ISSN 1563-0234
eISSN 2663-0397

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

География сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия географическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

JOURNAL

of Geography and Environmental Management

№1 (80)

Алматы
«Қазақ университеті»
2026

ISSN 1563-0234
eISSN 2663-0397

KazNU Science · ҚазҰУ Ғылымы · Наука КазНУ

ХАБАРШЫ

ГЕОГРАФИЯ СЕРИЯСЫ №1 (80) наурыз



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

Куәлік №16502-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР
Кайранбаева Г.К., Phd, аға оқытушы
(*Қазақстан*)
e-mail: vestnik.kaznu.geo@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:
Қалиасқарова З.К., г.ғ.к., доцент – ғылыми редактор *(Қазақстан)*
Абдуллаева А.С., PhD, доцент м.а. – ғылыми редактордың орынбасары *(Қазақстан)*
Аскарова М.А., г.ғ.д., профессор *(Қазақстан)*
Плохих Р.В., г.ғ.д., профессор м.а. *(Қазақстан)*
Бексеитова Р.Т., г.ғ.д., профессор *(Қазақстан)*
Ивкина Н.И., г.ғ.к., доцент *(Қазақстан)*
Нысанбаева А.С., г.ғ.к. *(Қазақстан)*
Мазбаев О.Б., г.ғ.д., профессор *(Қазақстан)*
Сальников В.Г., г.ғ.д., профессор *(Қазақстан)*
Шокпарова Д.К., PhD, доцент м.а. *(Қазақстан)*
Махмудова Л.К., г.ғ.к. *(Қазақстан)*
Базарбаева Т. А., г.ғ.к., доцент *(Қазақстан)*
Христиан Опп, профессор *(Германия)*
Родионова И.А., г.ғ.д., профессор *(Ресей)*
Fernandez De Arroyeabe Pablo (Фернандес Де Арройеб Пабло), профессор *(Испания)*
Шмелев Станислав, PhD *(Ұлыбритания)*
Béla Márkus (Белла Маркус) профессор *(Венгрия)*
Каратаев М.А., PhD *(Австрия)*
Dolly Priatna (Долли Приатна), PhD *(Индонезия)*

ТЕХНИКАЛЫҚ РЕДАКТОР
Алимсеитова Ж.К., т.ғ.к. *(Қазақстан)*

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

ҚАЗАҚ УНИВЕРСИТЕТІ
БАСПА ҮЙІ

Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы
Гульмира Шаккозова
Телефон: +7 747 125 6790
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

ИБ №

Пішімі 60x84/8. Көлемі 13,25 б.т. Тапсырыс № .
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2026

Баспа журналдың ішкі мазмұнына жауап бермейді.

1-бөлім

ФИЗИКАЛЫҚ, ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ӘЛЕУМЕТТІК ГЕОГРАФИЯ

Section 1

PHYSICAL, ECONOMIC AND SOCIAL GEOGRAPHY

Раздел 1

ФИЗИЧЕСКАЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ГЕОГРАФИЯ

МРНТИ 39.19.27 https://doi.org/10.26577/JGEM80120261

О.Ә. Әліпбеки[1], Р.Т. Бексеитова[1], Ч.А. Алипбекова[1], Р.Т. Турекелдиева[2], Е.С. Сарыбаев[1], М.М. Әлімбай[1*]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
[2]Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
*e-mail: mederkul95@mail.ru

ДЕГРАДАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Изучение деградации земель и свойств почвенного покрова за последние несколько десятков лет являются одним из важнейших направлений исследований и носят как научный, так и прикладной характер. Особенно актуальна эта проблема для Казахстана, значительная часть земель которого расположена в субаридной и аридной зонах. Основными прямыми индикаторами деградации земель, вызванной воздействием усиливающихся аридности климата и антропогенной деятельности, являются внешние особенности рельефа и растительного покрова земной поверхности, и, протекающие на ней экзодинамические процессы, доступные непосредственному наблюдению. Наиболее ярко процессы опустынивания и разрушения земель наблюдаются на территориях активного освоения углеводородного и горнорудного освоения – Западного и Центрального Казахстана. В данной работе приведены результаты исследований деградации земель и трансформации (опустынивания) окружающей среды западного региона (Мангыстауской и Атырауской областях) Казахстана за 2012–2024 гг., проведенные коллективом Института географии и водной безопасности РК и научной группой факультета географии и природопользования КазНУ имени аль-Фараби. Методологической основой работы послужили маршрутно-полевые исследования, анализ библиографических и фондовых источников, картографический анализ, социальный опрос и графический метод.

Ключевые слова: деградация земель, опустынивание, почвенный покров, климатические изменения, землепользование.

O. Alipbeki[1], R. Bexeitova[1] , Ch. Alipbekova[1],
R. Turekeldiyeva[2], E. Sarybaev[1], M. Alimbay[1]*

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2]Taraz University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan
*e-mail: mederkul95@mail.ru

Land degradation in Western Kazakhstan

The study of land degradation and soil cover properties over the last few decades is one of the most important areas of research and has both scientific and applied character. This problem is especially relevant for Kazakhstan, a significant part of which is located in sub-arid and arid zones. The main direct indicators of land degradation caused by the impact of increasing climate aridity and anthropogenic activity are external features of relief and vegetation cover of the earth surface, and exodynamic processes occurring on it, available for direct observation. The most pronounced processes of desertification and land destruction are observed in the territories of active hydrocarbon and mining development – Western and Central Kazakhstan. This paper presents the results of studies of land degradation and transformation (desertification) of the environment of the western region (Mangystau and Atyrau regions) of Kazakhstan for 2012-2024, conducted by the team of the Institute of Geography and Water Security of the Republic of Kazakhstan and the scientific team of the Faculty of Geography and Nature Management of KazNU named after Al-Farabi. The methodological basis of the work was route-field research, analysis of bibliographic and stock sources, cartographic analysis, social survey and graphical method.

Keywords: land degradation, desertification, soil cover, climatic changes, land use.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

О.Ә. Әліпбеки[1], Р.Т. Бексеитова[1] , Ч.А. Алипбекова[1],
Р.Т. Турекелдиева[2], Е.С. Сарыбаев[1] , М.М. Әлімбай[1]*
[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, КАлматы, Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан
*e-mail: mederkul95@mail.ru

Батыс Қазақстан жерлерінің деградациясы

Соңғы онжылдықтарда жердің деградациясы мен жер жамылғысының қасиеттерін зерттеу ғылыми және қолданбалы маңызға ие өзекті бағыттардың біріне айналды. Әсіресе жер аумағының едәуір бөлігі субаридті және құрғақ аймақтарды қамтитын Қазақстан үшін бұл мәселе ерекше өзекті. Климаттық өзгерістер мен антропогендік ықпалдың әсерінен туындаған жердің деградациясының басты көрсеткіштері жер бедерінің өзгеруі, өсімдік жамылғысының құрылымдық ерекшеліктері және экзодинамикалық процестердің айқын көріністері болып табылады. Шөлейттену және жердің тозуы сияқты процестер Батыс және Орталық Қазақстанның көмірсутек және тау-кен өнеркәсібі қарқынды игерілетін аймақтарында ерекше байқалады. Осы жұмыста ҚР География және су қауіпсіздігі институты мен әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География және табиғатты пайдалану факультетінің ғылыми тобы 2012–2024 жылдар аралығында жүргізген Маңғыстау және Атырау облыстарындағы жер деградациясы мен қоршаған ортаның өзгеруі (шөлейттену) бойынша зерттеу нәтижелері қарастырылған. Зерттеудің әдіснамалық негізіне маршруттық-далалық зерттеулер, библиографиялық және дереккөздерді талдау, картографиялық әдістер, әлеуметтік сауалнамалар мен графикалық тәсілдер пайдаланылған.

Түйін сөздер: жер деградациясы, шөлейттену, жер жамылғысы, климаттық өзгерістер, жерді пайдалану.

Введение

Последние десятилетия, согласно многочисленным исследованиям, характеризуются глобальным усилением аридности климата. Опустынивание и деградация земель – один из негативных процессов, затронувших значительные территории Казахстана. Опустынивание – это снижение плодородия почв и производства биомассы, и, в целом, деградация природных систем. Опустынивание вызывает экологическую нестабильность природного ландшафта. Оценка опустынивания, его масштабов, видов, темпов и риска развития является не только одним из значимых критериев экологического состояния окружающей среды, но и социально-экономического состояния засушливых территорий Казахстана, большая площадь которых демонстрирует процессы, как естественного, так и антропогенного опустынивания (Кружалин, 2002; Гельдыева, 2008; Чигаркин, 2000; Белгибаев, 1999; Белгибаев, 2001; Karataev, 2022; Материалы госбюджетных исследований, 2012-2024). Ярко эти процессы проявляются в полупустынных и пустынных районах Казахстана, что обусловлено низкой устойчивостью экосистем к изменениям внешних факторов окружающей среды, включая антропогенный фактор. Исследуемая территория – Атырауская и Мангистауская области Западного Казахстана – почти полностью расположена в полупустынной и пустынной зоне, где естественные процессы опустынивания и деградации земель усиливают влияние антропогенного фактора (активная разведка и разработка углеводородных ресурсов, животноводство, селитебное сельское хозяйство). Усиливающаяся аридность климата, техногенез (добыча полезных ископаемых, строительство жилых объектов, трубопроводов и водопроводов, линий электропередач, дорог), а также интенсивная откачка пресных подземных вод, способствовали изменению рельефа окружающей среды, возбуждению негативных экзодинамических процессов, деградации продуктивного почвенного горизонта и растительности на больших площадях (прямое воздействие). А прямое воздействие антропогенных возмущений привело к усилению дефляционных процессов, эрозии, засолению, эрозионному расчленению земной поверхности. Еще более серьезной причиной опустынивания является загрязнение земель залежами, местами хранения, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов, радиоактивными отходами (химическое воздействие) (Акиянова, 1998; Акиянова, 2000-2003; Фаизов, 2005; Кушимова, 2003). В данной статье представлены результаты совместных исследований кафедры картографии геоинформатики и Ноттингемского университета Великобритании (Материалы исследований по Международному научно-образовательному проекту «Climate change and land degradation», 2012-2015) по международной образовательной

программе «Глобальное изменение климата и деградация земель» и долгосрочных исследований кафедры картографии и геоинформатики по госбюджетной теме «Изучение и картографирование геодинамических процессов равнинных и горных территорий Казахстана» (Материалы госбюджетных исследований...2016-2024), основной целью которых было изучение проявлений деградации земель и развития неблагоприятных экзодинамических процессов на территории Казахстана, в том числе Западного Казахстана (Мангистауская и Атырауская области), в результате усиления засушливости климата.

Методология

Территория исследований

Исследования проводились в Мангистауском и Каракиянском районах Мангистауской области (общая протяженность маршрутных исследований более 1000 км Актау – Шетпе – Уштаган – Сауыскан – Шолтобе – Каратобе – Сенека – святилище Бекет Ата – Тушыкудык – Жана Узень – Актау), Исатаевском районе Атырауской области, (общая протяженность маршрутов составила более 300 км – Кайдак, Кожык, Исатай), где особенно выражены процессы опустынивания (рис. 1).

Рисунок 1
Карта полевых маршрутов



Примечание: составлено автором.

Структура исследований

Основными методами исследования были:

- изучение и анализ более ранних тематических исследований;
- полевой анализ почв и растительности;
- изучение пространственных условий размещения песчаных массивов;
- социальный опрос населения;
- камеральная обработка материалов;
- выявление пространственно-временного состояния природных компонентов в связи с увеличением засушливости;
- анализ влияния состояния природных компонентов на жизнь местного населения;
- составление карт (полевых и камеральных).

Были рассмотрены состояние основных компонентов природной среды, отражающие процессы опустынивания и нарушения земель: природные воды (грунтовые и поверхностные), рельеф (морфология рельефа) и геодинамические процессы, почва и растительность. Данные и суждения об этих компонентах были получены из литературы, а также по результатам полевых маршрутных исследований и опроса местных жителей разной возрастной группы (опрошено более 100 человек в возрасте от 30 до 85 лет) населенных пунктов Уштаган, Сауыскан, Сенека, Тушыкудык, Бекет-Ата (в Мангистауской области), Кайдак, Кожык, Исатай (в Атырауской области). Ниже приведены результаты исследований по данным компонентам.

Опрос и обсуждение

Подземные и поверхностные воды

Хозяйственно-питьевое водоснабжение Каспийского региона за счет подземных вод и опреснения морской воды Каспия.

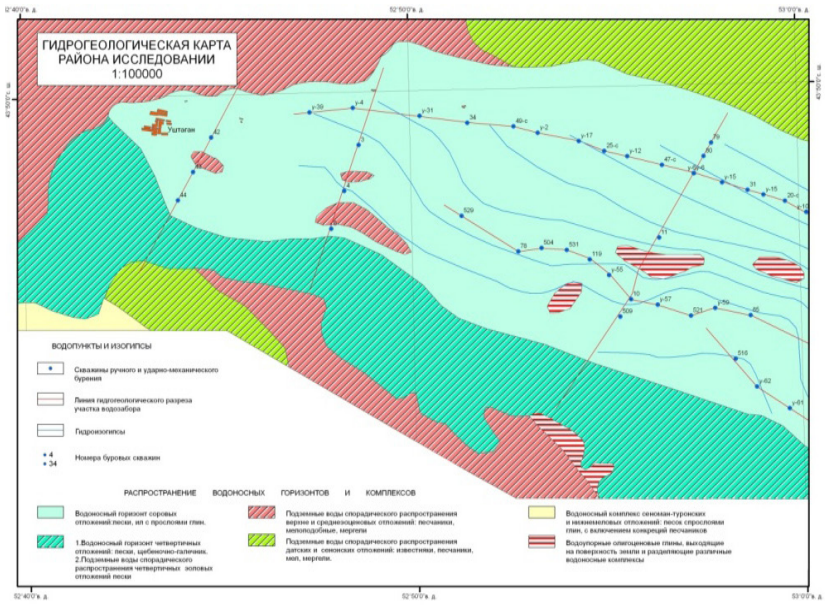
Интенсивная разгрузка пресных и опресненных подземных вод, вызванная увеличением добычи и переработки углеводородов и, следовательно, ростом населения, не компенсируется инфильтрацией поверхностных вод из-за, во-первых, уменьшения количества годовых осадков, а во-вторых, увеличения летучести и испарения из-за более высоких за последние десятилетия среднемесячных летних температур (Сидиков, 1998; Смоляр, 2002).

Долговременная работоспособность насосных станций (отбор воды на станции Саускан осуществляется с 1965 года. Эксплуатационные скважины образуют линейный ряд протяженностью 17,5 км, расстояние между скважинами

варьируется от 200 до 1300 м, глубина скважин 27-48 м. За 2014-2024гг., согласно опросу населения, эта глубина достигла 60 м, что свидетельствует о снижении уровня подземных пресных вод почти на 12 м. Общая производительность по воде за 2008-2018 годы составила – 3,45 – 3,48 м3/сут.) (рис. 2, 3). (Материалы проекта «К задержанию...», 2008-2018).

Рисунок 2

Гидрогеологическая карта района села Уштаган (материалы Института географии МОН РК, 2008-2018)



Примечание: составлено автором.

Данные свидетельствуют, во-первых, о резком снижении, а по большей части – полном исчезновении пресной и опресненной воды в большинстве древних каменных колодцах, иногда до сих пор используемых в качестве водопоя, во-вторых, о засолонении колодезной воды. Наблюдения за известными действующими скважинами и Мангистауским и Каракиянским районами Мангистауской области – Казахский, Шымрау, Малибек, Жанасу, Бесшымрау, Карашказган, Орпалы и другими; Исатаевским районе Атырауской области – Исатай, Безген, Теректы – показали снижение уровня колодезной воды более чем на 12 метров, и ее засоленность, а в большинстве скважин – ее полное исчезновение. Многие из старых каменных колодцев закрыты. Из 24 скважин, которые были отмечены нами в маршрутых исследованиях, 16 скважин были в эксплуатации в 1982 году. В настоящее время из 16 скважин работают только 3 скважины (скважина Борлы, расположенная к югу от поднятия Еликтау, с глубиной воды 11 м, а в 1982 году – 2 м; скважина Дармен, расположенная в восточной части Бостанкумских песков, с глубиной воды 12 м, а в 1982 году – 3 м; скважина Ашыборсан, расположенная в 5 км к юго-западу из скважины Дармен, с глубиной залегания воды 12 м, а в 1982 году – 2 м), а остальные 14 скважин – высохли (скважина Беке, расположенная в 20 км к востоку от скважины Борли, с глубиной залегания воды в 1982 году – 12 м, скважина Саубе – в 2 км к востоку от скважины Беке, колодец Баскудук – в 1 км к западу от песков Баскудук; колодец Акпан на высоте 214 м; скважина Саз, расположенная в 2 километрах к юго-востоку от скважины Акпан; скважина Терекурпа, расположенная на северо-восточной оконечности песков Сенгиркум; скважины Шолакказган и Кожаказган, расположенные на западной оконечности песков Сенгиркум; скважина Акурпа, расположенная на восточной оконечности песков Тышканкум; скважины Бекберды, Шалабай, Коккудук, Кызылкудук и Жусаной, расположенные на юго-западной оконечности пе-

сков Сенека) или солончаковые (7 скважин – это скважины Ымыр, Куйлыс, Аккут, Торум, Аккот, Жангызак, Сокырсу) (рис. 3). Удивительно, как, без каких-либо научных исследований, древние кочевники точно определяли места залегания пресных подземных вод.

Рисунок 3

Гидрогеологические условия подземного водного бассейна Саускан (материалы Института географии МОН РК, 2008-2018)



Большое косвенное влияние на сокращение загрязнения пресной воды (как поверхностной, так и подземной) оказывает человеческий фактор, который усиливает естественную засушливость. Основные очаги загрязнения наблюдаются вблизи промышленных предприятий и в пределах мегаполисов (Актау, Атырау). Как показали исследования предыдущих лет, вблизи таких городов наблюдаются большие ореолы загрязнения подземных вод, приводящие к выходу из строя всех водозаборов подземных вод или их частей. Наибольшее загрязняющее воздействие на подземные воды оказывают нефтепродукты на территориях практически всего нефтегазового комплекса Атырауской и Мангистауской областей (Akiyanova, 1998; Акиянова, 2000-2001; Кушимова, 2003; Материалы проекта…, 2008-2018; Бочкарев, 2004).

Почвы и растительность

Уменьшение объемов поверхностной пресной воды и уровней подземных пресных и солоноватых вод привело к нарушениям почвенно-растительного покрова (нарушение структуры почвенного горизонта, засоление и ветровая эрозия, нарушение плотности и кроны растительного покрова, исчезновение или трансформация определенных видов растений), которые являются наиболее яркими индикаторами опустынивания и деградации земель (рис. 4).

Естественные условия опустынивания почв, обусловленные высокой степенью засушливости, ксерогалофитным составом растительности, преобладанием бурых карбонатных и бесструктурных засоленных почв, характеризующихся низким естественным плодородием. Зональные бурые и серо-бурые пустынные почвы характеризуются низким гумусовым составом (А+В 20-30 см), низким содержанием гумуса (0,5-1,5%), элементов минерального питания растений, засоленностью, солонцеватостью. Генетические параметры почв нестабильны или изменчивы в связи с ростом естественной засушливости, усилением антропогенного фактора, нагрузка которого на окружающую среду исследуемой территории возрастает с каждым годом. Это привело к значительному осушению почвенного горизонта, к его засолению и солонцеватости, развитию ветровой и водной эрозии, нарушению плотности, сомкнутости и видового разнообразия растительности, образованию технологически трансформированных почв – техноземов с существенно иным морфогенетическим профилем и, следовательно, другим типом растительности (Джанпеисов, 1990; Фаизов, 2001).

Рисунок 4 – a, b, d
Уменьшение плотности и нарушение растительного покрова (красной линией обведены «лысеющей» участки), a, c, d – трансформация и исчезновение тростника, как показателя влажности почвы и неглубокого залегания пресных грунтовых вод (черными стрелками обозначены участки деградации и исчезновения тростника)

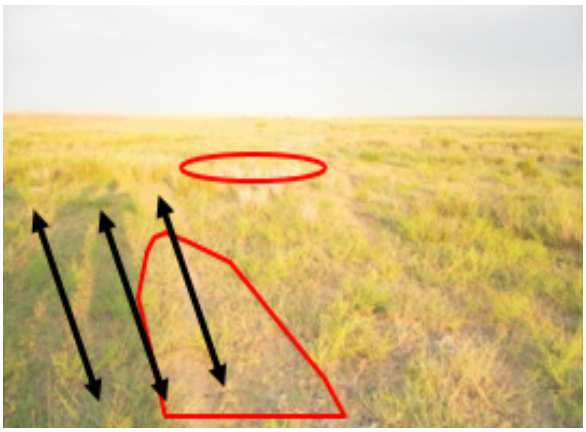


a

b



c



d

На территории исследований Института ботаники Национальной академии наук Казахстана выявлен 121 вид высших растений, относящихся к 84 родам и 35 семействам. Преобладают виды семейства (чеподиевые) chenopodiaceae (30 видов или 24,8%), что свидетельствует о преобладании галофитных растений, которые входят в состав многих групп растений как на серо-бурых солонцевато- засоленных почвах, так и на песках. Снижение за последние десятилетия значений годовых осадков и повышение среднемесячных летних температур при увеличении поголовья скота усилили нагрузки на почву и растительность. Это обстоятельство, вызванное, во-первых, вытравливанием и исчезновением многих видов высших растений (деревесно-кустарниковой растительности), замена продуктивных растений несъедобными травами, во-вторых, к прореживанию и нарушению плотности растительного покрова (рис. 4), в-третьих – сменой высокорослой растительности (тростников) ее низкорослым аналогом (рис. 4), в-четвертых, заменой многих поедаемых скотом растений более засухоустойчивыми, слабо, и несъедобными травами и шиповником (Сводные отчеты об исследовании..., 2002-2010) ярко свидетельствует о снижении уровня подземных и грунтовых вод.

Эти выводы основаны на анализе:

- учетных данные Института ботаники МОН РК. – Алматы-Мангистау: Биржевые отчеты, 2002-2012;

- визуальных полевых наблюдений на ключевых участках вдоль маршрутов движения за 2016-2024 гг.;

- сравнительного изучения крупномасштабных геоботанических карт (1:200 000), выполненных в 1963 и 2005 годах;

- данные опроса местных жителей разных возрастных групп (опрошено более 100 человек в возрасте от 30 до 85 лет) населенных пунктов Уштаган, Сауйскан, Сенека, Тушыкудык, Бекет-

Ата (Мангистауская область), Кайдак, Кожык, Исатай (Атырауская область).

Морфология рельефа и экзодинамические процессы

Пространственно-временная динамика ландшафтно-климатических условий Каспийского региона обуславливает высокую активность некоторых современных экзогенных процессов, присущих засушливому климату. Согласно исследованию А.Г. Кошим (2000 – 2018 гг.), наиболее заметное проявление этих процессов наблюдается в сухостепной зоне возвышенной части Атырауской области с недостаточным количеством осадков (250-300 мм), с относительно слабым развитием древесно-кустарниковой растительности (Южный Общий Сырт, Субуральское плато, невысокие горы Мугалжар – Атырауская область), а также в области умеренно возвышающегося Устюрта (Мангистауская область), где дефицит влаги, высокая испаряемость, постоянно дующие ветры при отсутствии постоянных водных потоков и относительно слабое развитие почвенно-растительного покрова (Акиянова, 2000-2001-2003; Кушимова, 2003; Материалы проекта «К задержанию...», 2008-2018; Бочкарев, 2004; Кошим, 2012).

Выветривание играет чрезвычайно важную роль в формировании современного рельефа исследуемой территории, подготавливая материал к перемещению на более низкие абсолютные отметки. Это необходимое условие, начальный этап всего комплекса экзогенного формирования рельефа. Процесс выветривания, особенно физического, заметно усилился в связи с увеличением засушливости. Продукты выветривания мелкозема постоянно удаляются под действием дефляции. Особенно активной дефляции подвергаются «лысые» участки земной поверхности.

Плоскостной смыв (плоскостная эрозия) – чрезвычайно распространенная форма современной денудации исследуемой территории. Она сносит вниз по склонам мелкие минеральные частицы струйками дождевой и талой воды, образуя сплошной и очень тонкий слой воды. Этому способствуют развитый здесь делювиальный лессовидный суглинок легкой текстуры, высокая разреженность растительности, возрастающая антропогенная нагрузка (повышенная плотность грунтовых дорог, увеличение поголовья скота), усиленный штормовой характер редких осадков и быстрое весеннее таяние снега, которые являются признаками усиления засушливости (континентальности) климата. Плоскостной и мелкорусловой стоки смывают со дна балок, логов и долин огромное количество гумусового слоя, резко снижая плодородие почв, особенно в пределах возвышенной зоны сухих степей Атырауской области.

Прямыми показателями усиления развития плоскостного смыва является увеличение объема отложений гравия на склонах, обнажений корично-коричневого иллювиального горизонта и наличие рыхлого материала, вынесенного в подножия склонов и прилегающей к ним поверхности.

Карстовые и суффозионные процессы и связанные с ними формы рельефа в Прикаспийском регионе развиты в районе соляных куполов и на плато Устюрт, где на поверхности или на небольшой глубине залегают отложения мела и мергеля. Карст – это небольшие провалы, блюдца и впадины сложной формы, разделенные округлыми или удлиненными выступами. Размер провалов в диаметре колеблется от 5 до 10 м, а глубина – от 2,5 до 6,8 м. Особенно хорошо развиты карстовые процессы на поверхности плато Устюрт и полуострова Мангистау, где отложения представлены карбонатными породами (ракушечник и оолитовый известняк). Карстовые процессы наблюдаются в верхнемеловых отложениях Северного хребта Актау и полуострова Тупкараган.

В морфологии рельефа исследуемой территории суффозионные процессы, связанные с вымыванием илистых лессовых пород грунтовыми и поверхностными водами, хорошо представлены блюдцеобразными впадинами и котловинами в четвертичных лессовидных суглинках (на правом берегу реки Жайык, в прибрежном районе реки Джем, в верховьях рек. Жайык, Ор, Иргиз и т.д.). Растущие карстовые воронки, соединенные цепочкой, образуют нижнюю долину и неподвижные участки сильно засоленных почв с более глубоким залеганием подземных вод (5 м и более) (рис. 5).

Суффозионные понижения играют довольно значительную роль в формировании современной морфологии рельефа региона из-за слабого развития на аккумулятивных равнинах почвенно-растительного слоя и неустойчивости составляющих его неуплотненных отложений к малейшей эрозии.

Эолово-дефляционные процессы особенно активны в исследуемом районе и связаны с постоянными или периодически, но довольно

интенсивно дующими ветрами. Увеличение активности этих процессов способствует усилению засушливости климата. Выдуваются в основном пески, реже супеси и лессы. Процессы усиливаются с севера на юг и юго-восток области, с ростом засушливости. Они широко распространены и представлены такими формами, как скопления песка (подвижные барханные гряды и цепи), продувки котлов, ниши, карнизы, эоловые останцы. Наиболее ярким признаком растущей засушливости является активизация подвижности песчаных масс Прикаспийского региона и засыпка песком отдельных населенных пунктов Мангистауской и Атырауской областей – Уштаган (население более 2000 чел.), что приведено на геоморфологической карте, составленной в 2008 году Институтом географии МОН РК (рис. 6), Сенека (более 2 000 человек), Сауыйскан (около 600 человек), Тушыкудык (более 1 000), Кожык (более 800 человек), Исатай (около 2 500 человек) и другие (рис. 7). Скорость надува песка в среднем составляет около 1,5-2 м/год, а в некоторых местах (Сауыйскан, Исатай) – более 4 м/год (рис. 8).

Рисунок 5

Пойма реки Урал: а, б – участки развития суффозионных процессов с образованием карстовых воронок с засолением почвы (эти участки выделены красной линией)



Ауыл Сенек: **а, б, в, г, д** – песчаные заросли «тростниково-кустарниковые оазисы» (на фото с слева показаны верхние концы песчаных ограждений, установленных в 2008 году Институтом Географии МОН РК; на фото е слева и на заднем плане видны пески фронта наступления; на фото земля покрыта пухлой соленой коркой, это вызвано капиллярным поднятием минерализованных грунтовых вод у подножия откоса плато Устюрт) (фото Бексеитовой Р.Т. за 2016-2023 гг);.

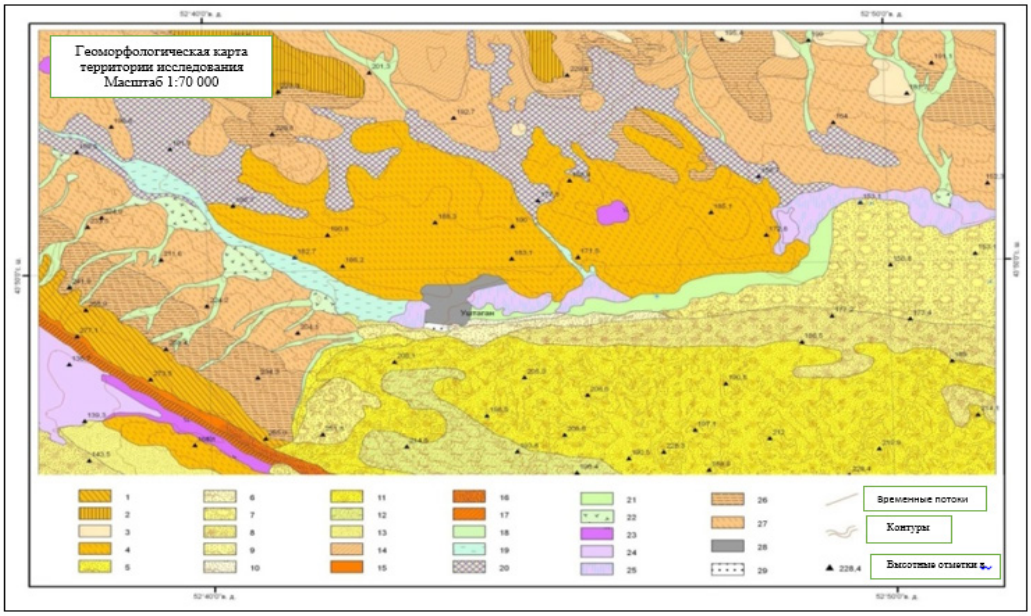
Ауыл Сауйскан**: ж, з, и, к, л, м, н, о** – песчаная «оккупация» домов ауыла (на фото видны активные пески со следами заграждений на их пути, возведенных в 2008-2014 гг. ГУ МЧС РК. Тростниковые циновки первоначальной высоты 2 м; на фото **з** видно заброшенное здание погребенное песками; на фото **к, л, м** – задний и боковые стены домов, вдоль которых видны ограждения, засыпанные песком; на фото **п, с, т** – следы ежедневной борьбы людей с активным наступлением песка импровизированными баррикадами) (фото Бексеитовой Р.Т. за 2016-2023 гг);

Ауыл Исатай: **и, к, л, н** – «агрессивная деятельность» песков на улицах села Исатай. Для борьбы с этим каждый месяц люди собирают деньги на очистку и вывоз песков большегрузными автомобилями типа «КаМАЗ» (фото Бексеитовой Р.Т. за 2016-2023 гг);

В обоих районах Мангыстауской области реализуются программы по уплотнению песков, но материальных и людских ресурсов недостаточно, чтобы активно противостоять процессу роста песчаных массивов и их наступлению.

Рисунок 6

Геоморфологическая карта района территории исследования (материалы Института географии МОН РК, 2008-2018 гг.)



Рельеф

Класс	Генезис		Подкласс и тип	Номер контура на карте
Небольшие холмы	Денудационно-тектонический		Куэста	1
			С рассеченными склонами	2
Равнины и плато	Денудация		Плоские, с низким уклоном столовые поверхности	3
			Наклонные гребни	4
	Накапливающаяся	Эоловый	Пологие гряды рыхлых песков в виде больших дюн	5
			Пологие гряды рыхлых песков в виде малых и небольших дюн	6
			Пески холмисто-ячеистые	7
			Песчаные холмистые гребни	8
			Пески, большие дюны-гряды	9
			Пески рыхлые в виде вторичных дюн	10
			Сыпучие пески в виде небольших дюн	11
			Пески слабо удерживаемые во впадинах в виде средневысотных хребтов	12
			Выровненные полузакрепленные пески	13

Рисунок 7
Активная наступление песков и результаты деятельности человека по их закреплению:



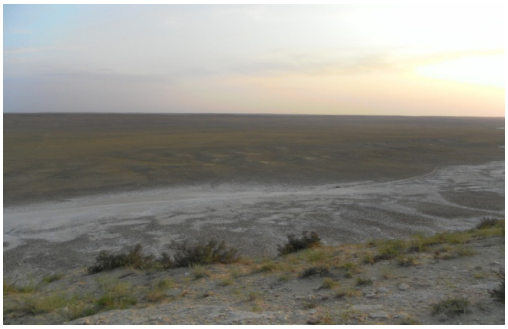
а

б



в

г



д

е



ж

з



и

к



л

м





н

о



п

р





с

т

Засоление почв

Для территории Прикаспийского региона с его засушливым климатом характерен процесс, образно называемый «засолением». Развитие этого процесса связано с капиллярной вытяжкой грунтовых вод из-за сильного поверхностного испарения, кристаллизацией соли из воды, добываемой из той же породы, всасыванием соли при выветривании толстых массивных кристаллических пород, а также перераспределением и транспортировкой соли из соленосных осадочных пород (рис. 7 е). Благотворная роль этого процесса очень высока. Солончаки образуются во впадинах, сложенных глиной, суглинком, супесью и реже песчаниками. В последние годы повышение уровня грунтовых вод приводит к вспучиванию соляной кровли и активному образованию карстовых воронок и котловин (Бельгибаев, 1999; Бельгибаев, 2001; Акиянова, 2003; Кошим, 2012; Bexeitova, 2012). По наблюдениям местных жителей, площади негативных форм рельефа такого происхождения увеличиваются.

Анализ основных природных компонентов опирался также на данные социального опроса населения. Исследование планировалось провести с целью получения ответов на вопросы из следующих областей: Замечали ли вы когда-нибудь, что климатические изменения могут быть связаны с деятельностью человека? Какие изменения в погодных условиях вы заметили в районах традиционной хозяйственной деятельности? В чем проявляются эти изменения в природе? Какие факты вы могли бы привести в доказательство изменения климата в разное время года? Замечаете ли вы влияние изменения климата на растения и животных? Что говорили ваши предки о климате в свое время по сравнению с сегодняшним днем? Чувствуете ли вы влияние изменения климата на условия жизни и здоровье жителей?

Опрос был проведен в 2012 и в 2018 г. Основными методами сбора первичных данных были анкетирование и интервью. С помощью анкет и интервью было опрошено более 200 человек, в том числе частичные ответы были даны 102 людям, поскольку они были приезжими из-за рубежа и поселились в этом районе недавно (менее 10 лет). Автохтонами были 98 человек, из которых наиболее полные ответы дали только старожилы – это 67 человек. при анализе данных социальных опросов мы опирались на этих коренных жителей. Из 67 человек – 35 мужчин и 32 женщины, что составляет соответственно 56,5% и 43,5%. Респонденты в возрасте от 45 до 65 лет составили 22 человека, или 34%, старше 65 лет – 50 человек, или 32,7% от общего числа респондентов, старше 80 лет – 10 человек.

Из общего числа опрошенных начальное образование имеют 8 человек, или 13%, среднее образование – 21 человек, или 33%, профессиональное – 27 человек, или 43%, высшее образование – 7, или 11%.

По результатам опроса определена структура населения по социальной ситуации самоидентификации. Среди опрошенных себя классифицировали как «работников» (32,6%), «прислугу» (22,9%), «других» (44,5%). В разделе «другие» респонденты отнесли себя к таким категориям, как «пенсионер» (рис. 9), «Безработный» (рис. 10).

Из числа опрошенных у 9% доход на одного члена семьи составляет более 60 тысяч тенге (около 200-250 долларов). Нет дохода у 5,2% и отказались отвечать 35,2% от общего числа респондентов. Таким образом, экстремальные погодные условия также усугубили положение большинства семей с низким доходом.

Результаты опроса респондентов об изменении климата за последнее десятилетие в районах традиционной экономической деятельности показали следующее (рис. 11, 12):

отмечены значительные изменения 82%;

не отметили изменений – 18% респондентов;

все респонденты отметили увеличение числа аномальных погодных явлений – аномальной жары, засух, пыльных бурь, увеличения количества зимних осадков и быстрого таяния снега и т.д.

В связи с изменением климата, в частности, увеличением количества жарких и очень жарких летних дней (более $+35^{0}$°C), местные жители отметили:

сокращение кормления овец и лошадей, потеря веса, и как следствие – изменение сроков стрижки;

увеличение числа вспышек инфекционных заболеваний животных, почвы, инфекционных и паразитарных заболеваний.

Рисунок 8
Карта наступления песков (на юго-востоке земель аула Сенек и северо-западе аула Сауыскан) с 1982 по 2018 год



Рисунок 9
Пожилые жители сел Сенек, Уштаган и Исатай: а – старая женщина 91 год; б – пожилой мужчина 89 лет



а б

Рисунок 10
Житель аула Сенек – безработный 55 лет (а), Жительница села Исатай, домохозяйка 59 лет (б)



а б

Проблема изменения климата в животноводческой отрасли, которая является доминирующим способом хозяйствования сельского населения, также усугубляется нехваткой воды, отсутствием пресной воды в источниках для поения домашнего скота. Эта проблема была решена с помощью подземных вод. Однако во многих скважинах региона вода исчезла или стала солоноватой, что указывает на снижение уровня грунтовых вод. На смену пресным грунтовым водам подтягиваются глубоко залегающие щелочно-соленые грунтовые воды. Снижение уровня грунтовых вод есть следствие изменений метеорологических условий и выкачиванием пресных подземных вод.

На вопрос о характере почвенного покрова 92% респондентов отметили его неудовлетворительность (рис. 13, 14), сокращение пастбищных площадей, исчезновение и замену многих пищевых растений несъедобными или даже ядовитыми видами, а также увеличение площади болот соров, активное наступление песков, резкое снижение численности поголовья крупного рогатого скота и лошадей и увеличение популяции верблюдов, что связано с их приспособляемостью к условиям ярко выраженного засушливого климата.

Рисунок 11
Оценка изменений летней погоды за последние 50 лет

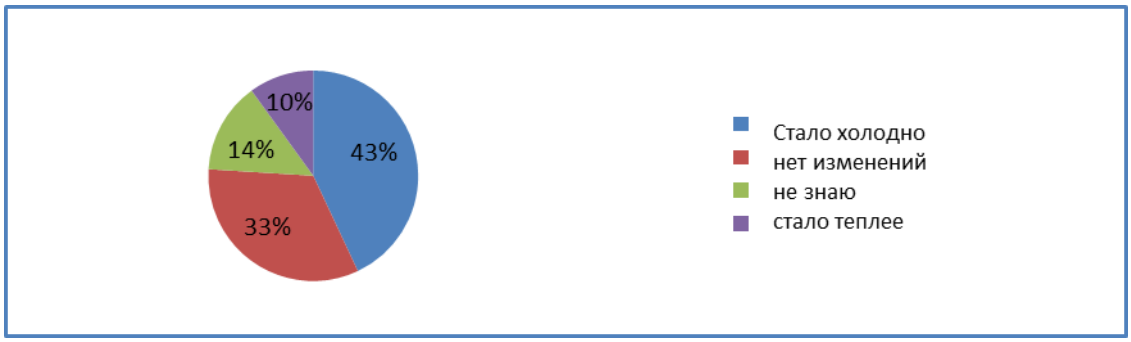


Рисунок 12
Оценка изменений погоды за 50 лет

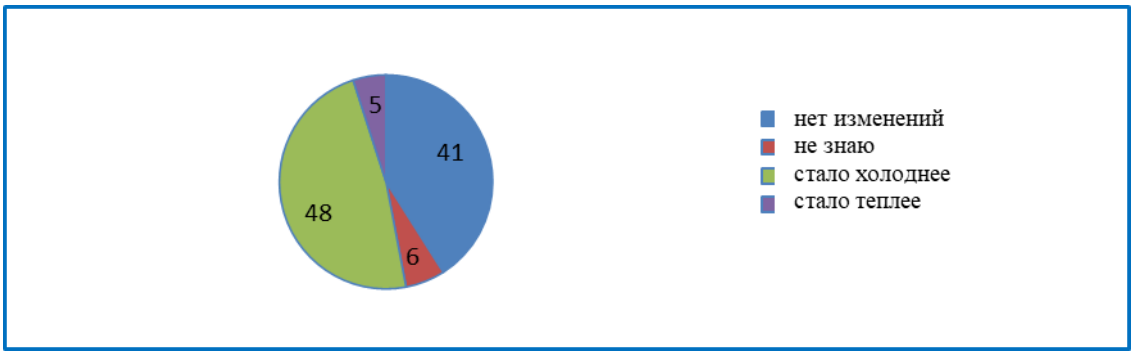


Рисунок 13
Оценка текущего состояния почвенного покрова

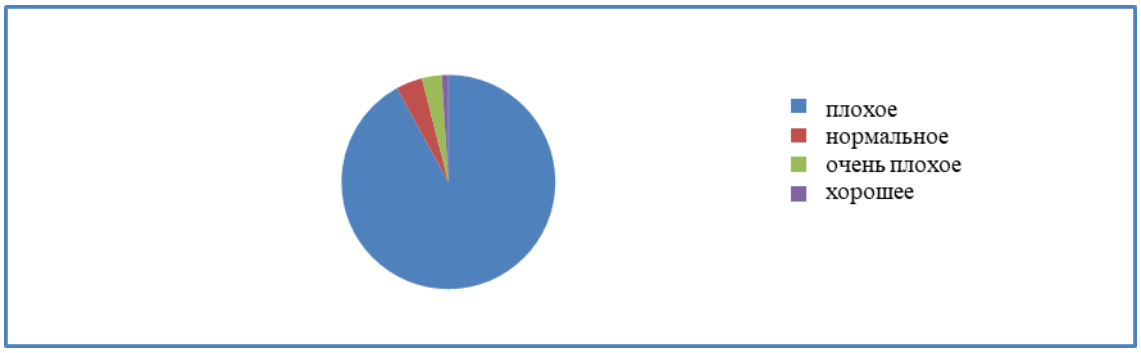
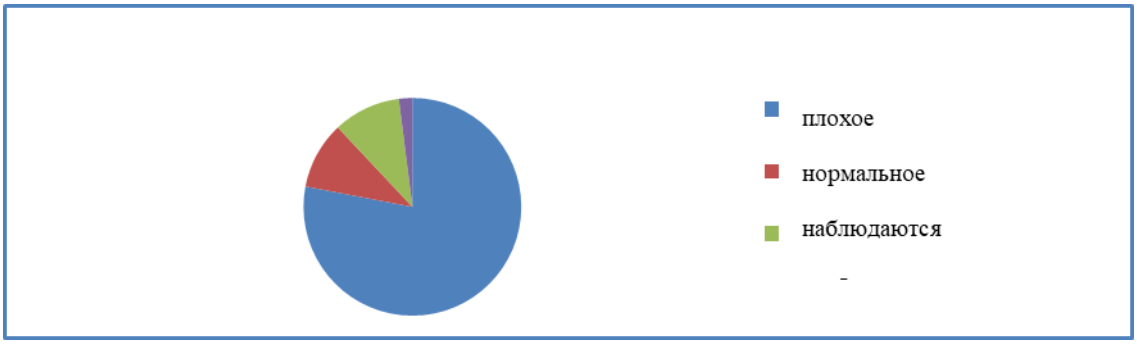


Рисунок 14
Состояние почвенного покрова за последние 50 лет



На рисунке 15 показано распределение ответов на вопрос: «Влияет ли изменение климата на уровень жизни». Ответы респондентов были следующими: да, очень сильно повлияло – 19%, да, в некоторой степени – 52%, не влияет – 8%, не определились – 21% от общего числа опрошенных. Местные жители наблюдают увеличение числа сердечно-сосудистых заболеваний и увеличение смертности от них, усиление теплового стресса, желудочно-кишечных и инфекционных и паразитарных заболеваний из-за недостаточного водоснабжения, низкого качества водоснабжения, увеличения количества дней аномально жаркого лета (более $+48^0$ в тени и $+56^0$ °С – это не в тени) и не свойственные этому региону низкие зимние (до -25^0-30^0С) температуры.

