 376 б.

Safarov R., Berdenov Z., Shomanova Z., Nossenkov Y.G., Bexeitova Zh. Spatial distribution of elements, environmental effects, and economic potential of technogenic waste materials of chromite slag from dumps of Don mining and processing plant // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. – 2023. – Vol. 58, № 6. – DOI: 10.59957/jctm.v58i6.162.

Управление рекультивацией нарушенных земель на открытых разработках [Мәтін] / Г.А. Мұқанова, Т. Калыбеков, М.Н. Сандибек, К.Б. Рысбеков, С.В. Турсбеков; монография. – Алматы: Satbayev University, 2020. – 283 б.

Wu J, Teng Y, Lu S, Wang Y, Jiao X (2014) Evaluation of Soil Contamination Indices in a Mining Area of Jiangxi, China. *PLoS ONE* 9(11): e112917. doi:10.1371/journal.pone.0112917.

References

Bazarbayeva T., Khassenova A., Tukenova Z., Mukanova G., Shimshikov B., Tussupova B., Kudaibergen K., Alimuratkyzy A. (2025). Current state of contamination of soil in the West Kazakhstan Region with toxic chemicals as a result of industrial activities // *Caspian Journal of Environmental Sciences*, Vol. 23, No. 1, P. 173–180. DOI: 10.22124/CJES.2025.8572. (In English)

Beketova A., Berdenov Z., Ataeva G., Safarov R., Shomanova Z., Herman G. (2019). Geochemical monitoring of industrial center for development of recreational areas (on the example of Khromtau-Don industrial hub, Kazakhstan) // *GeoJournal of Tourism and Geosites*, Vol. 27, P. 1449–1463. DOI: 10.30892/gtg.27428-447. (In English)

Beketova A. T., Dzhanalieva G. M., Ramazanova N. E. (2020). Tekhnogennoe izmenenie sovremennogo pochvennogo pokrova Khromtaugskogo raiona pod vozeistviem Donskogo GOKa [Technogenic changes...] // *Global Challenges – Scientific Solutions*, Varna, May 12. Japan Health Physics Society. (In Russian)

- Berdenov Zh. G., Mendybaeva G. E., Atayeva G. M., Kazangapova N. B. (2018). Ekologo-geokhimicheskii analiz pochvennogo pokrova Khromtau-Donskogo promyshlennogo uzla // *Gidrometeorologiya i ehkologiya*, No. 2. (In Russian)
- Kaliyeva K. B., Amantayuly B. (2017). Otsenka riska opasnosti na shakhte “Molodyozhnaya” Donskogo GOKa // *Innovatsionnaya nauka*, No. 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-opasnosti-na-shahte-molodyozhnaya-donskogo-goka> (Accessed: 11.07.2025). (In Russian)
- Kalybekov T., Tursbekov S. V., Zhakypbek Y., Akhtaeva N. Z., Mukanova G. A. (2019). Izuchenie intensifikatsii pochvoobrazovatelnykh protsessov pri rekultivatsii poverkhnosti otvalov // *Vestnik KRSU*, Vol. 19, No. 4, P. 93–98. (In Russian)
- Khasenov A., Bazarbayeva T., Nizamiev A., Kurbanova L., Tussupova B., Kenzhebay R., Bekzhanova A., Khamitov A. (2025). Assessment of the stability potential of geosystems under anthropogenic influences (Case study: Ural River) // *Caspian Journal of Environmental Sciences*, Vol. 23, No. 1, P. 181–187. DOI: 10.22124/CJES.2025.857. (In English)
- Koshim A. G., Sergeeva A. M. (2015). Geoekologicheskii analiz promyshlennogo tsentra Khromtau i privileyushchikh territorii // *Ekologicheskaya bezopasnost gornopromyshlennykh regionov: materialy konferentsii*, Ekaterinburg, April 16. (In Russian)
- Koshim A. G., Sergeeva A., Umirzakova Zh., Baidrakhmanova G. (2015). Geoekologicheskoe sostoyanie mestorozhdeniya Khromtau i ee kartografirovaniye po raznovremennym kosmosnimkam Landsat // *Vestnik KazNU. Seriya Geografiya*, No. 2 (41). (In Russian)
- Mukanova G. A., Akhtaeva N. Z., Amangazyeva U. T., Zubova O. A., Aituganov E. N. (2023). Khrom kenin ondiru aimagyndagy topyraq jamylygsynyn kazirgi zamangy zhağdayyn taldau zhane sipattau // *KazNTU Khabarshysy*, No. 3 (139). (In Kazakh)
- Mukanova G. A., Kalybekov T., Sandibekov M. N., Rysbekov K. B., Tursbekov S. V. (2020). Upravlenie rekultivatsiei narushennykh zemel na otkrytykh razrabotkakh / Monograph. Almaty: Satbayev University. – 283 p. (In Russian)
- Mukanova G. A., Zhakypbek Y., Toleutayeva A. K., Akhtaeva N. Z. (2021). Sokolov-Sarybai TKBOP auamagynda auyr metallarmen lastanudyi zertteu // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*, No. 2, P. 48–52. (In Kazakh)
- Novikova G. (Ed.) (1968). *Kazakh SSR topyragy: Aktobe oblysy* [Soils of the Kazakh SSR: Aktobe region]. Alma-Ata: Gylm. – 376 p. (In Russian)
- Safarov R., Berdenov Z., Shomanova Z., Nossenko Y. G., Bexeitova Zh. (2023). Spatial distribution of elements, environmental effects, and economic potential of technogenic waste materials of chromite slag from dumps of Don mining and processing plant // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, Vol. 58, No. 6. DOI: 10.59957/jctm.v58i6.162. (In English)
- Wu J., Teng Y., Lu S., Wang Y., Jiao X. (2014). Evaluation of Soil Contamination Indices in a Mining Area of Jiangxi, China // *PLoS ONE*, 9(11): e112917. doi:10.1371/journal.pone.0112917. (In English)