Рисунок 15
Влияние изменения климата на уровень жизни

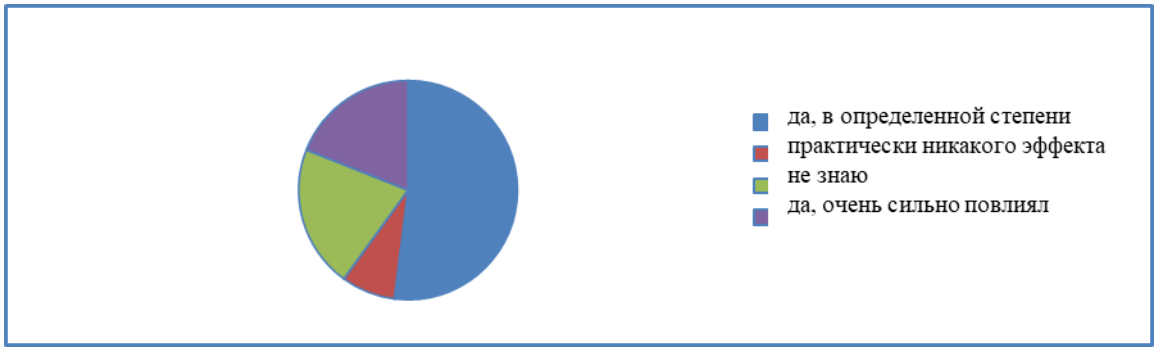
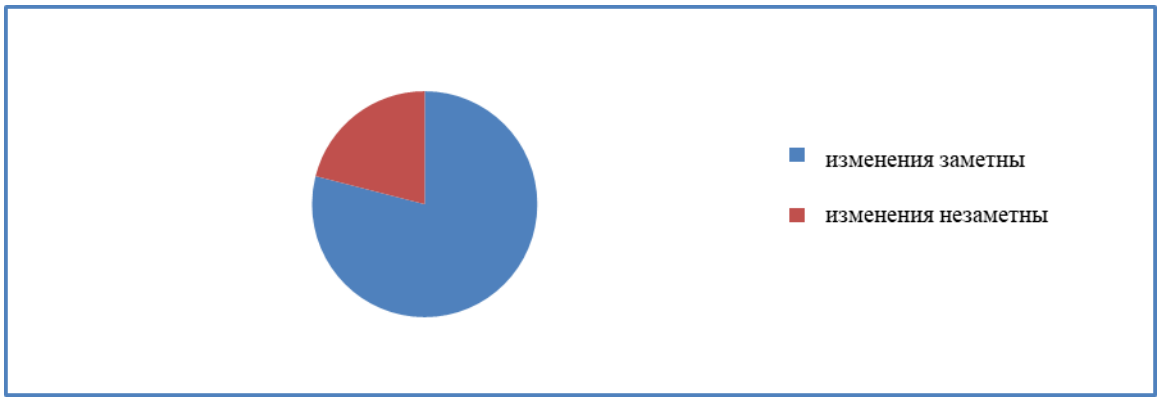


Рисунок 16
Наблюдаемые изменения климата

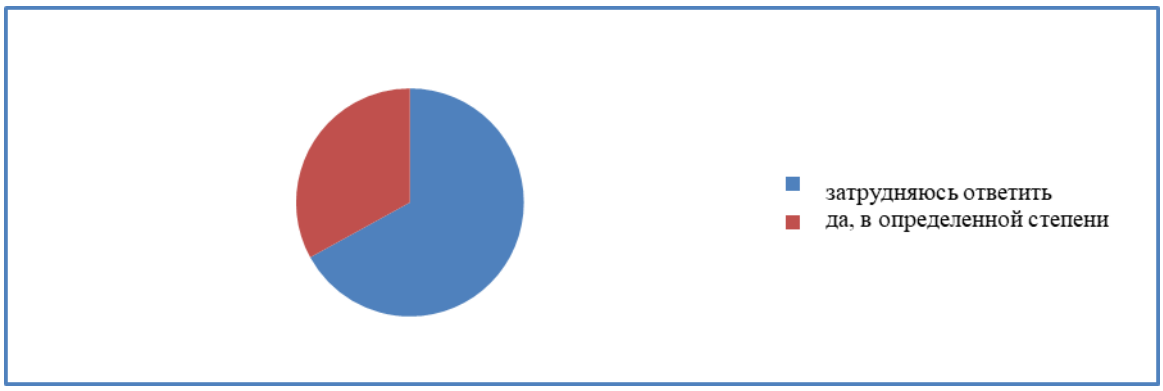


Подавляющее большинство респондентов упоминают об изменении климата (рис. 15, 16). Практически все респонденты дали утвердительный ответ на вопрос «Замечаете ли вы вообще изменение климата», назвав такие изменения видимыми или значительными.

Урало-Каспийский речной бассейн – промышленный регион, в него входят 4 области Казахстана (Мангистауская, Атырауская, Западно-Казахстанская и Актюбинская). Здесь добывается 75% нефти, добываемой в Казахстане. В регионе насчитывается 1008 промышленных предприятий, в том числе крупных и средних – 351.

На рисунке 17 показано распределение ответов на вопрос: «Влияет ли изменение климата на уровень жизни». Ответы респондентов распределились следующим образом: да, в определенной степени – 33% не определились – 67% от общего числа респондентов.

Рисунок 17
Влияние изменения климата на уровень жизни



Заключение

Все вышеприведенные выводы о морфологии рельефа и экзодинамических процессах, которые являются основными индикаторами изменения климата и связанных с этим природных элементов, сделаны на основе анализа результатов проведенных исследований, а именно:

- данных полевых наблюдений;
- крупномасштабных топографических карт – 1:500 000 и 1:100 000 (издания 1982 и 2006 годов), спутниковых снимков отдельных районов Мангистауской и Атырауской областей, тематических карт геологического и геоморфологического содержания;
- данных опроса населения;

- результатов исследований Института географии и Института ботаники Академии наук Республики Казахстан;

- научной литературы.

Анализ данных исследований показал почти повсеместную деградацию почвенного покрова в результате усиления аридности климата и, как слндствие, значительного снижения уровня верхнего горизонта опресненных подземных вод. Данное обстоятельство было выявлено по данным водных скважин (снижение горизонта опресненных подземных вод от 12-15 метров до 30-35 метров глубины). В результате данного снижения корневая система растительности, «стягивающая» и укрепляющая верхние горизонты почвенно-грунтового слоя, не получая достаточно влаги, деградирует. Почвенно-грунтовый слой теряет свою структурность, а в растительном покрове наблюдается засилье, непоедкамых даже верблюдами, растительными видами-аллохтонами. Тростниковая растительность вдоль редких увлажненных логов характеризуется снижением высоты (от 2 метров до 0,5 метров и меньше) и значительной разреженностью. Песчанные массивы, сдерживаемые тростниковыми массивами, подвигаются из года в год на несколько метров. Меры по закреплению песчанных массивов и предотвращению их движения, предпринятые Институтом географии в 2006-2016 годах , не дали ожидаемых результатов.

При анализе республиканской печатной продукции за период 1940 – 2023 гг. выявлено, что материалы, касающиеся экологических проблем деградации земель, изменения климата, практически не нашли отражения в республиканской прессе. Не признана даже позитивная работа Управления по охране окружающей среды, экологических неправительственных организаций. Это связано с тем, что общество больше озабочено проблемами социального характера, а правительство не хочет особо будировать население, поскольку экологические проблемы далеки от позитивных решений. Само же городское население больше обеспокоено проблемами, которые возникают в городе, чем в сельской местности. Кроме того, казахской нации присуща толерантность к экстремальным погодным условиям. Поэтому проблемы повышения температуры, деградации почв и т.д. являются осязаемыми, но, к сожалению, до сих пор не являются острым поводом для общественного обсуждения.

Вклад авторов

Methodology, Bexeitova Roza; Software, Alipbeki Onggarbek; Formal Analysis, Turekeldiyeva Rimma; Resources, Alipbekova Chaimgul; Investigation, Bexeitova Roza; Data Curation, Alimbay Mederkul; Writing – Original Draft Preparation, Sarybaev Edil; Writing – Review & Editing, Alimbay Mederkul; Supervision, Bexeitova Roza; Project Administration, Alipbeki Onggarbek; Funding Acquisition, Alipbeki Onggarbek.

Благодарность, конфликт интересов

Публикация данной статьи осуществлена при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках программно-целевого финансирования (ПЦФ), ИРН: BR22886730, проект «Формирование аграрной инфраструктуры пространственных данных по принципам и технологиям 2.0».

Литература

Akiyanova F.Zh., & Medeu F.R. (1998). Modern relief formation in the Kazakh coast of the Caspian Sea, Proceedings of the 4th International simposium geotehnoekology on the environment and global sustainable development. – Boston: Masachusets State, USA, Vol.1: 176-184.

Karatayev, M., & Nizamova, M. (2022). Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan, Heliyon, 8(1), e08660.

Акиянова Ф.Ж. (2000). Закономерности современного рельефа – экологические проблемы Казахстана и Каспийского моря. Материалы первого Центральноазиатского геотехнического симпозиума, Астана, 864-868.

Акиянова Ф.Ж. (2001). Методы изучения и картографирования опустынивания Казахстанского Прикаспия. Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы геоэкологии и созологии», Алматы: Шартарап, 164-169.

Акиянова Ф.Ж. (2003). Риск опустынивания Казахского Прикаспия. Материалы Всероссийской конференции «Оценка и управление природными рисками» (Риск-2003), Университета дружбы народов, Т. 2., 120-123.

Бексеитова Р.Т. (2012). Морфолитогенная основа эколого-геоморфологических систем платформенных равнин (на примере территории Центрального Казахстана). Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, Алматы: ГНБ РК, 264.

Белгибаев М. Е. (2001). Desertification анд соме environmental problems оф ТХЕ South Balkhash. Proceedings of the International Conference “Problems of hydrometeorology and environment”, Almaty, 242-249.

Бельгибаев М.Е., & Белый А.В. (1999). Изменение климата и засушливые районы Северного и Центрального Казахстана. Гидрометеорология и экология, Алматы, №4, 203-214.

Бочкарев В.П. (2004). Опасные гемодинамические процессы на территории Казахстана. Пояснительный текст к инженерно-геологической карте Казахстана масштаба 1:2 000 000, Алматы, 356.

Гельдыева Г.В. (2008). Ландшафтно-экологические исследования для устойчивого развития природных и экономических систем Республики Казахстан. Материалы Международной конференции «География: наука и образование», Алматы, Казахский университет, 31-35.

Джанпеисов Р.И. (1990). Влияние эрозии и дефляции на структуру почв полупустынь Казахстана. Алма-Ата, 92.

Кошим А.Г. (2012). Современные аспекты экзоморфодинамики Западного Казахстана. Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, Алматы: ГНБ РК, 268.

Кружалин В.И. (2002). Экологическая геоморфология суши. М.: «Научный мир», 131.

Кушимова А.Г. (2003). Состояние и экологические проблемы нефтяной промышленности Каспийского региона. Материалы XXVII пленума VII геоморфологической комиссии Всероссийской академии наук и научного семинара «Самоорганизация и динамика геоморфосистем», Томск: Института оптики атмосферы, 272-274.

Материалы госбюджетных исследований факультета географии и природопользования КазНУ имени аль-Фараби за 2012-2024 гг. по научному направлению «Исследование геодинамических процессов и состояния окружающей среды равнинных и горных территорий Казахстана», Рукописи, Алматы, КазНУ.

Материалы проекта (2008-2018). «К задержанию песков в населенных пунктах Уштаган и Сенека Мангистауского района Мангистауской области». Контракт № 2 от 21.02.2008 по заказу Управления природных ресурсов и экологического контроля Мангистауской области (UPRIRP), Алматы Мангистау, 112.

Сидиков Ю.С., & Шлыгин В.Ф. (1998). Подземные воды Казахстана. Структурные и гидрогеологические основы и таксономия, Алматы, 346.

Смоляр В.А., & Буров Б.В. (2002). Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние), Алматы: НИЦ «Ғылым», 596.

Сводные отчеты по изучению растительности Мангистауской области (2002-2010)., Алматы-Мангистау.

Фаизов К.С. Почвы Республики Казахстан. – Алматы, 2001. – 327 с.19.

Фаизов К.С., & Сапаров А.С. (2005). Естественное и техногенное опустынивание и современные проблемы сохранения почв в Казахстане. Сборник научных статей «Состояние и перспективы почвоведения». – Алматы, 140-146.

Чигаркин А.В. (2000). Региональная геоэкология Казахстана. Алматы: Казахский университет, 172 с.

References

Akiyanova F.Zh., & Medeu F.R. (1998). Modern relief formation in the Kazakh coast of the Caspian Sea. Proceedings of the 4th International simposium geotehnoekology on the environment and global sustainable development, Boston: Masachusets State, USA, – Vol.1: 176-184.

Karatayev, M. & Nizamova, M. (2022). Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan. Heliyon, 8(1): e08660.

Akijanova F.Zh. (2000). Zakonomernosti sovremennogo rel’efa – jekologicheskie problemy Kazahstana i Kaspijskogo morja. Materialy pervogo Central’noaziatskogo geotehnicheskogo simpoziuma, Astana, 864-868.

Akijanova F.Zh. (2001). Metody izuchenija i kartografirovanija opustynivanija Kazahstanskogo Prikaspija. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija “Sovremennye problemy geojekologii i sozologii”, Almaty: Shartarap, 164-169.

Akijanova F.Zh. (2003). Risk opustynivanija Kazahskogo Prikaspija. Materialy Vserossijskoj konferencii “Ocenka i upravlenie prirodnymi riskami” (Risk-2003), M.: Universiteta druzhby narodov, T.2., 120-123.

Bekseitova R.T. (2012). Morfolitogennaja osnova jekologo-geomorfologicheskih sistem platformennyh ravnin (na primere territorii Central’nogo Kazahstana). Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora geograficheskih nauk, Almaty: GNB RK: 264.

Belgibaev M. E. (2001). Desertification and some environmental problems of THE South Balkhash. Proceedings of the International Conference “Problems of hydrometeorology and environment”, Almaty, 242-249.

Bel’gibaev M.E., & Belyj A.V. (1999). Izmenenie klimata i zasushlivye rajony Severnogo i Central’nogo Kazahstana, Gidrometeorologija i jekologija, Almaty, № 4, 203-214.

Bochkarev V.P. (2004). Opasnye gemodinamicheskie processy na territorii Kazahstana. Pojasnitel’nyj tekst k inzhenerno-geologicheskoj karte Kazahstana masshtaba 1:2 000 000, Almaty, 356.

Gel’dyeva G.V. (2008). Landshaftno-jekologicheskie issledovanija dlja ustojchivogo razvitija prirodnyh i jekonomicheskih sistem Respubliki Kazahstan. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii “Geografija: nauka i obrazovanie”, Almaty: Kazahskij universitet, 31-35.

Dzhanpeisov R. I. (1990). Vlijanie jerozii i defljacii na strukturu pochv polupustyn’ Kazahstana, Alma-Ata, 92.

Koshim A.G. (2012). Sovremennye aspekty jekzomorfodinamiki Zapadnogo Kazahstana. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora geograficheskih nauk, Almaty: GNB RK, 268.

Kruzhalin V.I. (2002). Jekologicheskaja geomorfologija sushi. M.: “Nauchnyj mir”, 131.

Kushimova A.G. (2003). Sostojanie i jekologicheskie problemy neftjanoj promyshlennosti Kaspijskogo regiona. Materialy XXVII plenuma VII geomorfologicheskoj komissii Vserossijskoj akademii nauk i nauchnogo seminara “Samoorganizacija i dinamika geomorfosistem”, Tomsk:Instituta optiki atmosfery, 272-274.

Materialy gosbjudzhetnyh issledovanij fakul’teta geografii i prirodopol’zovanija KazNU imeni al’-Farabi za 2012-2024 gg. po nauchnomu napravleniju (2012-2024). «Issledovanie geodinamicheskih processov i sostojanija okruzhajushhej sredy ravninnyh i gornyh territorij Kazahstana», Rukopisi. gg. Almaty, KazNU.

Materialy proekta (2008-2018). «K zaderzhaniju peskov v naselennyh punktah Ushtagan i Seneka Mangistauskogo rajona Mangistauskoj oblasti». Kontrakt № 2 ot 21.02.2008 po zakazu Upravlenija prirodnyh resursov i jekologicheskogo kontrolja Mangistauskoj oblasti (UPRIRP), Almaty Mangistau:112.

Sidikov Ju.S., & Shlygin V.F. (1998). Podzemnye vody Kazahstana. Strukturnye i gidrogeologicheskie osnovy i taksonomija, Almaty, 346.

Smoljar V.A., & Burov B.V. (2002). Vodnye resursy Kazahstana (poverhnostnye i podzemnye vody, sovremennoe sostojanie), Almaty: NIC “Fylym”, 596.

Faizov K.S. (2001). Pochvy Respubliki Kazahstan, Almaty, 327.

Svodnye otchety po izucheniju rastitel’nosti Mangistauskoj oblasti. (2002-2010). Almaty – Mangistau.

Faizov K.S., & Saparov A.S. (2005). Estestvennoe i tehnogennoe opustynivanie i sovremennye problemy sohranenija pochv v Kazahstane. Sbornik nauchnyh statej “Sostojanie i perspektivy pochvovedenija”, Almaty, 140-146.

Chigarkin A.V. (2000). Regional’naja geojekologija Kazahstana. Almaty:Kazahskij universitet, 172.

Сведения об авторах:

Әліпбеки Оңғарбек Әліпбекұлы – доктор биологических наук, профессор кафедры картографии и геоинформатики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: oalipbeki@gmail.com).

Бексеитова Роза Тлеулесовна – доктор географических наук, профессор кафедры картографии и геоинформатики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: bexeitova.roza@gmail.com).

Алипбекова Чаймгуль Абусагатовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник кафедры картографии и геоинформатики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: chaimgul@mail.ru).

Турекельдиева Римма Тилепалдиевна – кандидат биологических наук, и. о. доцента кафедры экологии, Таразский университет имени М.Х. Дулати (Тараз, Казахстан, e-mail: rimm_1205@mail.ru).

Сарыбаев Едил Саутович – PhD, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: edilait@mail.ru).

Әлімбай Медеркул Медетжанқызы (ответственный автор) – докторант 2-курса специальности «8D07303 – Картография» кафедры картографии и геоинформатики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: mederkul95@mail.ru).

Information about authors:

Alipbeki Onggarbek – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: oalipbeki@gmail.com).

Bexeitova Roza – Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bexeitova.roza@gmail.com).

Alipbekova Chaimgul – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: chaimgul@mail.ru).

Turekeldiyeva Rimma – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Ecology Department, Taraz University named after M.Kh.Dulaty (Taraz, Kazakhstan; e-mail: rimm_1205@mail.ru).

Sarybaev Edil – PhD, Associate professor Department of the Cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: edilait@mail.ru).

Alimbay Mederkul (responsible author) – 2nd year doctoral student of the specialty «8D07303 – Cartography», Department of Cartography and Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: mederkul95@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Әліпбеки Оңғарбек Әліпбекұлы – биология ғылымдарының докторы, картография және геоинформатика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан; e-mail: oalipbeki@gmail.com).

Бексеитова Роза Тлеулесовна – география ғылымдарының докторы, картография және геоинформатика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан; e-mail: bexeitova.roza@gmail.com).

Алипбекова Чаймгуль Абусагатовна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, картография және геоинформатика кафедрасының жетекші ғылыми қызметкері, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан; e-mail: chaimgul@mail.ru).

Турекельдиева Римма Тилепалдиевна – биология ғылымдарының кандидаты, экология кафедрасының доцент м.а., М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті (Тараз, Қазақстан; e-mail: rimm_1205@mail.ru).

Сарыбаев Едил Саутович – PhD, картография және геоинформатика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан; e-mail: edilait@mail.ru).

Әлімбай Медеркүл Медетжанқызы (жауапты автор) – картография және геоинформатика кафедрасының «8D07303 – Картография» мамандығының 2-курс докторанты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан; e-mail: mederkul95@mail.ru).

Поступила: 16 мая 2025 года
Принята: 10 января 2026 года

FTAMP 39.03.15 2 https://doi.org/10.26577/JGEM80120262

Б.С. Керімбай[1], Н.Н. Керімбай [1],
К.М. Баймырзаев[1] М.Б. Бахыт [2*]

[1]І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан
[2] «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» (КЕАҚ), Алматы, Қазақстан
*e-mail: m.bakhyt66@gmail.com

ГЕОЖҮЙЕЛЕРДІҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҒЫНЫҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҚ ДӘРЕЖЕСІН БАҒАЛАУДАҒЫ ТАБИҒИ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАР

Қазақстан Республикасында геожүйелердің трансформациясы қарқынды шаруашылық қызметпен тікелей байланысты антропогендік факторлардың, сонымен қатар климаттың ғаламдық жылыну үрдісіне сәйкес жүретін табиғи үдерістердің бірлескен және кешенді ықпалымен айқындалады. Бұл факторлар өзара әрекеттесе отырып, табиғи кешендердің құрылымы мен қызметіне, олардың тұрақтылығы мен бейімделу мүмкіндіктеріне елеулі өзгерістер енгізеді.

Зерттеудің негізгі мақсаты – Қазақстан аумағындағы өзен алабы геожүйелерінің функционалдылығының қарқындылық дәрежесіне әсер ететін табиғи-географиялық факторларды жан-жақты анықтау және сол факторлардың маусымдық ырғақтылығын сандық тұрғыдан бағалау. Осы мақсатта «ландшафттың биологиялық тиімділігінің көрсеткіші» әдісі қолданылып, ол Шарын өзені алабының геожүйелерінің мысалында егжей-тегжейлі қарастырылады. Жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициенттері негізінде геожүйелердің функционалдығы 10°С-тан жоғары ауа температурасының жылдық қосындысы мен жылдық ылғалдылық коэффициентіне сүйене отырып есептелді, бұл табиғи жағдайлардың өнімділік әлеуетін сипаттауға мүмкіндік береді.

Геожүйелердің функционалдығына LandViewer EOSDA цифрлық мониторинг платформасы мен «Қазгидромет» РММ ұзақ мерзімді бақылау деректерінің көрсеткіштері бойынша кешенді талдау жасалды. NDVI және NDWI қашықтықтан зондтау индекстері, сондай-ақ негізгі климаттық параметрлердің жинақталған мәндері арқылы геожүйелердің жылдық циклдің суық-қарлы және вегетациялық кезеңдеріндегі табиғи үдерістерінің ырғақтылығы анықталып, типологиялық тұрғыдан жіктелді. Зерттеу нәтижесінде Шарын өзені алабының әртүрлі физика-географиялық зоналарында орналасқан геожүйелер үшін жылдық циклдің суық-қарлы кезеңі мен вегетациялық кезеңіндегі табиғи үдерістердің маусымдық ырғақтылығының кеңістіктік айырмашылықтары айқындалып, олар функционалдық белсенділік дәрежесі бойынша топтастырылды.

Түйін сөздер: геожүйе, ландшафттардың функционалдығы, температура және ылғалдылық коэффициенті, NDVI, NDWI, жылдық цикл, маусымдық ырғақтылық.

B.S. Kerimbay[1], N.N. Kerimbay[1], K.M. Baimyrzaev[1], M. Bakhyt[2]

[1]Zhansugurov Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan
[2]Non-profit Joint Stock Company «Al-Farabi Kazakh National University», Almaty, Kazakhstan
*e-mail: m.bakhyt66@gmail.com

Natural-Geographical Factors for Assessing the Degree of Intensity of Geosystem Functioning

The transformation of geosystems in the Republic of Kazakhstan is determined by the combined influence of anthropogenic factors associated with intensive economic activity and natural processes driven by global climate warming. Acting together, these drivers substantially modify the structure and functioning of natural complexes, affect their stability, and alter their capacity to adapt to ongoing environmental change.

The aim of this study is to identify the physical and geographical factors that affect the intensity of the functional performance of river-basin geosystems across Kazakhstan and to quantitatively assess the seasonal rhythmicity of these factors. To achieve this aim, the "indicator of landscape biological efficiency" method is applied and examined in detail using the geosystems of the Sharyn River basin as a case study. The functional state of geosystems is evaluated on the basis of heat and moisture supply and is calculated from the annual sum of air temperatures above 10 °C and the annual humidity coefficient, which together characterize the potential productivity of the natural conditions.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

The functional dynamics of the geosystems are analysed using indicators derived from the LandViewer EOSDA digital monitoring platform and long-term observational data provided by Kazhydromet. By combining the NDVI and NDWI remote-sensing indices with integrated measures of key climatic parameters, the study identifies and classifies the rhythmicity of natural processes during the cold-snow and vegetation phases of the annual cycle. As a result, spatial differences in the seasonal rhythmicity of natural processes are revealed for geosystems located in various physico-geographical zones of the Sharyn River basin, and these geosystems are grouped according to the degree of their functional activity in the cold-snow and vegetation seasons.

Keywords: geosystem, landscape functionality, temperature and humidity coefficient, NDVI, NDWI, annual cycle, seasonal rhythmicity.

Б.С. Керімбай[1], Н.Н. Керімбай[1], К.М. Баймырзаев[1], М.Б. Бахыт[2*]
[1]Жетысуский университет им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан
[2]НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан
*e-mail: m.bakhyt66@gmail.com

Природно-географические факторы оценивания степени интенсивности функционирования геосистем

Трансформация геосистем на территории Республики Казахстан определяется совместным воздействием антропогенных факторов, связанных с интенсивной хозяйственной деятельностью, а также природных процессов, протекающих в соответствии с глобальным потеплением климата. Эти факторы во взаимосвязи существенно изменяют структуру и функционирование природных комплексов, их устойчивость и способность адаптироваться к современным изменениям окружающей среды.

Цель исследования – выявить природно-географические факторы, влияющие на степень интенсивности функциональности геосистем речных бассейнов на территории Казахстана, и количественно оценить их сезонную ритмичность. Для достижения этой цели применяется метод «показателя биологической эффективности ландшафта», который подробно рассматривается на примере геосистем бассейна реки Чарын. Функциональность геосистем определяется на основе обеспеченности теплом и влагой и рассчитывается по сумме температур воздуха выше 10 °С и годовому коэффициенту увлажнения, что позволяет охарактеризовать потенциальную продуктивность природных условий.

Анализ функционального состояния геосистем выполнен по показателям цифрового мониторинга LandViewer EOSDA и данным наблюдений РГП «Казгидромет». С использованием индексов дистанционного зондирования NDVI и NDWI, а также комплексных характеристик основных климатических параметров определена и классифицирована ритмичность природных процессов в холодно-снежный и вегетационный периоды годового цикла. В результате установлены пространственные различия сезонной ритмичности природных процессов в геосистемах, расположенных в различных физико-географических зонах бассейна реки Чарын, и выполнено их группирование по степени функциональной активности в холодно-снежный и вегетационный сезоны.

Ключевые слова: геосистема, функциональность ландшафтов, коэффициент температуры и влажности, NDVI, NDWI, годовой цикл, сезонная ритмичность.

Кіріспе

Зерттеу жұмысының өзектілігі, климаттың ғаламдық жылыну үдерісінің аймақтық геожүйелерге әсерінің мониторинг мәселесінің маңыздылығымен байланысты. Ғаламдық климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық эксперттер тобының (МГЭИК) мәліметтеріне сәйкес, жер бетіндегі ауаның жылдық орташа температурасы 20-шы ғасырдың басынан бастап 0,74°С-қа жоғарылаған, дегенмен бұл кезеңде жылыну тұрақты болмаған. ҚР бойынша, климаттың жылыну қарқыны соңғы 50 жыл аралығында орта есеппен 0,31ºС/10 жыл. Ең жоғары өсу қарқыны көктемде байқалады (0,60ºС/10 жыл), ең төмені – қыста (0,11ºС/10 жыл). Осы кезең аралығындағы атмосфералық жауын-шашынның жылдық мөлшерінің үлғаю тенденциясы 4,3 мм/10 жыл. Күзден басқа барлық маусымда атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің артуы 1,9 – 3,2 мм/10 жыл (О состоянии окружающей среды РК: информ. бюл. / РГП «Казгидромет»., 2019:354; Керімбай, 2023).

Табиғи-аумақтық кешеннің (ТАК) өзгеруінің үш деңгейі: функционалдығы, динамикасы және дамуы (эволюциясы). Осы үш деңгейдің бірі – функционалдығы, геожүйенің циклдік өзгерістері, яғни тәуліктік, маусымдық және жылдық ырғақтары, энергия мен зат алмасу, қозғалыс және өзгеру үдерістерінің жиынтығы. Геожүйелердің

функционалдығының маңызды үдерістері маусымдық динамикамен, ылғал айналымы, топырақ түзілуі, заттардың биологиялық айналымы – ең алдымен жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілуімен, яғни геожүйелерге күн жылуы мен белсенді ылғалдың енуімен анықталады. Жылдық циклдің климаттық жағдайлары ландшафттардың бет-бейнесін, олардың маусымдық ырғағына сәйкес динамикасын құрайды. Демек, маусымдық климаттық ырғақ, әсіресе жылдық циклдің вегетациялық кезеңіндегі (ЖЦВК) ырғағы олардың дамуындағы жетекші үрдіс болып табылады (Сочава, 1978; Исаченко, 1991, Корытный, 2001).

Жылдық цикл дамудың толық шеңберін құрайтын өзара байланысты үдерістердің, құбылыстардың жиынтығын сипаттайды. Осыған сәйкес циклдік өзгергіштік дегеніміз – бұл геожүйенің күйінің өзгеруі, және кез келген уақыт аралығында бұрын болған күйге қайта оралуы. Ырғақ – климаттың, су мен биотаның тіршілігі мен әрекетінің, күйінің тәулікке және жыл маусымдарына сәйкес өзгергіштігі, кеңістіктік-уақыттық динамикасының негізгі сипаттамасы. Табиғи құбылыстардың белгілі бір уақыт кезеңінде кеңістікте кезектесіп ауысып отыруы (тыныс алу, биоөнімділік). Яғни, геожүйенің функционалдығы негізінен белгілі бір дәйектілікпен қайталанып отыратын, айрықша құрылымымен және тіршілігімен ерекшеленетін геожүйенің тәуліктік, маусымдық, жылдық өзгергіштігі (Возовик, 1970; Окишева, Филандышева, 2015). Жылдық циклдің кезеңдерінің құрылымы жыл құрамына кіретін маусымдардың саны, ал маусымның құрылымы – оған кіретін фазалар саны, әр маусымда үш фаза бар (Рутковская, Окишева, Филандышева, 1983).

Алынған нәтиже бойынша, Шарын өзені алабында ағындының әртүрлі зоналарында орналасқан геожүйелердің жылдық циклдің суық-қарлы кезеңі (ЖЦСҚК) мен ЖЦВК-дегі табиғи үдерістерінің маусымдық ырғағы анықталып, жіктелді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Геожүйелердің функционалдық динамикасын зерттеулердің ажырамас бөлігі – өсімдік жамылғысының жай-күйін зерттеу болып табылады. LandViewer веб-шолғышында қолданылған NDVI (қалыпты жағдайдағы вегетация индексі) бүкіл әлемде кез-келген сәтте өсімдік жамылғысының салыстырмалы тығыздығын, NDWI (қалыпты жағдайдағы ылғал индексі) топырақтың беткі қабатының және тамырының түбірлік зонасының ылғалдылығы арқылы жай-күйін көрсету үшін қолданылады (Gu, Brown, Verdin, 2007; Horion, Fensholt, Tagesson, Ehammer, 2014). Басқа индекстермен салыстырғанда, NDVI өсу мен өсімдік жамылғысының ең жақсы көрсеткіші болып табылады және қоршаған орта мен климаттың өзгеруін зерттеуде кең ауқымды қолданбаларға ие. NDVI қашықтықтан зондтау кескіндерін талдау мен қоршаған ортаны зерттеуде маңызды және кеңінен қолданылатын көрсеткішке айналды (Liu, Zhang, Wang, & Li, 2023). Шарын өзені алабының геожүйелерінің 2016-2024 жж. аралығындағы функционалдық динамикасын анықтау, аталған модульде өңдеуден өтті (EOS Data Analytics https://eos.com/landviewer/). Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін анықтау үшін қолданған әдіс-тәсілдер мен зерттеу кезеңдері 1-суретте көрсетілді.

Интегралды физикалық-географиялық үдерістерге тек жылу мен су балансының сыртқы үдерістері ғана емес, сонымен қатар геожүйелердің құрамдас бөліктері арасындағы кіріс және шығыс байланыстарымен байланысты биогендік және абиогендік айналымдардың ішкі үдерістері де жатады (Жучкова, Раковская, 2004; Мамай, 2005). Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдық қарқындылық дәрежесін талдау барысында ағынның әртүрлі зоналарындағы ландшафттар арасындағы алмасу байланыстарының ағындары ескерілді.

Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін анықтау үшін, ең алдымен, жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілуінің бастапқы параметрлерін анықтау қажет. Мұндай параметрді іздеуге әр түрлі тәсілдер қолайлы, соның ішінде, 10°С-тан жоғары температураның (Т), жылдық ылғалдылық коэффициентіне (К) қосындысын «ландшафттың биологиялық тиімділігінің көрсеткіші» ретінде алынады. Мұнда К-ның шекті мәні 1,0 деп қабылданады, себебі ылғалданудың одан әрі артуы биологиялық өнімділікке және ландшафттың жалпы функционалдығына оң әсер етпейді. ТК-ның ең жоғарғы мүмкін мәні транзиттік ағын аймағында 100% құрайды, мұнда орманды және орманды-шалғынды ландшафттар басым. Сондықтан қалған барлық мәндер осы максимумға пайыздық қатынаста көрсетіледі (Иванов, 1962).

1-сурет
Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін анықтау үшін қолданған әдістәсілдер мен зерттеу кезеңдері



Ескерту: автор құрастырған.

ТК есептеулерінде Шарын өзені алабында орналасқан Қырғызсай, Кеген және Нарынқол метеостанцияларынан алынған орташа декадалық ауа температурасы және жауын-шашын мөлшерінің деректері пайдаланылды (О состоянии окружающей среды РК: информ. бюл. / РГП «Казгидромет»., 2019).

Алынған нәтижелер 1–10-кестелерде беріліп, олар ірі таксономиялық бірліктер – геожүйелер бойынша ТК мәндерінің кему ретімен жинақталды. Кестелер ТАК-дің табиғи үдерістерінің маусымдық ырғағын анықтау әдісіне сәйкес ЖЦСҚК және ЖЦВК фазалары бойынша құрылды. Геожүйелердің функционалдығының зерттеу деректері және олардың қарқындылығының ТК көрсеткіштерімен ағын зоналары бойынша маңызды жіктемесі құрылды.

1-кесте
Шарын өзені алабының ЖЦСҚК-нің қысалды, қоңыржай-аязды, аязды қыс фазаларының орташа декадалық ауа температурасы,°С

Станция	қараша			желтоқсан			қаңтар		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	2.7	0.4	-1.6	-2.0	-3.7	-5.0	-5,4	-5,6	-5,8
Кеген	-1.3	-3.8	-6.3	-7.0	-8.6	-10.4	-11.4	-11.3	-11.3
Нарынқол	-1.0	-3.7	-6.7	-8.1	-9.6	-11.4	-12.3	-12.5	-12.6
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды									

Ескерту: автор құрастырған.

2-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦСҚК-нің көктемалды, қар еру фазаларының орташа декадалық ауа температурасы,°С

Станция	ақпан			наурыз		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	-5,1	-4,7	3,4	-2,0	1.1	4.4
Кеген	-10.2	-9.7	-8.3	-5.8	-3.1	0.1
Нарынқол	-11.5	-10.6	-9.5	-6.7	-3.4	0.4
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

3-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦВК-нің көктемнің басталуы, жазалды фазаларының орташа декадалық ауа температурасы,°С

Станция	сәуір			мамыр		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	6.8	10.1	11.3	13.3	14.2	15.9
Кеген	2.1	5.1	6.5	8.1	9.1	10.8
Нарынқол	3.3	6.6	8.2	9.7	10.3	11.8
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

4-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦВК-нің қоңыржай-жылы, қоңыржай-ыстық, жаздың баяулауы фазаларының орташа декадалық ауа температурасы,°С

Станция	маусым			шілде			тамыз		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	17.6	18.6	20.2	21.2	21.5	22.0	21.7	21.5	19.6
Кеген	12.1	12.8	14.2	14.9	15.2	15.5	15.3	14.9	12.9
Нарынқол	13.1	13.6	14.9	15.5	16.0	16.3	16.2	15.9	14.2
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды									

Ескерту: автор құрастырған.

5-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦВК-нің күздің түсуі, қоңыр күз фазаларының орташа декадалық ауа температурасы,°С

Станция	қыркүйек			қазан		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	6.8	10.1	11.3	13.3	14.2	15.9
Кеген	2.1	5.1	6.5	8.1	9.1	10.8
Нарынқол	3.3	6.6	8.2	9.7	10.3	11.8
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

6-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦСҚК-дегі қысалды, қоңыржай аязды, аязды қыс фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	қараша			желтоқсан			қаңтар		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	11	9	7	6	7	6	5	5	6
Кеген	7	6	4	4	4	5	3	3	3
Нарынқол	8	7	6	4	5	4	4	3	4
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды									

Ескерту: автор құрастырған.

7-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦСҚК-дегі көктемалды, алғашқы көктем-қар еру фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	ақпан			наурыз		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	5	5	6	8	9	14
Кеген	3	3	2	4	5	7
Нарынқол	3	5	3	6	6	8
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

8-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦВК-нің көктемнің басталуы, жазалды фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	сәуір			мамыр		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	13	16	19	16	20	20
Кеген	8	13	13	17	19	20
Нарынқол	9	13	14	17	19	21
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

9-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦВК-нің қоңыржай-жылы, қоңыржай-ыстық, жаздың баяулауы фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	маусым			шілде			тамыз		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	19	18	14	15	16	12	10	8	9
Кеген	24	22	21	24	25	17	16	15	15
Нарынқол	20	19	21	23	19	16	17	14	15
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды									

Ескерту: автор құрастырған.

10-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦВК-нің күздің түсуі, қоңыр күз фазаларының орташа декадалық жауын-шашынның мөлшері, мм

Станция	қыркүйек			қазан		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	8	9	11	10	12	12
Кеген	12	12	13	11	9	9
Нарынқол	12	10	11	10	8	10
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

Осы мәліметтерге сәйкес, Шарын өзені алабындағы жылдық циклдің маусымдық ырғақтарының алаптық үрдісі анықталды. Шарын өзені алабының геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесін (%) анықтағанда, климаттың негізгі элементтерінің кешені: ауаның температурасы мен ылғалдылығы, топырақтың беткі қабатының және төменгі өсімдіктің тамыры қабатының ылғалдылығы, өсімдіктің жалпы өнімділігі, NDVI және NDWI индекстері ескерілді (Керімбай Н., Керімбай Б., 2023).

Зерттеу нәтижелері және талқылау

ЖК-нің максималды мүмкін мәні орманды және орманды-шалғынды ландшафттары басым ағындының қалыптасу зонасы (АҚЗ) мен ағындының транзиттік зонасы (АТрЗ) 100% құрайды, сондықтан барлық басқа мәндер максимумға пайыздық қатынаста көрсетілді.

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесін анықтағанда (кесте 11) осы мәліметтерге сүйемелдеу жасалды. Бір зерттеудің шеңберінде геожүйелердің функционалдығының барлық тізбегіндегі қарқындылық дәрежесін егжей-тегжейлі қарастыру мүмкін емес. Сондықтан жалпы салыстырмалы бағалаумен шектелдік.

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің ең төменгі IV-ші дәрежесі АҚЗ-ғы Жоғарғышарын мезогеожүйесінің биіктігі 3700-4059 м гляциал-нивал белдеуіне тән. Бұл ландшафттар тасты, әлсіз дамыған топырақ жамылғысы аздаған телімдерде ғана кездесетін, жылдық орташа жауын-шашын мөлшері 15-17 мм, ең жоғарғы NDVI индексі 0,25 ЖЦВК-нің жаздың баяулау фазасының бірінші онкүндігіне тән, биіктаудың құрғақ климатымен сипатталады. Эчкелиташ, Чон-Джаналач өзендері алабының биіктаулы ландшафты қатты тілімденген, беткейлерінің экспозициясы С,СБ-,О,ОШ,Ш, еңістігі 37-63^0 жер бедері альпілік пішіндегі, қазіргі заманғы мүзбасу фрагменттері бар, мүк-қынамен жабындалған, бірлі-жарым өсімдікті (2-сурет).

11-кесте

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің көрсеткіштері (%)

Геожүйелер	Ағынды зонасы	Биіктік белдеуі	ФҚД	ЖК	ТбЫ	ТтЫ	NDVI	NDWI
Жоғарғышарын	Ағындының қалыптасу зонасы (АҚЗ)	Нивал-гляциал белдеуі	IV	10	-	-	0,0	-
		Альпілік шалғын	IV	10	14,56	16,81	0,1	-
		Субальпілік шалғын	II	70	23,94	19,34	0,5	-0,03
		Орманды шалғынды беткейлер	I	90	34,56	26.81	0.7	-0,03

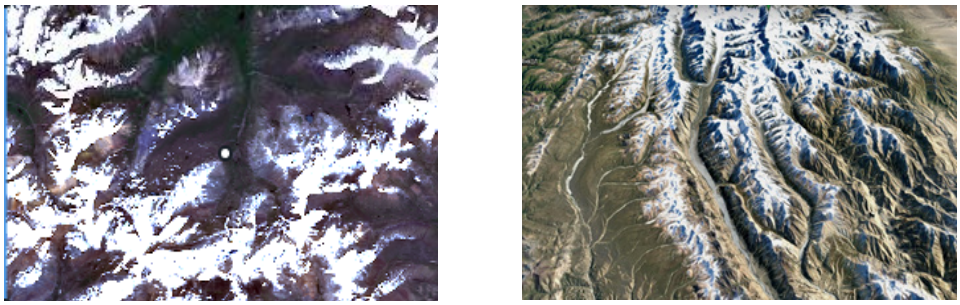
Кестенің жалғасы

Геожүйелер	Ағынды зонасы	Биіктік белдеуі	ФҚД	ЖК	ТбЫ	ТтЫ	NDVI	NDWI
Кеген	АҚЗ	Орманды беткейлер	I	90	24,99	20,95	0,6	-0,03
		Тауішілік ылғалды ойыс	II	70	22,3	18,02	0,5	-0,04
Ортаңғышарын	АТрЗ	Орманды-шалғынды жайылма	I	97	35,42	27,27	0,8	-0,3
	Ағындының сыналау зонасы (АСЗ)	Тауалды жазығы	II	65	17,98	15,35	0,5	-0,03
	Ағынды сыз зона	Шөлейт	III	40	10,05	12,81	0,3	-0,05
Төменгішарын	Ағындының таралу зонасы (АТЗ)	Шөл	III	20	8,87	8,68	0,4	-0,06

Ескертулер:
1. Н.Н. Ивановтың әдістемесіне сүйемелденіп, EOS DA с.п. мәліметтері негізінде орындалды
2. ФҚД – функционалдығының қарқындылық дәрежесі
3. ЖК – жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициенті (Н.Н. Иванов бойынша, климаттың биологиялық тиімділігінің көрсеткіші)
4. ТбЫ – топырақтың беткі қабатының ылғалдылығы
5. ТтЫ – топырақтың төменгі қабатының ылғалдылығы
6. NDVI – қалыпты жағдайдағы вегетациялық индексі
7. NDWI – қалыпты жағдайдағы су индексі

Ескерту: автор құрастырған.

2-сурет
Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің ең төменгі IV-ші дәрежесі тән АҚЗ-дағы Эчкелиташ биіктаулы ландшафтының гляциал-нивал белдеуінің гарыштық суреттері: а – табиғи түсте; б – 3D визуализация. 06.07.2020 ж. (Sentinel-2)



а б

Ескерту: автор құрастырған.

Ал Көкжар өзені алабының бастауындағы биіктаулы ландшафтары беткейлерінің экспозициясы С, СБ, Б, еңістігі 37-63^0, жер бедері ежелгімүздықты, гранитоидтермен және диориттермен жабындалған, альпілік шалғынды, сирек өсімдікті әлсіз дамыған қаңқалы топырағымен сипатталады. Қарқара өзенінің оңтүстігіндегі Желқарқара саласының бастауындағы Басқарқара биіктаулы, беткейлерінің экспозициясы С,СБ,О,ОБ,Б, еңістігі 37-63^0, қазіргі заманғы мүзданудың шағынды аумақтары бар, мүк-қынамен жабындалған, теңгежапырақты-кобрезиялы шалғынды сирек өсімдікті. Жоғарғы-Қарқара биіктаулы ландшшафты гранитоидтермен және

диориттермен жабындалған, жүрнақты тегістелу беттері нивальды-шалғынды.

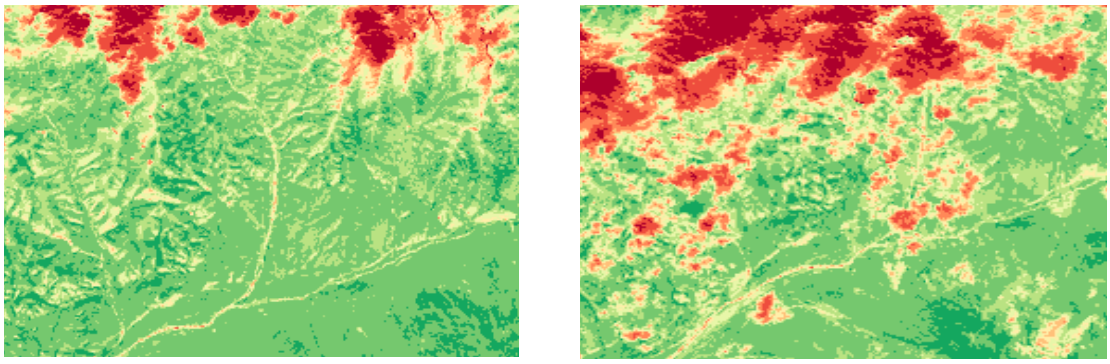
Бұл ландшафттардың функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің ең төменгі IV-ші дәрежесі, жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициентінің төмендігімен, биіктаудың құрғақ климатымен байланысты.

Салыстырмалы қарқындылықтың төменгі III-ші дәрежесі, Ортаңғышарын мезогеожүйесіндегі Сөгеті аңғарына, Үлкен Бөгеті, Торайғыр тауалды ағындысыз және Темірлік тауалды шөлейтті жазықтарына тән. Бұл шаруашылықта пайдаланылмайтын, өсімдікке кедей, тасты-шақпатасты сүр-қошқыл топырақты аумақтар. Абсолютті биіктігі 1200-ден 1900 м-ге дейінгі, беткейлерінің экспозициясы О,ОШ, еңістігі 4-7^0, бұл аумақтар порфириттермен, әктастармен, конгломераттармен және құмтастармен жабындалған. Бұл геожүйелердің ландшафттарына жер үсті ағындылары әсер етпейді. Бұлардан басқа АТЗ-ның шөлді жазықтарына да салыстырмалы қарқындылықтың төменгі дәрежесі тән.

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылығының орташа II-ші дәрежесі Жоғарғышарын мезогеожүйесіндегі АҚЗ-ғы биіктаулы, ортатаулы субальпілік шалғындарға, ағындының сыналау зонасындағы тауішілік ылғалды ойыстардың және Кеген, Шалкөде, Қарқара тауаралық жазықтарының орманды беткейлерінің ландшафттарына тән екені анықталды (3-сурет). Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 397 мм.

3-сурет

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің төменгі III-ші дәрежесі тән АҚЗ-дағы Шалкөдесу ортатаулы ландшафтының NDVI ғарыштық суреттері: а – 2020; ә – 2019 (Sentinel-2)



а ә

Ескерту: автор құрастырған.

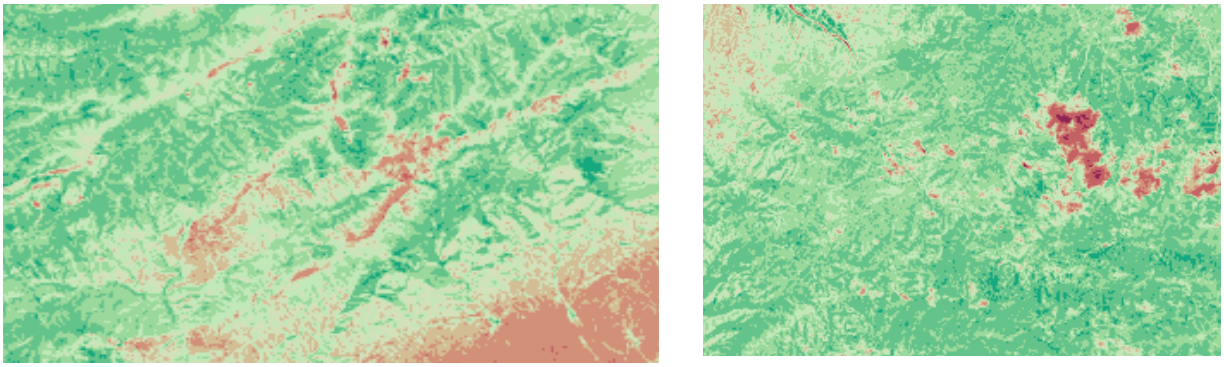
Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылығының жоғарғы I-ші дәрежесі Сарытоғай қонысындағы АТрЗ-ғы орманды-шалғынды жайылмаларға (орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 397 мм), Жоғарғышарын мезогеожүйесі АҚЗ-ғы орманды беткейлерге, биіктаулы шалғынды-далалы, ортатаулы орманды-шалғынды-далалы ландшафттарға тән екені анықталды. Бұл Күнгей Алатауының биіктігі 2600-2800м, беткей экспозициялары ССБ, еңістігі 31-36^o, Шет Мерке, Орта Мерке және Кенсу өзендерінің аңғарларындағы биіктаулы қылқан жапырақты орманды және орманды-шалғынды ландшафттары. Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 600 мм.

Ортатаулы орманды-шалғынды дала ландшафттары еңістігі 26-30^o, абсолютті биіктігі 1600-2800 м Кетмен, Құлықтау, Басұлытау, Елшін Бүйрек, Тізген-Қаратау жоталарының солтүстік беткейлерінде жақсы дамыған (4-сурет). Мұнда шығысқа қарай жылжыған сайын орманның төменгі шекарасы 2000-2200 м биіктікке дейін өседі және шыршаның ағашқұрамы сиректей бастайды. Бұл шығысқа қарай климаттың жалпы құрғақшылығының жоғарылайтынын көрсетеді. Қылқан жапырақты

өсімдіктердің таралуының жоғарғы шегі 2900-3000 м биіктікке жетеді. Бұл ландшафттарда орманды шалғындар жоталар мен таулардың ССБ беткейлерінде, ал оңтүстік және оңтүстік-батыс беткейлерде орманды-дала алқаптары дамығын.

4-сурет

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің төменгі I-ші дәрежесі тән ағынның сынылау зонасындағы Батыс-Кетмен ортатаулы ландшафтының гарыштық суреттері: а – 2019; ә – 2020 (Sentinel-2)



а ә

Ескерту: автор құрастырған.

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылығының жоғарғы дәрежесі тән, Ортаңғышарын мезогеожүйесіндегі АТр3-ғы (абсолюттік биіктігі 670 м) орманды-шалғынды жайылмалар, ағынды тасымалдау арна маңы бұталы-алуаншөпті-астық тұқымдасты шалғынды, шаған шоқтоғайлы-тораңғылы өсімдікті аллювиалды-тоғайлы топырақты ландшафттарымен сипатталады. Өзеннің төменгі жайылмасында арна маңы беліндегі шырғанақты-талды-итмұрынды, итмұрынды-бұталы және теректі-соғды шағаны қауымдастығынан тұратын аллювиалды-тоғайлы топырағы, өзеннің жоғарғы жайылмасы ойпаң-аласа еңісті алқаптағы Соғды шағаны шоқ тоғайлары.

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің осындай алуандық ерекшелігі, оңтүстік бөлігіне биіктік белдеулері, ал солтүстік бөлігіне шөлейтті және шөлді жазық тән болғандығымен түсіндіріледі. Табиғи үдерістердің тәуліктік және маусымдық ырғақтары ЖЦСҚК мен ЖЦВК-нің әр фазасындағы өзгергіштігі физикалық-географиялық ерекшеліктерімен байланысты.

Алаптың атмосфералық жауын-шашын көрсеткіштерінің таралуы біркелкі емес, ол аумақтың биіктігіне, бедеріне және беткейлер экспозициясы әсеріне, яғни физикалық-географиялық жағдайларымен анықталады. Алаптың таулы бөлігінде жер бедерінің биіктігі жоғарылаған сайын және беткейлер экспозициясының әсеріне байланысты ылғалдылық пен жауын-шашын мөлшерінің жоғарылауы байқалады.

Шарын өзені алабының ЖЦСҚК-дегі ең суық аязды қыс фазасында ауаның орташа температурасы солтүстігіндегі жазықта -6°, оңтүстігіндегі тауларда -12°, тауішілік жазықта -11°С-қа дейін. ЖЦВК-дегі ең жылы қоңыржай ыстық жаз фазасында ауаның орташа температурасы жазықта +21°С, тауларда +16°С, тауішілік жазықта +15°С-қа дейін. Алаптың климаты дамыған температуралық инверсиямен сипатталады, яғни ауа температурасы биіктік жоғарылаған сайын төмендейді.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының қарқындылық дәрежесі табиғи-географиялық факторларға тікелей тәуелді екенін көрсетті. Жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициенттері, топырақтың беткі және төменгі қабатының ылғалдылығы, NDVI және NDWI индекстері геожүйелердің маусымдық ырғақтылығын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер ретінде анықталды:

- ең төменгі IV дәрежелі қарқындылық биіктаулы нивальды-гляциалды белдеулерге тән, мұнда климаттың құрғақтығы мен топырақтың әлсіз дамуы басты шектеуші фактор болып табылады;

- төменгі III дәрежелі қарқындылық тауалды шөлейтті және шөлді жазықтарда байқалды, бұл аймақтарда өсімдік жамылғысы сирек, жер үсті ағындары әсер етпейді;

- орташа II дәрежелі қарқындылық субальпілік шалғындар мен тауішілік ылғалды ойыстарда анықталды, мұнда жауын-шашын мөлшері салыстырмалы түрде жоғары;

- жоғарғы I дәрежелі қарқындылық орманды-шалғынды жайылмалар мен биіктаулы орманды беткейлерге тән, мұнда климаттық жағдайлар мен ылғалдану деңгейі биологиялық өнімділікті қолдайды.

Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесінің кеңістіктік айырмашылықтары алаптың физикалық-географиялық ерекшеліктерімен, яғни биіктік белдеулерімен, бедердің морфологиясымен және беткейлер экспозициясымен түсіндіріледі. Атмосфералық жауын-шашынның біркелкі таралмауы мен температуралық инверсияның айқын байқалуы геожүйелердің маусымдық ырғақтылығына тікелей әсер етеді.

Бұл зерттеу нәтижелері Қазақстандағы өзен алабы геожүйелерін кешенді бағалауда қолдануға болатын теориялық үлгі ұсынады. Оның практикалық маңызы мына бағыттарда көрінеді:

- Климаттық және гидрологиялық мониторингте – табиғи үдерістердің маусымдық ырғақтылығын болжауға мүмкіндік береді.

- Жер ресурстарын басқаруда – топырақтың ылғалдылығы мен өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау ауыл шаруашылығы мен жерді тиімді пайдалануға бағыт береді.

- Экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуде – шөлейтті және шөлді аумақтарда табиғатты қорғау шараларын күшейту қажеттілігін көрсетеді.

- Туризм мен рекреацияны жоспарлауда – жоғары функционалдығы бар орманды-шалғынды ландшафттар табиғи-рекреациялық әлеуетті арттыруға мүмкіндік береді.

- Ғылыми-әдістемелік үлгі ретінде – басқа өзен алаптарының геожүйелерін кешенді бағалауда әмбебап тәсіл ретінде қолдануға болады.

Жүргізілген зерттеу геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін айқындауда табиғи-географиялық факторлардың шешуші мәнге ие екенін көрсетті. Алынған нәтижелер теориялық үлгі ретінде де, қолданбалы тәжірибеде де маңызды ғылыми негіз болып табылады.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Авторлардың үлесі:

Тұжырымдаманы әзірлеу – Б.С. Керімбай және Н.Н. Керімбай; Әдіснама – Х.Х.; Бағдарламалық қамтамасыз ету – Н.Н. Керімбай; Валидация – Б.С. Керімбай, Н.Н. Керімбай және К.М. Баймырзаев; Формалды талдау – К.М. Баймырзаев; Зерттеу – Н.Н. Керімбай; Ресурстар – К.М. Баймырзаев; Деректерді өңдеу – Б.С. Керімбай; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – Н.Н. Керімбай; Қарау және редакциялау – К.М. Баймырзаев[1]; Визуализация – Б.С. Керімбай; Ғылыми жетекшілік – Б.С. Керімбай; Жобаны басқару – Н.Н. Керімбай; Қаржыландыруды тарту – Б.С. Керімбай

Әдебиеттер

Алякринский, Б. С., & Степанова, С. И. (1985). *По закону ритма*. Москва: Наука.

EOS Data Analytics. (2025, November 24). *LandViewer*. https://eos.com/landviewer/

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*(L06407), 1–6. https://doi.org/10.1029/2006GL029127

Horion, S., Fensholt, R., Tagesson, T., & Ehammer, A. (2014). Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel. *International Journal of Remote Sensing, 35*(7), 2493–2515. https://doi.org/10.1080/01431161.2014.883104

Исаченко, А. Г. (1991). *Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование*. Москва: Высшая школа.

Иванов, Н. Н. (1962). Показатель биологической эффективности климата. *Известия ВГО, 94*(1), 65–70.

Казгидромет. (2019). *О состоянии окружающей среды РК: информационный бюллетень* (№ 1(73)). Нур-Султан: РГП «Казгидромет».

Керімбай, Н. Н., & Керімбай, Б. С. (2023). *Жерді қашықтықтан зондылауды геоақпараттық технологиялар әдістерімен талдау*. Алматы: Дарын.

Керімбай, Б. С. (2023). *Шарын өзені алабы геожүйелерінің дамуының динамикалық тенденциялары*. Алматы: Дарын.

Корытный, Л. М. (2001). *Бассейновая концепция в природопользовании*. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН.

Liu, Y., Zhang, J., Wang, H., & Li, X. (2023). Analysis of the spatiotemporal characteristics and influencing factors of the NDVI based on the GEE cloud platform and Landsat images. *Remote Sensing, 15*(20), 4980. https://doi.org/10.3390/rs15204980

Мамай, И. И. (2005). *Динамика и функционирование ландшафтов*. Москва: Изд-во МГУ.

Окишева, Л. Н., & Филандышева, Л. Б. (2015). *Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири*. Томск.

Рутковская, Н. В., Окишева, Л. Н., & Филандышева, Л. Б. (1983). Опыт использования посуточного годового хода дефицита влажности воздуха в характеристике ландшафтных зон Западно-Сибирской равнины. В *Вопросы географии Сибири* (Т. 15, с. 27–39). Томск.

Сочава, В. Б. (1978). *Введение в учение о геосистемах*. Новосибирск: Наука.

Возовик, Ю. И. (1970). О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени. В *Ритмы и цикличность в природе* (с. 3–4). Москва: Мысль.

Жучкова, В. К., & Раковская, Э. М. (2004). *Методы комплексных физико-географических исследований*. Москва: Academa.

References

Alyakrinskiy, B. S., & Stepanova, S. I. (1985). Po zakonu ritma [По закону ритма]. Nauka.

EOS Data Analytics. (2025, November 24). LandViewer. https://eos.com/landviewer/

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(L06407), 1–6. https://doi.org/10.1029/2006GL029127

Horion, S., Fensholt, R., Tagesson, T., & Ehammer, A. (2014). Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel. International Journal of Remote Sensing, 35(7), 2493–2515. https://doi.org/10.1080/01431161.2014.883104

Isachenko, A. G. (1991). Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe kartografirovanie [Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование]. Vysshaya shkola.

Ivanov, N. N. (1962). Pokazatel' biologicheskoy effektivnosti klimata [Показатель биологической эффективности климата]. Izvestiya VGO, 94(1), 65–70.

Kazgidromet. (2019). O sostoyanii okruzhayushchey sredy Respubliki Kazakhstan: Informatsionnyy byulleten', № 1(73) [О состоянии окружающей среды РК: информационный бюллетень, № 1(73)]. RGP «Kazgidromet».

Kerimbay, N. N., & Kerimbay, B. S. (2023). Zherdi qashyqtyqtan zondylaudy geoaqparattyq tekhnologiyalar ädistermen taldau [Жерді қашықтықтан зондылауды геоақпараттық технологиялар әдістерімен талдау]. Daryn.

Kerimbay, B. S. (2023). Sharyn özeni alaby geozhüyeleriniñ damuynyñ dinamikalyq tendentsiyalary [Шарын өзені алабы геожүйелерінің дамуының динамикалық тенденциялары]. Daryn.

Korytnyy, L. M. (2001). Basseynovaya kontseptsiya v prirodopol'zovanii [Бассейновая концепция в природопользовании]. Institut geografii SO RAN.

Liu, Y., Zhang, J., Wang, H., & Li, X. (2023). Analysis of the spatiotemporal characteristics and influencing factors of the NDVI based on the GEE cloud platform and Landsat images. Remote Sensing, 15(20), 4980. https://doi.org/10.3390/rs15204980

Mamay, I. I. (2005). Dinamika i funktsionirovanie landshaftov [Динамика и функционирование ландшафтов]. Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta.

Okisheva, L. N., & Filandysheva, L. B. (2015). Vremennaya dinamika i funktsionirovanie landshaftov Zapadnoy Sibiri [Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири]. Tomsk State University.

Rutkovskaya, N. V., Okisheva, L. N., & Filandysheva, L. B. (1983). Opyt ispol'zovaniya posutochnogo godovogo khoda defitsita vlazhnosti vozdukha v kharakteristike landshaftnykh zon Zapadno-Sibirskoy ravniny [Опыт использования посуточного годового хода дефицита влажности воздуха в характеристике ландшафтных зон Западно-Сибирской равнины]. In Voprosy geografii Sibiri (Vol. 15, pp. 27–39). Tomsk State University.

Sochava, V. B. (1978). Vvedenie v uchenie o geosistemakh [Введение в учение о геосистемах]. Nauka.

Vozovik, Yu. I. (1970). O povtoryaemosti sobytiy v protsesse razvitiya landshaftov vo vremeni [О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени]. In Ritmy i tsiklichnost' v prirode (pp. 3–4). Mysl'.

Zhuchkova, V. K., & Rakovskaya, E. M. (2004). Metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy [Методы комплексных физико-географических исследований]. Academia.

Авторлар туралы мәлімет:

Керімбай Баян Сүлейменқызы – PhD, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Жаратылыстану пәндері кафедрасының қауымдастырылған профессор (доцент) м.а., (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: kbs.zhetysu@gmail.com).

Керімбай Нұржан Нұрбергенұлы – география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Биотехнология және Экология Ғылыми зерт-теу институтының экология зертханасының меңгерушісі (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: n.kerimbay1964@gmail.com).

Баймырзаев Қуат Маратұлы – доктор географических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдыкорган, Казахстан; эл.почта: k.baymyrzaev@zu.edu.kz).

Бахыт Мөлдір Бахытқызы (корреспонденттік автор) – Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ КЕАҚ, Картография және Геоинформатика кафедрасының докторанты (Алматы, Қазақстан. эл.почта: m.bakhyt66@gmail.com).*

Information about the authors:

Kerimbay Bayan – PhD, Acting Associate Professor of the Department of Natural Sciences of the NAO "Zhetysu University named after I. Zhansugurov" (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: kbs.zhetysu@gmail.com).

Kerimbay Nurzhan – 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.kerimbay1964@gmail.com).

Kuat Maratuly Baymyrzayev – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Director of the Research Institute of Biotechnology and Ecology at I. Zhansugurov Zhetysu University (Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: k.baymyrzaev@zu.edu.kz).

Moldir Bakhyt (corresponding author) – Doctoral Student, Department of Cartography and Geoinformatics, NJSC Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan. e-mail: m.bakhyt66@gmail.com).*

Сведения об авторах:

Керімбай Баян Сүлейменқызы – PhD, и. о. ассоциированного профессора (доцент) кафедры естественных предметов Жетысуского университета имени И. Жансугурова (Талдыкорган, Казахстан, e-mail: kbs.zhetysu@gmail.com).

Керімбай Нұржан Нұрбергенұлы – кандидат географических наук, доцент (ассоциированный профессор), заведующий лабораторией экологии Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдыкорган, Казахстан, e-mail: n.kerimbay1964@gmail.com).

Баймырзаев Қуат Маратұлы – доктор географических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдыкорган, Казахстан, e-mail: k.baymyrzaev@zu.edu.kz).

Бахыт Мөлдір Бахытқызы (корреспондент-автор) – докторант кафедры картографии и геоинформатики НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (Алматы, Казахстан, e-mail: m.bakhyt66@gmail.com).

Келіп түсті: 29 желтоқсан 2025 жыл
Қабылданды: 21 ақпан 2026 жыл

ҒТАМР 39.19.25 https://doi.org/10.26577/JGEM80120263

Н.Б. Зинабдин *, А.Е. Токбаева , А.Ж. Айтқұл

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
*e-mail: zinabdin.n@gmail.com

ДАЛА ЗОНАСЫНДАҒЫ ЕРЕКШЕ ҚОРҒАЛАТЫН ТАБИҒИ АУМАҚТАРДЫҢ БИОАЛУАНТҮРЛІГІН БАҒАЛАУ: CIBI ӘДІСТЕМЕСІ

Қазіргі таңда биоалуантүрлік климаттық өзгерістер мен антропогендік қысымның әсерінен төмендеуде. Осы зерттеудің мақсаты – ерекше қорғалатын табиғи аумақтар (ЕҚТА) биоалуантүрлігін бағалауға арналған кешенді әдістеме әзірлеу. Бірыңғай кеңістіктік-сандық әдістемесі жоқтығына байланысты, зерттеу барысында авторлық Composite Index of Biodiversity Integrity (CIBI) әдістемесі әзірленді. Әдістеме бес параметрді біріктіреді: жалпы түрлік байлық (S), Қызыл кітапқа енген түрлер үлесі (R), түр тығыздығы (D), жоғары вегетациялы аумақтардың үлесі (V) және ЕҚТА жасы (Y). Салмақтық коэффициенттер Saaty аналитикалық иерархия процесі негізінде анықталды. Географиялық ақпараттық жүйелер мен қашықтан зондтау технологияларын қолдана отырып, Sentinel-2 спутниктік суреттері (2023–2025 жж. вегетация маусымы) негізінде 22 ЕҚТА (47 903,5 км²) талданды. Нәтижелер бойынша аумақтар төрт санатқа жіктелді: жоғары биоалуантүрлік (CIBI > 0,40; 1 ЕҚТА – Наурызым МТҚ), орташа деңгей (0,30–0,40; 5 ЕҚТА), төмен деңгей (0,20–0,30; 11 ЕҚТА) және өте төмен деңгей (< 0,20; 5 ЕҚТА). NDVI мен түрлік байлық арасында орташа оң корреляция анықталды ($r = 0,58$; $p < 0,01$). Зерттеудің ғылыми маңызы – Қазақстан дала зонасындағы ЕҚТА биоалуантүрлігін алғаш рет кешенді бағалау, ал практикалық мәні – басымдықты қорғау аймақтарын анықтау мен табиғат қорғау саясатында дәлелді шешімдер қабылдауға мүмкіндік беру.

Түйін сөздер: биоалуантүрлік, ерекше қорғалатын табиғи аумақтар, CIBI индексі, NDVI, ГАЖ, дала экожүйелері, қашықтан зондтау.

N.B. Zinabdin*, A.E. Tokbayeva, A.Zh. Aitkul

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
*e-mail: zinabdin.n@gmail.com

Biodiversity assessment of specially protected natural areas in the steppe zone: CIBI methodology

Currently, biodiversity is declining due to climate change and anthropogenic pressure. The aim of this study is to develop a comprehensive methodology for assessing the biodiversity of specially protected natural areas (SPNAs). Due to the lack of a unified spatial-quantitative methodology, the original Composite Index of Biodiversity Integrity (CIBI) methodology was developed during the study. The methodology combines five parameters: total species richness (S), proportion of Red Book species (R), species density (D), proportion of high-vegetation areas (V), and SPNA age (Y). Weight coefficients were determined based on Saaty's Analytic Hierarchy Process. Using geographic information systems and remote sensing technologies based on Sentinel-2 satellite imagery (2023–2025 vegetation season), 22 SPNAs (47,903.5 km²) were analyzed. According to the results, the territories were classified into four categories: high biodiversity (CIBI > 0.40; 1 SPNA – Naurzum State Nature Reserve), medium level (0.31–0.40; 5 SPNAs), low level (0.20–0.30; 11 SPNAs), and very low level (< 0.20; 5 SPNAs). A moderate positive correlation was found between NDVI and species richness ($r = 0.58$; $p < 0.01$). The scientific significance of the study lies in the first comprehensive assessment of SPNA biodiversity in Kazakhstan's steppe zone, and its practical value is in identifying priority conservation areas and enabling evidence-based decision-making in nature conservation policy.

Keywords: biodiversity, specially protected natural areas, CIBI index, NDVI, GIS, steppe ecosystems, remote sensing.

© 2026 Al-Farabi Kazakh National University

Н.Б. Зинабдин*, А.Е. Токбаева, А.Ж. Айткул
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
*e-mail: zinabdin.n@gmail.com

Оценка биоразнообразия особо охраняемых природных территорий степной зоны: методика CIBI

В настоящее время биоразнообразие снижается под воздействием климатических изменений и антропогенного давления. Целью данного исследования является разработка комплексной методики оценки биоразнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В связи с отсутствием единой пространственно-количественной методики, в ходе исследования была разработана авторская методика Composite Index of Biodiversity Integrity (CIBI). Методика объединяет пять параметров: общее видовое богатство (S), доля видов Красной книги (R), плотность видов (D), доля высоковегетативных территорий (V) и возраст ООПТ (Y). Весовые коэффициенты определены на основе метода аналитической иерархии Saaty. С использованием геоинформационных систем и технологий дистанционного зондирования на основе спутниковых снимков Sentinel-2 (вегетационный сезон 2023–2025 гг.) проанализированы 22 ООПТ (47 903,5 км²). По результатам территории классифицированы на четыре категории: высокое биоразнообразие (CIBI > 0,40; 1 ООПТ – Наурзумский ГПЗ), средний уровень (0,30–0,40; 5 ООПТ), низкий уровень (0,20–0,30; 11 ООПТ) и очень низкий уровень (< 0,20; 5 ООПТ). Выявлена средняя положительная корреляция между NDVI и видовым богатством ($r = 0,58$; $p < 0,01$). Научная значимость исследования заключается в первой комплексной оценке биоразнообразия ООПТ степной зоны Казахстана, а практическая ценность – в определении приоритетных охраняемых территорий и принятии обоснованных решений в природоохранной политике.

Ключевые слова: биоразнообразие, особо охраняемые природные территории, индекс CIBI, NDVI, ГИС, степные экосистемы, дистанционное зондирование.

Кіріспе

Қазіргі таңда биоалуантүрлікті сақтау жаһандық экологиялық мәселелердің бірі ретінде танылып отыр. Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, биологиялық алуан түрліліктің жоғары деңгейі экожүйелердің тұрақтылығын арттырып, климаттық өзгерістер мен антропогендік факторларға қарсы тұру қабілетін күшейтеді (Cardinale et al., 2012). Алайда, антропогендік қысымның, жерді пайдаланудың және климаттың өзгеруінің әсерінен көптеген аймақтарда биоалуантүрлік қарқынды төмендеуде (Newbold et al., 2016). Осыған байланысты биологиялық әртүрлілікті сақтау, экожүйелердің қызметін қолдау және сирек түрлердің жойылуын болдырмау үшін нақты шаралар қажет.

Ерекше қорғалатын табиғи аумақтар (ЕҚТА) – табиғатты қорғау, ғылыми, мәдени, эстетикалық, рекреациялық және сауықтыру маңызы бар табиғи кешендер мен нысандар орналасқан аумақтар (ҚР Заңы, 2006). ЕҚТА қоғам мен табиғат арасындағы қарым-қатынас мәселелерін шешуде маңызды рөл атқарады. Биологиялық және ландшафттық әртүрлілікті сақтау – ЕҚТА-ның басты міндеттерінің бірі (Chape et al., 2005). Табиғи кешендер биомдарының таксономиялық әртүрлілігін зерттеуде биологиялық әртүрліліктің ең көп шоғырланған орны ретінде ЕҚТА ерекше рөл атқарады (Magurran, 2004). ЕҚТА әлемнің көптеген елдерінде биоалуантүрлікті сақтаудың тиімді құралдарының бірі ретінде қарастырылуда (Buckland et al., 2005; Maxwell et al., 2020).

Қазақстанның дала зонасы – биологиялық әртүрліліктің маңызды орталығы, ерекше экожүйелік құрылымы бар кеңістіктердің бірі. Дала зонасы елдің солтүстік-батысынан шығыс бағытқа қарай созылып, Қазақстан аумағының шамамен 27%-ын алып жатыр. Бұл аумақтарда көптеген сирек және эндемик түрлер мекендейді, алайда соңғы жылдары климаттың өзгеруі мен антропогендік қысымның артуы салдарынан экожүйелердің тұрақтылығы мен табиғи тепе-теңдігіне қауіп төніп отыр (Kamp et al., 2016).

Қазақстанда биоалуантүрлікті сақтау мақсатында республикалық маңызы бар ЕҚТА желісі құрылған. Бүгінде елімізде 10 мемлекеттік табиғи қорық, 14 мемлекеттік ұлттық табиғи парк, 7 мемлекеттік табиғи резерват, 50 мемлекеттік табиғи қорықша және басқа да көптеген қорғалатын аумақтар жұмыс істейді. Дала зонасындағы ЕҚТА жалпы аумағы 47 903,5 км² құрайды.

Биоалуантүрлікті бағалау үшін ғылымда көптеген сандық әдістер қолданылады. Ең кең таралған индекстер – Shannon және Simpson

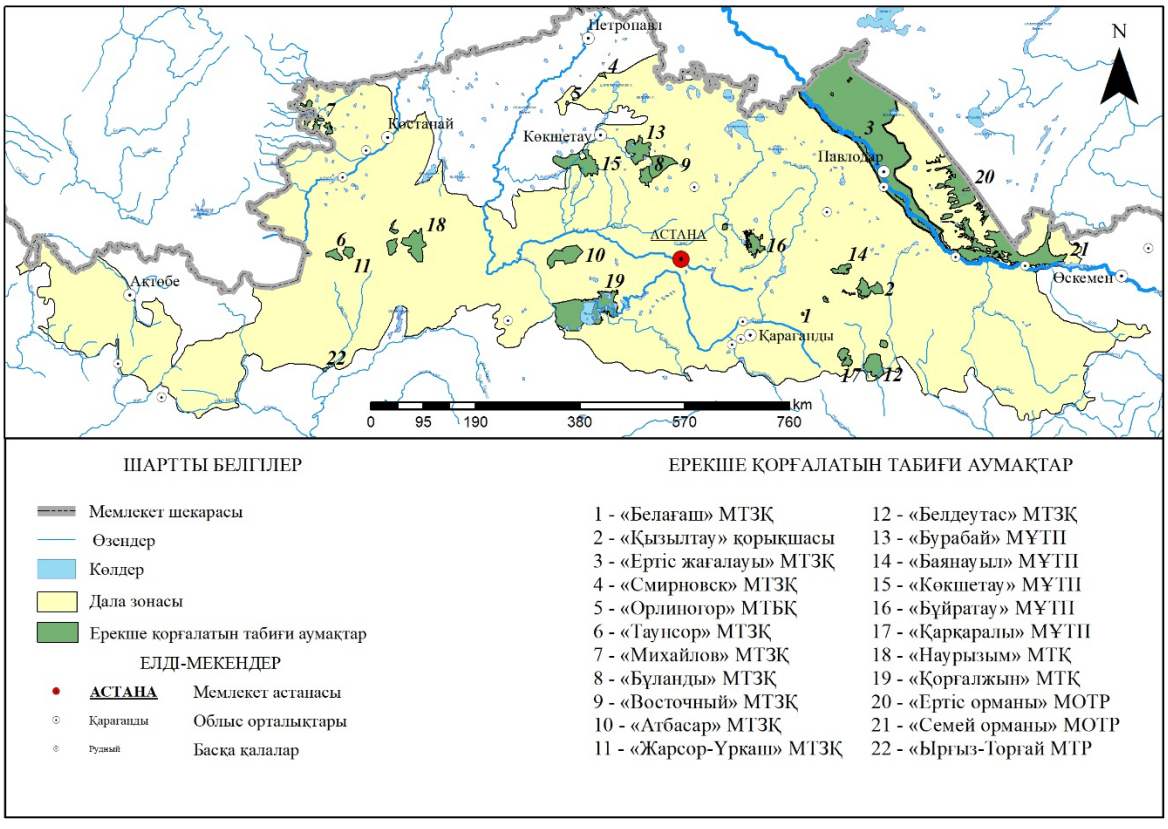
индекстері, олар түрлік байлық пен түрлер арасындағы біркелкілікті ескереді (Pettorelli et al., 2005). Қашықтан зондтау технологиялары биоалуантүрлік үлгілерін кеңістіктік талдауда жаңа мүмкіндіктер ашты. Нормаланған дифференциалды вегетация индексі (NDVI) – қауымдастық деңгейінде биоалуантүрлік үлгілерін талдауда ең кең қолданылатын қашықтан зондтау метрикасы (Pettorelli et al., 2005). NDVI өсімдіктің фотосинтездік белсенділігін сипаттайды және өсімдік жамылғысының тығыздығымен, биомассасымен және түрлік байлықпен корреляцияланады (Brooks et al., 2006).

Дегенмен, Қазақстанның дала зонасындағы ЕҚТА биоалуантүрлігін кешенді бағалаудың бірыңғай, кеңістіктік-сандық негізделген әдістемесі әлі де жоқ. Бар зерттеулер көбіне жекелеген аумақтарға бағытталған және салыстырмалы талдауға мүмкіндік бермейді (Simaika, Samways, 2009). Осыған байланысты зерттеу жұмысының мақсаты – дала зонасындағы ЕҚТА биологиялық әртүрлілігін бағалауға арналған кешенді CIBI (Composite Index of Biodiversity Integrity) әдістемесін әзірлеу және оны ГАЖ мен қашықтан зондтау технологияларын пайдалану арқылы қолдану.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу Қазақстанның дала зонасында орналасқан 22 ЕҚТА-ны қамтыды. Дала зонасы елдің солтүстігінен оңтүстікке қарай біртіндеп шөлейтке ауысатын кең алқапты қамтиды және негізінен Ақмола, Қостанай, Солтүстік Қазақстан, Павлодар және Қарағанды облыстарының бір бөліктерін қамтиды. Зерттеу аумағына 2 мемлекеттік табиғи қорық (Наурызым, Қорғалжын), 5 мемлекеттік ұлттық табиғи парк (Бурабай, Баянауыл, Көкшетау, Бүйратау, Қарқаралы), 3 мемлекеттік табиғи резерват (Ертіс ормандары, Семей ормандары, Ырғыз-Торғай) және 12 мемлекеттік табиғи қорықша кірді (1-сурет). ЕҚТА-лардың жалпы ауданы 47 903,5 км² құрады.

1-сурет
Қазақстанның дала зонасындағы ЕҚТА-лардың таралуы



Ескерту: автор құрастырған.

Зерттеуде келесі дерек көздері пайдаланылды: (1) NDVI есептеу үшін Sentinel-2 спутниктік суреттері (2023–2025 ж. вегетация маусымы: маусым-тамыз, кеңістіктік ажыратымдылығы 10 м) Copernicus Open Access Hub платформасынан алынды; (2) ЕҚТА-лардың флора мен фаунасы туралы статистикалық деректер Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігінің ресми есептерінен, қорықтардың жылнамаларынан және Қазақстанның Қызыл кітабынан (2022) жинақталды; (3) ЕҚТА-лардың шекаралары мен ауданы туралы кеңістіктік деректер Protected Planet (WDPA) дерекқорынан алынды.

Биоалуантүрлік – көпөлшемді түсінік, оны бір ғана индекспен толық сипаттау мүмкін емес (Magurran, 2004). Дәстүрлі Shannon және Simpson индекстері тек түрлік құрам мен молшылықты ескереді, ал қорғалатын аумақтарды бағалау үшін кеңістіктік, экологиялық және басқару параметрлерін де қамту қажет (Buckland et al., 2005). Осы мәселені шешу үшін біз көп критерийлі шешім қабылдау (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA) тәсіліне (Adem Esmail, Geneletti, 2018) негізделген кешенді индексті әзірледік.

CIBI (Composite Index of Biodiversity Integrity) – салмақталған қосынды үлгісіне (Weighted Sum Model, WSM) негізделген интегралды биоалуантүрлік индексі. WSM әдісі көп критерийлі шешім қабылдауда ең кең қолданылатын тәсілдердің бірі, оның математикалық қарапайымдылығы мен интерпретациялау жеңілдігі артықшылық береді (Saaty, 1980). Индекс құрамына биологиялық, кеңістіктік және уақыттық параметрлерді қамтитын бес көрсеткіш енгізілді:

1) Жалпы түрлік байлық (S) – өсімдіктер мен жануарлардың жиынтық түр саны:

$$S_{total} = S_{flora} + S_{fauna} \quad (1)$$

Мұндағы:

S_{flora} – өсімдік түрлерінің жалпы саны;

S_{fauna} – жануарлар түрлерінің жалпы саны.

2) Қызыл кітапқа енген түрлер үлесі (R) – зерттеу аумағында тіркелген қорғауға алынған (сирек, жойылу қаупі бар) түрлердің жалпы түрлік байлыққа қатынасы.

$$R_{ratio} = \frac{R_{flora}+R_{fauna}}{S_{flora}+S_{fauna}} = \frac{R_{total}}{S_{total}} \quad (2)$$

Мұндағы:

R_{flora} – Қызыл кітапқа енген өсімдік түрлерінің саны;

R_{fauna} – Қызыл кітапқа енген жануарлар түрлерінің саны;

S_{flora} – жалпы өсімдік түрлерінің саны;

S_{fauna} – жалпы жануарлар түрлерінің саны;

R_{total} – Қызыл кітаптағы барлық түрлер;

S_{total} – жалпы түрлік байлық (өсімдік + жануар).

3) Түр тығыздығы (D) – аумақ бірлігіне (км²) шаққандағы түрлер саны (түр/км²):

$$D = \frac{S_{flora}+S_{fauna}}{A} = \frac{S_{total}}{A} \quad (3)$$

Мұндағы:

S_{flora} – өсімдік түр саны;

S_{fauna} – жануар түр саны;

S_{total} – жалпы түр саны (өсімдік + жануар);

A – ЕҚТА ауданы (км²);

D – түр тығыздығы

4) Жоғары вегетациялы аумақтардың үлесі (V) – NDVI мәні 0,3-тен жоғары болатын аумақтардың жалпы ауданға қатынасы:

$$V = (A_{NDVI>0.3} / A_{total}) \times 100\% \quad (4)$$

Мұндағы:

$A_{NDVI>0.3}$ – NDVI мәні 0,3-тен жоғары аумақтардың қосындысы (орташа және тығыз өсімдік жамылғысы).

A_{total} – ЕҚТА-ның жалпы ауданы.

5) ЕҚТА жасы (Y) – ЕҚТА құрылған уақытынан бастап бүгінгі күнге дейінгі жыл саны:

$$Y = 2025 - Y_{est} \quad (5)$$

Мұндағы:

Y_{est} – ЕҚТА құрылған жыл;

Көп критерийлі индекстерде салмақтарды анықтау – маңызды әрі күрделі мәселе (Morris et al., 2014). Біздің зерттеуде салмақтық коэффициенттер Saaty (Saaty, 1980) аналитикалық иерархия процесі (Analytic Hierarchy Process, AHP) принциптеріне негізделіп, эксперттік бағалау арқылы анықталды. AHP әдісі бойынша көрсеткіштер жұптық салыстыру арқылы бағаланды (1-кесте).

1-кесте
CIBI көрсеткіштерінің салмақтық коэффициенттері

Көрсеткіш	Салмақ	Негіздеме
S (түрлік байлық)	0,25	Биоалуантүрліктің іргелі көрсеткіші; деректер қолжетімді; ЕҚТА-ның негізгі мақсаты – түрлерді сақтау
R (ҚК үлесі)	0,20	Қорғау құндылығының тікелей индикаторы; сирек түрлердің болуы аумақтың маңызын көрсетеді
D (тығыздық)	0,20	Кеңістіктік тиімділікті көрсетеді; шағын, бірақ түрлерге бай аумақтардың маңызын ескереді
V (вегетация)	0,20	Экожүйе жағдайының объективті көрсеткіші; спутниктік деректерге негізделген; мониторинг үшін қолайлы
Y (жас)	0,15	Қорғау тарихын ескереді; жанама фактор, сондықтан салмағы төменірек

Ескертпе: Салмақтардың қосындысы = 1,0. ҚК – Қызыл кітап.

Түрлік байлыққа (S) ең жоғары салмақ (0,25) берілді, себебі ол – биоалуантүрліктің ең іргелі және әмбебап көрсеткіші. Қызыл кітап түрлері үлесі (R), түр тығыздығы (D) және жоғары вегетациялы аумақтар үлесі (V) бірдей салмақ алды (0,20), себебі олар биоалуантүрліктің әртүрлі, бірақ бірдей маңызды аспектілерін сипаттайды. ЕҚТА жасына (Y) ең төмен салмақ (0,15) берілді, себебі ол тікелей биоалуантүрлік көрсеткіші емес, жанама фактор.

Кеңістіктік талдау ArcGIS 10.8 және QGIS 3.36.0 бағдарламаларында жүргізілді. NDVI Sentinel-2 суреттерінің B4 (қызыл, 665 нм) және B8 (жақын инфрақызыл, 842 нм) каналдары негізінде стандартты формула бойынша есептелді:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (6)$$

NDVI мәндері бес класқа жіктелді: I класс (< 0,1) – өсімдік жамылғысы жоқ немесе өте аз; II класс (0,1–0,2) – сирек өсімдік жамылғысы; III класс (0,2–0,3) – орташа сирек; IV класс (0,3–0,4) – орташа тығыз; V класс (> 0,4) – тығыз өсімдік жамылғысы. Әр ЕҚТА үшін NDVI кластарының аудандары есептеліп, жоғары вегетациялы аумақтардың үлесі (V) анықталды.

Көрсеткіштер әртүрлі өлшем бірліктерінде (түр саны, пайыз, жыл, түр/км²) берілгендіктен, оларды біріктіру үшін нормализация қажет. Біз min-max нормализация тәсілін (Morris et al., 2014) қолдандық:

$$x_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} + x_{min}} \quad (7)$$

Мұндағы:

x_i – Нормалау керек нақты мән.

x_{min} – көрсеткіштердің ішіндегі ең кіші мән.

x_{max} – көрсеткіштердің ішіндегі ең үлкен мән.

x_{norm} – нормаланған мән (нәтиже).

Бұл тәсіл барлық көрсеткіштерді 0–1 аралығына түрлендіреді, мұндағы 0 – ең төмен мән, 1 – ең жоғары мән. Min-max нормализация қарапайым, түсінікті және кеңінен қолданылады.

CIBI индексі салмақталған қосынды формуласы бойынша есептелді:

$$CIBI = (S_{norm} \times 0{,}25) + (R_{norm} \times 0{,}20) + \\ + (D_{norm} \times 0{,}20) + \\ + (V_{norm} \times 0{,}20) + (Y_{norm} \times 0{,}15) \quad (8)$$

Мұндағы:

CIBI – Кешенді биоалуантүрлік индексі – 0 мен 1 аралығындағы салыстырмалы мән;

S_{norm} – жалпы түрлік байлықтың нормализацияланған мәні;

R_{norm} – сирек түрлер үлесінің нормаланған мәні;

D_{norm} – түр тығыздығының нормаланған мәні;

V_{norm} – NDVI құрылымдық индексінің нормаланған мәні;

Y_{norm} – ЕҚТА жасының нормаланған мәні.

CIBI индексі 0 мен 1 аралығында мән қабылдайды. Нәтижелерді интерпретациялау

үшін төрт санат анықталды: өте төмен (< 0,20), төмен (0,20–0,30), орташа (0,30–0,40) және жоғары (> 0,40) биоалуантүрлік деңгейі (2-кесте). Бұл шекаралар деректердің таралуы мен практикалық маңыздылығы негізінде анықталды.

2-кесте
CIBI индексінің жіктемесі

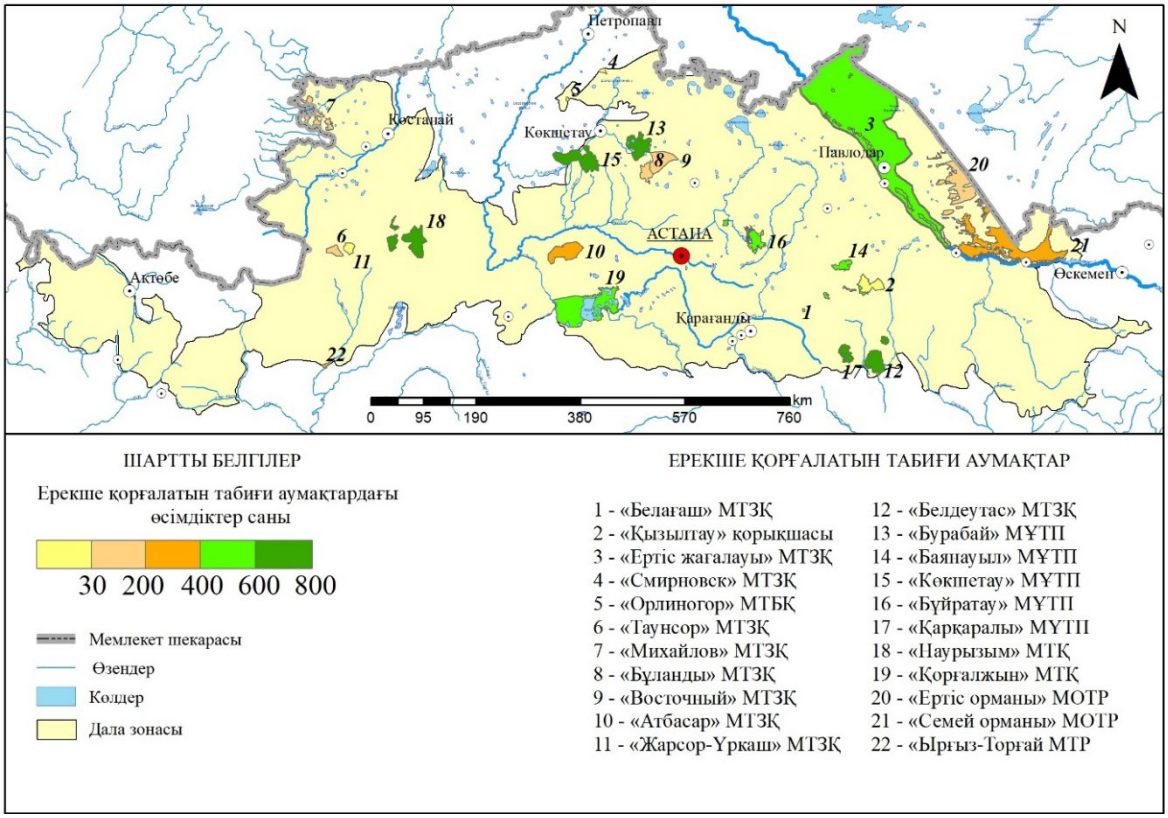
CIBI индексінің диапазоны	Санат	Бағалау
> 0,40	Жоғары	Биоалуантүрлік деңгейі жоғары, экожүйе тұрақты
0,30 – 0,40	Орташа	Экожүйе құрылымы жақсы сақталған
0,20 – 0,30	Төмен	Биоалуантүрлік төмендеген, қорғау шаралары қажет
< 0,20	Өте төмен	Экожүйе осал, қалпына келтіру шаралары қажет

Ескертпе: Шекаралар деректердің таралуы мен практикалық маңыздылығы негізінде анықталды.