Авторлар туралы мәлімет:

- А. Әлімұратқызы – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының докторанты. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: aitolkynalimurat@gmail.com);*
- Г.А. Мұқанова – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының доценті, б.ғ.к. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: gulzhanatmukanova@gmail.com);*
- Т.А. Базарбаева – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының доценті, г.ғ.к. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: tursynkul.bazarbayeva@gmail.com);*
- Б.Е. Шимшиков – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының доценті, б.ғ.к. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: bshimshikov@gmail.com);*
- З.А. Туkenova – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының доценті, б.ғ.к. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: otdel_nauki8@mail.ru.);*
- А.А. Ошақбай – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының докторанты. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: aitu.oshakbay@gmail.com);*
- Л.С. Курбанова – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының аға оқытушысы, т.ғ.к. (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: k_lau@mail.ru).*

Information about the authors:

- A. Alimuratkyzy – PhD student at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University. (Almaty, Kazakhstan, email: aitolkynalimurat@gmail.com)*
- G.A. Mukanova – Associate Professor at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Candidate of Biological Sciences. (Almaty, Kazakhstan, email: gulzhanatmukanova@gmail.com)*
- T.A. Bazarbayeva – Associate Professor at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Candidate of Geographical Sciences. (Almaty, Kazakhstan, email: tursynkul.bazarbayeva@gmail.com)*
- B.E. Shimshikov – Associate Professor at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Candidate of Biological Sciences. (Almaty, Kazakhstan, email: bshimshikov@gmail.com)*
- Z.A. Tukenova – Associate Professor at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Candidate of Biological Sciences. (Almaty, Kazakhstan, email: otdel_nauki8@mail.ru)*
- A.A. Oshakbay – PhD student at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University. (Almaty, Kazakhstan, email: aitu.oshakbay@gmail.com)*

L.S. Kurbanova – Senior Lecturer at the UNESCO Chair for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Candidate of Technical Sciences. (Almaty, Kazakhstan, email: k_lau@mail.ru).

Информация об авторах:

А. Алимуратқызы – докторант кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: aitolkynalimurat@gmail.com);

Г.А. Муканова – доцент кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби, кандидат биологических наук (Алматы, Казахстан, эл. почта: gulzhanatmukanova@gmail.com);

Т.А. Базарбаева – доцент кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби, кандидат географических наук (Алматы, Казахстан, эл. почта: tursynkul.bazarbayeva@gmail.com);

Б.Е. Шимишиков – доцент кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби, кандидат биологических наук (Алматы, Казахстан, эл. почта: bshimshikov@gmail.com);

З.А. Тукенова – доцент кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби, кандидат биологических наук (Алматы, Казахстан, эл. почта: otdel_nauki8@mail.ru);

А.А. Ошакбай – докторант кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: aitu.oshakbay@gmail.com);

Л.С. Курбанова – старший преподаватель кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби, кандидат технических наук (Алматы, Казахстан, эл. почта: k_lau@mail.ru).

*Жіберілді: 03 маусым 2025 жыл
Қабылданды: 09 қыркүйек 2025 жыл*

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ

ҚазҰУ Хабаршысы. География сериясында материалдарды жариялау Open Journal System, онлайн жіберу және рецензиялау жүйесі арқылы жүзеге асырылады. Жүйеге тіркелу және кіру «Материалдарды жіберу» бөлімінде қолжетімді.

Корреспонденция авторы журналға жариялау үшін ілеспе хат ұсынуға міндетті.

Мақалаға қойылатын талаптар:

Редакциялық коллегия журналдың ғылыми бағыттары бойынша бұрын жарияланбаған мақалаларды қабылдайды. Мақала журналдың функционал сайтына жүктеу арқылы ғана (Open Journal System немесе Editorial Manager) электронды форматта (doc, .docx, .rtf форматында) қабылданады.

Шрифт кеглі – 12 (аңдатпа, кілт сөздер, әдебиеттер тізімі – 10, кесте мәтіні – 9-11), шрифт – Times New Roman, мәтін беттің ені бойынша тегістеу арқылы теріледі, аралығы – бір, абзац бойынша шегініс – 0,8 см, шеттері: үстіңгі және астыңғы – 2 см, сол және оң жақ – 2 см.

Сурет, кесте, графика, диаграмма және т.б. мәтін ішінде нөмір және атаумен белгіленеді. (Мысалы, 1-сурет – Сурет атауы). Суреттердің, таблица, графика мен диаграммалардың саны мақала көлемінің 20% -нан (кейбір жағдайда 30%) артық болмауы керек.

Мақала көлемі (атауы, авторлар бойынша ақпарат, аңдатпа, кілт сөз, әдебиеттер тізімін қоспағанда) әлеуметтік және гуманитарлық бағытта 3 000 сөзден кем, 7 000 сөзден артық емес және жаратылыстану және техникалық бағыттарда 1 500-7 000 сөз аралығында болуы шарт.

Авторлар жіберіліп отырған мақаланың/қолжазбаның бұрын соңды еш жерде жарияланбағаны, мақалада/қолжазбада басқа жұмыстардың мәтіндеріне сілтемесіз алынған кірме фрагменттердің жоқ екендігі туралы Open Journal System немесе Editorial Manager жүйесіндегі ілеспе хатта МІНДЕТТІ түрде жазу керек.

Мақала құрылымы (мақаланы рәсімдеу үшін ресми сайтындағы ҮЛГІ-ні қолданыңыз):

Бірінші бет:

Бірінші жол – FTAMP нөмірі (ерекше жағдайда ЭОЖ), мәтін беттің сол жақ шетімен тегістеледі, қаралау шрифт.

Мақала атауы (Тақырып) мақаланың мәні мен мазмұнын көрсетіп, оқырманның назарын аудару керек. Тақырып қысқа әрі ақпараттық, жаргондар мен Название должно быть кратким, информативным и не содержать жаргонизмов или аббревиатурасыз жазылуы тиіс. Тақырыптың орташа ұзындығы 5-7 сөз (кей жағдайда 10-12 сөз). Мақаланың тақырыбы қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде берілуі керек. Тақырып қаралау шрифтті кіші әріптермен, беттің ортасымен тегістеледі.

Мақала автор(лар)ы – аты-жөнінің бірінші әріптері және тегі, жұмыс істейтін орны (аффилиация), қала, мемлекет, email – орыс, қазақ және ағылшын тілдерінде жазылады. Авторлар туралы ақпарат қалыпты шрифтті кіші әріптермен жазылып, беттің ортасында тегістеледі.

Аңдатпа көлемі 150-300 сөз қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде жазылады.

Аңдатпа құрылымында келесі ақпарат міндетті түрде болуы керек:

- Зерттеу тақырыбы бойынша кіріспе сөз.
- Ғылыми зерттеудің мақсаты, негізгі бағыттары мен идеялары.
- Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы бойынша қысқа ақпарат.
- Зерттеу әдістемесі бойынша қысқа ақпарат.
- Ғылыми зерттеудің негізгі нәтижелері, талдау және тұжырымдама.
- Жүргізілген зерттеу жұмысының маңыздылығы (аталған жұмыстың ғылымның сәйкес саласына енгізген үлесі)
- Жұмыс қорытындысының практикалық маңыздылығы.
- Кілт сөздер/сөз тіркестері – орыс, қазақ, ағылшын тілдерінде 3-5 сөз аралығында.

Келесі бет (жаңа бет):

Кіріспе келесіде берілген негізгі элементтерден тұрады:

Таңдалған тақырыптың негіздемесі; тақырып өзектілігі мен зерттеу проблемалары. Таңдалған тақырыптың негіздемесінде алдыңғы зерттеушілердің тәжірибелері негізінде проблемалық жағдайдың (зерттеу жұмыстарының жоқтығы, жаңа зерттеу нысанының пайда болғаны және т.б.) бар екендігі айтылады. Тақырыптың өзектілігі аталған зерттеу нысанының қойылған сұрақтарға толық жауаптардың болмаған жағдайда, тақырыптың теориялық және практикалық маңыздылығы арқылы дәлелденіп жалпыға ортақ мүдде арқылы анықталады.

Жұмыстың нысанын, пәнін, мақсаттарын, міндеттерін, тәсілдерін, әдістер, гипотезасын анықтау. Зерттеудің мақсаты тезисті дәлелдеумен, яғни зерттеу тақырыбын автор таңдаған аспектімен көрсетумен байланысты.

Материал мен әдістер – материалдар мен жұмыс барысының сипаттамасынан, сондай-ақ қолданылатын әдістердің толық сипаттамасынан тұруы керек

Зерттеу материалының сипаттамасы оның сапалық және сандық көрінісін қамтиды. Материалдың сипаттамасы – тұжырымдар мен зерттеу әдістерінің сенімділігін анықтайтын факторлардың бірі.

Бұл бөлімде проблеманың қалай зерттелгені сипатталады: бұрын жарияланған рәсімдеулерді қайталамай егжей-тегжейлер ақпарат беріледі; материалдар мен әдістерді қолдану кезінде міндетті түрде енгізілген жаңалықтар арқылы жабдықты сәйкестендіруді (бағдарламалық жасақтама) және материалдардың сипаттамасы қолданылады.

Ғылыми әдістеме келесілерден тұруы қажет:

- зерттеу сұрақтар(ы);
- алға қойылған гипотеза (тезис);

- зерттеу кезеңдері;
- зерттеу әдістері;
- зерттеу нәтижелері.