Нәтижелер мен талқылау

Зерттелген 22 ЕҚТА-да өсімдіктердің жалпы түр саны 215-тен (Ертіс орманы) 800 түрге дейін (Көкшетау және Қарқаралы) өзгереді (2-сурет). Ең жоғары флористикалық әртүрлілік Көкшетау (800 түр), Қарқаралы (800 түр) және Наурызымда (687 түр) тіркелген. Қызыл кітапқа енген сирек өсімдіктер саны 4-тен (Ертіс орманы) 32 түрге дейін (Ырғыз-Торғай) өзгереді.

2-сурет
Дала зонасындағы ЕҚТА-лардағы өсімдік түрлерінің саны

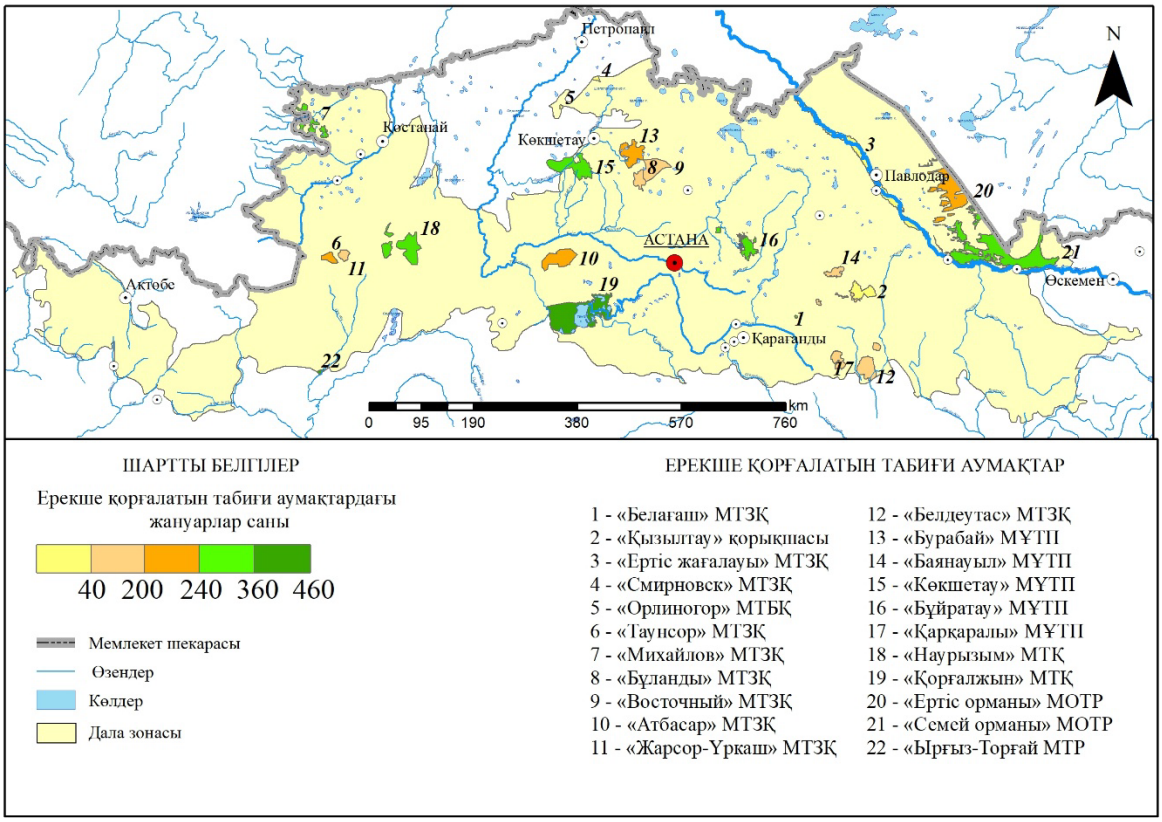


Ескерту: автор құрастырған.

Омыртқалы жануарлардың жалпы түр саны 190-нан (Қарқаралы) 459 түрге дейін (Ырғыз-Торғай) ауытқиды (3-сурет). Барлық зерттелген ЕҚТА-ларда омыртқалы жануарлардың ішінде құстар түр саны бойынша басымдыққа ие: 115 түрден (Баянауыл) 391 түрге дейін (Ырғыз-Торғай). Жалпы түрлік байлық (S_{total}) 458-ден (Ертіс орманы) 1092 түрге дейін (Көкшетау) өзгереді.

Sentinel-2 спутниктік суреттері негізінде жүргізілген NDVI талдау ЕҚТА-лар арасында өсімдік жамылғысының тығыздығы бойынша айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін көрсетті (4-сурет).

3-сурет
Дала зонасындағы ЕҚТА-лардағы жануар түрлерінің саны

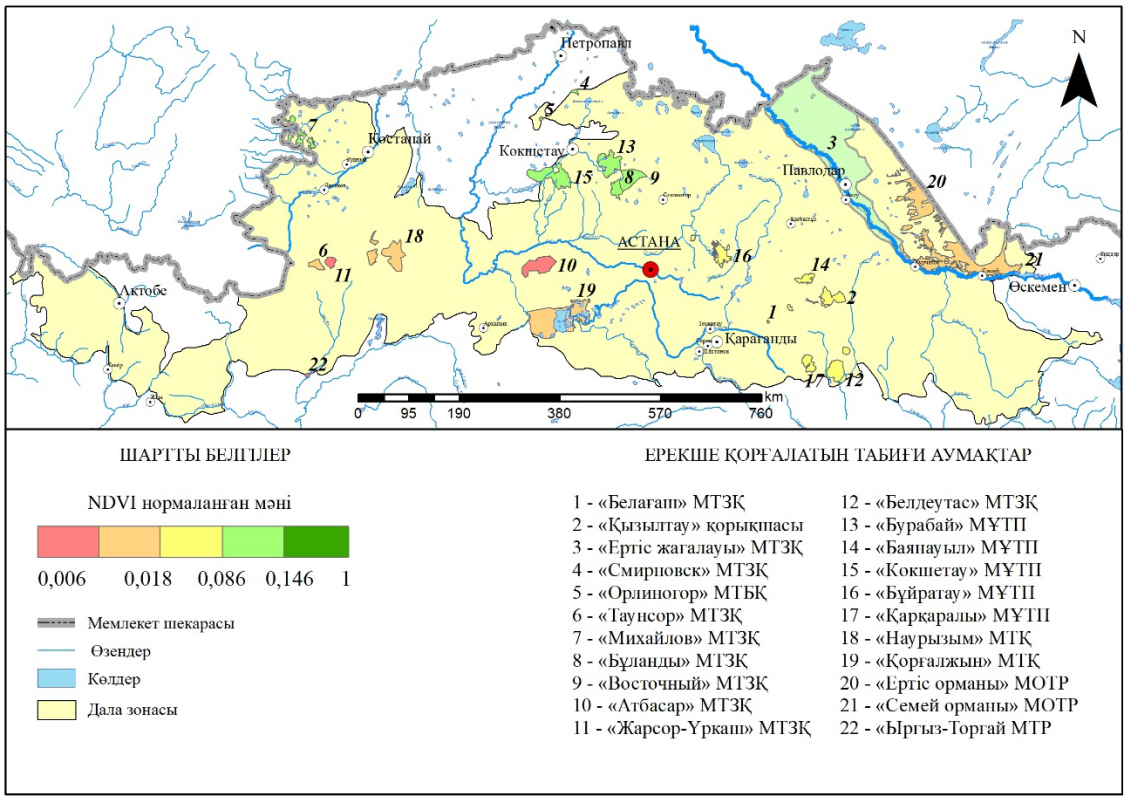


Ескерту: автор құрастырған.

Тығыз өсімдік жамылғысы (NDVI > 0,4) бар аумақтардың үлесі 0,006%-дан (Ырғыз-Торғай МТР) 35,9%-ға дейін (Көкшетау МҰТП) өзгереді. Жоғары вегетациялы аумақтардың үлесі (V, NDVI > 0,3) негізінен ұлттық парктерде жоғары: Көкшетау – 77,4%, Бурабай – 56,5%, Қарқаралы – 30,2%. Дала қорықтары мен резерваттарында бұл көрсеткіш едәуір төмен: Наурызым – 1,2%, Қорғалжын – 1,9%, Ырғыз-Торғай – 0,4%.

Әзірленген әдістеме арқылы дала зонасының 22 ЕҚТА-сына экологиялық бағалау жасалды. CIBI индексі 0,0631-ден (Жарсор-Үркаш) 0,4058-ге дейін (Наурызым) өзгереді. Нәтижелер бойынша ЕҚТА-лар төрт санатқа жіктелді (3-кесте, 5-сурет).

4-сурет
ЕҚТА-лардағы NDVI мәндерінің үлесі



3-кесте
CIBI индексін анықтауға арналған көрсеткіштер

ЕҚТА атауы	S_{norm}	R_{norm}	D_{norm}	V_{norm}	Y_{norm}	*CIBI*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Наурызым мемлекеттік табиғи қорығы	0,953	0,0571	0,0184	0,0122	1	0,4058
Белдеутас мемлекеттік табиғи зоологиялық қорығы	0,476	0,0729	0,1860	1	0,025	0,3745
Белағаш мемлекеттік зоологиялық қорықшасы	0,422	0,2048	1	0,0483	0,0375	0,3618
Қорғалжын мемлекеттік табиғи қорығы	0,918	0,2052	0,0047	0,0187	0,5375	0,3559
Көкшетау мемлекеттік ұлттық табиғи паркі	1	0	0,0193	0,1393	0,1875	0,3099
Ырғыз-Торғай мемлекеттік табиғи резерваты	0,628	0,2415	0,4634	0,0002	0,05	0,3055
Қаркаралы мемлекеттік ұлттық табиғи паркі	0,901	0,0228	0,0188	0,0555	0,1625	0,2691
Бурабай мемлекеттік ұлттық табиғи паркі	0,845	0,0225	0,0257	0,1035	0,1375	0,2622
Михайлов мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,422	0,2048	0,0215	0,1247	0,55	0,2582
Смирновск мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,067	0,5406	0,0599	0,1466	0,55	0,2487
Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи паркі	0,626	0,0903	0,0414	0,0482	0,325	0,2412

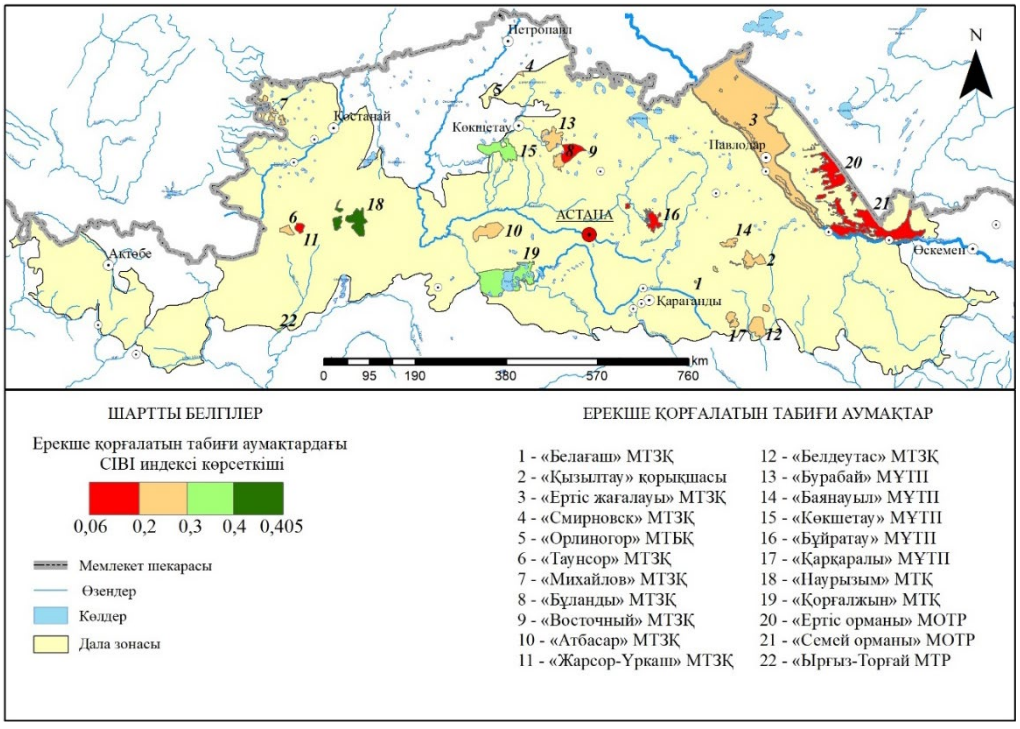
Кестенің жалғасы

ЕҚТА атауы	Snorm	Rnorm	Dnorm	Vnorm	Ynorm	CIBI
1	2	3	4	5	6	7
«Ертіс жағалауы» мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,731	0,085	0,0068	0,0860	0,125	0,2371
Орлиногор мемлекеттік табиғи ботаникалық қорықшасы	0,067	0,5406	0,1674	0,1132	0,3125	0,2279
«Қызылтау» мемлекеттік табиғи қорықшасы	0	1	0	0,0613	0,05	0,2198
Таунсор мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,29	0,2976	0,0375	0,0170	0,4625	0,2123
Бұланды мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,203	0,4171	0,0175	0,1335	0,3125	0,2113
Атбасар мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,461	0,0842	0,0115	0,0069	0,4375	0,2014
«Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерваты	0,592	0,1035	0,0012	0,0089	0,1	0,1857
Шығыс мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,203	0,3558	0,00618	0,1100	0,15	0,1677
Бұйратау мемлекеттік ұлттық табиғи паркі	0,442	0,0902	0,02084	0,0601	0	0,1447
«Ертіс орманы» мемлекеттік орман табиғи резерваты	0,385	0,1089	0,00329	0,0118	0,1	0,1361
Жарсор-Үркаш мемлекеттік табиғи зоологиялық қорықшасы	0,153	0,0703	0,02586	0	0,0375	0,0631

Ескерту: автор құрастырған.

5-сурет

Дала зонасындағы ЕҚТА-лардың CIBI индексі бойынша жіктелуі



Ескерту: автор құрастырған.

Жоғары биоалуантүрлік (CIBI > 0,40): Бұл санатқа тек Наурызым қорығы кіреді (CIBI = 0,4058). Қорық жоғары түрлік байлық (1044 түр), Қызыл кітап түрлерінің көптігі (23 түр) және ұзақ қорғау тарихымен (1931 жылдан бастап, 93 жыл) ерекшеленеді.

Орташа биоалуантүрлік (CIBI 0,30–0,40): Бұл санатқа 5 ЕҚТА кіреді – Белдеутас (0,3745), Белағаш (0,3618), Қорғалжын (0,3559), Көкшетау (0,3099) және Ырғыз-Торғай (0,3055). Бұл аумақтарда экожүйе құрылымы жақсы сақталған.

Төмен биоалуантүрлік (CIBI 0,20–0,30): Бұл топқа 11 ЕҚТА жатады. Атап айтқанда Қарқаралы (0,2691), Бурабай (0,2622), Михайлов (0,2582), Смирновск (0,2487), Баянауыл (0,2412), Ертіс жағалауы (0,2371), Орлиногор (0,2279), Қызылтау (0,2198), Таунсор (0,2123), Бұланды (0,2113), Атбасар (0,2014).

Өте төмен биоалуантүрлік (CIBI < 0,20): Бұл топқа 5 ЕҚТА кіреді: Семей орманы (0,1857), Шығыс (0,1677), Бүйратау (0,1447), Ертіс орманы (0,1361), Жарсор-Үркаш (0,0631).

NDVI орташа мәні мен жалпы түрлік байлық арасында орташа оң корреляция анықталды ($r = 0,58$; $p < 0,01$).

Индекс мәні жоғарылаған сайын экожүйелік байлық, өсімдік құрылымы мен сирек түрлер шоғырлануы артады. Сондықтан CIBI экожүйелерді басымдықпен қорғау немесе қалпына келтіру іс-шараларын жоспарлауға ғылыми негіз ұсынады.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері Қазақстанның дала зонасындағы ЕҚТА-лар арасында биоалуантүрлік деңгейі бойынша айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін көрсетті. CIBI индексі 0,0631-ден 0,4058-ге дейін өзгеріп, ЕҚТА-лардың экологиялық жағдайының біркелкі еместігін дәлелдейді.

Наурызым қорығының CIBI көрсеткіші ең жоғары болуы (0,4058) бірнеше факторлармен түсіндіріледі. Біріншіден, қорық 1931 жылы құрылып, 93 жылдық қорғау тарихына ие – бұл зерттелген ЕҚТА-лар арасындағы ең ұзақ мерзім. Халықаралық зерттеулер қорғалатын аумақтардың жасы мен биоалуантүрлік деңгейі арасында оң байланыс бар екенін растайды: ұзақ уақыт қорғалған аумақтарда экожүйелер қалпына келу мен тұрақтану мүмкіндігіне ие болады (Tikkanen et al., 2009, Geldmann et al., 2019). Екіншіден, Наурызым қорығы 2008 жылы ЮНЕСКО Дүниежүзілік мұра тізіміне енген, бұл оның халықаралық деңгейде танылған экологиялық құндылығын көрсетеді. Үшіншіден, қорық аумағында антропогендік қысым төмен, бұл табиғи экожүйелердің сақталуына қолайлы жағдай жасайды.

Орташа биоалуантүрлік санатына кірген ЕҚТА-лар (Белдеутас, Белағаш, Қорғалжын, Көкшетау, Ырғыз-Торғай) әртүрлі себептермен жоғары көрсеткіштерге ие. Қорғалжын қорығы (0,3559) жоғары түрлік байлықпен (1008 түр) және ЮНЕСКО мәртебесімен ерекшеленеді. Көкшетау МҰТП (0,3099) ең жоғары флористикалық әртүрлілікке ие (800 түр) және жоғары вегетациялы аумақтардың үлесі бойынша көшбасшы (77,4%). Ырғыз-Торғай (0,3055) Қызыл кітапқа енген түрлер саны бойынша барлық ЕҚТА-лар арасында көшбасшы (47 түр), ол арқылы аумақтың жоғары қорғау құндылығын көре аламыз (Watson et al., 2014). Белдеутас және Белағаш қорықшалары шағын аудандарына қарамастан жоғары түр тығыздығымен ерекшеленеді, бұл CIBI әдістемесінің шағын, бірақ экологиялық құнды аумақтарды анықтау қабілетін көрсетеді.

Өте төмен биоалуантүрлік санатындағы ЕҚТА-лар (Ертіс орманы, Жарсор-Үркаш, Бүйратау) төмен көрсеткіштерінің себептері әртүрлі. Бұл ЕҚТА-лардың көпшілігі шаруашылыққа қолайсыз жерлерде орналасқан, бұл әлемдік тенденцияға сәйкес келеді (Joppa & Pfaff, 2009). Ертіс орманы резерватында (0,1361) түрлік байлық салыстырмалы түрде төмен (458 түр), бұл монодоминантты қарағай ормандарының ерекшелігімен түсіндіріледі. Жарсор-Үркаш қорықшасы ең төмен CIBI көрсеткішіне ие (0,0631), бұл жас қорықша болуымен (2010 жылы құрылған) және аумағының шағын болуына байланысты.

NDVI мен түрлік байлық арасындағы орташа оң корреляция ($r = 0,58$) биоалуантүрлікті кеңістіктік бағалауда қашықтан зондтау деректерін қолданудың перспективтілігін көрсетеді (Xu et al., 2022). Алайда, бұл байланыс барлық ЕҚТА үшін бірдей емес. Орман резерваттарында (Ертіс орманы, Семей орманы) NDVI мәндері жоғары болғанымен, түрлік байлық салыстырмалы түрде төмен. Бұл құбылыс монодоминантты ормандардың ерекшелігімен түсіндіріледі – жоғары биомасса

өндіру түрлік әртүрлілікпен әрқашан сәйкес келмейді (Pettorelli et al., 2005). Керісінше, дала экожүйелерінде (Наурызым, Қорғалжын) NDVI төмен болғанымен, түрлік байлық жоғары, бұл шөпті өсімдіктердің төмен биомассасына қарамастан жоғары әртүрлілікке ие екенін көрсетеді.

CIBI әдістемесінің дәстүрлі биоалуантүрлік индекстерімен (Shannon, Simpson) салыстырғандағы негізгі артықшылығы – оның көпөлшемділігі. Дәстүрлі индекстер тек түрлік құрам мен молшылықты ескереді (Magurran, 2004), ал CIBI биологиялық (түрлік байлық, сирек түрлер үлесі), кеңістіктік (түр тығыздығы, вегетация жағдайы) және уақыттық (қорғау тарихы) параметрлерді біріктіреді. Бұл тәсіл ЕҚТА-ны жан-жақты бағалауға және басымдықты қорғау аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің бірқатар шектеулері бар. Бірінші ден, салмақтық коэффициенттер эксперттік бағалауға негізделген және субъективті сипатта. Болашақта Delphi әдісі немесе кеңейтілген AHP сауалнамасы арқылы салмақтарды валидациялау және ЕҚТА-лар арасындағы экологиялық байланыстылықты (connectivity) ескеретін көрсеткіштермен (Saura et al., 2017) толықтыру ұсынылады. Екіншіден, флора мен фауна туралы деректер ЕҚТА-лар бойынша біркелкі емес және түрлі жылдарға жатады. Үшіншіден, NDVI маусымдық өзгерістерге сезімтал, сондықтан бір мезгілдік суреттер қолданылды (шілде-тамыз). Болашақта көпжылдық NDVI динамикасын талдау нәтижелердің дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Зерттеу барысында Қазақстанның дала зонасындағы ЕҚТА биоалуантүрлігін бағалауға арналған CIBI (Composite Index of Biodiversity Integrity) әдістемесі әзірленіп, 22 ЕҚТА-ға қолданылды. Әдістеме бес көрсеткішті біріктіреді: жалпы түрлік байлық (S), Қызыл кітапқа енген түрлер үлесі (R), түр тығыздығы (D), жоғары вегетациялы аумақтардың үлесі (V) және ЕҚТА жасы (Y).

Зерттеудің негізгі нәтижелері:

CIBI индексі бойынша ЕҚТА-лар төрт санатқа жіктелді: жоғары биоалуантүрлік (1 ЕҚТА), орташа (5 ЕҚТА), төмен (11 ЕҚТА) және өте төмен (5 ЕҚТА).

Наурызым МТҚ ең жоғары CIBI көрсеткішіне ие (0,4058), бұл оның ұзақ қорғау тарихымен, жоғары түрлік байлығымен және ЮНЕСКО мәртебесімен түсіндіріледі.

NDVI мен түрлік байлық арасында орташа оң корреляция анықталды ($r = 0,58$; $p < 0,01$), сол арқылы қашықтан зондтау деректерін биоалуантүрлікті бағалауда қолдану перспективасын растайды.

CIBI әдістемесі дәстүрлі индекстерден (Shannon, Simpson) айырмашылығы биологиялық, кеңістіктік және уақыттық параметрлерді біріктіреді, бұл ЕҚТА-ларды жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді.

CIBI әдістемесінің практикалық маңызы: (1) ЕҚТА-ларды объективті салыстыруға мүмкіндік береді; (2) басымдықты қорғау аймақтарын анықтауға көмектеседі; (3) табиғат қорғау саясатында дәлелді шешімдер қабылдауға негіз болады (Jetz et al., 2022). Өте төмен CIBI көрсеткіші бар ЕҚТА-ларда (Жарсор-Үркаш, Ертіс орманы, Бүйратау) экожүйелерді қалпына келтіру шараларын күшейту ұсынылады.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторлардың үлесі:

Концептуализация – Н.Б. Зинабдин және А.Ж. Айткүл; Әдіснама – Н.Б. Зинабдин; Бағдарламалық қамтамасыз ету – А.Е. Токбаева; Валидация – А.Ж. Айткүл және А.Е. Токбаева; Формалдық талдау – А.Ж. Айткүл; Зерттеу – Н.Б. Зинабдин және А.Ж. Айткүл; Ресурстар – А.Е. Токбаева; Деректерді басқару – Н.Б. Зинабдин; Жазу – бастапқы нұсқаны дайындау – А.Ж. Айткүл; Жазу – рецензиялау және өңдеу – Н.Б. Зинабдин; Визуализация – А.Е. Токбаева; Ғылыми жетекшілік – Н.Б. Зинабдин; Жоба әкімшілігі – Н.Б. Зинабдин; Қаржыландыруды тарту – Н.Б. Зинабдин.

Әдебиеттер

Adem Esmail, B., & Geneletti, D. (2018). Multi-criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications. *Methods in Ecology and Evolution, 9*(1), 42–53.

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., … Rodrigues, A. S. L. (2006). Global biodiversity conservation priorities. *Science, 313*(5783), 58–61.

Buckland, S. T., Magurran, A. E., Green, R. E., & Fewster, R. M. (2005). Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360*(1454), 243–254.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., … Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature, 486*(7401), 59–67.

Chape, S., Harrison, J., Spalding, M., & Lysenko, I. (2005). Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360*(1454), 443–455.

Geldmann, J., Manica, A., Burgess, N. D., Coad, L., & Balmford, A. (2019). A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 116*(46), 23209–23215.

Jetz, W., McGowan, J., Rinnan, D. S., Possingham, H. P., Visconti, P., O'Donnell, B., & Londoño-Murcia, M. C. (2022). Include biodiversity representation indicators in area-based conservation targets. *Nature Ecology & Evolution, 6*(2), 123–126.

Joppa, L. N., & Pfaff, A. (2009). High and far: Biases in the location of protected areas. *PLOS ONE, 4*(12), e8273.

Kamp, J., Koshkin, M. A., Bragina, T. M., Katzner, T. E., Milner-Gulland, E. J., Schreiber, D., … Urazaliev, R. (2016). Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan's steppes and semi-deserts. *Biodiversity and Conservation, 25*(12), 2521–2541.

Magurran, A. E. (2003). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.

Maxwell, S. L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A. S. L., Stolton, S., … Watson, J. E. M. (2020). Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature, 586*(7828), 217–227.

Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., … Rillig, M. C. (2014). Choosing and using diversity indices: Insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and Evolution, 4*(18), 3514–3524.

Newbold, T., Hudson, L. N., Hill, S. L. L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R. A., … Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature, 520*(7545), 45–50.

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, 20*(9), 503–510.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.

Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., & Dubois, G. (2017). Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they? *Ecological Indicators, 76*, 144–158.

Simaika, J. P., & Samways, M. J. (2009). An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity and Conservation, 18*(5), 1171–1185.

Tikkanen, O.-P., Punttila, P., & Heikkilä, R. (2009). Species–area relationships of red-listed species in old boreal forests: A large-scale data analysis. *Diversity and Distributions, 15*(5), 852–862.

Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature, 515*(7525), 67–73.

Xu, H., Wang, Y., Guan, H., Shi, T., & Hu, X. (2019). Detecting ecological changes with a remote sensing-based ecological index (RSEI) produced time series and change vector analysis. *Remote Sensing, 11*(20), 2345.

Qazaqstan Respublikasy. (2006, Shilde 7). *Erekşe qorgalatyn tabiği aumaqtar turaly* [On specially protected natural areas] (No. 175-III). https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z060000175

References

Adem Esmail, B., & Geneletti, D. (2018). Multi-criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications. Methods in Ecology and Evolution, 9(1), 42-53.

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Da Fonseca, G. A., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., ... & Rodrigues, A. S. (2006). Global biodiversity conservation priorities. science, 313(5783), 58-61.

Buckland, S. T., Magurran, A. E., Green, R. E., & Fewster, R. M. (2005). Monitoring change in biodiversity through composite indices. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360(1454), 243-254.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature, 486(7401), 59-67.

Chape, S., Harrison, J., Spalding, M., & Lysenko, I. (2005). Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360(1454), 443-455.

Geldmann, J., Manica, A., Burgess, N. D., Coad, L., & Balmford, A. (2019). A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(46), 23209-23215.

Jetz, W., McGowan, J., Rinnan, D. S., Possingham, H. P., Visconti, P., O'Donnell, B., & Londoño-Murcia, M. C. (2022). Include biodiversity representation indicators in area-based conservation targets. Nature Ecology & Evolution, 6(2), 123-126.

Joppa, L. N., & Pfaff, A. (2009). High and far: biases in the location of protected areas. PloS one, 4(12), e8273.

Kamp, J., Koshkin, M. A., Bragina, T. M., Katzner, T. E., Milner-Gulland, E. J., Schreiber, D., ... & Urazaliev, R. (2016). Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan's steppes and semi-deserts. Biodiversity and conservation, 25(12), 2521-2541.

Magurran, A. E. (2003). Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.

Maxwell, S. L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A. S., Stolton, S., ... & Watson, J. E. (2020). Area-based conservation in the twenty-first century. Nature, 586(7828), 217-227.

Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., ... & Rillig, M. C. (2014). Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. Ecology and evolution, 4(18), 3514-3524.

Newbold, T., Hudson, L. N., Hill, S. L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R. A., ... & Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. Nature, 520(7545), 45-50.

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, 20(9), 503-510.

Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process.

Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., & Dubois, G. (2017). Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they?. Ecological indicators, 76, 144-158.

Simaika, J. P., & Samways, M. J. (2009). An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. Biodiversity and Conservation, 18(5), 1171-1185.

Tikkanen, O. P., Punttila, P., & Heikkilä, R. (2009). Species–area relationships of red-listed species in old boreal forests: a large-scale data analysis. Diversity and Distributions, 15(5), 852-862.

Watson, J. E., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. Nature, 515(7525), 67-73.

Xu, H., Wang, Y., Guan, H., Shi, T., & Hu, X. (2019). Detecting ecological changes with a remote sensing based ecological index (RSEI) produced time series and change vector analysis. Remote Sensing, 11(20), 2345.

Қазақстан Республикасы. (2006, 7 шілде). Ерекше қорғалатын табиғи аумақтар туралы (№ 175-III). https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z060000175

Авторлар туралы мәлімет:

Зинабдин Нұрлыбек Бердібекұлы – PhD, аға оқытушы, Физикалық және экономикалық география кафедрасы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: zinabdin.n@gmail.com).

Токбаева Алия Ерлановна – магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: aliqozeet@gmail.com).

Айтқұл Ақжол Жаңабайұлы – магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: aakzholzh2001@gmail.com).

Information about authors:

Nurlybek Zinabdin – PhD, Senior Lecturer, Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: zinabdin.n@gmail.com).

Aliya Tokbaeva – Master's student, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: aliqozeet@gmail.com).

Akzhol Aitkul – Master's student, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: aakzholzh2001@gmail.com).

Сведения об авторах:

Зинабдин Нурлыбек Бердибекулы – PhD, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: zinabdin.n@gmail.com).

Токбаева Алия Ерлановна – магистрант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: aliqozeet@gmail.com).

Айтқұл Акжол Жанабайулы – магистрант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: aakzholzh2001@gmail.com).

Келіп түсті: 23 желтоқсан 2025 жыл
Қабылданды: 14 ақпан 2025 жыл

IRSTI 39.21.02 https://doi.org/10.26577/jgem80120264

M.O. Tumazhanova[1*], K.K. Muzdybaeva[1], Jan A. Wendt[2], A.S. Aktymbaeva[3], A.E. Moldagalieva[3], K. Zhoya[4]

[1]Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[2]University of Gdańsk, Gdańsk, Poland
[3]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[4]Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: tumazhanova@mail.ru

ANALYSIS OF THE GEODEMOGRAPHICAL CONDITION OF THE URZHAR DISTRICT OF THE ABAI OBLAST

This article examines the geodemographic situation in the Urzhar district of the Abai oblast. Geodemography is a geographically oriented branch of demographic science that studies the patterns of demographic processes in geographical space. The aim of the study is to conduct a comprehensive analysis of geodemographic trends in the development of the Urzhar district of the Abai oblast.

The study analysed the population size and density, natural movements, migration processes, age and gender structure, ethno-demographic composition, urbanisation and settlement patterns, and socio-economic characteristics of rural districts in the Urzhar District. A comparative analysis of population growth/decline rates in all districts of the region was conducted. Based on natural growth indicators, migration and their values obtained from the total growth, rural districts of the Urzhar district with a low natural growth rate have been identified. Settlements with a predominance of migration processes have been identified (Altynshoky, Barkytbel, Besterek, Naualy, Eltay, Zhanatilek, Konyrshauly, Karakol, Koldenen, Kokozek, etc.). The economy of the Urzhar district, which is focused on agriculture, has a significant impact on migration processes. Based on statistical data, a map of the total population and natural growth of the rural population in the district has been compiled.

The study showed that, although there was natural growth among rural districts, territorial imbalance was observed due to negative net migration. The results of the study are necessary for planning, managing and forecasting the social and economic development of the region.

Keywords: demography, geodemography, geodemographic processes, migration, urbanisation, socio-demographic development.

М.О. Тумажанова[1*], К.К. Муздыбаева[1], Ян А. Вендт[2], А.С. Актымбаева[3], А.Е. Молдагалиева[3], Қ. Жоя[4]

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Гданьск университеті, Гданьск, Польша
[3]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[4]Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: tumazhanova@mail.ru

Абай облысы Үржар ауданының геодемографиялық жағдайын талдау

Бұл мақалада Абай облысы Үржар ауданының геодемографиялық жағдайы қарастырылды. Геодемография – географиялық кеңістіктегі демографиялық үрдістердің даму заңдылықтарын зерттейтін демография ғылымының географиялық бағыттағы саласы. Геодемографиялық деректер аудандағы халықтың орналасу тығыздығын көрсетеді, бұл инфрақұрылымды дұрыс жоспарлауға көмектеседі. Зерттеудің мақсаты – Абай облысы Үржар ауданының геодемографиялық даму үрдістеріне кешенді талдау жасау.

Зерттеу барысында Үржар ауданы ауылдық округтерінің халқының саны мен тығыздығы, табиғи қозғалысы, көші-қон үрдістері, жас-жыныстық құрылымы, этнодемографиялық құрамы, урбандалу және қоныстану жүйесі, әлеуметтік - экономикалық сипаттары талданды. Облыстағы барлық аудандардың халқының өсу/кему қарқынына салыстырмалы талдау жасалынды. Табиғи өсім, көші-қон көрсеткіштері және олардың жалпы өсімінен алынған мәні негізінде Үржар ауданының табиғи өсім коэффициенті төмен ауылдық округтер анықталды. Көші-қон үрдісі басым елді-мекендер анықталды (Алтыншоқы, Барқытбел, Бестерек, Науалы, Елтай, Жаңатілек, Қоңыршәулі, Қарақол, Көлденен, Көкөзек және т.б.). Үржар ауданының аграрлық бағыттағы эконо-

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

микасы көші-қон үрдістеріне елеулі ықпал етеді. Статистикалық деректер негізінде аудандағы ауылдық округтердің халқының жалпы саны және табиғи өсім картасы құрастырылды.

Зерттеу қорытындысы бойынша ауылдық округтер арасында табиғи өсім оң болғанымен, теріс миграциялық сальдо, аумақтық дисбаланс байқалды. Зерттеу нәтижесі ауданның әлеуметтік және экономикалық дамуын жоспарлауға, басқаруға және болжауға қажет.

Түйін сөздер: демография, геодемография, геодемографиялық үдерістер, миграция, урбандалу, әлеуметтік-демографиялық даму.

М.О. Тумажанова[1], К.К. Муздыбаева[1], Ян А. Вендт[2],
А.С. Актымбаева[3], А.Е. Молдагалиева[3], Қ. Жоя[4]

[1]Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан
[2]Университет Гданьск, Гданьск, Польша
[3]Казахский национальный университет им. аль-фараби, Алматы, Казахстан
[4]Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан
*e-mail: tumazhanova@mail.ru

Анализ геодемографического состояния Урджарского района Абайской области

В статье представлено исследование геодемографического состояния Урджарского района Абайской области. Геодемография – географически ориентированная отрасль демографической науки. Анализ геодемографических данных способствует в правильном расселении населения, планировании инфраструктуры, видов хозяйственной деятельности, социальной сферы и др. Цель исследования – комплексный анализ геодемографических тенденций развития Урджарского района Абайской области.

В ходе исследования были проанализированы численность, плотность населения, поло-возрастная структура населения, этнодемографический состав, системы урбанизации и расселения, естественное движение населения, миграционные процессы, социально-экономические особенности сельских округов Урджарского района. Проведен сравнительный анализ темпов роста и убывания населения районов области. На основе показателей естественного прироста, миграции и их значений, полученные от общего прироста, определены сельские округа Урджарского района с низким коэффициентом естественного прироста. Определены населенные пункты с преобладанием миграционных процессов (Алтыншокы, Баркытбел, Бестерек, Науалы, Елтай, Жанатилек, Коныршаулы, Каракол, колденен, Кокозек и др.). Экономика Урджарского района имеет аграрную направленность, что оказывает существенное влияние на миграционные процессы. На основе статистических данных составлена карта общей численности населения и естественного прироста сельского населения района.

Исследование показало, что, хотя среди сельских округов в изучаемые периоды наблюдался естественный рост, территориальный дисбаланс наблюдался из-за отрицательного миграционного сальдо. Результаты исследования необходимы для планирования, управления и прогнозирования социального и экономического развития района.

Ключевые слова: демография, геодемография, геодемографические процессы, миграция, урбанизация, социально-демографическое развитие.

Introduction

Researching the geodemographic situation of the Urzhar District in the Abai oblastis one of the pressing issues in regional development. Geodemographic processes determine a region's socioeconomic potential through factors such as population density, natural movement, migration, and age-sex structure. In recent years, the district has seen changes in its population, increased migration trends, and a demographic imbalance among its rural districts. A comprehensive methodology for geodemographic analysis was used during the study. Through the processing, grouping and comparative analysis of statistical data, the natural movement, migration, age-sex and ethnic composition of the population were evaluated.

In achieving the goal of the study, the population and density of rural districts, natural movement, directions and volume of migration, age-sex and ethnodemographic composition, settlement system, level of urbanization, as well as the influence of socio-economic factors were studied. Based on a comparative analysis of the region's districts, the rate of population growth or decline was determined, settlements with low natural growth rates and a dominant migration trend were identified, and the causes of territorial imbalance were revealed. The results obtained are a significant contribution to the development of regional

geodemographic science, issues of territorial planning of demographic processes.

The practical significance of the study is that its results can be used to plan, manage, and forecast the district's social and economic development. The identified list of settlements with low natural growth and a predominance of migration processes can serve as the basis for the development of regional personnel policy, programs for the development of social infrastructure, as well as measures to regulate migration processes.

Literature review

Geodemography is a scientific discipline that has developed from the interconnection of social sciences, demography, economics, and socio-economic geography. It comprehensively examines regional characteristics of demographic processes caused by internal (demographic) and external (economic, settlement, social, ethnic, environmental, political) factors. Geodemographic characteristics influence the direction of socio-economic development in a region (Fedorov, 2014). The object of geodemography is geodemographic processes. A geodemographic process is the temporary development of the population in a specific territory, its quantitative and qualitative changes, and its general character. Geodemographic process-includes changes in the spatial distribution of the population and settlement trends (Topchiev, 2005).

Alexander D. Singleton and Seth E. Spielman explore the historical development of geodemography in the United States and the United Kingdom. Geodemographics is important not only for commercial purposes, but also for social research and policy planning. Although this industry has developed in different directions in the US and the UK, technological advances and open data are providing new opportunities for geodemographics. Geodemographics can be a useful tool in politics, urban planning, and the study of social inequality (Singleton & Spielman, 2014).

Timms (1971) studied the spatial distribution of urban residents and their social characteristics, and also developed theoretical concepts of geodemography. Rees (1972) established the theoretical and practical basis for spatial differentiation and clustering of social factors. It served as the basis for the development of quantitative statistical methods used in geodemography.

The demographic development of each region has its own characteristics in terms of geographical location, ethnic composition, age and gender differences, and level of socio-economic development. The document on the demographic situation in the region analyses indicators of population size, birth rate, mortality rate, migration, age and gender structure, and ethnic composition (Shchukina, 2015). Geodemographic studies are conducted using various methods. The main method of geodemographic research is classification. This method is effective because it allows for the adjustment of various indicators characterising the geodemographic status of the territory under study. The main sources of information for geodemographic classifications are census results and current population records, data obtained during research, and survey data (Kuznetsova, 2015).

Geodemography is an essential analytical tool that integrates demographic and spatial data to enable the analysis of consumer behavior patterns and the optimization of marketing strategies. This approach enhances business effectiveness by facilitating the tailoring of products and services to specific consumer segments (Yazgi Walsh, Brunsdon, Charlton, 2021).

In geodemographic research, many scientific challenges remain unresolved. Although the field of geodemography has developed substantially in both theoretical and methodological dimensions, issues related to data quality and the standardization of analytical models persist. These limitations are particularly evident in developing countries, where deficiencies in data infrastructure and shortages of qualified specialists are common, and where spatial technologies-such as AI-based analytics and geolocation tools are not yet fully integrated into research and applied practice. Geodemographic research is well developed in urban areas but remains insufficiently advanced in rural settlements. Despite the scientific significance of geodemography, its full potential has yet to be realized. Addressing these shortcomings requires the development of geodemographic approaches grounded in inclusivity, accuracy, and critical analytical rigor (Gnyawali & Sigdel, 2025).

Geodemography is an effective tool that enables the clustering of spatial units based on socio-

economic data. Research conducted at the Small Areas level in Ireland demonstrates the capacity of this approach to reveal local socio-economic disparities (Yazgi Walsh, Brunsdon & Charlton, 2020). The use of open data and open-source tools enhances the methodological accessibility of research and enables geodemography to be employed more effectively as an analytical instrument aimed at serving public interests and informing policy decisions

Thus, geodemography represents a critical analytical tool that integrates socio-economic and spatial data to facilitate the examination of local disparities. However, limitations related to data quality and technological resources impede the full realization of the field's potential. Addressing these challenges requires the development of methodologies grounded in inclusivity, precision, and critical analysis, as well as ensuring that data remain open and accessible.

The Abai oblast was part of the East Kazakhstan Oblast of the former Semipalatinsk Oblast from 1997 to 2022. On 8 June 2022, the Abai Oblast was formed on the territory of the former Semipalatinsk Oblast. Therefore, demographic studies in the Abai Oblast until 8 June 2022 were considered jointly with demographic studies in the East Kazakhstan Oblast. A study of the demographic situation in the East Kazakhstan economic region was conducted by domestic and foreign scientists. Among the scholars who have conducted research on the East Kazakhstan economic region, the works of researchers such as Alekseenko A.N., Makhmetova N.A., and Aubakirova Zh. S. Alekseenko N.V. (2007) analyses the historical and demographic aspects of Eastern Kazakhstan in the 20th century: demographic changes in the 1920s and 1930s, industrialisation and migration, the Great Patriotic War and its demographic consequences, urbanisation and ethnic changes in the 1950s-1980s, and demographic trends during the period of independence. Abenova G.A., Ibraemova M.S., Mukataeva Z.K. (2020) analysed the social, economic and political factors influencing demographic processes in Eastern Kazakhstan in 1985-1995. Makhmetova N.A., Aubakirova Zh.S. (2023) conducted research on the dynamics of the ethnic composition of the East Kazakhstan region. An analysis was conducted of the policy of resettling other nationalities in the region, the predominance of Kazakh and Russian nationalities, and migration as the main reason for the decline in the number of ethnic groups. Shyngysbaeva Sh.K., Saipov A.A. (2022) analyse the factors influencing the demographic situation, considering the dynamics of natural population growth/decline in the East Kazakhstan Oblast.

Methodology

To analyze the geodemographic situation of the Urzhar district, official statistical data were utilized, obtained from the dataset provided by the District Administration's Department of Economy and Finance. The study examined the following key indicators: total population, ethnic composition, natural population growth, migration dynamics, age–sex structure, and economic activity of the population. during data processing and analysis, statistical, comparative–geographical, cartographic, geoinformation, and analytical methods were employed. These methodological approaches enabled a comprehensive assessment of the demographic and socio-economic characteristics of the study area.

Results and discussion

The districts of the Abai oblast differ from each other in terms of geography, socio-economic factors and natural resources. The Urzhar District is an administrative-territorial unit located in the south of the Abai Oblast. The Urzhar District borders the Ayagoz and Aksuat districts in the north, the Makanshi districts of the region in the west and north-west, and the Alakol district of the Zhetysu region in the south. The Urzhar District is located on the southern slope of Mount Tarbagatai. The climate of the Urzhar District is continental, with very hot and dry summers and frosty winters. Geomorphological structure: the Sauyr-Tarbagatai Range, uplifted during the Palaeozoic period, semi-arid plains, alluvial plains of the Alakol-Sasykkol Lowland. The rivers belong to the internal basin of Balkhash-Alakol. The population is mainly settled at the foot of Mount Tarbagatai and along the valleys of large rivers (Urzhar, Karakol, Eginsu, Besbakan, Karagaily, Zhetibay, Karasu, Shoshkaly, Kusak, etc.). This is due to the fact that the soils in these regions are fertile, rich in water, and favourable

for the development of crop and livestock farming. The main industry in the region is agriculture. The total land area is 12,000 км². The geographical location of the region influences the population density and demographic structure. The administrative division consists of 35 settlements, grouped into 16 rural districts. The district centre is the village of Urzhar. The population is 41,240. The population density of the Urzhar District is relatively low, averaging 3.44 people per square kilometre.

In order to effectively study and plan the demographic development of the region, a comparative analysis of the population size with other districts of the region was conducted. Since gaining independence, the Republic of Kazakhstan has conducted three population censuses: in 1999, 2009, and 2021. The Abai oblast has two cities of regional significance and ten districts. The analysis of the population by administrative-territorial structure of the Abai oblast for 2009-2021 is presented in the table below.

Table 1
Population growth/decline rates in the Abai oblast

№	Districts and cities of the region	2009	2021	Growth/decline rate (%)	2021 By 2009%
1	Abai District	15258	14240	-6,6	93,3
2	Aksuat District	21276	19916	-6,3	93,6
3	Ayagoz District	74572	66956	-10,2	89,8
4	Beskaragay District	22210	18296	-17,6	82,4
5	Borodulikha District	40167	33647	-16,2	83,8
6	Zhanasemey District	25228	20868	-17,2	82,7
7	Zharma District	44770	37460	-16,3	83,7
8	Kokpekti District	18375	13932	-24,1	75,8
9	Makanshi District	32135	27467	-14,5	85,5
10	Urzhar District	51039	43643	-14,4	85,5
11	The city of Kurchatov	10127	10411	2,8	102,8
12	The city of Semey	299264	303210	1,31	101,3
13	total	629193	589358	-6,5	93,7

**Note. Compiled by the authors based on data from the Bureau of National Statistics*

According to the results of the analysis of the population by administrative-territorial structure of the Abai oblast, there was a decline in population. Between 2009 and 2021, the total population of Kazakhstan increased, but there is a regional imbalance. The overall growth rate is - 6.5, with the population share remaining at 93.7%. Several factors may influence this trend. External migration (emigration), migration of ethnic groups to countries such as Russia and Germany, for example, Russian, German, Ukrainian, etc. Ethnic groups are most populous in the East Kazakhstan economic region. Labour migration, young people leaving for countries such as Russia, South Korea, and Turkey. Internal migration (urbanisation), migration from rural areas to cities. In cities of regional significance, namely Kurchatov and Semey, positive growth is observed, as stable operations have been established in urban areas. Environmental and radiation factors (Semipalatinsk nuclear test site). The Urzhar District of the study area is also experiencing a decline in population. Nevertheless, the demographic situation has remained relatively stable compared to other regions between 2009 and 2021, with the population share remaining at 85.5% and natural growth increasing. The following table presents an analysis of population changes by rural district in the region under study.

This table shows the population growth rates for rural districts in the Urzhar District between

2015 and 2024. During the COVID-19 pandemic, there was a decline in population, a trend that may be linked to the socio-economic consequences of the pandemic. In addition, migration and urbanisation have contributed to a decline in the region's population. The following map shows the population by rural districts in the Urzhar District.

Figure 1 shows the population by rural districts in the Urzhar District. The rural district of Salkynbel has a population of less than 600 people (585 people) and consists of two settlements: the villages of Karabuyrat (199 people) and Segizbay (386 people). The Urzhar rural district, with a population of over 3,000, includes the villages of Urzhar, Kyzyltu, and Burgon. The population of the Urzhar rural district is high due to the location of the district centre in the village of Urzhar, which has a population of 17,560. However, there is a regional imbalance in the Urzhar rural district, with low natural growth and low population numbers in the villages of Kyzyltu and Burgon. In general, rural districts in the region show a tendency towards disproportion, i.e. territorial imbalance. For example, the rural districts of Konyrshauly, Karakol, Kusak, etc. The following map shows the natural population growth in the rural districts of the Urzhar District. This indicator was used to assess the rate of population growth or decline.

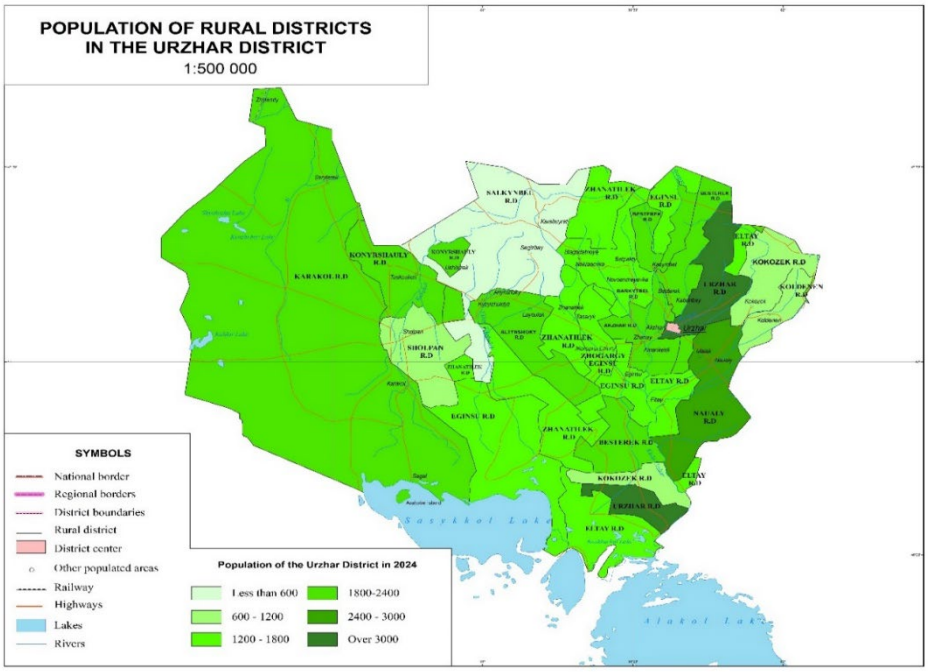
Table 2

Table 2. Rural population of the Urzhar District

№	Names of rural districts	5 years prior to the first five-year period (01.01.2015)	the end of the first five-year period (1.01.2019)	the beginning of the First Five-Year Plan over the past 5 years (01.01.2020)	the end of the first five-year plan in the last five years (01.01.2024)
1	Urzhar	16 252	17 395	18 354	17 709
2	Akzhar	1 948	1 785	1 811	1 794
3	Altynshoky	2 868	2 596	2 363	2 116
4	Barkytbel	2 195	1 975	1 826	1 653
5	Besterek	2 805	2 617	2 486	2 352
6	Eltay	1 694	1 595	1 583	1 503
7	Egynsu	1 668	1 549	1 432	1 325
8	Zhanatilek	1 876	1 793	1 577	1 473
9	Zhogargy Eginsu	1 413	1 357	1 291	1 267
10	Naualy	3 690	3 579	3 052	2 914
11	Salkynbel	1 337	1 080	737	619
12	Karakol	2 277	2 167	2 038	1 892
13	Konyrshauly	2 957	2 913	2 769	2 322
14	Koldenen	1 451	1 295	1 244	1 082
15	Kokozek	1 263	1 164	1 097	1 013
16	Sholpan	1 308	1 211	1 064	1 045
total		47 002	46 071	44 724	42 079

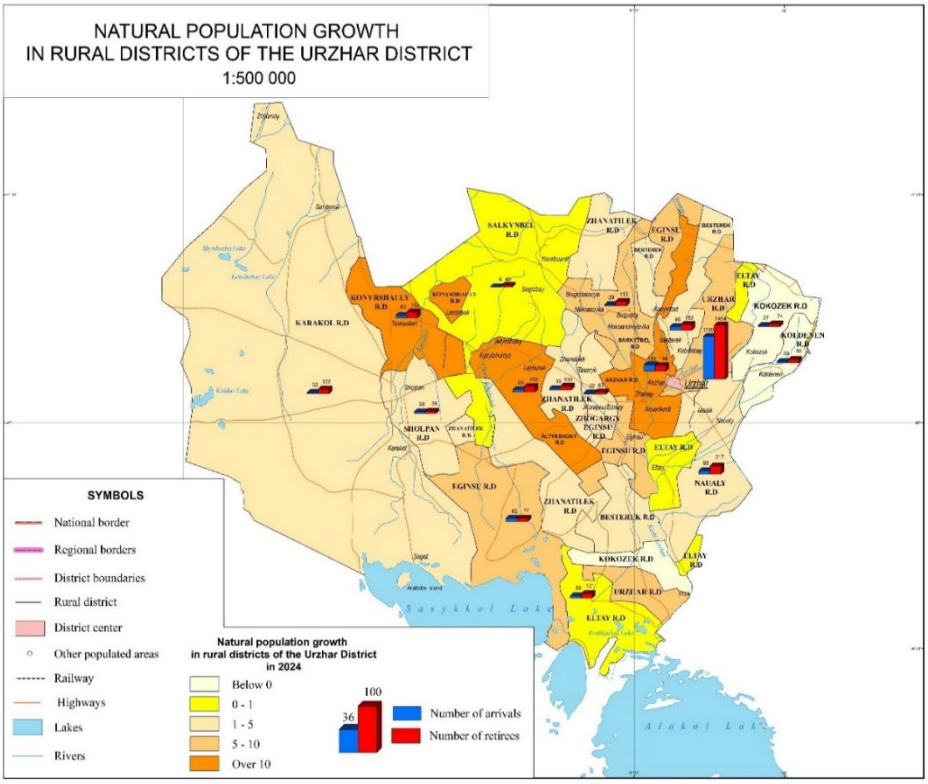
**Note. Compiled based on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

Figure 1
Population by rural districts of the Urzhar District



**Note. Compiled by the authors according to the Department of Economics and Finance of Urzhar District*

Figure 2
Natural population growth by rural districts of the Urzhar District



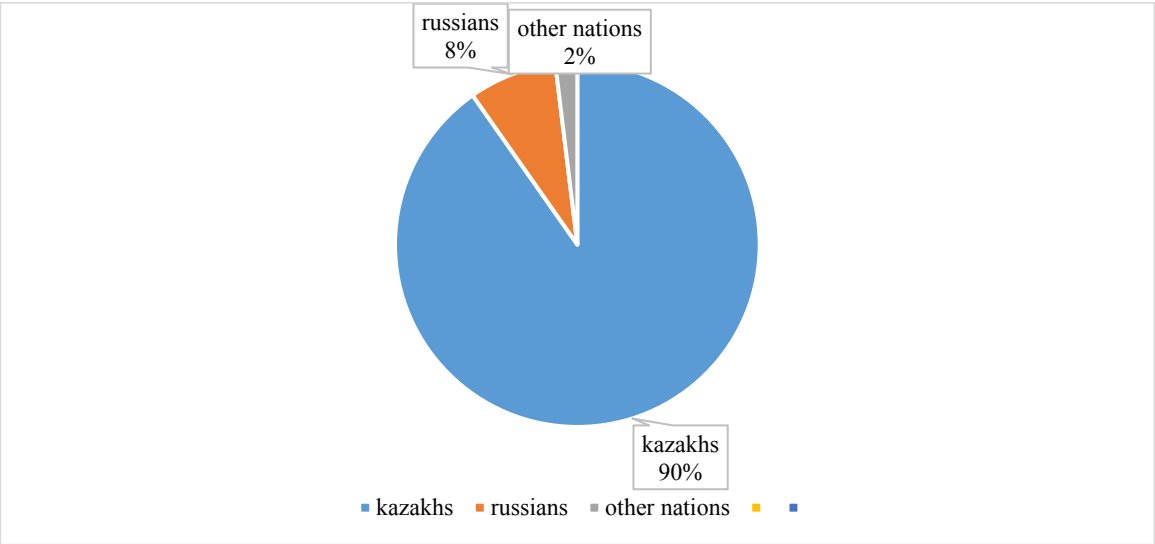
**Note. Compiled by the authors on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

Figure 2 shows the natural population growth in the rural districts of the Urzhar District. Rural districts with high natural growth rates are Altynshoky, Akzhar, and Konyrshauly. Natural growth is lower in the rural districts of Koldenen, Kokozek, Salkynbel, and Eltay.

In the Urzhar district, population decline was observed in the 1990s, i.e. during the years of independence, when representatives of other nationalities returned to their homeland and the republic transitioned to a market economy. More and more people began to migrate from the countryside to the city. The ethnic composition of the population of the Urzhar District is shown in the following diagram.

The population of the Urzhar District is 41,240 thousand people, 90% of whom are Kazakhs (38,039 thousand people), 8% are Russians (3,289 thousand people), and 2% are other nationalities. Among other nationalities, the most common are Germans (354), Tatars (161), Chechens (83), Koreans (53), Uzbeks (40), Bulgarians (30), Belarusians (18), Tajiks (12), and others. Migration has had a significant impact on the ethnic structure of the region's population. The migration process was particularly intense after the Republic of Kazakhstan gained independence in 1991. Over the years of independence, political and economic changes in the state, ethnic tensions, historical ties and government programmes in Germany and Russia have influenced the migration process. On the contrary, the policies and programmes of the Government of Kazakhstan aimed at supporting compatriots have contributed to the migration of ethnic Kazakhs. As a result, more and more ethnic Kazakhs have begun to settle in the region. During those years, there was a trend of mass emigration of Russian and German nationals returning to their homelands. Migration is a pressing issue in rural areas of Kazakhstan. In recent decades, rural areas in the region have seen a decline in population and an increase in internal and external migration rates.

Figure 3
Ethnic composition of the Urzhar District



**Note. Compiled by the authors based on data from the Bureau of National Statistics*

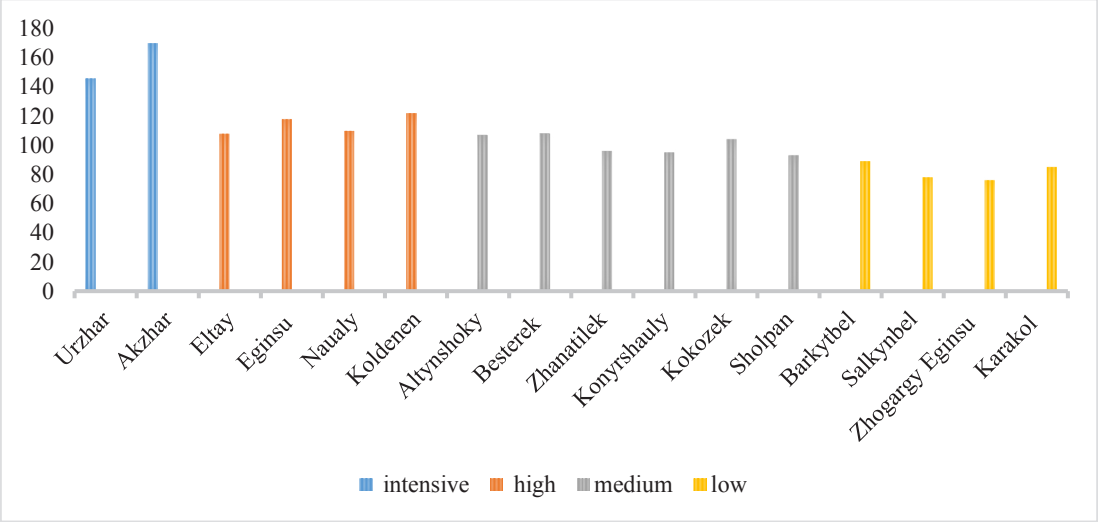
Table 3
Migration of rural districts in the Urzhar District

№	Names of rural districts	Number of births	Number of fatalities	number of migrants	number of immigrants	migration balance (+, -)
1	Urzhar	285	130	1 130	1 434	-304
2	Akzhar	48	29	169	144	25
3	Altynshoky	48	27	69	153	-84
4	Barkytbel	25	13	29	113	-84
5	Besterek	29	22	96	153	-57
6	Eltay	17	16	58	121	-63
7	Eginsu	23	15	82	77	5
8	Zhanatilek	13	9	36	100	-64
9	Zhogargy Eginsu	15	11	32	63	-31
10	Naualy	39	28	93	217	-124
11	Salkynbel	3	3	6	40	-34
12	Karakol	18	16	32	122	-90
13	Konyrshauly	54	24	63	153	-90
14	Koldenen	2	15	39	86	-47
15	Kokozek	6	8	27	74	-47
16	Sholpan	12	7	38	58	-20
total		637	373	1 999	3 108	-1 109

**Note. Compiled based on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

According to data for 2024, the total population of the district is 41,240 people. The main factors recorded this year, such as demographic indicators – birth rate, death rate, migration – contributed to changes in the population size. In 2024, 637 children were born in the district and 373 people died. Based on these figures, the natural increase is 264 people (637 – 373 = 264). The positive natural growth trend indicates that the birth rate in the region is higher than the death rate, suggesting that conditions are favourable for internal population growth. In the same year, 1,999 people moved to the district, while 3,108 people emigrated from it. The migration balance is -1,109 people (1,999-3,108 = -1,109), which indicates a negative impact on population decline. A negative migration balance indicates a high tendency for the population to migrate to other regions or countries. Taking into account natural growth and net migration, the overall demographic growth of the region's population is negative. The migration balance in the Akzhar and Eginsu rural districts is positive. Overall, the migration balance is low in all rural districts, especially in the rural districts of Altynshoky, Barkytbel, Besterek, Naualy, Eltay, Zhanatilek, Konyrshauly, Karakol, Koldenen, and Kokozek. This trend shows that there are fewer migrants than those who have left. The main reasons are the lack of jobs associated with seasonal agriculture, with young people leaving for the city to find a stable source of income. In the rural districts of Koldenen, Kokozek, and Salkynbel, there is an ageing population and a decline in natural growth. The following diagram shows the migration activity coefficient for rural districts in the Urzhar District.

Figure 4
Migration activity coefficient for rural districts in the Urzhar District (‰)



**Note. Compiled based on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

The settlements of Urzhar and Akzhar have very high migration rates. This indicates active population movement, i.e. an intense level of inflow and outflow. In these rural districts, there is a high level of migration, and the demographic movement of the active population is proceeding at a rapid pace Migration activity in these villages is at an average level: Altynshoky, Besterek, Zhanatilek, Konyrshauly, Kokozek, Sholpan. Movement is stable, but there is no clear pace. In the villages of Barkytbel, Salkynbel, Zhogargy Eginsu, and Karakol, migration rates are low. Here, the population movement is rare and stable. Overall, migration activity in some villages in the Urzhar District is high, while in others it is somewhat low. The age and gender structure of the population in the Urzhar District is one of the most important indicators of the demographic situation in the region. The following table shows the age and gender composition of the district's population.

If we analyse the gender and age characteristics of the population of rural districts in the Urzhar District, the total population of the district is 41,240 people. Of these, 20,834 (50.5%) are men and 20,400 (49.5%) are women. In terms of gender composition, the population is close to equilibrium. There are remote settlements located more than 50 km from the district centre: Farm 1, Abai village, Sagat, Karakol (Karakol rural district), Sholpan (Sholpan aul district), Taskesken, Ushbulak (Konyrshauly), Karabuyrat, Segizbay (Salkynbel). The migration of young people and those of working age from remote villages is a common phenomenon. In accordance with the Social Code of the Republic of Kazakhstan dated 20 April 2023, pension provision is implemented in the republic. The retirement age for men is 63 years, and for women, 61 years (until 2028). The age and gender composition of the population of the Urzhar District is presented in the form of a diagram.

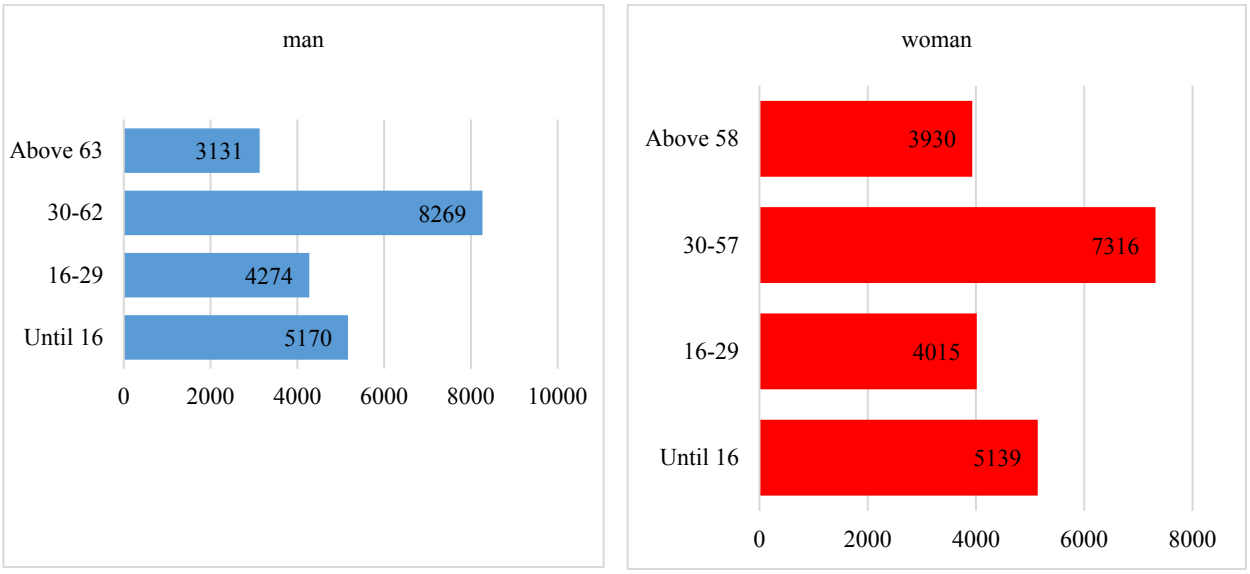
The working-age population of the district is 23,864, of which 4,274 are men aged 16-29 and 8,259 are aged 30-62. The number of women aged 16-29 is 4,015, and aged 30-57 is 7,316. In the Urzhar district, the number of women of retirement age (3,930) exceeds that of men (3,131). Overall, the age and gender structure of the Urzhar District is stable and demographic equality is maintained. This situation has a positive impact on the effective organisation of social policy, education and healthcare in the region. 57.9% of the district's population is of working age, with men accounting for 30.4% and women for 27.5%. Young people make up 27.1% of the total population, while pensioners account for 17.1%. There is no trend towards ageing in the region; on the contrary, the population structure has a high proportion of young people. This is considered a positive demographic trend. Such a structure is favourable for the country's future labour force. The following table shows the economic activity of the district's population.

Table 4
Age and gender composition of the population in rural districts of the Urzhar District

№	Names of rural districts	male				Woman			
		age				age			
		Up to 16 years old	16-29	30-62	Over 65 years old	Up to 16 years old	16-29	30-57	Over 58 years old
1	Urzhar	2163	1653	3443	1396	2240	1628	3375	1662
2	Akzhar	363	163	295	146	871	342	149	234
3	Altynshoky	260	225	401	143	1 024	273	214	354
4	Barkytbel	180	175	366	124	736	188	164	230
5	Besterek	265	218	471	181	1 167	264	198	458
6	Eltay	165	158	304	93	721	155	149	281
7	Eginsu	164	120	304	90	660	169	123	228
8	Zhanatilek	122	189	318	106	678	139	155	235
9	Zhogargy Eginsu	140	157	286	64	593	148	128	196
10	Naualy	297	406	501	220	1 377	296	378	435
11	Salkynbel	59	56	129	48	293	53	56	114
12	Karakol	244	203	400	104	853	225	160	285
13	Konyrshauly	337	268	375	187	1 095	309	251	338
14	Koldenen	126	96	223	101	476	100	76	181
15	Kokozek	134	89	214	65	462	111	93	178
16	Sholpan	151	98	229	63	489	127	93	194
total		5170	4274	8259	3131	5139	4015	7316	3930

**Note. Compiled based on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

Figure 5
Age and gender composition of the population of the Urzhar District



**Note. Compiled by the authors based on data from the Bureau of National Statistics*

Table 5
Economic activity of the population in rural districts of the Urzhar District

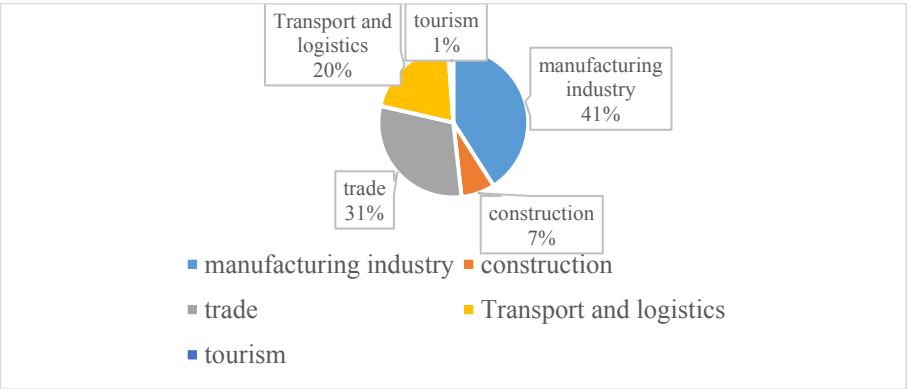
№	Names of rural districts	manufacturing industry	Construc-tion	trade	Transport and logistics	tourism	another	Including		Unem-ployed
								mercenary	Cself-sufficiency	
1	Urzhar	426	47	1128	437	11	7636	3245	6440	414
2	Akzhar	136	35	75	60	6	484	346	450	45
3	Altynshoky	78	18	63	80	0	906	381	764	49
4	Barkytbel	129	30	33	45	2	654	304	589	42
5	Besterek	199	37	77	64	16	899	427	865	53
6	Eltay	89	19	25	35	0	696	272	592	28
7	Eginsu	77	22	43	51	0	549	246	496	33
8	Zhanatilek	165	19	42	59	4	573	263	599	35
9	Zhogargy Eginsu	111	10	21	32	0	563	230	507	30
10	Naualy	241	53	46	61	5	1246	517	1135	68
11	Salkynbel	28	5	20	29	0	247	108	221	26
12	Karakol	148	42	30	46	0	729	326	669	53
13	Konyrshauly	211	26	38	47	11	833	414	752	66
14	Koldenen	138	12	23	37	4	338	189	363	24
15	Kokozek	110	11	20	27	4	379	178	373	23
16	Sholpan	17	23	21	31	0	498	191	399	24
total		2303	409	1705	1 141	63	17230	7637	15214	1013

**Note. Compiled based on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

Economic activity and employment in the Urzhar District have undergone changes in recent years. Agriculture and infrastructure projects are among the main pillars of the region's economy. In the Urzhar district, women's economic activity plays an important role in the socio-economic development of the district. Women account for approximately 49.5% of the total population. This figure means that they can participate widely in all areas of society, especially in the labour market. In recent years, women's economic activity has been growing as a result of government programmes, including initiatives aimed at supporting entrepreneurship and employment among women. This trend is also observed in the Urzhar district. Women have started to engage in individual entrepreneurship and are finding their place in small and medium-sized businesses. Women are actively working in all sectors of the district's economy. Women predominate in certain types of activities. Systematic work is being done to promote the political advancement of women. The following figure shows the economic activity of the population of Urzhar district.

The results of the analysis clearly indicate that the economic activity of the population in the Urzhar district is unevenly distributed across sectors. According to the diagram data, the manufacturing sector holds a leading position, accounting for the largest share of the economically active population (41%). This demonstrates that the district’s economy is predominantly oriented toward industrial production and that there is a well-established tendency toward processing local raw material resources.

Figure 6
Economic activity of the population of the Urzhar District



**Note. Compiled by the authors based on data from the Bureau of National Statistics*

The trade sector emerges as the second most significant area of economic activity, accounting for 1,705 individuals. This sector not only meets the population's daily consumer needs but also reflects the active flow of goods within the district and between the region and surrounding areas. The indicator for the transport and logistics sector (31%) highlights the relatively developed state of infrastructural connections and underscores its role in ensuring the continuity of economic activity.

Economic activity in the construction sector is moderate, accounting for 409 individuals (7%). This is explained by the relatively limited volume of new construction projects and insufficient investment activity. In contrast, the tourism sector registers the lowest level of economic activity (1%), indicating that the tourism potential of the Urzhar district has not been fully realized.

Overall, the diagram indicates that the economy of the Urzhar district is strongly oriented toward the manufacturing and trade sectors. At the same time, the relatively low shares of the construction and tourism sectors highlight the need for economic diversification. In this context, comprehensive measures aimed at developing infrastructure, enhancing investment attractiveness, and effectively utilizing tourism resources should be considered key factors for increasing the economic activity of the district's population.

Table 6
Number of women by broad service groups

Name of service groups	Number (people)
Government officials and civil servants	228
Professionals	1253
Technical specialists and other professional support staff	467
Employees in the field of administration	53
Service sector and trade	42
Farmers and workers in agriculture, forestry, fishing and fisheries	35
Workers in industry, construction, transport and other activities	-
Operators, assemblers and drivers of production equipment	7
Unskilled workers	686
Number of women	2771

*Note. Compiled by the authors based on data from the Bureau of National Statistics

According to labour and employment statistics, the total number of employees in the Urzhar District's consolidated service groups is 4,642, including 2,771 women. The share of managers and civil servants is 8.2%, the share of professionals is 45.2%, the share of technical specialists and other professional support staff is 17%, the share of administrative staff is 1.9%, the share of service and trade workers is 1.5%, farmers and workers in agriculture, forestry, fishing and fisheries account for 1.2%, 0% are workers in industry, construction, transport and other activities, operators, assemblers and drivers of production equipment account for 0.2%, and unskilled workers account for 24.7%. 45.2% of working women are professionals, and there is a significant proportion of women in the district's labour market, especially in areas requiring qualifications and professional training.

The population of the district provides employment for 15,214 people, 7,637 of whom are salaried employees, 2,303 work in manufacturing, and 1,013 are unemployed. The population is engaged in livestock farming, agriculture and poultry farming. The Urzhar rural district is a regional centre with a large population and economic activity. It should be noted that tourism is not very developed in the region, especially in the Altynshoky, Eltay, Zhogargy Eginsu, Salkynbel, and Karakol districts. The unemployment rate in the district in 2023 was 5.3%, and in 2024 it was 4.5%. The following table provides information about social institutions in the district.

Table 7
Social institutions in the Urzhar district

Healthcare institutions		Educational institutions		Cultural institutions		Sports facilities	
Number of district hospitals	1	Number of educational institutions	90	Number of cultural institutions	18	Number of sports facilities	34
		State - owned	89				
		private property	1				
Number of medical clinics	16	General education schools	33	Cultural centres	2	School sports halls	29
Number of paramedic and midwifery stations	6	Pre-school preparatory institutions	29	Clubs	9	Sports modules	3
				Libraries	5	Swimming pools	1
Number of medical centres	15	Mini-centres	28	Museum	1	Youth sports school	1
				Archive	1		

**Note. Compiled based on data from the Department of Economy and Finance of the Urzhar District*

Number of employees in healthcare institutions in the district: 89 doctors, 316 nursing staff, 98 junior staff, staff shortage – 2 units. Number of employees in educational institutions: total number of employees – 1,281, general education schools – 1,133, students – 6,651 children. Number of employees in preschool preparatory institutions – 120. Number of employees in mini-centres – 28 people. Number of children – 1,151 children. Number of all employees of cultural institutions – 160.5 units. In 2024, a total of 82 families were provided with new housing in 12 settlements as part of the state programme for purchased residential buildings. There is a shortage of personnel in the district. There is a lack of social institutions in the district, especially cultural institutions, and reconstruction is required.

Conclusion

In the course of the study, the authors conducted a comprehensive analysis of the geodemographic situation regarding the population in the rural areas of the Urzhar District. The demographic situation in the Urzhar District was examined through a comparative analysis of population growth and decline rates in the district’s rural areas. A cartographic model of the total population and natural increase in the rural districts of the Urzhar District was created. This spatial representation

allows for an assessment of the territorial differentiation of the demographic situation.

The geodemographic situation in the Urzhar District is one of the most important factors influencing its socio-economic development. According to the results of the study, the gender and age structure of the district's population is fairly balanced, which is considered an important indicator of demographic stability. In addition, the region has a high proportion of working-age population, which indicates sufficient labour resources. It should be noted that the economic activity of women is also growing. According to the results of the study, despite the fact that natural growth was positive, negative net migration led to an overall decline in population. This phenomenon may be linked to factors such as a limited labour market, inadequate social infrastructure or a higher quality of life in another region. Local authorities should therefore take socio-economic measures aimed at reducing negative migration trends. There is a particular tendency among young people to move to large cities (Almaty, Astana, Semey), which will lead to a reduction in the labour force in the future. The study revealed a tendency towards territorial imbalance between settlements in rural districts. Territorial imbalance is the cumulative result of not only demographic factors, but also socio-economic, infrastructural and political factors. A comprehensive regional development strategy is needed to reduce it. To address these issues, support is being provided to rural entrepreneurship, infrastructure is being modernised, and youth support programmes are being implemented. These programmes contribute to the stabilisation of the region's demographics. However, these measures need to be improved. For sustainable socio-economic development of the region, the following factors must be taken into account:

- increasing microcredit for small businesses (cheap credit, unsecured initiative);
- diversification of the labour market (brand creation and marketing of local products);
- improving the 'Diplommen auylga' programme (housing, transport, high wages);
- developing social infrastructure (healthcare, education, culture, sport);
- rational use of natural resources (water, land, minerals, biological, recreational);
- adaptation of education and training to local needs;
- to eliminate territorial imbalances, it is necessary to provide socio-economic support to small villages.

The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions

Conceptualization, Tumazhanova, M.O., Muzdybaeva K.K..; Methodology, Jan A. Wendt; Software, Zhoya K.; Validation, Jan A. Wendt, Aktymbaeva A.S.; Formal Analysis, Moldagalieva A.E.; Investigation, Tumazhanova, M.O.; Resources, Moldagalieva A.E..; Data Curation, Tumazhanova, M.O.; Writing – Original Draft Preparation, Tumazhanova, M.O.; Writing – Review & Editing, Tumazhanova, M.O. Muzdybaeva K.K.; Visualization, Zhoya K.; Supervision, Aktymbaeva A.S., Moldagalieva A.E.; Project Administration, Muzdybaeva K.K.; Funding Acquisition, Tumazhanova, M.O.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to N. Chakinov, head of the State Institution 'Department of Economy and Finance of the Urzhar District of the Abai Region', for providing statistical information on the socio-economic development of rural districts for the period 2015-2024.

References

Abenova, G. A., Ibraemova, M. S., & Mukataeva, Z. K. (2020). Demographic processes in Eastern Kazakhstan (1985–1995). *The Scientific Heritage*, (45), 28–31.

Alekseenko, N. V. (2007). *History of Eastern Kazakhstan in documents and materials* (Part 2: From 1917 to the beginning of the 21st century). Ust-Kamenogorsk: Media-Alliance.

Singleton, A. D., & Spielman, S. E. (2014). The past, present, and future of geodemographic research in the United States and United Kingdom. *The Professional Geographer, 66*(4), 558–567.

Yazgi Walsh, B., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2021). Open geodemographics: Classification of small areas, Ireland 2016. *Applied Spatial Analysis and Policy, 14*, 51–79.

Development programme for the Urzhar District of East Kazakhstan region for 2021–2025. (2021).

Factors influencing the demographic situation of East Kazakhstan. (2022). *Geography Series*, (1), 4–13.

Fedorov, G. M. (2014). On current trends in geodemographic research in Russia. *Baltic Region*, (2), 7–28.

Gnyawali, B., & Sigdel, U. (2025). Geodemography: Geospatial stream of demographic analysis. *Janajyoti Journal, 3*(1), 173–187. https://doi.org/10.3126/jj.v3i1.83307

Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan. (2025). https://stat.gov.kz/region/abay/

eGov Kazakhstan. (2025). https://egov.kz/cms/kk/articles/pensionnaya_sistema

Kuznetsova, T. (2015). Geo-demographic typology of municipalities of the Kaliningrad region. *Mediterranean Journal of Social Sciences, 6*(6), 345–351.

Makhmetova, N. A., & Aubakirova, Zh. S. (2023). Dynamics of the ethnic composition of the East Kazakhstan region in the second half of the 20th century. *Bulletin of Karaganda University. History. Philosophy Series*, (2), 168–175.

Rees, P. (1972). Problems of classifying subareas within cities. In B. J. L. Berry & K. B. Smith (Eds.), *City classification handbook: Methods and applications* (pp. 265–330). Wiley.

Shchukina, A. S. (2015). Geographical analysis of contemporary demographic processes. *Vestnik TvGU. Series: Geography and Geoecology*, (2), 44–56.

Department of Economics and Finance of Urzhar District of Abay Region. (2024).

Timms, D. W. G. (1971). *The urban mosaic: Towards a theory of residential differentiation*. Cambridge University Press.

Topchiev, A. G. (2005). *Social and geographical research: Methodology, methods, techniques*. Astroprint.

Yazgi Walsh, B., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2020). Open geodemographics: Classification of small areas, Ireland 2016. *Applied Spatial Analysis and Policy, 14*, 51–79. https://doi.org/10.1007/s12061-020-09343-

Information about authors:

Tumazhanova Markhaba Orazalyevna – doctoral student, Kazakh National Pedagogical University named after Abay (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tumazhanova@mail.ru).

Muzdybaeva Karlygash Kamanaevna – candidate of geographical sciences, Kazakh National Pedagogical University named after Abay (Almaty, Kazakhstan, e-mail: muzdybayeva.k@gmail.com).

Jan Andrzej Wendt – PhD, Doctor of Geography, Professor, Gdańsk University, Institute of Human Geography and Spatial Management (Gdańsk, Poland, e-mail: jan.wendt@ug.edu.pl).

Aliya Aktymbayeva – Candidate of geographical sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: alia_79-30@mail.ru).

Aitolkyn Moldagalieva – Candidate of geographical sciences, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: moldagaliyeva.aitolkyn2016@gmail.com).

Zhoya Kayrat – PhD, Senior lecturer at the Kazakh National Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: hairat.altai@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Тумажанова Мархаба Оразалыевна (корреспондент-автор) – докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: tumazhanova@mail.ru).

Муздыбаева Карлыгаш Каманаевна – г.ғ.к., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: muzdybayeva.k@gmail.com).

Ян Анджей Вендт – PhD, география ғылымдарының докторы, профессор, Гданьск университеті, Адам географиясы және аумақтық басқару институты (Гданьск, Польша, электрондық пошта: jan.wendt@ug.edu.pl).

Ақтымбаева Әлия Сағындыққызы – г.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті (Алматы, Қазақстан, e-mail: alia_79-30@mail.ru).

Молдагалиева Айтолқын Есенқұлқызы – г.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті (Алматы, Қазақстан, e-mail: moldagaliyeva.aitolkyn2016@gmail.com).

Жоя Қайрат – PhD, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: hairat.altai@mail.ru).

Сведения об авторах:

Тумажанова Мархаба Оразалыевна – докторант Казахского национального педагогического университета имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: tumazhanova@mail.ru).

Муздыбаева Карлыгаш Каманаевна – кандидат географических наук, Казахский национальный педагогический университет имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: muzdybayeva.k@gmail.com).

Ян Анджей Вендт – PhD, доктор географических наук, профессор, Гданьский университет, Институт географии человека и территориального управления (Гданьск, Польша, e-mail: jan.wendt@ug.edu.pl).

Актымбаева Алия Сагындыковна – кандидат географических наук, доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: alia_79-30@mail.ru).

Молдагалиева Айтолкын Есенкуловна – кандидат географических наук, доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: moldagaliyeva.aitolkyn2016@gmail.com).

Жоя Қайрат – PhD, старший преподаватель Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: hairat.altai@mail.ru).

Received: October 29, 2025
Accepted: January 15, 2026

FTAMP 528.3 https://doi.org/10.26577/JGEM80120265

М.Ж. Бегалиева [1*], С.Т. Солтабаева [1], Н.С. Доненбаева [2], А. Саулембаев [3]

[1]Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
[3]Өзбекәлі Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент, Қазақстан
*e-mail: maira_010591@mail.ru

ЖЕРДІҢ ШАРУАШЫЛЫҚҚА ЖАРАМДЫЛЫҒЫН КЕШЕНДІ МОНИТОРИНГТАУ

Мақалада жердің ауыл шаруашылығына жарамдылығын кешенді мониторингтеу мәселелері қарастырылады. Зерттеудің негізгі мақсаты жер ресурстарының қазіргі жай-күйін бағалау және олардың ауыл шаруашылығына тиімді және экологиялық қауіпсіз пайдалану үшін әлеуетін анықтау болып табылады. Жердің шаруашылыққа жарамдылығын кешенді мониторингтау – жер ресурстарының сапасын, өнімділігін және экологиялық жағдайын жан-жақты бағалауға бағытталған ғылыми-тәжірибелік процесс. Бұл мониторинг топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерін, климаттық жағдайларды, су ресурстарын, жер бедерін және өсімдік жамылғысын зерттеуді қамтиды. Мониторинг барысында топырақ құнарлылығының көрсеткіштері, агроэкологиялық жағдайлар, климаттық факторлар, жердің тозу дәрежесі және антропогендік әсер талданады. Негізгі мақсат – жерді тиімді пайдалану мүмкіндіктерін анықтап, ауыл шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз ету. Мақалада, Семей облысының бұрын ядролық сынақ полигонына айналған жер учаскелерін шаруашылық айналымға жіберу мақсатында жүргізілген кешенді (ғарыштық, геодезиялық, радиоэкологиялық) мониторингтің нәтижелері келтірілген. «Балапан» және «Телкем» сынақ учаскелерінде жүргізілген геодезиялық мониторингтің нәтижелері геоақпараттық жүйеде (ГАЖ) өңделіп, картографиялық өнімдер алынды. Нәтижесінде жер бетінің деформациясы, температуралық аномалиялар және радиоактивтік ластану деңгейлері анықталып, бағалауыш экологиялық карталар жасалды. Алынған нәтижелер ядролық сынақтардын зардап шеккен жер учасскелерін, бағалауда және радиациялық қауіпсіз деп танылып, қолдануға ұсыныстар әзірлеуде негіз болды. Зерттеу нәтижелері топырақ құнарлылығын арттыру, эрозия мен шөлейттенудің алдын алу, сондай-ақ экологиялық қауіптерді азайту бойынша нақты ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл процесс жер ресурстарын ұтымды басқаруға, ауыл шаруашылығы дақылдарын дұрыс орналастыруға және табиғи ресурстарды сақтауға ықпал етеді. Кешенді мониторинг жердің ұзақ мерзімді өнімділігін сақтаудың маңызды құралы болып табылады.

Түйін сөздер: жерасты ядролық жарылысы, кешенді мониторинг, геоақпараттық жүйелер, ғарыштық мониторинг, геодезиялық мониторинг, радиоэкологиялық жағдай, экологиялық карталар.

M.Zh. Begaliyeva[1*], S.T. Soltabaeva[2], N.S. Donenbayeva[3]

[1]Satbayev Kazakh Natoinal Research technical university, Almaty, Kazakhstan
[2]Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[3] South Kazakhstan Pedagogical University named after Ozbekali Zhanibekov, Shymkent, Kazakhstan
*e-mail: maira_010591@mail.ru

Comprehensive monitoring of agricultural land suitability

This article examines the comprehensive monitoring of land suitability for agriculture. The primary objective of the study is to assess the current state of land resources and determine their potential for efficient and environmentally sound agricultural use. Comprehensive land suitability monitoring is a scientific and practical process aimed at a comprehensive assessment of the quality, productivity, and environmental status of land resources. This monitoring includes the study of the physicochemical properties of soil, climate conditions, water resources, topography, and vegetation. The analysis takes into account soil fertility, agro-ecological conditions, climatic factors, the degree of land degradation, and anthropogenic impact. The primary goal is to identify opportunities for efficient land use and sustain-

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

able agricultural development. This article presents the results of a comprehensive (space, geodetic, and radioecological) survey of the Semipalatinsk Region, conducted to permit the agricultural use of land plots formerly used as nuclear test sites. The results of geodetic monitoring conducted at the Balapan and Telkem test sites were processed in a geographic information system (GIS), and cartographic products were generated. This revealed surface deformations, temperature anomalies, and levels of radioactive contamination, and produced environmental assessment maps. The results formed the basis for the assessment and development of proposals for the use of land plots affected by nuclear tests that were deemed radiation-safe. The study's results allow for specific recommendations to improve soil fertility, prevent erosion and desertification, and mitigate environmental risks. Furthermore, this process promotes rational land management, appropriate crop placement, and the conservation of natural resources. Comprehensive monitoring is an essential tool for maintaining long-term soil productivity.

Keywords: underground nuclear explosion, integrated monitoring, geoinformation systems, space monitoring, geodetic monitoring, radioecological situation, environmental maps

М.Ж. Бегалиева[1*], С.Т. Солтабаева[1],
Н.С. Доненбаева[2], А. Саулембаев[3]

[1]Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан
[2]Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[3] Южно-Казахстанский педагогический университет имени Өзбекәлі Жәнібекова, Шымкент, Казахстан
*e-mail: maira_010591@mail.ru

Комплексный мониторинг пригодности земель для сельского хозяйства

В статье рассматриваются вопросы комплексного мониторинга пригодности земель для сельского хозяйства. Основной целью исследования является оценка текущего состояния земельных ресурсов и определение их потенциала для эффективного и экологически безопасного использования в сельском хозяйстве. Комплексный мониторинг хозяйственной пригодности земель – научно-практический процесс, направленный на всестороннюю оценку качества, продуктивности и экологического состояния земельных ресурсов. Этот мониторинг включает изучение физико-химических свойств почвы, климатических условий, водных ресурсов, рельефа и растительности. В ходе мониторинга анализируются показатели плодородия почв, агроэкологические условия, климатические факторы, степень деградации земель и антропогенное воздействие. Основная цель – определить возможности эффективного землепользования и обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства. В статье приведены результаты комплексного (космического, геодезического, радиоэкологического) мониторинга Семипалатинской области, проводимого с целью допуска в хозяйственный оборот земельных участков, ранее ставших ядерными испытательными полигонами. Результаты геодезического мониторинга, проведенного на испытательных участках «Балапан» и «Телкем», обработаны в геоинформационной системе (ГИС) и получены картографические продукты. В результате были выявлены деформации земной поверхности, температурные аномалии и уровни радиоактивного загрязнения, составлены оценочные экологические карты. Полученные результаты легли в основу оценки и разработки предложений по применению земельных участков, пострадавших от ядерных испытаний, признанных радиационно безопасными. Результаты исследования позволяют дать конкретные рекомендации по повышению плодородия почв, предотвращению эрозии и опустынивания, а также снижению экологических рисков. Кроме того, этот процесс способствует рациональному управлению земельными ресурсами, правильному размещению сельскохозяйственных культур и сохранению природных ресурсов. Комплексный мониторинг является важным инструментом для поддержания долгосрочной продуктивности земли.