Әдебиеттерге шолу жасау бөлімінде – зерттеу тақырыбы бойынша ағылшын тілінде шетелдік авторлардың іргелі және жаңа еңбектер (кемінде 15 жұмыс), оларды ғылыми үлесі тұрғысынан талдау, сондай-ақ сіздің мақалаңызда толықтырылған зерттеу кемшіліктері беріледі.

Жұмысқа қатысы жоқ көптеген сілтемелердің болуы немесе сіздің жетістіктеріңіз туралы, алдыңғы жұмыстарыңызды көрсететін сілтемелерді қосуға болмайды.

Нәтижелер мен Талқылау бөлімінде сіздің зерттеу нәтижелеріңізді талдауы және талқылауы беріледі. Зерттеу барысында алынған нәтижелер туралы қорытынды беру арқылы негізгі мәні айқындалады. Бұл мақаланың маңызды бөлімдерінің бірі болып саналады. Онда жұмысыңыздың нәтижелерінің талдауы және алдыңғы жұмыстармен, талдаулармен және тұжырымдамаларымен салыстыру арқылы сәйкес нәтижелерді талқылау беріледі.

Қорытынды, тұжырымдама – жұмыстың осы кезеңдегі нәтижелерін жалпылау және қорытындылау; автор алға қойған тұжырымның растығын және алынған нәтижелерді ескере отырып, ғылыми білімнің өзгеруі туралы автордың қорытындысын растау. Қорытынды абстрактілі болмауы керек, оларды ұсыныстарды немесе одан әрі жасалатын жұмысты сипаттай отырып белгілі бір ғылыми саладағы зерттеу нәтижелерін жалпылау үшін қолдану керек.

Қорытындының құрылымында келесі сұрақтар болуы керек: Зерттеудің максаттары мен әдістері қандай? Нәтижелері қандай? Қандай тұжырымдар бар? Зерттемені енгізу, қолдану перспективалары мен мүмкіндіктері қандай?

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі немесе библиографиялық тізім жаратылыстану және техникалық бағыттарға кем дегенде 10 атаулардан және әлеуметтік және гуманитарлық бағыттарға 15 атаулардан тұрады, ал ағылшын тіліндегі жалпы атаулар саны 50%-дан кем болмауы керек. Егер сілтемелер тізімінде кириллицада берілген еңбектер болса, сілтемелер тізімін екі нұсқада ұсыну қажет: біріншісі – түпнұсқада, екіншісі – романизацияланған алфавитте (транслитерация).

Романизацияланған әдебиеттер тізімі келесідей болуы керек: автор (лар) (транслитерация – <http://www.translit.ru>) → (жақшадағы жыл) → транслитерацияланған нұсқадағы мақала тақырыбы [мақала тақырыбының ағылшын тіліндегі аудармасы төрт бұрышты жақшада], орыс тіліндегі дереккөздің атауы (транслитерация немесе бар болған жағдайда ағылшын тілінде), шығыс деректер ағылшын тілінде белгілеулер арқылы жазылады.

Мысалы: Gokhberg L., Kuznetsova T. (2011) *Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki* [Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy]. *Foresight-Russia*, vol. 5, no 4, pp. 8–30. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі алфавиттік тәртіпте және тек мәтінге сілтеме жасалған жұмыстар FAHA жазылады.

Орыс және қазақ тілдеріндегі әдебиеттер тізімінің стилі ГОСТ 1-2003 “Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Жалпы талаптар және құрастыру ережелері” сәйкес жасалады.

Әлеуметтік және гуманитарлық бағытта романизацияланған әдебиеттер тізімін, ағылшын тіліндегі (басқа шет тіліндегі) дереккөздер рәсімдеу стилі – American Psychological Association (<http://www.apastyle.org/>), жаратылыстану және техникалық бағытқа – Chicago Style (www.chicagomanualofstyle.org).

Мысалы:

Кітап

1. Zadie Smith, *Swing Time* (New York: Penguin Press, 2016), 315–16.

2. Brian Grazer and Charles Fishman, *A Curious Mind: The Secret to a Bigger Life* (New York: Simon & Schuster, 2015), 12.

Журнал мақаласы

1. Susan Satterfield, “Livy and the Pax Deum,” *Classical Philology* 111, no. 2 (April 2016): 170.

2. Shao-Hsun Keng, Chun-Hung Lin, and Peter F. Orazem, “Expanding College Access in Taiwan, 1978–2014: Effects on Graduate Quality and Income Inequality,” *Journal of Human Capital* 11, no. 1 (Spring 2017): 9–10, <https://doi.org/10.1086/690235>.

3. Peter LaSalle, “Conundrum: A Story about Reading,” *New England Review* 38, no. 1 (2017): 95, Project MUSE.

Website материалы

1. “Privacy Policy,” Privacy & Terms, Google, last modified April 17, 2017, <https://www.google.com/policies/privacy/>.

2. “About Yale: Yale Facts,” Yale University, accessed May 1, 2017, <https://www.yale.edu/about-yale/yale-facts>.