Ключевые слова: подземный ядерный взрыв, комплексный мониторинг, геоинформационные системы, космический мониторинг, геодезический мониторинг, радиоэкологическая обстановка, экологические карты.

Кіріспе

Қазақстанның экологиялық жүйелері антропогендік әсерлерге төзімділігінің төмендігімен сипатталады. Ел аумағының шамамен 75%-ы (Арал теңізі өңірі, Семей ядролық сынақ полигоны, Каспий теңізі жағалауы, Орталық және Оңтүстік Қазақстанның шөл және шөлейт жайылымдары және басқа да аумақтар) экологиялық тұрақсыздану қаупі жоғары аймақтарға жатады. Семей ядролық сынақ полигоны 40 жылдан астам уақыт аралығында 500-дей жерасты және

жер бетінде әртүрлі жарылыстар болғаны мәлім. Онда 40 жыл бойы ядролық қаруды сынау аймағы болған. Осыған байланысты қәзіргі таңда «Сынақ алаңы», «Балапан» және «Дегелен» сынақ-тәжірибе алаңдары, «Атом» көлі сияқты ескерткіштер бар. (Султангазина У.М., 2002: 488)

Содан бері қанша жыл өтсе де, Семей полигонының жері әлі де байырғы табиғи қалпына келген жоқ. Экологтардың 2011 жылғы мәліметтеріне жүгінсек, полигон құрамына жататын жердің 95 пайызы ауыл шаруашылығына беру туралы жобаға (ҚР ҮЯО даярлаған) қарсы екендіктерін мәлімдейді. Себебі, жоба даярлаушылар радиоактивті нуклидтер (цезий, стронций, тритий және плутоний) мөлшері азайды деген пікірде. Солардың ішіндегі ең қауіптісі және ұзақ жылдар бойы сақталатыны – «плутоний» элементі екендігі баршаға мәлім. Полигонның кейбір учаскелері зерттелуде, радиоактивті қалдықтарды жою және жерді қайта өңдеу бойынша жұмыстар жүргізілуде. Семей ядролық полигонының көп аумақтары топырақ, су және ауа радионуклидтермен едәуір ластанды. Ластанған жерлер мен полигонға іргелес радионуклидтік шөгінділердің әсеріне ұшыраған аумақтар ауыл шаруашылығында, өнеркәсіпте және басқа да салаларда пайдалануға жарамдылығы тұрғысынан тұрақты бақылауды және бағалауды талап етіп отыр (Султангазин У.М., Закарин Э.А., 2000: 53). Семей ядролық полигон аумағының бір бөлігі шаруашылық мақсаттағы жер пайдалануға беріліп отырғандықтан, бұл аумақтарда шаруашылық қызметті қауіпсіз жүргізу жөніндегі кешенді зерттеулер жүргізу және тиісті ісшараларды әзірлеу маңызды мәселе болып отыр.

Табиғи ортаның деградациясына қатысты кейінгі өзгерістерді уақытылы анықтау, оның қарқыны мен аумағын бағалау, жағымсыз үдерістердің алдын алу және жағдайды тұрақтандыру үшін осы өңірлердің жай-күйіне жедел бақылау жүргізу қажет. Қазақстан аумағының орасан зор көлемін, көптеген аудандардың қолжетімсіздігін және қазіргі жағдайдағы қаржыландырудың шектеулілігін ескере отырып, мұндай бақылауды тек кешенді зерттеулерге (ғарыштық мониторинг пен жерүсті бақылауларына) сүйене отырып тиімді түрде ұйымдастыруға болады.

Зерттеудің мақсаты мен әдістемесі

Кешенді мониторинг (ғарыштық, геодезиялық және радиоэкологиялық) негізінде Семей ядролық сынақ полигоны аумағының деформациялық және радиациялық жағдайын бағалау, сондай-ақ жерлерді халық шаруашылығында қауіпсіз пайдалану мүмкіндігін зерттеу.

Зертеу әдістемесі. Семей ядролық сынақ полигоны аумақтарының жай-күйіндегі кейінгі өзгерістерді уақытылы анықтау, табиғи ортаның деградациясын бағалау, теріс үдерістердің алдын алу және жағдайды тұрақтандыру мақсатында Жерді қашықтан зондтауды (ЖҚЗ), сондай-ақ геоэкологиялық зерттеулерді геодезиялық сүйемелдеуді қамтитын кешенді мониторинг жүргізу ең тиімді тәсіл болып табылады. Кешенді мониторингтің негізгі міндеті – геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ) пайдалану негізінде қалыптастырылатын бірыңғай ақпараттық кеңістік құру.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

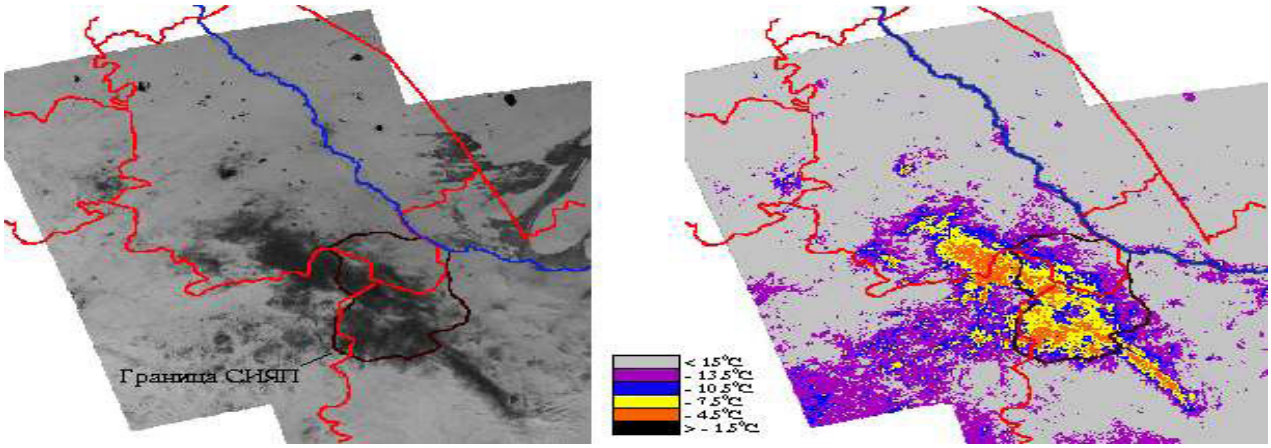
Семей сынақ полигонын зерттеуге көптеген ғылыми жұмыстар арналған. Десекте, олар ғылыми-зерттеулерден практикалық деңгейге көшетін арнайы ақпараттық жүйеде жүргізілмеген. Бұл жағдайда ең тиімді шешім – геоақпараттық жүйені (ГАЖ) құру. Мұндай жүйеде қолда бар деректерді сақтауға және оларға жеңіл қолжетімділікті қамтамасыз етуге ғана емес, сонымен қатар модельдеу жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді. Модельдеу нәтижелерін зерттелетін аймақтың географиялық және ғарыштық түсірілімдерімен біріктіруге болады.

3.1 Ғарыштық мониторинг. Ғарыштық түсірілімдерді өңдеу барысында бірқатар қызықты нәтижелер алынды, соның ішінде СИП аумағында температуралық аномалиялар анықталды. Бұл аномалиялар ел ішінде де, шетелде де айтарлықтай резонанс тудырды.

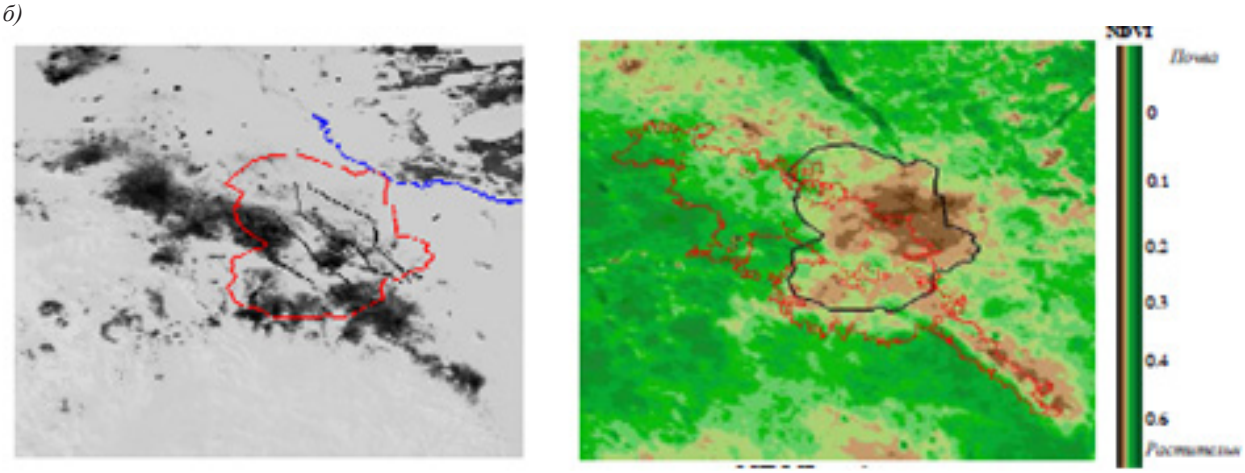
Ғарыштық түсірілімдерді өңдеу барысында бірқатар маңызды нәтижелер алынды, соның ішінде СИП аумағында температуралық аномалиялардың анықталуы. Қыс мезгілінде қар жамылғысы жоқ учаскелер (1-сурет) және жазғы кезеңде өсімдік жамылғысынан айырылған аумақтар айқындалды. Температуралық карталарда дақ шегінде температурасы жоғарылаған (8–9 °С-қа дейін) учаскелер анық байқалады. (Nurpeissova, Umirbayeva, Tursynbayev & Bakyt, 2025) 2020 жылғы түсірілімдер негізінде жүргізілген температуралық өрістерді карталау нәтижелері бұл ауданда температуралық аномалиялардың бар екенін растады (1-сурет, а).

1-сурет
***а** – 07.03,2020 жылғы АҚШ спутнигі деректері бойынша сынақ алаңының инфрақызыл (ИК) диапазондағы қар жамылғысының жағдайы және температуралық өрісі.*
***б** – сынақ аалаңындағы өсімдік жамылғысының жағдайы.*

а)



б)



Қар жамылғысының картасы 15.01.20 ж. Өсімдік жамылғысының картасы 10.06.20 ж.

Ескерту: автор құрастырған.

Суреттен қыста карсыз аймақтардың конфигурациясы жаз мезгілінде өсімдік жамылғысы жоқ учаскелермен ұқсас екендігін көруге болады (1,б-сурет).

Қашықтан зондтау деректерін талдау Семей сынақ алаңында қарсыз аймақтардың орналасуы мен жазғы құрғақшылық ошақтары арасында тұрақты байланыс бар екенін көрсетеді және олардың сынақ алаңдарымен сәйкес келетіні анықталды.

Екінші жағынан, температураның жоғарылауы көптеген ядролық жарылыстардың әсерінен тектоникалық үдерістердің белсенділенуінің салдары болуы да ықтимал. Өйткені полигон аумағы арқылы бірнеше терең жарылымдар өтеді. Жер асты жарылыстары нәтижесінде геологиялық ортаның жай-күйі мен гидрогеологиялық жағдайларда түбегейлі өзгерістер болатыны белгілі. Біздің бағалауларымыз көрсеткендей, қуатты жарылыстар кезінде жарылыстан алыс аймақтарда аномальды түрде созылған жарықшақтар дамуы мүмкін, ал олар жыныс массивіне зиянды заттардың ену арналары қызметін атқаруы ықтимал.

Семей ядролық сынақ полигонындағы соңғы сынақтардан бері 30 жылдан астам уақыт өтсе

де, бұл өңір әлі күнге дейін экологиялық тұрғыдан қауіпті аймақ болып қала береді, ал СИП-тің табиғи ортасы радиоактивті ыдырау өнімдері — радионуклидтермен ластанған.

3.2 Геодезиялық мониторинг. Көптеген нысандарда жерасты ядролық сынақтар эпицентрлік аймақтарда жер бетінің деформациясына әкелді.

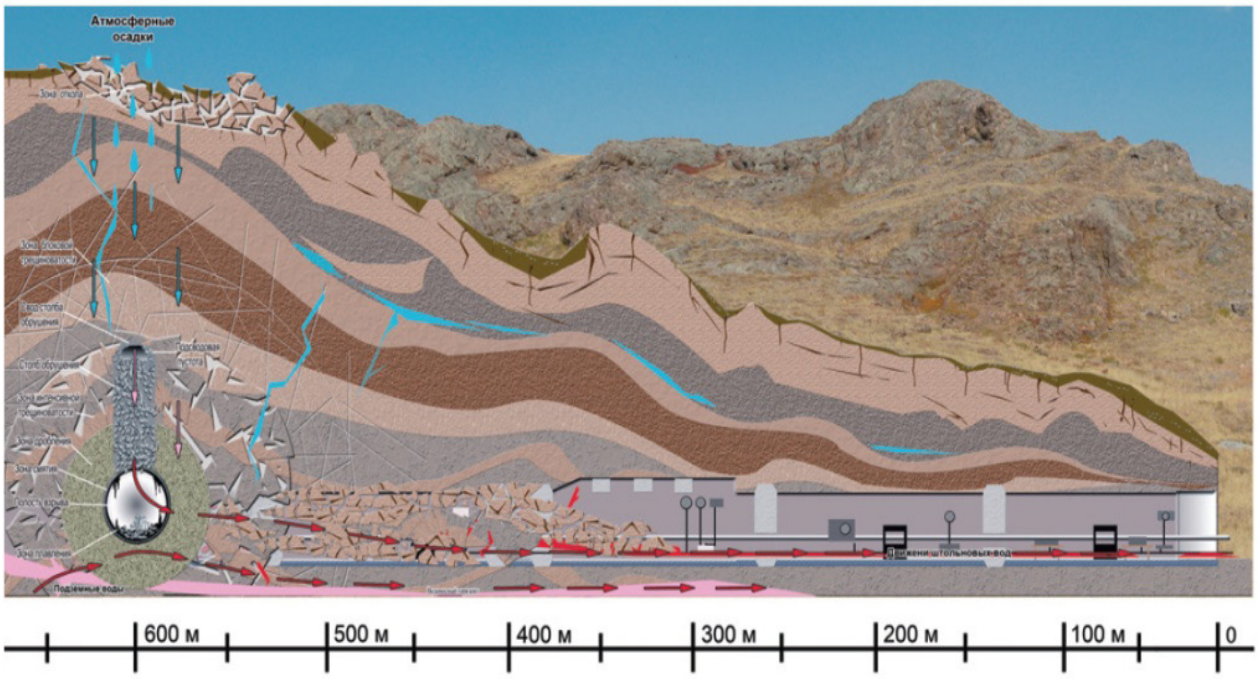
Бұл бұрын жүргізілген жерасты ядролық жарылыстарының салдарынан жерасты қазбаларының (қуыстардың) үстінде бірнеше ондаған жылдар өткен соң да әртүрлі геодинамикалық процестердің жүретінін көрсетеді. Мұндай құбылыстар аталған нысандарға тікелей жақын орналасқан пайдалы қазбаларды өндіретін кәсіпорындар үшін қауіпті. Сондай-ақ опырылулар жарылыс жұмыстарын жүргізу кезіндегі сейсмикалық тербелістердің әсерінен де туындауы мүмкін екенін атап өткен жөн. Бұл міндетті шешу үшін жауынгерлік ұңғымалардың саға маңындағы алаңдарында тікелей жоғары дәлдіктегі геодезиялық өлшеулер кешенін орындау қажет.

2000-жылдардан бастап ядролық сынақтардың әсеріне ұшыраған учаскелерде радиоэкологиялық, геоэкологиялық, геологиялық-геофизикалық және топографиялық-геодезиялық зерттеулер жүргізіле бастады. Жерасты жарылыстарының энергиясы сейсмикалық тербелістер түрінде қабылдаушы тау жыныстарының қалың қабатында бұзылыстар туғызады. Жерасты ядролық жарылыстар кезіндегі сейсмикалық әсердің күші зарядтың қуатына және сынақ алаңының геологиялық жағдайларына (тектоникалық жарылымдар, тау жыныстарының жарықшақтылығы және т.б.) байланысты. (Уставич, Яковенко, 2013)

Әрбір жерасты жарылысы (олардың саны аз емес – 343) жер қыртысын қозғалысқа келтіреді. Жерасты ядролық жарылыстары кезінде тау жыныстарының ауқымды бұзылуы орын алып, бұл жер бетінің шөгуі мен опырылуына әкеледі. 2-суретте ядролық заряд соңғы бокста орналасқан жерасты штольнясының бір учаскесінің тік қимасы көрсетілген.

2-сурет

Сынақ алаңындағы штольняның вертикаль қимасы



Ескерту: автор құрастырған.

Қазіргі уақытта полигон аумағында Қаражыра көмір кен орны игерілуде, Жақсытұз көлінен тұз өндіріледі, геологиялық түсіру және геологиялық-барлау жұмыстары жүргізіледі, шөп дайындалады, мал жаю жүзеге асырылуда. Мұндай қызмет, біріншіден, радиоактивті ластанудың полигон ішінде және одан тыс аумақтарға таралуына ықпал етеді, екіншіден, жұмыс істейтіндер үшін де, жалпы өңір халқы мен өнім тұтынушылары үшін де қосымша қауіп-қатермен байланысты.

Радиоактивтік жағдайды, гидрогеологиялық карталарды және аумақтың радиоактивтік ластануын ескермей пайдалы қазбалар кен орындарын пайдалану, тіпті, кен орнын толық жоғалтуға әкелуі мүмкін: аумақ, топырақ және қазбалардың өздері жүздеген, тіпті мыңдаған жылдарға ластанған күйде қалуы ықтимал.

Осыған байланысты табиғи ортаны кешенді зерттеу – топырақ-өсімдік жамылғысын, су және ауа ортасын, жануарлар дүниесін зерттеу – өңір үшін өмірлік маңызы бар қажеттілік болып табылады.

Балапан учаскесінде жер асты ядролық жарылыстары (ЖАЯЖ) 105 «жауынгерлік» ұңғымада жүргізілген. Көптеген нысандарда жер асты ядролық сынақтары эпицентрлік аймақтарда жер бетінің деформациясына әкелген. Бұл бұрын жүргізілген жер асты ядролық жарылыстарының салдарынан ошақтық қуыстардың үстінде бірнеше ондаған жыл өткеннен кейін де әртүрлі геодинамикалық үдерістердің жүріп жатқанын көрсетеді.

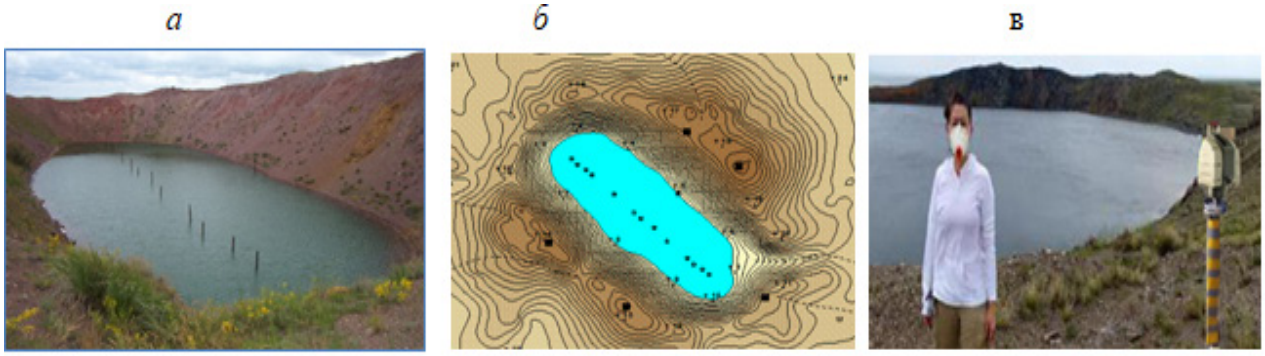
2015 жылдан бастап Телькем алаңдары аумағында кешенді мониторинг жүргізіле бастады. Нәтижесінде жер бетінің өзгеру сипаты – көтерілуі мен шөгуі анықталды, бұл ядролық жарылыстардың ошақтық қуыстарының үстінде жүріп жатқан әртүрлі үдерістерді көрсетеді. Географиялық координаттар жүйесінде нүктелердің орналасуын анықтау үшін спутниктік құрал пайдаланылды. Зерттеу желісінің нүктелерінің координаттары GPS қабылдағышқа енгізіліп, навигация режимінде тікелей жерде анықталды.

2017 және 2018 жылдары Телькем-2 алаңында топографиялық түсірілім жүргізіліп, оның нәтижесінде воронканың өлшемдері мен бедері анықталды. Воронка жиегі бойымен он реперлік нүкте таңдалды. Геодезиялық және экологиялық аспаптарды орнату әрі өлшеу жұмыстарын жедел жүргізу мақсатында мониторинг барысында тірек пунктіне орнатылатын, орталықтың жоғарғы бөлігі мәжбүрлі центрлеу үстелшесімен жабдықталған түрақты репер әзірленді (3-сурет, в) (Nurpeisova, Umirbaeva, Fedorov, 2021).

2018 жылғы тамыз айында далалық жұмыстар барысында жиналған деректер негізінде жасалған Телькем-2 воронкасының картасында көлдің оңтүстік-шығыс жағалауына апаратын кірме жолдың орналасуы айқын көрінеді (3-сурет). Сондай-ақ воронка үйіндісіндегі бақылау ұңғымаларының, көлдегі бақылау құбырларының, автомобиль жолдарының және топырақ сынамалары алынған нүктелердің орналасуы көрсетілген.

3-сурет

а) Телькем-2; б) топографиялық карта және в) «Атом көлі»



Ескерту: автор құрастырған.

3.3 Радиоэкологиялық мониторинг. СИП аумағында 2014–2015 жылдары ядролық материалдармен айтарлықтай радиоактивті ластанған учаскелер анықталды. Жарылыстар кезінде пайда болған радионуклидтердің негізгі бөлігі сынақ алаңдарының өзінде түсті («Сынақ алаңы», «Балапан», «Дегелен», «Сары-Узень»).

«Балапан» аумағындағы техногендік объектілерді анықтау үшін ғарыштық суреттер зерттелді, бұл бірнеше объектілерді, соның ішінде ірі эпицентрлерді анықтауға мүмкіндік берді. Кейін өрістік зерттеулер жүргізіліп, техногендік объектілерді инвентаризациялау және табиғи ландшафттың техногендік бұзылу дәрежесін бағалау жүзеге асырылды. (Nurpeisova, Salkynov, Soltabayeva, Miletenko, 2024)

Бірінші кезеңде радиоактивті ластанған учаскелерді анықтау және әртүрлі қадаммен (200x200, 100x100 және 40x40 метр) зерттеу карталарын жасау жүргізілді. Кейінгі кезеңде Radiagem 2000 дозиметр-радиометрін қолдана отырып, түйінді нүктелерде МЭД өлшемін қоса отырып, жаяу гамма-сынау жүргізілді.

Екінші кезеңде алаңдардың эпицентрлік аймақтарында радиацияның вертикалды таралуын зерттеу жүргізілді. Бұл әртүрлі қашықтықтағы топырақ пен судың үлгілерін жинаудан тұрды. (Уставич, Пошивайло, Дубровский, Ахметов, Пошивайло, 2016)

Семей полигоны аумағындағы ең ұзын беткі су ағыны – Маловодная Шаған өзені, оның басты су артериясы болып табылады. Ядролық сынақтар нәтижесінде Шаған өзенінің алқабы радиоактивті ластануға ұшырады. Негізінен, өзен экожүйесінің радиоактивті ластануы «Атомдық» көл маңында шоғырланған, мұнда №1004 ұңғымасында экскавациялық ядролық жарылыс жасалды, сондай-ақ «Балапан» алаңындағы «күрделі» ұңғымаларда жасалған жер асты ядролық сынақтар да ластануға себеп болды.

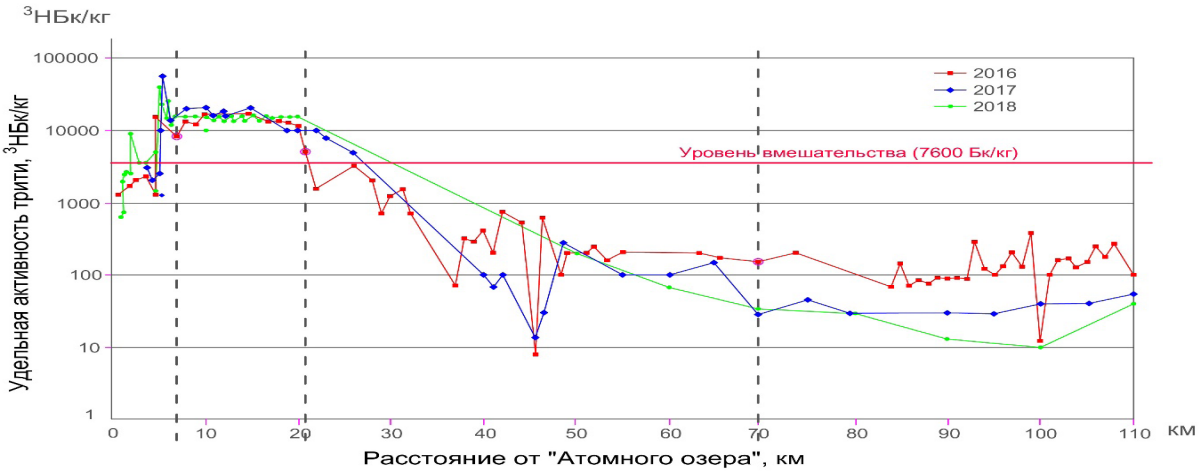
Шаған көлі Қазақстан үкіметі тарапынан ядролық сынақтардан ең қатты зардап шеккен аймақтар тізіміне енгізілді. Көлде әлі кейбір балық түрлері тіршілік етеді, бірақ олардың қолданылуы қатты ұсынылмайды. Көлдегі су ішуге және ауылшаруашылық жерлерді суаруға жарамсыз. Судағы радиоактивті заттар, әсіресе тритийдің (^{3}H) мөлшері, рұқсат етілген нормадан жүздеген есе асып кетеді.

Адам үшін ең басты қауіп – «Атомдық көл»-дің айналасындағы 3–4 км радиустық топырақ қорғаны аймағы, оны қоршаған орта объектілерінің (су, өсімдік, ауа) екінші деңгейлі ластануының маңызды потенциалды көзі ретінде қарастыру қажет.

2016–2018 жылдардағы зерттеулер нәтижесінде «Атомдық көл» 5 км төмен ағыста Шаған өзенінде ^{3}H жоғары концентрациясының болуы бірнеше рет анықталып расталды (сурет 4).

4-сурет

«Атом көлінен» қашықтыққа байланысты Шаған өзенінің суындағы тритийдің (^{3}H) концентрациясы



Ескерту: автор құрастырған.

Тритийдің таралуы процесін түсіну үшін 4-суреттегі графикті төрт учаскеге бөлінді және әр бөлік үшін тәуелділіктер келтірілді:

1. Бірінші учаскеде тритий концентрациясы келесі формуламен артады:

$$n = 1000 \cdot 10^{0,242 \cdot L}$$ (Бк/м³), 0<L≤5 км; (1)

мұндағы:

n – тритийдің салыстырмалы белсенділігі, Бк/м³;

L – «Атом көлінен» қашықтық, км.

2. Екінші учаскеде тритий концентрациясы шамамен өзгермей, тең болады:

n =16200 (Бк/м³), 5< L ≤ 20 км; (2)

3. Үшінші учаскеде тритий концентрациясы төмендейтін формула бойынша азаяды:

$$n = 16200 \cdot 10^{0,054 \cdot (L-20)}$$(Бк/м³), 20< L ≤ 70 км; (3)

4. Төртінші учаскеде тритий концентрациясы баяу артып, формула бойынша есептеледі:

$$n = 31,6 \cdot 10^{0,005 \cdot (L-70)}$$ (Бк/м³), L>70 км. (4)

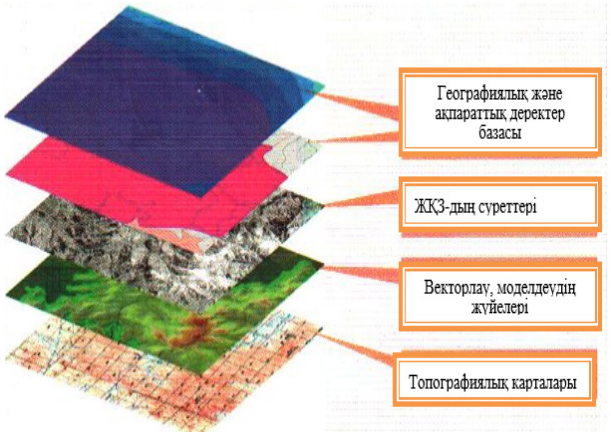
Төртінші учаскеде тритийдің миграциясы тұрақталуы керек деп есептелгенімен, зерттеу деректері (2020–2024 жж.) концентрацияның баяу өсуін көрсетеді. Бұл техногендік радионуклидтердің жел арқылы тасымалдануы, сондай-ақ атмосфералық жауын-шашынмен айналадағы жерге және Шаған өзенінің арнасына ағып кетуі, әрі радионуклидтердің суарқылы тасымалдануы мүмкін. Әр жағдайда бұл әрі қарайғы зерттеулерге тақырып болып табылады. (Мошков, Лукашенко, Яковенко, 2011)

Жүргізілген зерттеулер материалының талдауы нәтижесінде Балапан полигоны аумағы экожүйе компоненттерінің қазіргі жағдайы туралы ақпарат алынды. Топырақ пен ауыз су, дондық шөгінділердің техногендік радионуклидтермен ластануы «Атомдық көл» мен «Телкем» өңіріне байланысты екені анықталды. Жер қабатында, штольнялар мен ұңғымаларда сынақтар жүргізілген жерлерде, оның ішінде ұзақ өмір сүретін радиоактивтік өнімдердің мол мөлшері бар екеніне күмән жоқ. Мұндай жерлер шаруашылық мақсатында пайдалануға жарамсыз, сондықтан оларды ұзақ уақыт бойы адамдардың кіруін болдырмай қорғай отырып сақтау қажет. (Яковенко, Абишев, 2016)

Бүгінде ғылым мен техника дамып түрған да жасанды серіктерінің деректерін пайдалана отыра Семей полигоны территориясын ғарыштық мониторингтау мен жылдам карталар жасауды қамтамасыз ететін заманауи аппараттары және бағдарламалары баршылық. Ғарыштық мониторингтен алынған деректер бойынша осы аймақтың экологиялық карталарын жасау геоақпараттық жүйеге негізделінеді. Семей ядролық полигоны аймағындағы экологиялық зерттеулер Қазақстан полигондары территориясын ғарыштық мониторингтаудың бірыңғай ақпараттық жүйесін құрып, зерттеу жұмыстарынан адамзат тіршілігіне қажетті практикалық мәселелерді шешуге негізделген (5-сурет).

5-сурет

«Семей» ғарыштық бағдарламасының геоақпараттық жүйесі



Ескерту: автор құрастырған.

Аталмыш ГАЖ бұрынғы деректерді сақтай отыра, оған еркін кіру мен модельдеуді қамтамсыз етеді және де зерттелетін аумақтың географиялық мәліметтері мен ғарыштық суреттерін бір-бірімен қабыстырады. Оған мыналар кіреді:

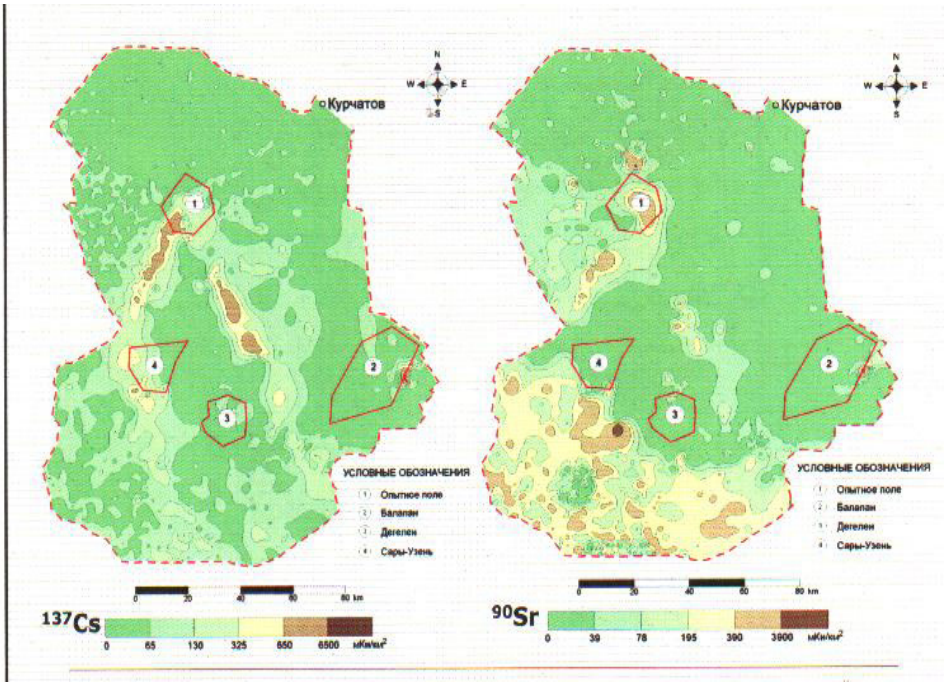
- географиялық және ақпараттық деректер базасы (тақырыптық және векторлық карталар: геологиялық, радиологиялық және т.б);
- қашықтан зондттау жүйесі;
- векторлау және моделдеу жүйелері;
- дайын өнімдер (әр түрлі топографиялық карталар). (Лукашенко, 2010)

Картографиялық деректер қашықтан зондтау қосалқы жүйесіне «енгізіледі», яғни ғарыштық түсірілімдерді географиялық байлау процесіне қатысады. Ал ғарыштық түсірілімдер, өз кезегінде, геоақпараттық деректер базасы үшін ақпарат көзі болып табылады. Географиялық деректер мен қашықтан зондтау деректері «Модельдеу» қосалқы жүйесі үшін бастапқы мәліметтер ретінде қолданылады. Бұл карталардан 20 жыл бұрын 468 штольнялардың ауыздары бетондалып жабылса да, Семей полигоны аймағындағы топырақ қабаты мен суы екінші рет, қайтадан ластануын көреміз. Өйткені жер қойнауында, жерасты суларында ұзақ сақталатын радиоактивті заттар (стронций, цезий және тритий элементтері) жинақталған. Полигон аймағында күні бүгінге дейін топырақ және өсімдіктер ластанып, 1,7 млн адам мекендейтін 304 мың км^2 жер (Семей, Павлодар, Қарағанды облыс аумақтары) шөлейттенген, адамдар денсаулығына орасан зиян келіп отыр. (Умирбаева, Нурпеисова, Омиржанова, 2019)

Зерттеу жұмыстары штольняларды жою шараларының жеткіліксіз жүргізілмегендігін көрсетіп отыр. Мәселен, 6, *а*-суретінде келтірілген картадан полигон аймағындағы жер бедерінің төмендеген учаскелерінде өте жоғары адсорбциялық қасиеті бар цезийдің жиналғанын, ал 6,б-суретінен миграциялық қасиеті жоғары стронцийдің шоғырланғанын байқауға болады.

6-сурет

Семей полигоны аймағындағы топырақ қабатының 2008-2010 жылдар аралығында:а)–^{137}Cs цезиймен; б)- ^{90}Sr стронциймен ластану дәрежелері



Ескерту: автор құрастырған.

ҚР Президенті Қасым-Жомарт Тоқаев «Семей ядролық қауіпсіздік аймағы туралы» Заңға қол қойды, оған сәйкес бұрынғы Семей ядролық сынақ полигоны жерлерінің бір бөлігі ауыл шаруашылығы айналымына енгізілетін болады. *бұл шамамен **1 млн** гектар* 2024 жылдың 1 қаңтарынан бастап күшіне енеді.

Қорытынды

Зерттеу барысында жердің ауыл шаруашылығына жарамдылығын кешенді мониторингілеу жер ресурстарының жай-күйін және олардың өндірістік әлеуетін бағалаудың маңызды құралы болып табылатыны анықталды. Жүргізілген тал-

дау топырақтың құнарлылық деңгейі, агроэкологиялық және климаттық жағдайлар, сондай-ақ антропогендік жүктеме дәрежесі жерді ауылшаруашылық пайдалану тиімділігіне айтарлықтай әсер ететіндігін көрсетті. Далалық Зерттеулерді, зертханалық талдауларды, қашықтықтан зондтау әдістерін және геоақпараттық жүйелерді қамтитын кешенді тәсілді қолдану эрозия, түздану және гумустың азаюы сияқты жердің деградация процестерін уақтылы анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жерді пайдалану саласында негізделген басқару шешімдерін қабылдау үшін ғылыми негіз жасайды. Осылайша, кешенді мониторинг ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді ұтымды пайдалануға және қорғауға, олардың өнімділігін арттыруға және ұзақ мерзімді перспективада аграрлық Ландшафттардың экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етуге ықпал етеді.

1. Радиоактивтік заттардың екінші рет таралуын болдырмау және алдын алу үшін ең тиімді тәсіл – СИП аумағында кешенді мониторинг жүргізу (ғарыштық, геодезиялық және радиоэкологиялық). Кешенді мониторингтің негізгі міндеті – қазіргі геоақпараттық технологияларды қолдана отырып, біртұтас ақпараттық кеңістік құру.

2. Геодезиялық мониторинг нәтижелері локалды желілердің жұмысын жетілдіру және олардың негізінде СИП аумағында аймақтық геомониторинг желісін құру бойынша ұсыныстарды негіздеуге мүмкіндік береді. Бұл болашақта геодинамикалық процестерді зерттеуге және полигоның бүкіл аумағы бойынша жер қыртысының қазіргі қозғалысын картаға түсіруге жағдай жасайды.

3. Радиоэкологиялық мониторинг нәтижелері Қазақстан Республикасының мемлекеттік органдарына экологиялық жағдайды бағалау критерийлерін әзірлеуге ғылыми негізделген ұсыныстар жасауға мүмкіндік берді, сондай-ақ СИП аумағын кешенді экологиялық зерттеуден өткізу жұмыстарын оңтайландырып, оны кейін халық шаруашылығына енгізуге мүмкіндік береді. Бұл жұмыстар Қазақстан Республикасының «СИП радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету» мемлекеттік бағдарламасы аясында жүргізіледі.

4. Алынған нәтижелер аумақтардың экологиялық жағдайын бағалау критерийлерін әзірлеу жөнінде ұсынымдар жасауға, оларды одан әрі халық шаруашылығына енгізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелерін жоғары оқу орындарының оқу үдерісінде пайдалану студенттердің білім деңгейін арттыруға ықпал етеді.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Авторлардың үлесі:

Тұжырымдаманы әзірлеу – М.Ж. Бегалиева және С.Т. Солтабаева; Әдіснама – А.Т. Саулембаев; Бағдарламалық қамтамасыз ету – М.Ж. Бегалиева; Валидация – М.Ж. Бегалиева, С.Т. Солтабаева және Н.С. Дөненбаева; Формалды талдау – С.Т. Солтабаева; Зерттеу – М.Ж. Бегалиева; Ресурстар – А.Т. Саулембаев; Деректерді өңдеу – М.Ж. Бегалиева; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – С.Т. Солтабаева; Қарау және редакциялау – М.Ж. Бегалиева; Визуализация – Н.С. Дөненбаева; Ғылыми жетекшілік – С.Т. Солтабаева; Жобаны басқару – С.Т. Солтабаева; Қаржыландыруды тарту – М.Ж. Бегалиева.

Әдебиеттер

Труды международной научной конференции «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и перспективы развития». (2012). Курчатов: НЯЦ РК.

Космические исследования в Казахстане / Под общей редакцией У. М. Султангазина. (2002). Алматы: Институт космических исследований.

Султангазин, У. М., & Закарин, Э. А. (2000). Дистанционное зондирование температурных аномалий в районе СИЯП. *Доклады Национальной академии наук РК, (2)*, 51–54.

Nurpeissova, M., Umirbayeva, A., Tursynbayev, N., Donenbayeva, N., & Bakyt, N. (2025). Assessment of deformation and radiation state of adjacent territories of the deposit “Karazhyra”. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2*(469), 166–179. https://doi.org/10.32014/2025.2518-170X.4982

Уставич, Г. А., & Яковенко, А. М. (2013). Состав геодезических и картографических работ при изучении мест проведения ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне. *Геодезия и картография, (4)*, 2–6.

Яковенко, А. М., & Уставич, Г. А. (2015). Деформационный мониторинг дневной поверхности испытательных скважин Семипалатинского испытательного ядерного полигона. *Известия вузов. Геодезия и картография, (5)*, 146–151.

Патент № 4700. Грунтовый репер для геодезических измерений / Нурпеисова М. Б., Умирбаева А. Б., Доненбаева Н. С. и др. (2020). Комитет по правам интеллектуальной собственности МЮ РК, Астана, 12.03.2020.

Nurpeisova, M., Umirbaeva, A., & Fedorov, E. (2021). Integrated monitoring-based assessment of deformation and radiation situation of territorial domains. *Eurasian Mining, (1)*, 83–87.

Nurpeisova, M. B., Salkynov, A. T., Soltabayeva, S. T., & Miletenko, N. A. (2024). Patterns of development of geomechanical processes during hybrid open pit/underground mineral mining. *Eurasian Mining, (1)*, 7–11. https://www.rudmet.ru/journal/2325/article/3829

Постановление Республики Казахстан по комплексному решению проблем Семипалатинской зоны экологического бедствия до 2025 года в соответствии с разработанным планом поэтапного обследования СИП. (2017, 29 сентября). № 602. Астана.

Уставич, Г. А., Пошивайло, Я. Г., Дубровский, А. В., Ахметов, Б. Ж., & Пошивайло, А. О. (2016). Зонирование и межевание земель, прилегающих к ядерным полигонам, для целей хозяйственного использования (на примере Семипалатинского испытательного ядерного полигона). *Вестник СГУГиТ, 4*(36), 145–157.

Мошков, А. С., Лукашенко, С. Н., Яковенко, Ю. Ю., и др. (2011). Характер и уровни радионуклидного загрязнения площадки «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. В *Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана* (Т. 1, вып. 3, с. 13–81). Курчатов: Национальный ядерный центр Республики Казахстан.

Яковенко, А. М., & Абишев, А. Х. (2016). Проведение геодезического мониторинга на приустьевой площадке скважины № 104 участка Сары-Узень на бывшем Семипалатинском испытательном ядерном полигоне. В *Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2016. XII Международный научный конгресс: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»* (Т. 2, с. 8–12). Новосибирск: СГУГиТ.

Яковенко, А. М. (2016). Геодезический деформационный мониторинг мест проведения подземных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне. В *Мониторинг ядерных испытаний и их последствий: Тезисы докладов IX Международной конференции* (8–12 августа 2016 г., Алматы, Казахстан) (с. 105–106). Курчатов: НЯЦ РК.

Радиоэкологическое состояние «северной» части территории Семипалатинского испытательного полигона / Коллектив авторов под рук. С. Н. Лукашенко. (2010). В *Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана* (вып. 1). Курчатов: Дом печати.

Умирбаева, А. Б., Нурпеисова, М. Б., & Омиржанова, Ж. Т. (2019). Оценка последствий загрязнения территории с точки зрения радиационной безопасности. В *Сборник трудов международной конференции, посвященной 125-летию К. И. Сатпаева «Роль геодезии и маркшейдерии в реализации программы "Цифровой Казахстан"»* (с. 996–1000). Алматы: КазНИТУ.

References

Semipalatinskiy yadernyy poligon. Radiatsionnoye naslediye i perspektivy razvitiya (2012) [Semipalatinsk nuclear test site. Radiation heritage, and development prospects]. Materials of the International Scientific Conference. Kurchatov: SNC RK, 150 p.

Kosmicheskiye issledovaniya v Kazakhstane red. U. M. Sultangazin (2002) [Space research in Kazakhstan Edited by U.M. Sultangazin]. Almaty: Space Research Institute, 488 p.

Sultangazin U.M., Zakarin E.A. Remote sensing of temperature anomalies in the SIAP region // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2000.-#2.- P. 51-54.

Nurpeissova M., A.Umirbayeva A., N.Tursynbayev N., N.Donenbayeva N., N.Bakyt N. Assessment of deformation and radiation state of adjacent territories of the deposit "Karazhyra» *//NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES Volume 2. Number 469 (2025), 166–179.* https://doi.org/10.32014/2025.2518-170X.4982

Ustavich G.A., Yakovenko A.M. Composition of geodetic and cartographic works in the study of the sites of nuclear explosions at the Semipalatinsk test site // Geodesy and cartography. – 2013. – No. 4. – P.2-6.

Deformation monitoring of the daytime surface of test boreholes of the Semipalatinsk nuclear test site / A.M. Yakovenko, G.A. Ustavich, // News of Higher Education Institutions. Geodesy and Cartography No. 5, 2015. – P. 146-151.

Patent No. 4700. Ground benchmark for geodetic measurements / Nurpeisova M.B., Umirbaeva A.B., Donenbaeva N.S. et al. – Committee on Intellectual Property Rights of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan. – Astana, March 12, 2020

M.Nurpeisova, A.Umirbaeva, E.Fedorov (2021). Integrated monitoring-based assessment of deformation and radiation situation of territorial domains //Eurasian mining. 2021. No.1.pp. 83–87

Nurpeisova M.B., Salkynov A.T., Soltabayeva S.T., N.A.Miletenko N.A. Patterns of development of geomechanical processes during hybrid open pit/underground mineral mining// Eurasian mining. 2024.No.1. pp.7-11 https://www.rudmet.ru/journal/2325/article/3829

Resolution of the Republic of Kazakhstan on a comprehensive solution to the problems of the Semipalatinsk ecological disaster zone until 2025 in accordance with the developed plan for a phased survey of the SIP – Astana dated September 29, 2017 No. 602.

Альмира Жакупова *Исследование спутниковой оценки земель для сельскохозяйственных культур при применении обработки данных ДЗЗ* — применение ГИС и космического мониторинга для оценки пригодности земель. 2023. -С. 12-17

Н.Г.Мартынова – *Мониторинг сельско-хозяйственных земель по данным дистанционного зондирования Земли* – применение спутниковых данных для оценки состояния сельхозземель.2023г.

Жумадилов К.Ш. Оценка радиоактивного загрязнения в местах наземных и подземных ядерных испытаний / / Наука и Здравоохранение. 2016. №6. С. 73-79.

Ustavich, G. A., Poshivailo, Ya. G., Dubrovsky, A. V., Akhmetov, B. Zh., & Poshivailo A. O. (2016). Zoning and surveying of lands adjacent to nuclear test sites for the purposes of economic use (on the example of the Semipalatinsk nuclear test site). Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT], 4(36), 145–157 [in Russian].

Moshkov, A. S., Lukashenko, S. N., Yakovenko, Yu. Yu., & et al. (2011). The nature and levels of radionuclide contamination of the Experimental Field site of the Semipalatinsk test site. In Sbornik trudov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan: T. 1, vyp. 3. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Proceedings of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan: Vol. 1, Issue 3. Current Issues of the Radio Ecology of Kazakhstan] (pp. 13–81). Kurchatov [in Russian].

Yakovenko, A. M., & Abishev, A. Kh. (2016). Conducting geodetic monitoring at the wellhead site of well No. 104 of the Sary-Uzen section at the former Semipalatinsk nuclear test site. In Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2016: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 2. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying] (pp. 8–12). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

Yakovenko, A. M. (2016). Geodetic deformation monitoring of sites of underground nuclear explosions at the Semipalatinsk test site. In Tezisy dokladov IX Mezhdunarodnoy konferentsii: Monitoring yadernykh ispytaniy i ikh posledstviy [Theses of Reports IX International Conference: Monitoring of Nuclear Tests and their Consequences] (pp. 105–106). Kurchatov: National Center of the Republic of Kazakhstan Publ. [in Russian].

Lukashenko, S. N., & et al. (2010). Radioecological state of the "northern" part of the territory of the Semipalatinsk test site. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana. Vyp. 1 [Current issues of radio ecology of Kazakhstan: Issue 1] (234 p.). Kurchatov: Dom pechati Publ. [in Russian].

Umirbayeva, A. B., Nurpeisova, M. B., & Omirzhanova, Zh. T. (2019). Assessment of the consequences of pollution of the territory from the point of view of radiation safety. In Sbornik trudov mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 125-letiyu K. I. Satpaeva: Rol' geodezii i marksheyderii v realizatsii programmy "Tsifrovoy Kazakhstan" [Proceedings of the International Conference devoted to the 125th Anniversary of K. I. Satpaev: The Role of Geodesy and Land Surveying in the Implementation of the Program "Digital Kazakhstan"] (pp. 996–1000). Almaty: KazNITU Publ. [In Russian].

Авторлар туралы мәлімет:

Бегалиева Майра Жалғасқызы – Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті докторанты (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, https://orcid.org/0009-0004-4654-4641,maira_010591@mail.ru).

Солтабаева Сауле Темірболатовна – техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, https://orcid.org/0000-0003-1330-2174, saule_soltabaeva@mail.ru).

Доненбаева Назгул Сериковна – PhD доктор, Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана қ., Қазақстан Республикасы, https://orcid.org/0000-0003-1530-0746 e-mail: donenbayeva_ns@enu.kz).

Саулембаев Алтынбай – география ғылымдарының кандидаты, Өзбекәлі Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті аға оқытушы (Шымкент қ., Қазақстан Республикасы. e-mail:altynbai_saulembaev@mail.ru).

Information about authors:

Begaliyeva Maira Zhalgaskyzy – doctoral of the Kazakh National Research technical university (Almaty, Kazakhstan, https://orcid.org/0009-0004-4654-4641, maira_010591@mail.ru).

Soltabayeva Saule Temirbolatovna – Candidate of Technical Sciences., Professor of the Department of Surveying and Geodesy, Satbayev University (Almaty, Republic of Kazakhstan, https://orcid.org/0000-0003-1330-2174, saule_soltabaeva@mail.ru).

Donenbaeva Nazgul Serikovna – PhD doctor Gumilyov Eurasian National University (Astana, Republic of Kazakhstan, https://orcid.org/0000-0003-1530-0746, donenbayeva_ns@enu.kz).

Altynbai Saulembaev – Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer at the South Kazakhstan Pedagogical University named after Özbekali Zhanibekov (Shymkent, Republic of Kazakhstan. E-mail: altynbai_saulembaev@mail.ru).

Сведения об авторах:

Бегалиева Майра Жалгаскызы – докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: maira_010591@mail.ru).

Солтабаева Сауле Темирболатовна – кандидат технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, Satbayev University (Алматы, Казахстан, e-mail: saule_soltabaeva@mail.ru).

Доненбаева Назгул Сериковна – PhD доктор, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: donenbayeva_ns@enu.kz).

Саулембаев Алтынбай – кандидат географических наук, старший преподаватель Южно-Казахстанского педагогического университета имени Өзбекәлі Жәнібекова (Шымкент, Казахстан, e-mail: altynbai_saulembaev@mail.ru).

Келіп түсті: 11 қаңтар 2026 жыл
Қабылданды: 04 наурыз 2026 жыл

FTAMP 39.01.94, 68.01.94 https://doi.org/10.26577/JGEM80120266

К.Б. Зулпыхаров[1*], А.А. Токбергенова[1], Р. Салмұрзаұлы[1], А.А. Калдыбаев[2], У.Б. Мухтаров[1], А.А. Асанбаева

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]«Институт Ионосфера» ЖШС, Алматы, Қазақстан
*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ ИРРИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ СУАРМАЛЫ ЕГІСТІК ЖЕРЛЕРІНІҢ МЕЛИОРАТИВТІК ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ

Мақалада Түркістан облысындағы ирригациялық жүйелердің қазіргі техникалық жай-күйі және олардың суармалы егістік жерлердің мелиоративтік жағдайына тигізетін әсері қарастырылған. Зерттеу барысында негізгі суару және коллекторлық-дренаждық желілердің физикалық тозу деңгейі, гидротехникалық құрылыстардың пайдалану тиімділігі, сондай-ақ су беру режимдерінің топырақтың агромелиоративтік көрсеткіштеріне ықпалы талданды. Зерттеудің ақпараттық базасын көпжылдық архивтік материалдар, далалық бақылау деректері және қашықтан зондтау мәліметтері құрады.

Зерттеу нәтижелері ирригациялық және коллекторлық-дренаждық жүйелердің техникалық жағдайының қанағаттанарлықсыз болуына байланысты Түркістан облысындағы суармалы жерлердің жыл сайын шамамен 10-15% пайдаланылмай келеді. Атап айтқанда, суармалы алқаптардың 1,5-3%-ы өте күшті тұздануға, 4-5,6%-ы су тапшылығына, 1,5-2%-ы жерасты сулары деңгейінің шектен тыс (2 м-ден жоғары) көтерілуіне немесе батпақтануға, ал 5,6-7%-ы суару жүйелерінің тозуына және өзге де қаржылық-техникалық факторларға байланысты пайдаланылмай отыр.

Алынған нәтижелер ирригациялық жүйелердің техникалық тозуы топырақтың тұздану және батпақтану үдерістерінің күшеюіне, жерасты сулары деңгейінің жоғарылауына және суармалы егістік жерлердің өнімділігінің төмендеуіне әкелетінін айқындады. Зерттеу қорытындылары өңірдегі суару жүйелерін жаңғырту, су ресурстарын тиімді басқару және суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын жақсарту бойынша ғылыми-практикалық ұсынымдар әзірлеуге негіз бола алады.

Түйін сөздер: ирригациялық жүйелер, коллекторлық-дренаждық жүйелер, тұздану, Мырзашөл суармалы массиві, Қызылқұм суармалы массиві.

K.B. Zulpykharov[1*], A.A. Tokbergenova[1], R. Salmurzauly[1],
A.A. Kaldybayev[2], U.B. Mukhtarov[1], A. A. Assanbayeva[1]

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2]LLP "Institute of Ionosphere", Almaty, Kazakhstan
*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

Technical condition of irrigation systems of Turkestan region and their impact on the reclamation state of irrigated arable land

This article examines the current technical condition of irrigation systems in the Turkestan oblast and their impact on the meliorative status of irrigated agricultural lands. The study analyzes the degree of physical deterioration of the main irrigation and collector–drainage networks, the operational efficiency of hydraulic structures, as well as the influence of water delivery regimes on soil agromeliorative indicators. The information base of the research includes long-term archival materials, field observation data, and remote sensing data.

The results of the study show that due to the unsatisfactory technical condition of irrigation and collection and drainage systems, about 10-15% of irrigated land in the Turkestan region is unused annually. In particular, 1.5-3% of irrigated areas are affected by severe salinization, 4-5.6% experience water shortages, 1.5-2% are subject to excessive groundwater level rise (above 2 m) or waterlogging, while 5.6-7% are not utilized due to the deterioration of irrigation systems and other financial and technical constraints.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

The findings demonstrate that the technical degradation of irrigation systems leads to intensified soil salinization and waterlogging processes, rising groundwater levels, and, consequently, a decline in the productivity of irrigated agricultural lands. The conclusions of the study provide a scientific basis for developing practical recommendations aimed at modernizing irrigation systems, improving water resource management, and enhancing the meliorative condition of irrigated lands in the oblast.

Keywords: irrigation systems, collector–drainage systems, soil salinization, Myrzashol irrigated massif, Kyzylkum irrigated massif.

К.Б. Зулпыхаров[1*], А.А. Токбергенова[1], Р. Салмұрзаұлы[1],
А.А. Калдыбаев[2], У.Б. Мухтаров[1], А.А. Асанбаева[1]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
[2]ТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан
*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

Техническое состояние ирригационных систем Туркестанской области и их влияние на мелиоративное состояние орошаемых пахотных земель

В статье рассматривается современное техническое состояние ирригационных систем Туркестанской области и их влияние на мелиоративное состояние орошаемых сельскохозяйственных земель. В ходе исследования проанализированы уровень физического износа основных оросительных и коллекторно-дренажных сетей, эффективность эксплуатации гидротехнических сооружений, а также влияние режимов водоподачи на агромелиоративные показатели почв. Информационную базу исследования составили многолетние архивные материалы, данные полевых наблюдений и материалы дистанционного зондирования Земли.

Результаты исследования показывают, что в связи с неудовлетворительным техническим состоянием ирригационных и коллекторно-дренажных систем ежегодно не используется около 10–15% орошаемых земель Туркестанской области. В частности, 1,5–3 % орошаемых площадей характеризуются сильной степенью засоления, 4–5,6 % дефицитом водообеспечения, 1,5–2 % чрезмерным подъёмом уровня грунтовых вод (выше 2 м) или заболачиванием, а 5,6–7 % не используются вследствие износа оросительных систем и иных финансово-технических факторов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что технический износ ирригационных систем приводит к усилению процессов засоления и заболачивания почв, повышению уровня грунтовых вод и, как следствие, снижению продуктивности орошаемых сельскохозяйственных земель. Выводы исследования могут быть использованы при разработке научно-практических рекомендаций по модернизации оросительных систем, рациональному управлению водными ресурсами и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель региона.

Ключевые слова: ирригационные системы, коллекторно-дренажные системы, засоление почв, Мырзашольский орошаемый массив, Кызылкумский орошаемый массив.

Кіріспе

Топырақтың тұздануы мен батпақтануы – ауыл шаруашылығы мен табиғи экожүйелерге ауқымды әсер ететін негізгі экологиялық мәселелер (Zaghloul et al., 2020; Singh, 2021; Zhang, 2023; Cisse et al., 2024). Қазіргі таңда әлемдегі ауыл шаруашылығында пайдаланылатын жер ресурстарының шамамен 20 %, ал суармалы жерлердің 33 % топырақ жамылғысы тұздануға ұшырап, 2050 жылға қарай дүние жүзіндегі жалпы егістік жерлерінің 50 % астамы тұзданады деген болжам бар (Shrivastava et al., 2015; Pitman & Läuchli, 2002; Jamil et al., 2011). Сол сияқты, әлемдегі суармалы егістік жерлерінің шамамен 10-15 % батпақтануға ұшыраған (Tian et al., 2021). Аталған мәселелер, әсіресе жауын-шашын мөлшерінің аздығы, буланудың жоғары деңгейі және суару жүйелерінің қарқынды қолданылуы топырақтың деградациялық үдерістерін күшейтетін құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда кеңінен таралған (Hagage et al., 2024; Singh, 2021; Pitman & Läuchli, 2002;).

Суармалы жерлердегі топырақтың деградацияға ұшырауына себепші болатын факторлар көпқырлы және олар бір-бірімен өзара тығыз байланысты. Топырақтың тұздануы үгілу үрдістері, минералданған жер асты суларының жер бетіне жақын орналасуы және т.б сияқты табиғи жағдайлардың әсерінен қалыптасуы мүмкін (Askri et al., 2022, Greene et al., 2016). Алайда, ирригациялық жүйелердің дұрыс орналастырылмауы, суару әдістерінің дұрыс жүргізілмеуі, дренаж жүйелерінің жеткіліксіздігі және сапасы төмен суару суларының пайдаланылуы сияқты бірқатар анропогендік әрекеттер бұл үр-

дісті едәуір күшейтеді (Singh, 2021; Khalil et al., 2021). Аталған мәселелер әлемдегі ең ірі суармалы егіншілікпен айналысатын аймақтардың бірі құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда орналасқан Орталық Азияда айқын көрініс тапқан. Бұл аймақта суармалы ауыл шаруашылығы кеңінен таралған және аймақтың тұщы су ресурстарын пайдаланудың шамамен 90 %-ын құрайды (Rakhmatullaev et al., 2013). Тарихи тұрғыдан алғанда, аймақтағы ауыл шаруашылығында суды пайдалану тиімсіздігімен сипатталады, бұл бір жағынан суарудың тиімсіз әдістерімен, екінші жағынан ескірген және тиісті деңгейде күтім жасалмайтын суару каналдары инфрақұрылымының салдарынан болатын судың елеулі тасымалдау шығындарымен байланысты (Bekchanov, 2024).

2024 жылғы жайғдай боынша Қазақстанның жалпы егістік жерлерінің ауданы 27 089,4 мың га (93,3%) болса, оның 1 815,7 мың га (6,7%) ғана суармалы жерлерді құрайды. Алайда, жалпы еліміздегі егістік жерлерден түсетін табыстың 45% жуығы суармалы жерлердің үлесіне тиісті. Ал, жалпы республикадағы егістік жерлердің 25% астамы біздің зерттеп отырған, яғни Түркістан облысына тиесілі (АШМ ЖРБК жылдық талдамалы есебі, 2023). Соңғы зерттеулер көрсеткендей, зерттеу аумағындағы суармалы алқаптардың 30 % жуығы әртүрлі дәрежеде тұздануға ұшыраған. 2023 жылы облыстағы жалпы 543 058 га суармалы жерлердің 8 312 га тұздану, 600 га жер асты суының көтерілуі (батпақтану), 19 545 га су жетіспеушілігі және 30 641 га басқада себептерге байланысты (суару жүйелерінің техникалық жағдайы) пайдаланылмаған.

Түркістан облысындағы суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайының өзгеруі тарихи суармалы жерлерді игеру кезінде суару жүйелерінің тиімсіз ұйымдастырылуымен тікелей байланысты. Бұл келесідей 4 кезеңмен сипатталады (Tokbergenova et al., 2023; Мороз, 1993):

1928-1950 жылдары алғашқы суармалы жерлерді игеру кезеңі, бұл кезеңде су ресурстары шектеусіз болып, су нормасы 1,5-2,0 есе артық пайдаланылды. Нәтижесінде Мырзашөл және Қызылқум суармалы массивтеріндегі минералданған жер асты суларының деңгейі 12-,15 м тереңдіктен 3-4 м м дейін көтерілген.

1950-1970 жылдары қажетті коллектор-дренаж жүйелерін салусыз жаңа суармалы жерлерді игеру қарқынды жалғастырылды. Суару нормасы 12–20 мың м³/га-дан 10–12 мың м³/га-ға дейін төмендеді. Түздардың келуі шығыстан 2,4–2,5 т/га артық болды. Нәтижесінде, 50–55% жерлер орташа және күшті тұзданған болды. 1955–1965 жылдар аралығында мақта өнімділігі 28–30 ц/га-дан 17–24 ц/га-ға дейін төмендеді.

1968-1992 жылдары коллектор-дренаж жүйелерін дамыту, тұзданумен күрес шаралары іске асырылды. 1975-1980 жылдары Мырзашөл суармалы алқабында 830 вертикальды дренаж ұңғымасы салынды. Нәтижесінде, жер асты суларының деңгейін жыл мезгілдеріне қарай 1,5 м-3,5 м дейін реттелді және аумақтағы 80-85 % суармалы жерлер тұзданбаған және әлсіз тұзданған категорияларға өтті.

1991 жылдан кейінгі кезең, яғни ұжымшарлар мен кеңшарлардың ұсақ шаруа қожалықтары мен кооперативтерге айналуы. Көптеген фермерлер агротехникалық шараларды дұрыс орындамады, соның нәтижесінде топырақтың тұзденуы мен құнарлылығының төмендеуі байқалды.

1990-2023 жылдардың аралығында Мырзашөл суармалы алқабындағы вертикальді дренаждардың саны 830-дан 377-ге дйін азайды. Ал, облыстағы күшті және өте күшті тұзданған жерлердің ауданы 1995-2023 жж аралығында 12 мың гектардан 40,3 мың га немесе 3,7 %-дан 8 % дейін артты. Алайда, соңғы жылдары облыстағы суармалы жерлерді тиімді пайдлану мақсатында және тұздану үрдістерінің алдын алу мен тұзданған жерлерді қалпына келтіру бойынша бірнеше бағдарламалар іске асырылуда. Атап айтқанда, «Ирригация және дренаж жүйелерін жетілдіру жобасы» (ИДЖЖЖ), «Су ресурстарын басқару мен жерді қалпына келтіру жобасы (СРБЖҚКЖ) және т.б. Аталған жобалар аясында қазіргі таңда бірнеше негізгі ирригациялық жүйелер (каналдар, қашыртқылар және т.б.) клоекторлық-дренаджық жүйелер қалпына келтірілуде. Зерттеу жұмысының мақсаты – облыстағы ирригациялық жүйелердің техникалық жағдайына талдау жасай отырып, олардың суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайына әсерін бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

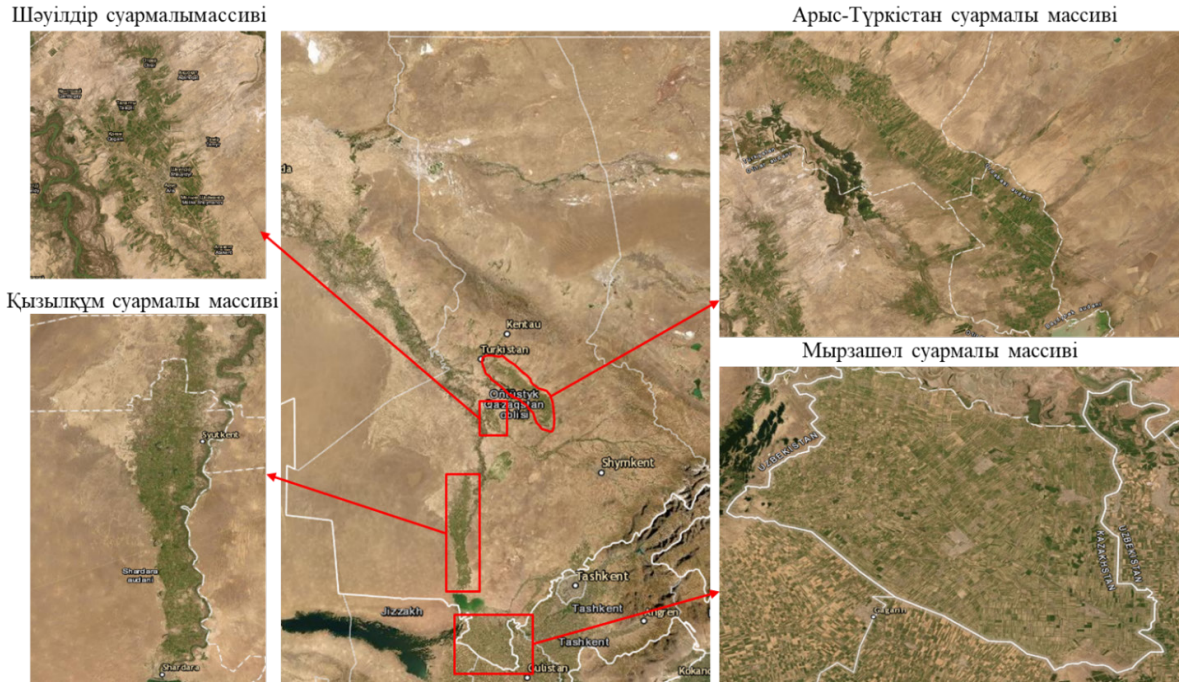
Зерттеу нысаны

Түркістан облысы Қазақстан Республикасының қиыр оңтүстігінде орналасқан (40°34′04″–46°00′13″ с.е., 65°59′44″–70°56′43″ ш.б.) және ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер ресурстарына бай, республиканың жетекші аграрлық өңірлерінің бірі болып табылады. Облыстың жалпы жер қоры 10 041,7 мың га құрайды. Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің жалпы ауданы 10 042,4 мың га, оның ішінде егістік жер-

лердің көлемі 931,0 мың га, ал суармалы жерлер 458,8 мың га немесе егістік алқаптардың 49,3%-ын құрайды (АШМ ЖРБК жылдық талдамалы есебі, 2023).

Жалпы Қазақстандағы мақта өндірісінің 100 %, көкөніс, бақша дақылдарының 41 % жуығы және жүгері өндірісінің 25 % астамы Түркістан облысының суармалы жерлерінің үлесіне тиесілі (ҚР ұлттық статистика бюросының деректері, 2023). Облыстың негізгі суармалы жерлері төрт ірі суармалы алқаптарда шоғырланған: Мырзашөл (Жетісай, Мақтаарал аудандары), Арыс-Түркістан (Ордабасы, Сауран аудандары мен Түркістан және Арыс қ.ә.), Қызылқум (Шардара ауданы) және Шәуілдір (Отырар ауданы) (ҚР ұлттық атласы II том, 2010). (1-сурет).

1-сурет
Зерттеу нысаны



Ескерту: автор құрастырған.

Түркістан облысының климаты шұғыл континенттік сипатқа ие. Қыс мезгілі қысқа әрі салыстырмалы түрде жұмсақ болып келеді, қар жамылғысы жұқа және тұрақсыз. Қаңтар айының орташа көпжылдық ауа температурасы – 4,9°С-ты құрайды. Жаз мезгілі ұзақ, өте ыстық, қуаң және аңызақты сипатта өтеді. Шілде айының орташа көпжылдық температурасы +29,9°С, ал ең жоғары абсолюттік температура +43,3 °С-қа дейін жетеді.

Жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері аймақтың табиғи-географиялық ерекшеліктеріне байланысты әркелкі таралған: шөлді аймақтарда 120–140 мм, тау етегінде 350–500 мм, ал биік таулы бөліктерде шамамен 700 мм-ге дейін жетеді. Жауын-шашынның негізгі бөлігі (шамамен 57%) көктемгі-қысқы кезеңге сәйкес келеді.

Түркістан облысының негізгі су көзі – Сырдария өзені және оның ірі салалары болып табылатын Арыс, Келес, Құркелес, Бадам өзендері. Облыс аумағындағы суармалы егіншілік алқаптарын сумен қамтамасыз ету мақсатында Сырдария өзенінен бастау алатын Достық және Қызылқум магистральді каналдары, сондай-ақ Арыс өзенінен тартылған Арыс–Түркістан магистральді каналдары пайдаланылуда. Аталған гидротехникалық нысандар өңірдің суармалы жерлерін тұрақты сумен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Облыстың суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысы әралуан түрлілігімен ерекшеленеді. Бұл облысытың жер бедерінің күрделілігімен, климаттық жағдайының әркелкі болуы және аналық жыныстардың құрамымен тығыз бай-

ланысты. Облыстың топырақ жамылғысы тек ендік зоналылықтың ғана емес, сонымен қатар биіктік белдеулік заңдылықтарының әсерінен қалыптасады.

Облыстың суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысы биіктік-зоналық таралу ерекшеліктеріне және топырақ түзілу заңдылықтарына сәйкес үш негізгі зонаға бөлінеді.

«А» зонасы – шөл және шөлейтке өтпелі аймақ. Бұл зонада ылғалдану коэффициенті 0,1-ден төмен, жылдық жауын-шашын мөлшері 200 мм-ге дейін, ал орташа тәуліктік ауа температурасы +10 °С-тан жоғары болатын кезеңнің ұзақтығы 120–200 күнді құрайды. Аталған табиғи жағдайда серо-қоңыр, тақыр тәріздес және сұр топырақтар қалыптасқан. Әкімшілік-аумақтық түрғыдан бұл зонаға Созақ, Отырар, Шардара аудандары және Арыс қалалық әкімшілігі аумағы жатады.

«Б» зонасы – эфемерлі дала аймағы. Мұнда ылғалдану коэффициенті 0,1–0,2 аралығында, жылдық жауын-шашын мөлшері 200–300 мм, ал жылы кезеңнің ұзақтығы 200–220 күнге жетеді. Бұл аймақта ашық түсті сұр, сұр-шалғынды және шалғынды топырақтар таралған. Әкімшілік-аумақтық бөлініс бойынша зона Мақтаарал, Жетісай, Ордабасы, Бәйдібек аудандарын, сондай-ақ Түркістан және Арыс қалалық әкімшіліктерін қамтиды.

«В» және «Г» зоналары – түрлі шөптесін далалар аймағы. Бұл белдеулер салыстырмалы түрде ылғалды болып келеді, жылдық жауын-шашын мөлшері 300 мм-ден жоғары, ал ылғалдану коэффициенті 0,2–0,3 аралығында өзгереді. Мұнда негізінен сұр және типтік сұр топырақтар басым таралған. Әкімшілік-аумақтық түрғыдан бұл зоналар Сарыағаш, Қазығұрт, Төле би, Түлкібас және Сайрам аудандары аумағында орналасқан.

Бастапқы материалдар

Облыстың суармалы жерлеріндегі ирригациялық жүйелерінің (каналдар, коллекторлық-дренаж жүйелері, қашыртқылар) саны, ұзындығы және олардың техникалық жағдайы және олардың қанша суармалы жерлерді суаруға қызмет етуі туралы ақпарат «Қазсушар» РМК Түркістан филиалы мен ҚР АШМ «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ ұйымдарынан жинақталды.

Суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын анықтау мақсатында Мырзашөл, Қызылқұм суармалы массивтерінде далалық-зерттеу жұмыстары ұйымдастырылып, топырақ үлгілері, суармалы сулардан сынамалар алынып зертханалық талдаулар жасалынды. Суармалы алқаптардағы топырақ жамылғысының тұздану дәрежелерін анықтау мақсатында 2013-2023 жж аралығындағы Landsat сериялы спутнигінің кескіндері жүктеліп, вегетациялық, тұздану және ылғалдылық индекстері есептелінді.

Зерттеу әдістері

Зерттеу жұмысы кешенді әдістемелік тәсілдерге негізделіп, далалық, зертханалық, қашықтан зондтау және аналитикалық әдістерді қолдану арқылы жүргізілді.

Ирригациялық жүйелердің техникалық жағдайын бағалау үшін визуалды-инженерлік зерттеу әдісі пайдаланылды. Бұл әдіс арқылы каналдар, коллекторлық-дренаж жүйелері мен қашыртқылардың конструктивтік элементтерінің тозу деңгейі, деформациялар, жарықтар, су жоғалту белгілері, шөгінділердің жиналуы және техникалық ақаулар анықталды. Ирригациялық нысандардың нақты жағдайы жобалық және нормативтік талаптармен салыстырылып, олардың жұмысқа жарамдылық дәрежесі бағаланды.

Суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын анықтау мақсатында далалық зерттеу жұмыстары жүргізілді. Далалық зерттеулер барысында негізгі зерттеу учаскелерінде жоғары дәлдікті портативті HM-WSYP детекторы қолданылып, топырақтың ылғалдылығы, температурасы, электр өткізгіштігі (тұздану деңгейін сипаттайтын көрсеткіш) және сутектік көрсеткіші (pH) анықталды. Далалық жұмыстар аясында суармалы жерлердің әртүрлі тұздану деңгейін қамтитын топырақ үлгілері алынып, олар кейінгі зертханалық талдауларға жіберілді. Зертханалық зерттеулер барысында топырақтың тұздану дәрежесі, ерігіш тұздардың құрамы және суармалы сулардың минералдану көрсеткіштері қолданыстағы әдістемелік нұсқаулар мен мемлекеттік стандарттарға сәйкес анықталды (ҚР АШМ суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйін анықтау бойынша нұсқаулығы, 2016).

Далалық зерттеу кезінде суармалы жерлердің жер асты суының деңгейін, жер асты суының минералдық құрамын анықтау мақсатында бақылау құдықтарынан сынамалар алынып зертханада талдау жасалынды. Сонымен қатар, суармалы алқаптардағы топырақ жамылғысының мелиоративтік жағдайының кеңістіктік және уақыттық түрғыдан өзгеру динамикасын анықтау мақсатында 2013-2023 жж аралығында ЖҚЗ деректері пайдаланылып келесідей индекстер есептелінді:

1	Normalized Difference Water Index	$NDWI = \frac{G - NIR}{NIR + G}$	(McFeeters et al., 1996)
2	Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	(Rouse et al., 1973)
3	Normalized Difference Salinity Index	$NDSI = \frac{R - NIR}{R + NIR}$	(Singh et al., 1985)
4	Salinity index1	$SI_1 = \sqrt{G \cdot R}$	(Sowmya et al., 2021)
5	Salinity index2	$SI_2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	(Yuan et al., 2022)
6	Salinity index3	$SI_3 = \sqrt{G^2 + R^2}$	(Chen et al., 2023)

Нәтижелер мен талқылаулар

2023 жылғы жайғдай бойынша, облыс аумағындағы ирригациялық жүйелердің жалпы ұзындығы 11 991,1 км құрап, оның 74,8% (8 965,2 км) жер арналарында, 6,5% (782,2 км) бетонмен қапталған, 11,4% (1 371 км) лотоктарда, ал қалған 7,3% (872,7 км) құбырлы жүйелерде орналасқан. Аталған ирригациялық жүйелердің 43,9% (5 262,1 км) мемлекеттік меншікте, 50,1 % (6 010,4 км) коммуналдық және 6 % (718,6 км) жеке меншікте (1-кесте).

1-кесте

Түркістан облысының аудандары бөлінісіндегі ирригациялық жүйелердің сипаттамасы

№	Аудандар	Канал саны	Жалпы ұзындығы, км	Іргелес жатқан жер көлемі, га	Гидротехникалық құрылғылар	Каналдың түрі (км)			
						ашық	лоток	бетондалған	құбыр
Республикалық меншіктегі каналдар									
1	Қазығұрт	4	133,3	4142	1749	5,6	14,5	0	113,2
2	Ордабасы	2	21	2425	0	4	17	0	0
3	Созақ	11	120,2	4149	41	6,7	55,7	19,2	38,6
4	Отырар	112	388	41943	0	306,3	47,7	34	0
5	Сарыағаш	5	138	3872	0	126	7,2	2,2	2,6
6	Жетісай	783	1256,9	47511	1015	1056,5	-	200,4	0
7	Мақтаарал	529	1152	53374	385	898,9	100	153,1	0
8	Шардара	258	762,9	58814	10319	747,4	0	15,5	0
9	Келес	5	39,9	2258	21	24,9	0	0	15
10	Төлеби	36	232,9	6395	84	208,9	0	24	0
11	Түлкібас	111	572	14800	33	495,2	46,9	15,9	14
12	Кентау қаласы	105	445	60042	594	125	271	49	0
Барлығы		1961	5262,1	299725	14241	4005,4	560	513,3	183,4
Коммуналдық меншіктегі каналдар									
1	Қазығұрт	101	634,2	11529	3578	371	25,2	0	238
2	Ордабасы	72	655,6	53000	165	528,9	102	24,7	0
3	Сайрам	47	363,2	18036	515	305,7	20	37,5	0
4	Созақ	8	75	2215	15	0	61	2	12
5	Отырар	6	33,6	1229	0	33,6	0	0	0
6	Сарыағаш	79	541,6	24510	0	245	41,1	20	235,5

Кестеніг жалғасы

№	Аудандар	Канал саны	Жалпы ұзындығы, км	Іргелес жатқан жер көлемі, га	Гидротехни-калық құрылғылар	Каналдың түрі (км)			
						ашық	лоток	бетон-далған	құбыр
7	Жетісай	180	413,6	2793	208	365,9	0	47,7	0
8	Шардара	343	1056,5	36594	7881	1038,9	0	17,6	0
9	Келес	143	641,3	23516	335	579,1	24,1	21	17,1
10	Төлеби	38	249,4	3359	108	234,5	0	14,9	0
11	Бәйдібек	30	263,4	11767	107	215,4	29,8	18,2	0
12	Кентау қаласы	87	1083	34272		716	367		
Бар-лығы	1134	6010,4	222820	12912	4634	670,2	203,6		502,6
Жеке меншіктегі каналдар									
1	Ордабасы	9	136,8	4434	86	56,2	71,6	9	0
2	Сайрам	6	64,3	2950	53	55	0	9,3	0
3	Созақ	3	48	893	21	0	35,6	0	12,4
4	Сарыағаш	4	225,3	5730	0	51	0	0	174,3
5	Жетісай	11	23,7	1860,6	165	15,6	4,5	3,6	0
6	Мақтаарал	48	122,8	5755,5	1161	75,3	29,1	18,4	0
7	Шардара	9	75,7	15103	144	50,7	0	25	0
8	Түлкібас	1	22	2032	0	22			
Бар-лығы	91	718,6	38758,1	1630	325,8	140,8	65,3		186,7
Облыс бойын-ша	3186	11991,1	561303,1	28783	8965,2	1371	782,2		872,7

Ескерту: авторлар құрастырған.

Облыс аумағында коллекторлық-дренаждық желі жоғарыда атап өткеніміздей, XX ғасырдың ортасында салынған. Облыс бойынша коллекторлық-дренаждық желінің жалпы ұзындығы 6 294,06 км құрайды, оның ішінде шаруашылық-аралық желі – 1497,2 км, шаруашылықішілік желі – 4796,86 км (2-кесте), сондай-ақ бұрыннан бар тік дренаж ұңғымаларының саны 1785 дана, олардың ішінде бүгінгі күні қалпына келтірілгені –2015 жылғы жағдай боынша 518 дана, ал 2026 жылға қарай 732 данасы іске қосылады деп жоспарланған.

Қазіргі уақытта техникалық жағдайының қанағаттанарлықсыз болуына байланысты облыстың суару жүйелерінде судың едәуір шығындары байқалады.

Экономиканың жоспарлы жүйеден нарықтық жүйеге өту кезеңінде су шаруашылығына инвестициялар іс жүзінде тоқтатылды, бұл суару жүйелерінің қарқынды тозуына алып келді. Бүгінгі таңда олардың тозу деңгейі 50%-дан асады, ал су қамтамасыз ету түрғысынан жүйенің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) 0,5-тен аспайды. Бұл суару суының көлемінің жартысы егістік алқаптарына жетпейтінін + деградация күшейетінін көрсетеді. Суару желілері мен гидротехникалық құрылыстардың техникалық деңгейінің төмендеуі оларды пайдалану жағдайларын едәуір нашарлатып, нәтижесінде суармалы жерлердің өнімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Алайда, соңғы жылдары «Ирригация және дренаж жүйелерін жетілдіру» (ИДЖЖЖ) жобасы, «Су ресурстарын басқару мен жерді қалпына келтіру» (СРБЖҚКЖ) жобасы және т.б. аясында облыстағы бірнеше негізгі суару жүйелері, коллекторлық-дренаждық жүйелер және тік ұңғымалы қашыртқылар мен вертикальді дренаж жүйелері қайта жөнделуден өтуде. Дегенмен, аталған шараларға қарамастан, облыстағы суармалы жерлердің мелиоративтік жай-күйі әлі де қанағаттанарлық деңгейге жеткізілген жоқ және бұл мәселе кешенді әрі жүйелі шешімдерді талап етеді.

2-кесте

Облыстың аудандар бөлінісіндегі коллекторлық-дренаждық желілерінің сипаттамасы

№	Аудандар мен қалалық әкімшіліктер атауы	Коллекторлардың жалпы ұзындығы, км	Оның ішінде	
			Шаруашылықаралық коллекторлардың ұзындығы, км	Шаруашылықішілік коллекторлардың ұзындығы, км
1	Арыс	191,3	-	191,3
2	Қазығұрт	187,27	40,97	146,3
3	Сарыағаш	712,0	528,35	183,65
4	Мақтаарал, Жетісай	1206,8	418,915	787,88
5	Отырар	55,0	55,0	-
6	Ордабасы	531	104,07	426,93
7	Туркестан қ.ә.	454,59	154,39	300,2
8	Шардара	2956,1	195,5	2760,6
	Түркістан облысы	6294,06	1497,2	4796,86

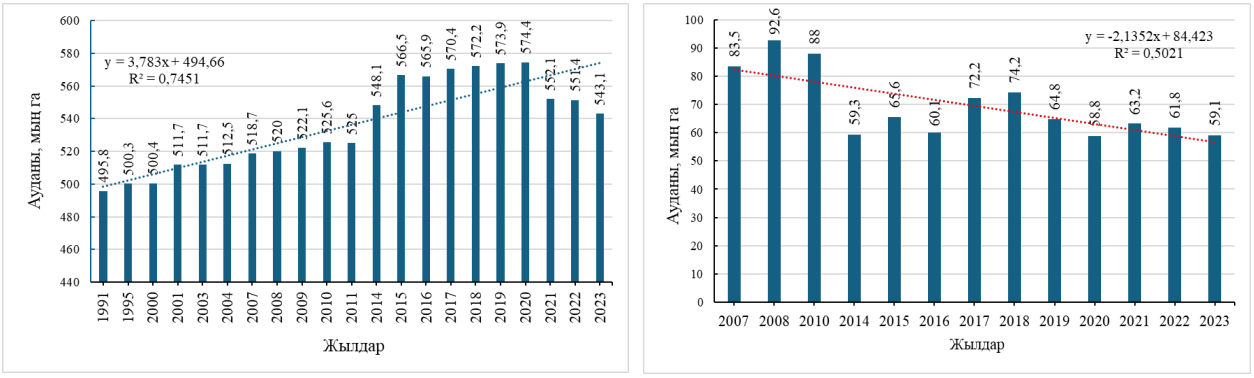
Ескерту: авторлар құрастырған.

2023 жылы жалпы облыстағы 543,1 мың га суармалы жердің 10,9 % немесе 59,1 мың га пайдаланылмаған. Облыстың суармалы жерлерінің жыл сайын 10-15% жуығы жыл сайын пайдаланылмай келеді (2 а,б-сурет). Мұның негізгі себептері: тұздану, жер асты суының шектен тыс (2 м) көтерілуі (бастпақтану), су жетіспеушілігі және суару жүйелерінің тозуы және басқада себептер (3-сурет).

Облыстағы жалпы суармалы жерлердің жыл сайын 1,5-3 % өте күшті тұздану (3а-сурет), 4-5,6% су жетіспеушілігі (3б-сурет), 1,5-2% жер асты суының шектен тыс (2 м) көтерілуі немесе батпақтану (3в-сурет), 5,6-7 % жуығы суару жүйелерінің тозуы және басқа да қаржылық себептерге (3с-сурет) байланысты мүлдем пайдаланылмай келеді. Мұның басты себебі облыстағы суармалы жүйелер мен коллекторлық-дренаждық жүйелердің техникалық жағдайының толық жұмыс жасамауымен тікелей байланысты (Tokbergenova et al. 2023).

2-сурет

1991-2023 ж. облыстағы суармалы жерлердің пайдалану көрсеткіштері



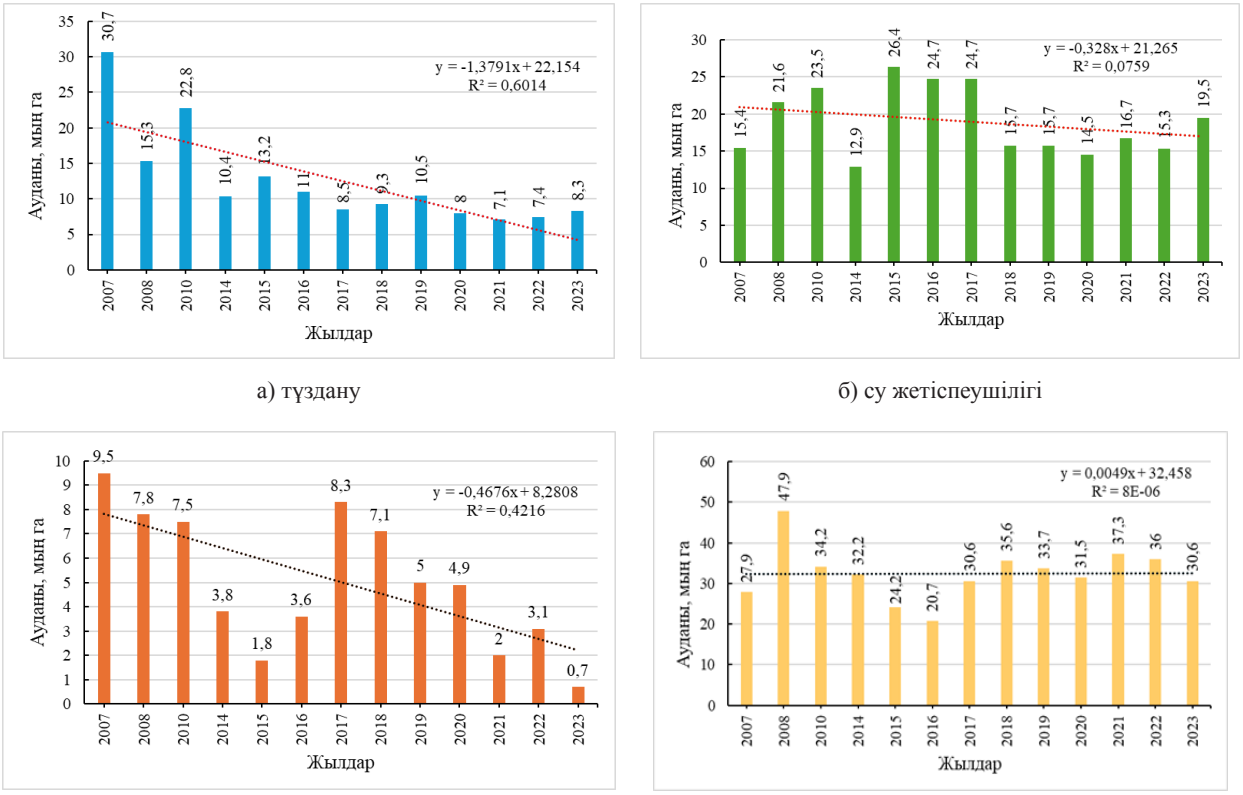
а) пайдаланылған

б) пайдаланылмаған

Ескерту: авторлар құрастырған.

3-сурет

2007-2023 ж. облыстағы пайдаланылмаған суармалы жерлердің негізгі себептері



а) түздану

б) су жетіспеушілігі

в) жер асты суының шектен тыс (2 м) көтерілуі

с) суару жүйелерінің тозуы және басқа да қаржылық себептер

Ескерту: авторлар құрастырған.

2024-2025 жылы жүргізілген далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының негізгі бөлігі тұзданбаған күйде сақталған. Атап айтқанда, суармалы алқаптардың 69%-ын (368,9 мың га) тұзданбаған жерлер құраса, 13%-ы (72,1 мың га) әлсіз тұзданған, 10%-ы (59,9 мың га) орташа тұзданған, 4%-ы (20,2 мың га) күшті тұзданған және 4%-ы (20,1 мың га) өте күшті тұзданған жерлерге жатады (4-сурет).