3. Katie Bouman, “How to Take a Picture of a Black Hole,” filmed November 2016 at TEDxBeaconStreet, Brookline, MA, video, 12:51, https://www.ted.com/talks/katie_bouman_what_does_a_black_hole_look_like

Берілген бөлімде төмендегілерді ескеру қажет:

• Ғылымның осы саласында қолданылатын және автордың жұмысы негізделген ғылыми басылымдар, алдыңғы қатарлы зерттеу әдістерінен дәйексөздер келтіріледі.

• Өзіңіздің жұмысыңыздан дәйексөздерді келтіруді шамадан тыс қолданудан аулақ болыңыз.

• Сілтемелерді ТМД / КСРО авторларының басылымдарына шамадан тыс келтіруден аулақ болыңыз, әлемдік тәжірибені қолданыңыз.

• Библиографиялық тізімде мақала тақырыбы бойынша белгілі шетелдік авторлар мен зерттеушілер шығарған іргелі және ең маңызды жұмыстар болуы керек.

Әлеуметтік және гуманитарлық бағыттағы мәтіндерде дәйексөз келтірілген сілтемелер жұмыстың бірінші авторы, шыққан жылы: бет нөмір(лер)і жақша ішінде көрсетіліп беріледі. Мысалы, (Залесский 1991: 25). Әдебиеттер тізімінде бір автордың бір жылда жарық көрген бірнеше жұмысы келтірілген жағдайда, шыққан жылдың тұсына «а», «б» және т.б. әріптерді қосып жазу керек. Мысалы, (Садуова, 2001а: 15), (Садуова, 2001б, 22). Жаратылыстану бағытындағы мақалаларда сілтемелер сілтеме жасалған жұмыстардың мақала мәтінінде кездесетін кезеңіне байланысты нөмірленіп тік жақшада беріледі.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Публикация материалов в «Вестнике КазНУ. Серии географической» осуществляется с использованием Open Journal System, системы онлайн-подачи и экспертной оценки. Регистрация и авторизация доступны в разделе Отправка материалов.

Автор для корреспонденции обязан предоставить сопроводительное письмо на публикацию в журнале.

Требования к оформлению статьи:

Редакционная коллегия принимает ранее неопубликованные статьи по научным направлениям журнала. Статья представляется в электронном формате (в форматах .doc, .docx, .rtf) ТОЛЬКО посредством ее загрузки через функционал сайта журнала (Open Journal System).

Кегль шрифта – 12 (аннотация, ключевые слова, литература – 10, текст таблиц – 9-11), шрифт – Times New Roman, выравнивание – по ширине текста, интервал – одинарный, абзацный отступ – 0,8 см, поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое и правое – 2 см.

Рисунки, таблицы, графики, диаграммы и др. представляются непосредственно в тексте с указанием нумерации и заглавия (Например, Рис. 1 – Название рисунка). Количество рисунков, таблиц, графиков и диаграмм не должно превышать 20% от всего объема статьи (в некоторых случаях до 30%).

Объем статьи (без учета названия, сведений об авторах, аннотации, ключевых слов, библиографического списка) должен составлять не менее 3 000 слов и не превышать 7 000 слов для социогуманитарных направлений, и 1 500-7 000 слов для естественнонаучных и технических направлений.

Авторы в обязательном порядке должны указать в сопроводительном письме в системе Open Journal System или Editorial Manager о том, что направляемая статья/рукопись нигде ранее не публиковалась, и что в статье отсутствуют заимствованные фрагменты текста из других работ без ссылок на них.

СТРУКТУРА СТАТЬИ:

Первая страница:

Первая строка – МРНТИ (Рубрикатор есть в открытом доступе онлайн <http://grnti.ru/> или, авторы так же могут получить Код МРНТИ в библиотеке), выравнивание – по левому краю, шрифт – полужирный.

Название статьи (Заголовок) должно отражать суть и содержание статьи и привлекать внимание читателя. Название должно быть кратким, информативным и не содержать жаргонизмов или аббревиатур. Оптимальная длина заголовка – 5-7 слов (в некоторых случаях 10-12 слов). Название статьи должно быть представлено на русском, казахском и английском языках. Название статьи представляется полужирным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру.

Автор(ы) статьи – с указанием имени и фамилии, ученой степени, ученого звания, занимаемой должности, места работы, город, страна, контактный телефон, email. Сведения об авторах представляются обычным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру.

Аннотация объемом 150-300 слов на русском, казахском и английском языках.

Структура аннотации включает в себя следующие обязательные пункты:

- Вступительное слово о теме исследования.
- Цель, основные направления и идеи научного исследования.
- Краткое описание научной и практической значимости работы.
- Краткое описание методологии исследования.
- Основные результаты и анализ, выводы исследовательской работы.
- Ценность проведенного исследования (внесенный вклад данной работы в соответствующую область знаний).
- Практическое значение итогов работы.
- Ключевые слова/словосочетания – количеством 3-5 на русском, казахском и английском языках.

Данные в начале статьи (название, авторы, абстракт, ключевые слова) даются на языке оригинала. Далее следует та же информация (без МРНТИ) на английском языке. Потом на казахском или русском (зависит от языка основной статьи).

Последующая страница (новая):

Введение состоит из следующих основных элементов:

Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. В обосновании выбора темы на основе описания опыта предшественников сообщается о наличии проблемной ситуации (отсутствие каких-либо исследований, появление нового объекта и т.д.). Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

Определение объекта, предмета, целей, задач, методов, подходов, гипотезы и значения вашей работы. Цель исследования связана с доказательством тезиса, то есть представлением предмета исследования в избранном автором аспекте.

Материал и Методы – должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

Характеристика или описание материала исследования включает его представление в качественном и количественном отношении. Характеристика материала – один из факторов, определяющий достоверность выводов и методов исследования.

В этом разделе описывается, как проблема была изучена: подробная информация без повторения ранее опубликованных установленных процедур; используется идентификация оборудования (программного обеспечения) и описание материалов, с обязательным внесением новизны при использовании материалов и методов.

Научная методология должна включать в себя:

- исследовательский вопрос(-ы);
- выдвигаемую гипотезу (тезис);
- этапы исследования;
- методы исследования;
- результаты исследования.

В секции обзор литературы – должны быть охвачены фундаментальные и новые труды по исследуемой тематике зарубежных авторов на английском языке (не менее 15 трудов), анализ данных трудов с точки зрения их научного вклада, а также пробелы в исследовании, которые Вы дополняете в своей статье.

Недопустимо наличие множества ссылок, не имеющих отношения к работе, или неуместные суждения о ваших собственных достижениях, ссылки на Ваши предыдущие работы.

В разделе Результаты и Обсуждение – приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

Заключение, выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

Структура заключения должна содержать следующие вопросы: Каковы цели и методы исследования? Какие результаты получены? Каковы выводы? Каковы перспективы и возможности внедрения, применения разработки?

Список используемой литературы, или Библиографический список состоит из не менее 15 наименований литературы, и из них 50% на английском языке. В случае наличия в списке литературы работ, представленных на кириллице, необходимо представить список литературы в двух вариантах: первый – в оригинале, второй – романизированным алфавитом (транслитерация).

Романизированный список литературы должен выглядеть в следующем виде: автор(-ы) (транслитерация - <http://www.translit.ru>) → (год в круглых скобках) → название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть), выходные данные с обозначениями на английском языке.

Например: Gokhberg L., Kuznetsova T. (2011) Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki [Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy]. *Foresight-Russia*, vol. 5, no 4, pp. 8–30. Список литературы представляется в алфавитном порядке, и ТОЛЬКО те работы, которые цитируются в тексте.

Стиль оформления списка литературы на русском и казахском языке согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Стиль оформления Романизированного списка литературы, а также источников на английском (другом иностранном) языке – Chicago Style (www.chicagomanualofstyle.org).

В данном разделе необходимо учесть:

- Цитируются основные научные публикации, передовые методы исследования, которые применяются в данной области науки и на которых основана работа автора.

- Избегайте чрезмерных самоцитирований.

- Избегайте чрезмерных ссылок на публикации авторов СНГ/СССР, используйте мировой опыт.

- Библиографический список должен содержать фундаментальные и наиболее актуальные труды, опубликованные известными зарубежными авторами и исследователями по теме статьи.

- Ссылки на цитируемые работы в тексте даются в скобках, с указанием первого автора работы, год издания: номер страниц(-ы). Например, (Залесский, 1991: 25). В случае, наличия в списке литературы нескольких работ одного и того же автора, изданных в один год, то дополнительно к году издания добавляется буква «а», «б» и т.д. Например, (Садуова, 2001a: 15), (Садуова, 2001б, 22).

В случае несоответствия статьи требованиям, редколлегия вправе её отклонить.

INFORMATION FOR AUTHORS

Submissions to the Journal of Geography and Environmental Management are made using Open Journal System, the online submission and peer review system. Registration and access is available at Submissions

The author for correspondence is obliged to provide a cover letter for publication in the journal.

MANUSCRIPT REQUIREMENTS:

The editorial board accepts previously unpublished articles on scientific areas of the journal. The article is submitted in electronic format (in .doc, .docx, .rtf formats) ONLY by uploading it through the functionality of the journal's website (Open Journal System).

Font size – 12 (abstract, keywords, literature – 10, text of tables – 9-11), font – Times New Roman, alignment – to the width of the text, spacing – single, paragraph indentation – 0.8 cm, margins: top and bottom – 2 cm, left and right – 2 cm.

Figures, tables, graphs, diagrams, etc. are presented directly in the text, indicating the numbering and title (For example, Fig. 1 – Figure title). The number of figures, tables, graphs, and diagrams should not exceed 20% of the entire article volume (in some cases up to 30%).

The volume of the article (excluding the title, information about the authors, annotations, keywords, bibliographic list) should be at least 3,000 words and not exceed 7,000 words for socio-humanitarian areas, and 1,500-7,000 words for natural science and technical areas.

Authors should indicate in a cover letter in the Open Journal System or Editorial Manager that the submitted article/manuscript has not been published anywhere before, and that the article does not contain any borrowed text fragments from other works without links to them.

STRUCTURE OF THE ARTICLE (You can use the TEMPLATE on the official site for preparing your manuscript):

First page:

The first line – IRSTI (The rubricator is publicly available online <http://grnti.ru/> or, authors can also get the IRSTI Code in the library), alignment – left, font – bold.

The title of the article (Title) should reflect the essence and content of the article and attract the attention of the reader. The title should be short, informative, and not contain jargon or abbreviations. The optimal headline length is 5-7 words (in some cases 10-12 words). The title of the article must be submitted in Russian, Kazakh and English. The title of the article is presented in bold type in lowercase letters, alignment – in the center.

The author (s) of the article – indicating the name and surname, academic degree, academic title, a position held, place of work, city, country, contact phone number, email. Authors' information is presented in a regular font in lowercase letters, alignment – in the center.

Abstract of 150-300 words in Russian, Kazakh, and English.

The structure of the annotation includes the following mandatory clauses:

- Introductory remarks about the research topic.
- Purpose, main directions, and ideas of scientific research.
- A brief description of the scientific and practical significance of the work.
- Brief description of the research methodology.
- Main results and analysis, conclusions of the research work.
- The value of the research (the contribution of this work to the relevant area of knowledge).
- The practical significance of the results of the work.
- Keywords/phrases – 3-5 in Kazakh, Russian and English languages.

The data at the beginning of the article (title, authors, abstract, keywords) are given in the original language. This is followed by the same information (without IRSTI) in English. Then in Kazakh or Russian (depending on the language of the main article).

Subsequent page (new):

The introduction consists of the following main elements:

Justification for the choice of topic; relevance of the topic or problem. In justifying the choice of the topic based on the description of the experience of predecessors, it is reported that there is a problem situation (the absence of any research, the emergence of a new object, etc.). The relevance of the topic is determined by the general interest in the study of this object, but the lack of comprehensive answers to the existing questions is proved by the theoretical or practical significance of the topic.

Determination of the object, subject, goals, objectives, methods, approaches, hypothesis, and value of your work. The purpose of the research is connected with the proof of the thesis, that is, the presentation of the research subject in the aspect chosen by the author.

Material and Methods – should consist of a description of the materials and work progress, as well as a complete description of the methods used.

The characterization or description of the research material includes its qualitative and quantitative presentation. The characteristic of the material is one of the factors that determines the reliability of the conclusions and research methods.

This section describes how the problem was investigated: details without repeating previously published established procedures; identification of equipment (software) and description of materials are used, with the obligatory introduction of novelty when using materials and methods.

The scientific methodology should include:

- research question (s);

- put forward hypothesis (thesis);
- research stages;
- research methods;
- research results.

- The literature review section should cover fundamental and new works on the research topics of foreign authors in English (at least 15 works), analysis of these works in terms of their scientific contribution, as well as research gaps that you supplement in your article.

Impossible the presence of many references that are not related to the work, or inappropriate judgments about your own achievements, references to your previous work.

- The Results and Discussion section provides an analysis and discussion of your research results. The conclusion on the results obtained in the course of the study is given, the main essence is revealed. And this is one of the most important sections of the article. It needs to analyze the results of their work and discuss the relevant results in comparison with previous work, analyzes, and conclusions.

- Conclusion, conclusions – generalization and summing up the results of the work at this stage; confirmation of the truth of the statement put forward by the author, and the author's conclusion about the change in scientific knowledge, taking into account the results obtained. Conclusions should not be abstract, they should be used to summarize research results in a particular scientific field, with a description of proposals or opportunities for further work.

The structure of the report should contain the following questions: What are the objectives and methods of research? What are the results? What are the conclusions? What are the prospects and opportunities for implementation, application of development?

Bibliography or the Bibliographic list consists of at least 30 titles of literature, and 50% of them are in English. If the list of references contains works presented in Cyrillic, it is necessary to submit the list of references in two versions: the first – in the original, the second – in the romanized alphabet (transliteration).

A romanized bibliography should look as follows: author (s) (transliteration - <http://www.translit.ru>) → (year in parentheses) → article title in transliterated version [translation of the article title into English in square brackets], name of a Russian-language source (transliteration, or English title – if any), printed output in English.

For example: Gokhberg L., Kuznetsova T. (2011) Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki [Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy]. Foresight-Russia, vol. 5, no.4, pp. 8-30. The list of references is presented in alphabetical order and ONLY those works that are cited in the text.

Style of the bibliography in Russian and Kazakh languages according to GOST 7.1-2003 “Bibliographic record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules” (the requirement for publications included in the Committee for Control in the Sphere of Education and Science list).

The style of the Romanized bibliography, as well as sources in English (another foreign) language for socio-humanitarian areas – American Psychological Association (<http://www.apastyle.org/>), for natural sciences and engineering – Chicago Style (www.chicagomanualofstyle.org).

For example:

Book

0. Zadie Smith, *Swing Time* (New York: Penguin Press, 2016), 315-16.

1. Brian Grazer and Charles Fishman, *A Curious Mind: The Secret to a Bigger Life* (New York: Simon & Schuster, 2015), 12.

Journal article

0. Susan Satterfield, “Livy and the Pax Deum,” *Classical Philology* 111, no. 2 (April 2016): 170.

1. Shao-Hsun Keng, Chun-Hung Lin, and Peter F. Orazem, “Expanding College Access in Taiwan, 1978–2014: Effects on Graduate Quality and Income Inequality,” *Journal of Human Capital* 11, no. 1 (Spring 2017): 9-10, <https://doi.org/10.1086/690235>.

2. Peter LaSalle, “Conundrum: A Story about Reading,” *New England Review* 38, no. 1 (2017): 95, Project MUSE.

Website content

0. “Privacy Policy,” Privacy & Terms, Google, last modified April 17, 2017, <https://www.google.com/policies/privacy/>...

1. “About Yale: Yale Facts,” Yale University, accessed May 1, 2017, <https://www.yale.edu/about-yale/yale-facts...>

2. Katie Bouman, “How to Take a Picture of a Black Hole,” filmed November 2016 at TEDxBeaconStreet, Brookline, MA, video, 12:51, https://www.ted.com/talks/katie_bouman_what_does_a_black_hole_look_like...

This section should take into account:

- The main scientific publications, advanced research methods that are used in this field of science, and on which the author's work is based are cited.

- Avoid over-quoting.

- Avoid excessive references to publications by authors of the CIS / USSR, use world experience.

- The bibliographic list should contain fundamental and most relevant works published by well-known foreign authors and researchers on the topic of the article.

- References to cited works in the text are given in brackets, indicating the first author of the work, year of publication: number of pages (s). For example, (Zalesky, 1991: 25). If there are several works of the same author published in the same year in the bibliography, the letter “a”, “b”, etc. is added to the year of publication. For example, (Saduova, 2001a: 15), (Saduova, 2001b, 22).

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Физикалық, экономикалық және әлеуметтік география	Section 1 Physical, economic and social geography	Раздел 1 Физическая, экономическая и социальная география
Ж.Г. Берденов, Ж.И. Инкарова, К.М. Сагинов, Е.Х. Мендыбаев, Е.Н. Муқанов Состояние зеленой инфраструктуры в парковых зонах урбоэкосистем города Астана		4
Л.Б. Кенеспаева, Г.Б. Айдарханова, Г.Б. Аубакирова, А.М. Калимурзина, Д.А. Тажиева, Н.М. Құтымова Пространственная дифференциация демографической уязвимости рынка труда в Северо-Казахстанской области		24
Б.С. Керімбай, К.М. Баймырзаев, Н.Н. Керімбай, М.Б. Бахыт, С.Қ. Таженова Агроландшафттардың кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін геожүйелік тұрғыдан талдау		39
А. Токбергенова, С.М. Дуйсенбаев, К.Б. Зулпыхаров, О.Ж. Таукебаев, Б. Біләлов, Б. Сатвалдиев Современные физико-географические условия территории Западного Казахстана в условиях глобальных динамичных климатических изменений		49
Ramil Guliyev The impact of agriculture on demographic processes in the Ganja-Dashkasan economic region		73
А.Е. Бектурганова, Г.Б. Рысмахан, Ф.К. Ермеков, С.С. Абдығалиева, Д.К. Молжигитова, Б.Е. Дабылова, Ж.К. Алимсеитова Жерді кеңістікті-ландшафтық ұйымдастыру негізінде аумақтарды тиімді игеру бойынша әлемдік тәжірибелерді талдау		83
Г.Ш. Оспанова, А.Т. Мылкайдаров, А.Б. Сансызбаева Азық-түлік белдеуі үдерісінің теориялық-әдіснамалық негіздері		99
2-бөлім Картография және геоинформатика	Section 2 Cartography and geoinformatics	Раздел 2 Картография и геоинформатика
А.А. Саянов, М.Ж. Махамбетов, А.Б. Хамит, А.М. Сергеева Комплексная оценка городских зеленых пространств города Актау на основе мультиспектральных спутниковых данных		110
А.К. Толепбаева, Р.Қ. Қарағұлова, А.А. Танбаева, Ү.Р. Алдаберген Жерді қашықтықтан зондтау деректері негізінде мұздықтарды дешифрлеу (Іле және Жетісу Алатауы таулы аудандарының мысалында)		128
М.А. Alpysbay, E.B. Serikbayeva, D.N. Talgarbaeva, B.L. Niyazbekov Comparative analysis of machine learning methods for remote sensing data processing		142
3-бөлім Метеорология және гидрология	Section 3 Meteorology and hydrology	Раздел 3 Метеорология и гидрология
А.В. Чередниченко, А.В. Чередниченко, В.С. Чередниченко, А.С. Нысанбаева, Г.Н. Чичасов Стратегия действий для Западного Казахстана по смягчению глобального потепления и сохранению климатического потенциала		154
В.П. Благовещенский, Н.В. Пиманкина, В.В. Жданов, С.У. Ранова, З.Р. Сайдалиева Природные опасности, связанные со снегом, на территории Казахстана		171

4-бөлім Геоэкология	Section 4 Geocology	Раздел 4 Геоэкология
Г.А. Мұқанова, А. Әлімұратқызы, Т.А. Базарбаева, Б.Е. Шимшиков, З.А. Туқенова, А.А. Ошақбай, Л.С. Курбанова		
Хромтау өңірі топырақтарының экологиялық жағдайын агрохимиялық көрсеткіштер негізінде бағалау 184		
Авторларға арналған ақпарат..... 196		