Облыс аумағындағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлердің негізгі бөлігі Мырзашөл (Жетісай және Мақтаарал аудандары), Қызылқум (Шардара ауданы) және Шәуілдір (Отырар ауданы) суармалы алқаптарында шоғырланған. Атап айтқанда, Мырзашөл суармалы алқабында 16 661 га, Қызылқум алқабында 11 516 га және Шәуілдір алқабында 6 933 га күшті және өте күшті тұзданған жерлер анықталған. Нәтижесінде, облыстағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлердің жалпы көлемінің 41,4%-ы Мырзашөл, 28,6%-ы Қызылқум және 17,2%-ы Шәуілдір суармалы алқаптарының үлесіне тиесілі (5-сурет).

4-сурет

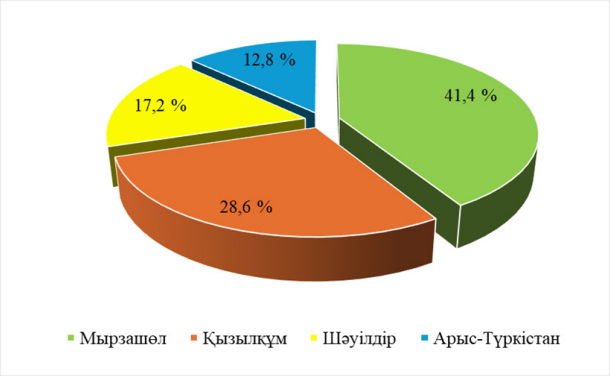
Түркістан облысы суармалы жерлерінің тұздану дәрежесі, %



Ескерту: авторлар құрастырған.

5-сурет

Түркістан облысындағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлерінің ірі алқаптар бөлінісіндегі көрсеткіштері, %



Ескерту: авторлар құрастырған.

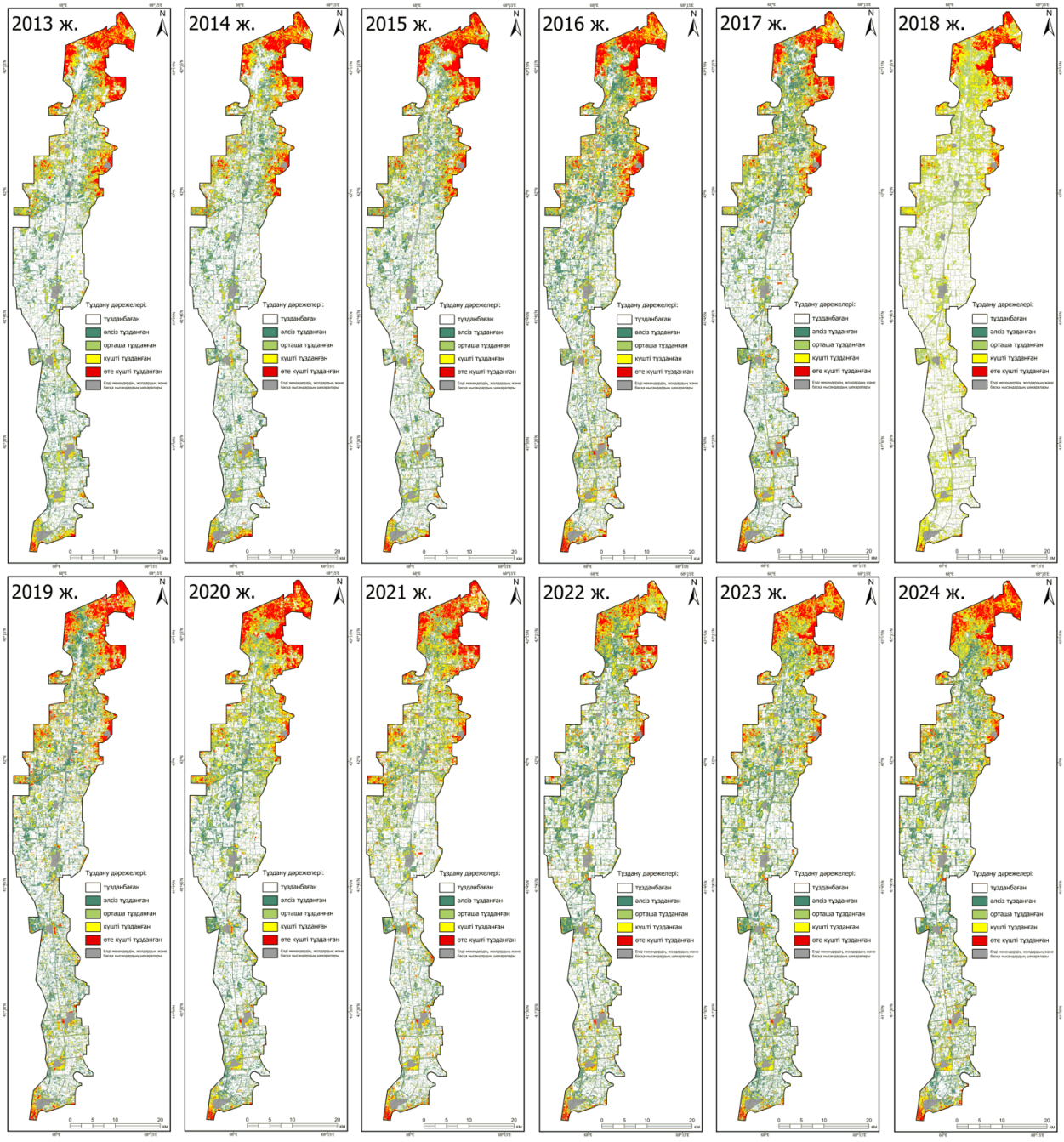
4 және 5-суреттерде көрсетілгендей, облыстағы мелиоративтік жағдайы өте нашар топырақ жамылғыларының басым бөлігі Мырзашөл және Қызылқұм суармалы массивтерінде шоғырланған. Осыған байланысты осы массивтердегі топырақ жамылғысының тұздану үрдістерінің кеңістіктік таралуы мен уақыттық өзгерістерін егжей-тегжейлі талдау мақсатында 2013-2024 ж. аралығындағы Landsat сериялы спутнигінің деректерін пайдалана отырып вегетациялық, ылғалдылық және тұздану индекстерін есептей отырып, динамикалық тұздану карталары әзірленді (6,7-суреттер).

2013-2023 жылдары ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелер бойынша Қызылқұм суармалы массивіндегі егістік жерлердің 40-45% тұзданбаған, 20-25% әлсіз тұзданған, 13-14% орташа, 10-12% күшті және 10-11% өте күшті дәрежеде тұзданған. Ал, Мырзашөл суармалы массиві бойынша 43-46% тұзданбаған, 19-30% әлсіз тұзданған, 13-25% орташа, 6-7% күшті және 4-5% өте күшті дәрежеде тұзданған (8-9-суреттер). Көрсетілген пайыздық көрсеткіштер әр жылдары өзгеріп отырған. Суармалы алқаптардағы тұздану дәрежесінің мұндай ауытқып отыруы әр жылдардағы жүргізілген агротехникалық (сор шаю, жырту және қопсыту жұмыстары) және гидротехникалық (суару жүйелерін жөндеуден өткізу, тік құбырлы қашыртқыларды қалпына келтіру және т.б.) іс-шаралардың жиынтығымен байланысты.

ЖҚЗ деректерін пайдаланғанда әрқашан олардың дәлдігі мен шынайылығы тексерілуі қажет (Pontius et al., 2011; Olofsson P. et al. 2014). Көпжылдық архивтік деректер мен жиналған далалық бақылау материалдары алдын ала сапалық сүзгіден өткізілді. Атап айтқанда, ақпараттық толықтығы жеткіліксіз нүктелер, сондай-ақ автомобиль жолдарына тікелей іргелес орналасқан немесе елді мекендер аумағында орналасқан бақылау нүктелері зерттеуден алынып тасталды, себебі мұндай аумақтар суармалы жерлердің спектрлік сипаттамаларына елеулі бұрмалаулар енгізуі мүмкін. Жіктеу нәтижелерін валидациялау мақсатында Қызылқұм суармалы массиві аумағында 140 далалық нүкте және Мырзашөл суармалы массиві шегінде 308 далалық нүкте пайдаланылды (10-сурет).

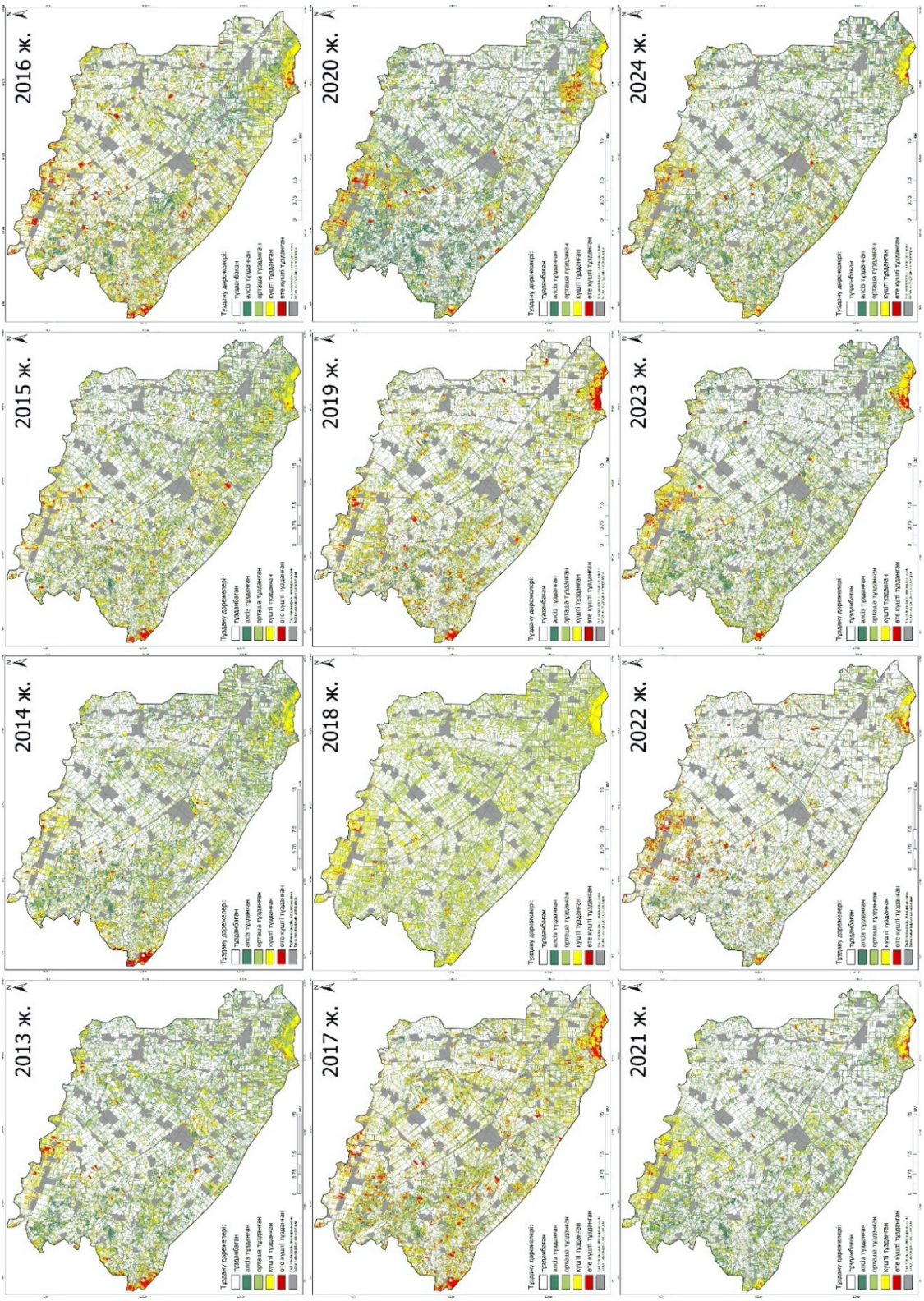
6-сурет

ЖҚЗ деректері негізінде Қызылқум суармалы алқабындағы топырақ жамылғысының тұздану динамикасы (2013-2024 ж.)



Ескерту: авторлар құрастырған.

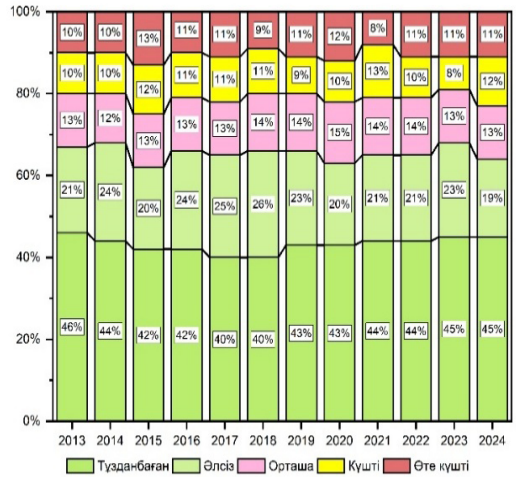
7-сурет
ЖҚЗ деректері негізінде Мырзашөл суармалы алқабындағы топырақ жамылғысының тұздану динамикасы (2013-2024 жж.)



Ескерту: авторлар құрастырған.

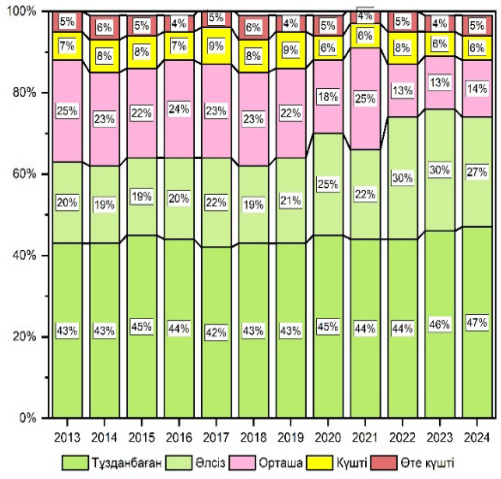
8-сурет

Қызылқұм алқабындағы аудандардың тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесі



9-сурет

Мырзашөл алқабындағы аудандардың тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесі

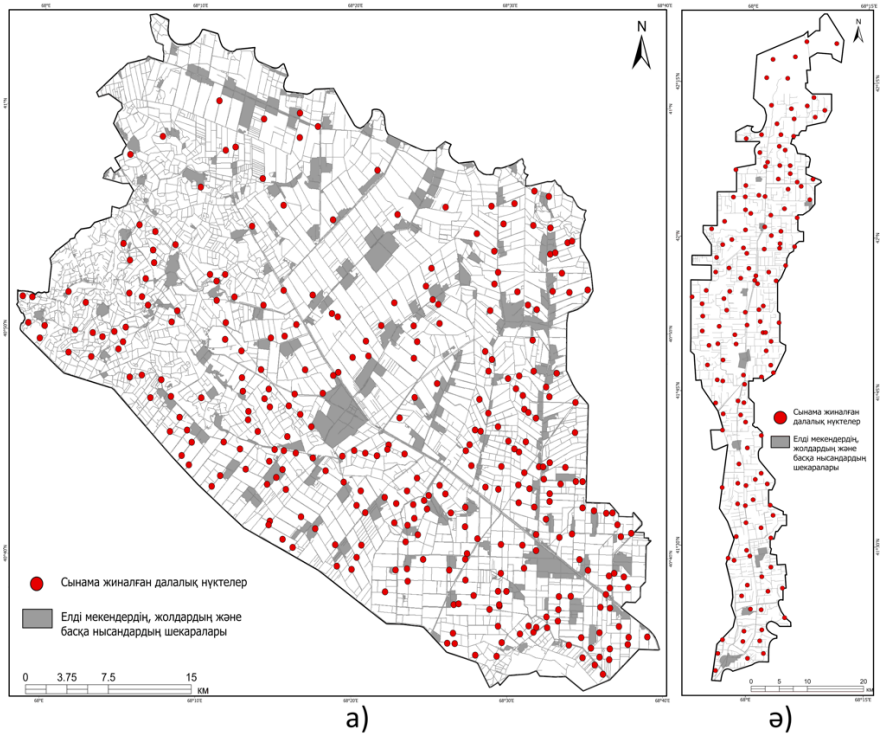


Ескерту: авторлар құрастырған.

Жүргізілген жіктеу (классивикациялау) дәлдігін бағалау нәтижелері алынған деректердің жоғары сенімділігін көрсетті. Жалпы, 2013-2023 жылдар кезеңіндегі жіктеудің жалпы дәлдігінің орташа мәні 80,65%-ды, ал орташа Каппа коэффициенті 0,73-ті құрады, бұл жіктеу нәтижелері мен шынайы (далалық) деректер арасындағы жақсы сәйкестікті көрсетеді.

10-сурет

Далалық нүктелердің кеңістіктік таралуы: а) Мырзашөл алқабы; ә) Қызылқұм алқабы



Ескерту: авторлар құрастырған.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері Түркістан облысындағы ирригациялық және коллекторлық-дренаждық жүйелердің техникалық жағдайы суармалы жерлердің мелиоративтік жай-күйіне тікелей әрі шешуші әсер ететінін көрсетті. Облыс аумағындағы суару желілерінің басым бөлігінің жер арналарында орналасуы, олардың едәуір тозуы (50 %-дан жоғары) және пайдалы әсер коэффициентінің 0,5-тен аспауы су шығындарының артуына және егістік алқаптарына жеткізілетін су көлемінің азаюына алып келуде.

Коллекторлық-дренаждық желілердің жеткіліксіз жұмыс істеуі мен вертикальді дренаж ұңғымалары санының қысқаруы жер асты сулары деңгейінің көтерілуіне, соның салдарынан топырақтың қайта тұздануы мен батпақтану үдерістерінің күшеюіне себеп болып отыр. Нәтижесінде, облыстағы суармалы жерлердің жыл сайын шамамен 10–15 %-ы түрлі себептермен пайдаланылмайды, оның ішінде 1,5–3 %-ы өте күшті тұздануға, 4–5,6 %-ы су тапшылығына, 1,5–2 %-ы жер асты суларының шамадан тыс көтерілуіне, ал 5,6–7 %-ы суару жүйелерінің тозуына байланысты айналымнан шығып отыр.

Далалық зерттеулер мен қашықтан зондтау деректерін талдау нәтижелері облыстың суармалы жерлерінің 69 %-ы тұзданбаған күйде сақталғанымен, 18 %-дан астамы орташа және күшті дәрежеде тұзданғанын көрсетті. Күшті және өте күшті тұзданған алқаптардың басым бөлігі Мырзашөл, Қызылқұм және Шәуілдір суармалы массивтерінде шоғырланған. 2013–2024 жылдар аралығындағы динамикалық талдау тұздану дәрежесінің жылдар бойынша өзгеріп отыратынын, оның агротехникалық және гидротехникалық шаралардың тиімділігіне тәуелді екенін айқындады.

Жалпы алғанда, ирригациялық инфрақұрылымның техникалық тозуы, су беру режимдерінің оңтайландырылмауы және дренаж жүйелерінің жеткіліксіздігі топырақтың агромелиоративтік көрсеткіштерінің нашарлауына, өнімділіктің төмендеуіне және су ресурстарының тиімсіз пайдаланылуына әкеліп отыр.

Осыған байланысты облыста ирригациялық және коллекторлық-дренаждық жүйелерді кешенді жаңғырту, суару желілерін кезең-кезеңімен бетондау немесе құбырлы жүйелерге көшіру, тік дренаж ұңғымаларын толық қалпына келтіру, су үнемдеу технологияларын енгізу және су ресурстарын цифрлық мониторингтеу жүйесін дамыту қажет. Сонымен қатар, топырақтың тұздану карталарын жүйелі түрде жаңартып отыру және ЖҚЗ деректерін далалық бақылаулармен үштастыру өңірдегі суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын тұрақтандыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері өңірдегі суармалы егіншілікті тұрақты дамыту, ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыру және су ресурстарын тиімді басқару бағытында ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға практикалық негіз бола алады.

Қаржыландару

Бұл зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған (грант № AP23490857).

Шығармашылық ұжым әдістемелік көмек көрсеткені үшін ҚР АШМ «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ мекемесіне, сондай-ақ техникалық қолдау көрсеткені үшін су ресурстары және қоршаған орта бойынша USAID жобасына алғысын білдіреді.

Авторлар үлесі:

Тұжырымдаманы әзірлеу – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова және Р. Салмұрзаұлы; Әдіснама – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, А.А. Қалдыбаев; Бағдарламалық қамтамасыз ету – Р. Салмұрзаұлы, У.Б. Мухтаров, А.А. Қалдыбаев; Валидация – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, Р. Салмұрзаұлы және У.Б. Мухтаров; Формалды талдау – У.Б. Мухтаров, Р. Салмұрзаұлы; Зерттеу – А.А. Қалдыбаев, У.Б. Мухтаров, А.А. Асанбаева; Ресурстар – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова және Р. Салмұрзаұлы; Деректерді өңдеу – Р. Салмұрзаұлы, У.Б. Мухтаров, А.А. Асанбаева; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, А.А. Қалдыбаев; Қарау және редакциялау – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, Р. Салмұрзаұлы; Визуализация – У.Б. Мухтаров, А.А. Қалдыбаев; Ғылыми жетекшілік – А.А. Токбергенова; Жобаны басқару – К.Б. Зулпыхаров; Қаржыландыруды тарту – А.А. Токбергенова.

Әдебиеттер

Zaghloul, E. A., Abdeen, M. M., Elbeih, S. F., & Soliman, M. A. (2020). Water logging problems in Egypt's deserts: Case study Abu Mena archaeological site using geospatial techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 23*(3), 387–399. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.06.003

Singh, A. (2021). Soil salinization management for sustainable development: A review. *Journal of Environmental Management, 277*, 111383. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111383

Zhang, Y. (2023). Knowledge of earthen heritage deterioration in dry areas of China: Salinity effect on the formation of cracked surface crust. *Heritage Science, 11*(1), 1–15. https://doi.org/10.1186/s40494-023-00890-y

Cisse, E. H. M., Jiang, B. H., Yin, L. Y., Miao, L. F., Li, D. D., Zhou, J. J., & Yang, F. (2024). Physio-biochemical and metabolomic responses of the woody plant *Dalbergia odorifera* to salinity and waterlogging. *BMC Plant Biology, 24*(1), 49. https://doi.org/10.1186/s12870-024-04721-5

Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences, 22*(2), 123–131. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001

Pitman, M. G., & Läuchli, A. (2002). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In *Salinity: Environment–plants–molecules* (pp. 3–20). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-48155-3

Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2011). Gene expression profiling of plants under salt stress. *Critical Reviews in Plant Sciences, 30*(5), 435–458. https://doi.org/10.1080/07352689.2011.605739

Tian, L. X., Zhang, Y. C., Chen, P. L., Zhang, F. F., Li, J., Yan, F., & Feng, B. L. (2021). How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science, 12*, 634898. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634898

Hagage, M., Abdulaziz, A. M., Elbeih, S. F., & Hewaidy, A. G. A. (2024). Monitoring soil salinization and waterlogging in the northeastern Nile Delta linked to shallow saline groundwater and irrigation water quality. *Scientific Reports, 14*(1), 27838. https://doi.org/10.1038/s41598-024-77954-x

Askri, B., Khodmi, S., & Bouhlila, R. (2022). Impact of subsurface drainage system on waterlogged and saline soils in a Saharan palm grove. *Catena, 212*, 106070. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106070

Greene, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., & Cresswell, R. (2016). Soil and aquifer salinization: Toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In *Integrated groundwater management: Concepts, approaches and challenges* (pp. 377–412). Springer.

Khalil, M. M., Abotalib, A. Z., Farag, M. H., Rabei, M., Abdelhady, A. A., & Pichler, T. (2021). Poor drainage-induced waterlogging in Saharan groundwater-irrigated lands: Integration of geospatial, geophysical, and hydrogeological techniques. *Catena, 207*, 105615.

Rakhmatullaev, S., Huneau, F., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P., Motelica-Heino, M., & Bakiev, M. (2013). Water reservoirs, irrigation and sedimentation in Central Asia: A first-cut assessment for Uzbekistan. *Environmental Earth Sciences, 68*(4), 985–998. https://doi.org/10.1007/s12665-012-1802-0

Bekchanov, M. (2024). Conveyance efficiency and irrigation water productivity under varying water supply conditions in arid lowlands of Central Asia. *Agricultural Water Management, 293*, 108697. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108697

Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі. (2023). *Қазақстан Республикасының 2023 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі*. Астана.

Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы. (2024). *Ресми статистикалық деректер (ауыл, орман, аңшылық және балық шаруашылығы)*. https://stat.gov.kz/

Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Kaliyeva, D. M., & Essanbekov, M. Y. (2023). Assessment of the current soil-reclamation state of the soils of Myrzashol in the Kazakhstan part (The Hungry Steppe). *Polish Journal of Environmental Studies, 32*(1). https://doi.org/10.15244/pjoes/155087

Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Taukebayev, O. Z., Essanbekov, M. Y., Alsherieva, D. Y., & Duanbekova, A. Y. (2023). Анализ проблем засоления почвы на орошаемых землях Туркестанской области (на примере Мырзашольского орошаемого массива). *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*, (1), 120–137.

Мороз, И. К. (1993). *Улучшение засоленных земель (пути решения проблем)*. Алматы: Кайнар.

Қазақстан Республикасы. (2010). *ҚР ұлттық атласы (II том: Халқы, әкімшілік-аумақтық бөлінісі)*. Алматы.

Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі. (2016). *Суармалы жерлердің мелиорациялық жай-күйінің мониторингі туралы бұйрық №330 (25 шілде 2016 ж.)*. https://law.gov.kz/client/#!/doc/106992/kaz

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309–317.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing, 17*(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

Singh, A., & Harrison, A. (1985). Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing, 6*(6), 883–896. https://doi.org/10.1080/01431168508948511

Sowmya, S. V., & Jayaraju, N. (2021). Development of spectral indices for soil salinity detection under residual vegetation. *Environmental Monitoring and Assessment, 193*, 577. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09268-z

Yuan, Z., Li, H., & Zhang, Y. (2022). Remote sensing-based modeling of soil salinity using vegetation and reflectance synergy. *Catena, 212*, 106087. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106087

Chen, Y., & Ma, X. (2023). Multi-index brightness synthesis for mapping soil salinity in drylands. *Journal of Arid Environments, 205*, 104878. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104878

Pontius, R. G., Jr., & Millones, M. (2011). Death to kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing, 32*(15), 4407–4429. https://doi.org/10.1080/01431161.2011.552923

Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment, 148*, 42–57. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015

References

Zaghloul, E. A., Abdeen, M. M., Elbeih, S. F., & Soliman, M. A. (2020). Water logging problems in Egypt's deserts: Case study Abu Mena archaeological site using geospatial techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 23*(3), 387–399. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.06.003

Singh, A. (2021). Soil salinization management for sustainable development: A review. *Journal of Environmental Management, 277*, 111383. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111383

Zhang, Y. (2023). Knowledge of earthen heritage deterioration in dry areas of China: Salinity effect on the formation of cracked surface crust. *Heritage Science, 11*(1), 1–15. https://doi.org/10.1186/s40494-023-00890-y

Cisse, E. H. M., Jiang, B. H., Yin, L. Y., Miao, L. F., Li, D. D., Zhou, J. J., & Yang, F. (2024). Physio-biochemical and metabolomic responses of the woody plant *Dalbergia odorifera* to salinity and waterlogging. *BMC Plant Biology, 24*(1), 49. https://doi.org/10.1186/s12870-024-04721-5

Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences, 22*(2), 123–131. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001

Pitman, M. G., & Läuchli, A. (2002). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In *Salinity: Environment–plants–molecules* (pp. 3–20). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-48155-3

Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2011). Gene expression profiling of plants under salt stress. *Critical Reviews in Plant Sciences, 30*(5), 435–458. https://doi.org/10.1080/07352689.2011.605739

Tian, L. X., Zhang, Y. C., Chen, P. L., Zhang, F. F., Li, J., Yan, F., & Feng, B. L. (2021). How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science, 12*, 634898. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634898

Hagage, M., Abdulaziz, A. M., Elbeih, S. F., & Hewaidy, A. G. A. (2024). Monitoring soil salinization and waterlogging in the northeastern Nile Delta linked to shallow saline groundwater and irrigation water quality. *Scientific Reports, 14*(1), 27838. https://doi.org/10.1038/s41598-024-77954-x

Askri, B., Khodmi, S., & Bouhlila, R. (2022). Impact of subsurface drainage system on waterlogged and saline soils in a Saharan palm grove. *Catena, 212*, 106070. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106070

Greene, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., & Cresswell, R. (2016). Soil and aquifer salinization: Toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In *Integrated groundwater management: Concepts, approaches and challenges* (pp. 377–412). Springer.

Khalil, M. M., Abotalib, A. Z., Farag, M. H., Rabei, M., Abdelhady, A. A., & Pichler, T. (2021). Poor drainage-induced waterlogging in Saharan groundwater-irrigated lands: Integration of geospatial, geophysical, and hydrogeological techniques. *Catena, 207*, 105615. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105615

Rakhmatullaev, S., Huneau, F., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P., Motelica-Heino, M., & Bakiev, M. (2013). Water reservoirs, irrigation and sedimentation in Central Asia: A first-cut assessment for Uzbekistan. *Environmental Earth Sciences, 68*(4), 985–998. https://doi.org/10.1007/s12665-012-1802-0

Bekchanov, M. (2024). Conveyance efficiency and irrigation water productivity under varying water supply conditions in arid lowlands of Central Asia. *Agricultural Water Management, 293*, 108697. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108697

Kazakhstan Respublikasy Auyl sharuashylygy ministrligi. (2023). *Qazaqstan Respublikasy 2023 zhyly zhep zhagdayy zhane onyn paidalanuy turaly zhyiyntyk taldamaly esebi*. Astana.

Qazaqstan Respublikasy Strategiyalyk zhosparlau zhane reformalar agenttigi Ulttyq statistika byurosy. (2024). *Resmi statistiktik derekter (auyl, orman, anshylyq zhane balyk sharuashylygy)*. https://stat.gov.kz/

Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Kaliyeva, D. M., & Essanbekov, M. Y. (2023). Assessment of the current soil-reclamation state of the soils of Myrzashol in the Kazakhstan part (The Hungry Steppe). *Polish Journal of Environmental Studies, 32*(1). https://doi.org/10.15244/pjoes/155087

Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Taukebayev, O. Z., Essanbekov, M. Y., Alsherieva, D. Y., & Duanbekova, A. Y. (2023). Analiz problem zasoleniya pochvy na oroshaemykh zemlyakh Turkestanskoy oblasti (na primere Myrzashol'skogo oroshaemogo massiva). *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 1*, 120–137.

Moroz, I. K. (1993). *Uluchshenie zasolennykh zemel' (puti resheniya problem)*. Almaty: Kaynar.

Qazaqstan Respublikasy. (2010). *Qazaqstan Respublikasynyn ulttyq atlasy* (II tom: Khalky, äkimshilik-aumaқtyқ bölinisi). Almaty.

Qazaqstan Respublikasy Auyl sharuashylygy ministrligi. (2016). *Suarma ly zherlerdiң melioratsiyalyq zhay-küyiniң monitoringi turaly buiryk №330 (25 shilde 2016 zh.)*. https://law.gov.kz/client/#!/doc/106992/kaz

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication, 351*, 309–317.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing, 17*(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

Singh, A., & Harrison, A. (1985). Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing, 6*(6), 883–896. https://doi.org/10.1080/01431168508948511

Sowmya, S. V., & Jayaraju, N. (2021). Development of spectral indices for soil salinity detection under residual vegetation. *Environmental Monitoring and Assessment, 193*, 577. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09268-z

Yuan, Z., Li, H., & Zhang, Y. (2022). Remote sensing-based modeling of soil salinity using vegetation and reflectance synergy. *Catena, 212*, 106087. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106087

Chen, Y., & Ma, X. (2023). Multi-index brightness synthesis for mapping soil salinity in drylands. *Journal of Arid Environments, 205*, 104878. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104878

Pontius, R. G., Jr., & Millones, M. (2011). Death to kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing, 32*(15), 4407–4429. https://doi.org/10.1080/01431161.2011.552923

Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment, 148*, 42–57. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015

Авторлар туралы мәлімет:

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD докторы «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының директоры, «География, жерге орналастыру және кадастр» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com).

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – г.ғ.к, профессор, «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» «География, жерге орналастыру және кадастр» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: tokbergen@mail.ru).

Салмұрзаұлы Руслан – PhD, «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының жетекші ғылыми қызметкері (ЖҒҚ), «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы ғылыми-зерттеу» институты жетекші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com).

Қалдыбаев Азамат Алмасханович – PhD докторы, доц. «Институт Ионосфера» ЖШС жетекші ғылыми қызметкері (ЖҒҚ) (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com).

Мухтаров Улан Байтурсынович (жауапты автор) – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының докторанты (Алматы қ., Казақстан, e-mail: u_bekt@mail.ru).

Асанбаева Айсара Әлібекқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының докторанты (Алматы қ., Казақстан, e-mail: Asanbayeva01@inbox.ru).

Information about the authors:

Zulpykharov, Kanat Bazarbayevich – PhD, Director of the Center for Geospatial Sciences "Farabi GIS", Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com).

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

Salmurzauly, Ruslan – PhD, Leading Researcher, Center for Geospatial Sciences "Farabi GIS", Leading Researcher, Research Institute "Ecology and Sustainability of Bioresources", Senior Lecturer, Department of Zoology, Histology and Cytology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com).

Kaldybayev, Azamat Almashanovich – PhD, Associate Professor, Leading Researcher, LLP "Institute of Ionosphere" (Almaty, Kazakhstan, e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com).

Mukhtarov, Ulan Baitursynovich (corresponding author) – PhD student, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: u_bekt@mail.ru).

Asanbayeva, Aisara Alibekkyzy – PhD student, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Asanbayeva01@inbox.ru).

Сведения об авторах:

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD, директор Центра геопространственных наук «Farabi GIS», старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com).

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: tokbergen@mail.ru).

Салмурзаулы Руслан – PhD, ведущий научный сотрудник (ВНС) Центра геопространственных наук «Farabi GIS», Научно-исследовательского института «Экология и устойчивость биоресурсов» и старший преподаватель кафедры зоологии, гистологии и цитологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com).

Калдыбаев Азамат Алмасханович – PhD, доцент, ведущий научный сотрудник (ВНС) ТОО «Институт ионосферы» (Алматы, Казахстан, e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com).

Мухтаров Улан Байтурсынович (ответственный автор) – докторант кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: u_bekt@mail.ru).

Асанбаева Айсара Әлібекқызы – докторант кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: Asanbayeva01@inbox.ru).

Келіп түсті: 16 қаңтар 2026 жыл
Қабылданды: 04 наурыз 2026 жыл

4-бөлім

ГЕОЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕОДЕЗИЯ

Section 4

GEOECOLOGY AND GEODESY

Раздел 4

ГЕОЭКОЛОГИЯ И ГЕОДЕЗИЯ

FTAMP 87.26.25 https://doi.org/10.26577/JGEM80120267

М.М. Даулетбаева[1], Г.У. Байташева[1], А.К. Таныбаева[2], А.А. Кулбекова[1], М.О. Айтжанова[1], Э.М. Иманова[1*]

[1]Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[*]e-mail: imanovaelmira74@gmail.com

УРБАНДАЛҒАН ОРТАДА ӨСЕТІН КӘДІМГІ БАҚБАҚТА ҚОРҒАСЫННЫҢ ЖИНАҚТАЛУЫН БАҒАЛАУ

Қазіргі уақытта қала ортасының ластануы өзекті мәселе болуда, өйткені көлік құралдары мен өнеркәсіптің газ және шаң тәрізді қалдықтарымен қарқынды қанықкан. Бұл адам мен басқа да организмдердің өмір сүру жағдайларының нашарлауына әкелуде. Сондықтан ластаушы заттардың әртүрлілігі мен техногендік әсер ету түрлеріне байланысты қоршаған ортаның жай-күйіне экологиялық мониторинг жүргізуге биоалуантүрлілік спектрін кеңейту қажет.

Мақала автокөліктерден қорғасынның атмосфераға таралуы, оның топырақ қабаттары бойынша шоғырлануы, топырақтағы микроағзалалардың санына әсері, сондай-ақ кәдімгі бақбақтың вегетативті мүшелерін талдау негізінде екі қаладағы табиғи ортаның қорғасынмен ластану дәрежесін салыстыра отырып бағалауға негізделген.

Зерттеуге көлік ағыны жоғары Алматы қаласының топырағы және Талғар қаласының бау-бақша учаскелерінің топырақтары, кәдімгі бақбақ өсімдігінің тамырлары, сабақтары мен жапырақтарының үлгісі жиналып, оларда қорғасынның жинақталу мөлшері зерттелді. Сонымен бірге автокөліктен шығатын ластаушы газдардың құрамындағы қорғасынның атмосферадағы мөлшері есептелді.

Урбандалған ортада автокөліктерден және басқа да көздерден шыққан қорғасын топырақ пен өсімдікте аккумуляцияланады. Сондай өсімдіктің бірі – кәдімгі бақбақ.

Зерттеу мағлұматтары қала ортасының белсенді поллютанттармен ластануын айғақтайды. Сондай-ақ статистикалық және кеңістіктік талдаулар автокөлік жүктемесі жоғары ортада өскен кәдімгі бақбақтың, бұл түрді қала ортасының биомониторингінің көрсеткіші ретінде ұсынуға болатынын көрсетеді.

Түйін сөздер: қала ортасы, қорғасын, автокөліктер, кәдімгі бақбақ өсімдігі, өсімдіктің морфология-анатомиялық құрылысы.

M.M. Dauletbayeva[1], G.U. Baitasheva[1], A.K.Tanybayeva[2], A.A. Kulbekova[1], M.O. Aitzhanova[1], E.M. Imanova[1*]

[1]Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[*]e-mail: imanovaelmira74@gmail.com

Assessment of lead accumulation in common dandelion growing in an urban environment

Currently, urban pollution is becoming an urgent problem, as it is intensively saturated with gas and dust-like waste from vehicles and industry. This leads to a deterioration in the living conditions of humans and other organisms. Therefore, it is necessary to expand the range of biodiversity used for environmental monitoring, depending on the variety of pollutants and types of technogenic impact.

The article is based on an assessment and comparison of the degree of lead pollution in the natural environment of two cities based on data on the distribution of lead in the atmosphere, lead concentration in soil layers, the number of microorganisms in the soil, as well as vegetative organs of dandelion.

For the study, soil samples were collected from areas in Almaty with heavy traffic and from garden plots in Talgar, as well as samples of a common garden plant: roots, stems, and leaves. The accumulation of lead in them was examined. In addition, the concentration of lead in the atmosphere, present in vehicle exhaust gases, was calculated.

In urbanized environments, lead from vehicles and other sources accumulates in the soil and plants. One of these plants is the common dandelion.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

The results of the study show that common dandelion, growing in an environment with a high transport load, as well as statistical and spatial analyzes, can be recommended as an indicator for biomonitoring the urban environment.

Keywords: urban environment, lead, motor transport, common dandelion plant, morphological-anatomical structure of plants.

М.М. Даулетбаева[1], Г.У. Байташева[1], А.К. Таныбаева[2],
А.А. Кулбекова[1], М.О. Айтжанова[1], Э.М. Иманова[1*]

[1]Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан
[2]Казахский национальный университет им аль-Фараби, Алматы, Казахстан
*e-mail: imanovaelmira74@gmail.com

Оценка накопления свинца в одуванчике обыкновенном, произрастающих в урбанизированной среде

В настоящее время загрязнение городской среды становится актуальной проблемой, так как она интенсивно насыщается газовыми и пылевидными отходами транспортных средств и промышленности. Это приводит к ухудшению условий жизни человека и других организмов. Поэтому необходимо расширять спектр биоразнообразия, используемого для проведения экологического мониторинга состояния окружающей среды, в зависимости от разнообразия загрязняющих веществ и видов техногенного воздействия.

Статья основана на оценке и сравнении степени загрязнения свинцом природной среды двух городов на основе данных о распределении свинца в атмосфере, концентрации свинца в слоях почвы, численности микроорганизмов в почве, а также вегетативных органов одуванчика обыкновенного.

Для исследования были собраны образцы почвы с территории Алматы, где интенсивное движение транспорта, и почвы садовых участков города Талгар, а также образцы обычного садового растения: корней, стеблей и листьев. В них изучалось накопление свинца. Кроме того, была рассчитана концентрация свинца в атмосфере, содержащаяся в выхлопных газах автомобилей.

Урбанизированной среде свинец, поступающий от автотранспорта и других источников, накапливается в почве и растениях. Одним из таких растений является одуванчик обыкновенный.

Результаты исследования показывают, что одуванчик обыкновенный, произрастающая в среде с высокой транспортной нагрузкой, а также статистического и пространственного анализов, может быть рекомендована в качестве индикатора для биомониторинга городской среды.

Ключевые слова: городская среда, свинец, автотранспорт, растение одуванчик обыкновенный, морфологическое-анатомическое строение растений.

Кіріспе

Индустрияландыру және урбандалу сияқты шектеусіз даму әрекеттері қоршаған ортаның ластануының күрделі мәселелерін туғызуда. Урбандалған ортада ауыр металдардың жиналуы ластанудың негізгі себебіне айналуда. Ал ауыр металл иондары экожүйедегі өсімдіктер мен жануарлар қауымдастығы үшін азды-көпті уытты әсер етеді. Қазіргі уақытта қала ортасының ең өткір мәселелерінің негізгісі автокөлік жолдарының жүктемесі, себебі автокөліктердің пайдаланылған газдарында 200-ден астам қосылыстар мен заттар бар, олардың көпшілігі уытты. Автокөліктерден қоршаған ортаға көміртегі, азот және күкірт диоксидтері, альдегидтер, күйе, қорғасын оксидтері және т.б. түседі. Сонымен қатар құрамында қорғасыны бар антидетонациялық қоспаларды пайдаланған автокөлік аэрозоль, органикалық емес тұздар және қорғасын тотықтары түріндегі қорғасын шығарындыларының негізгі көзі. Бұл атмосфералық ауаның, сондай-ақ автожолдарға іргелес аумақтардағы топырақ пен өсімдіктің қорғасынмен едәуір ластануына әкеп соқтырады (Онистратенко, 2021), (Дегодя, 2016).

Антропогендік шөгінділер топырақтың беткі қабатының химиялық құрамы мен топырақтың сорбциялық, буферлік қасиеттеріне байланысты шоғырланады. Ал аккумуляцияланған потенциалды уытты металдар қоршаған ортаға өте қауіпті. Қала топырағының беткі қабаттарында қорғасынның шамадан тыс жиналуы биотаға экологиялық қауіп төндіруі мүмкін, өйткені қорғасын тірі организмдер үшін уыттылығы бар металл екендігі дәлелденген. Топырақтың сапасы сол ортаның фиотоценозының жай-күйіне тікелей әсер етеді (Ewelina, 2021), (Калимолдина, 2022).

Қорғасынның микромолярлық деңгейі өсімдіктің өнуі мен өсуіне кері әсер етуі мүмкін. Pb^{2+}-нің өте төменгі концентрация-

сының өзі *Hordeum vulgare, Elsholtzia argyi, Spartina alterniflora, Pinus halepensis, Oryza sativa* және *Zea mays* өсімдіктерінің тұқымдарының өнуін күшті тежейді.

Өсімдіктердің қорғасынмен улануының айқын белгілері – тамыр өсуінің жылдам тежелуі, өсімдіктің қалыпты дамымауы, тамыр жүйесінің қараюы және хлороз болып табылады. Сонымен қатар фотосинтез үдерісі тежеледі, минералды қоректенуі, су балансы мен ферменттердің белсенділігі бұзылады. Бұл ауытқулар өсімдіктің қалыпты физиологиялық белсенділігін төмендетеді. Ал өсімдікте жоғары концентрацияда аккумуляцияланған қорғасын соңында жасушаның тіршілігінің тоқтауына әкеледі (Farouk S Nas, 2018), (Титов, 2020).

Топырақ пен өсімдіктердің металлдарды сіңіру жылдамдығы биологиялық факторлар немесе геохимиялық факторлармен үйлесімде жүреді. Топырақтың pH көрсеткіші өсімдіктерде қорғасынның жиналуын айқындайтын негізгі фактор. Топырақта металдың шекті мөлшерден жоғары болуы биогеоценозға зиянды. Әдетте қорғасын pH < 6 қышқыл топырақта еріген түрде болады, ал pH > 7 сілтілі топырақта OH иондарымен комплекс түзеді. Топырақтың pH-ы қорғасынның жинақталуын көрсететін басты көрсеткіш (Kshyanaprava, 2023), (Курганбеков, 2022).

Қалада мәдени өсімдіктермен қатар ерте көктемде өсетін және вегетациялық кезеңін жылдам аяқтайтын алғашқы көктемгі өсімдіктер де бар, соның бірі кәдімгі бақбақ өсімдігі. Ол араларды басқа өсімдіктер гүлдегенге дейін қорекпен қамтамасыз ететін биоценоздың маңызды құрамы. Кәдімгі бақбақтың қоршаған ортаны тұрақтандырудағы маңызы жоғары, себебі оның тамыры жерге терең еніп, оның аэрациясына ықпал етеді. Сондай-ақ қоршаған ортада шоғырланған ауыр металдарды өзінде жинақтап, қысқа мезгілде болса да қаланың тіршілігінің тұрақтануын қамтамасыз етуде маңызды.

Қорғасынның атмосфераға ұзақ уақыт бойы антропогендік шығарындылары топырақтың жоғарғы қабатында, су қоймаларында және т.б. орталарда жиналуына әкеледі (Беляева, 2019; Какарека, 2018; Чомаева, 2020). Ол өз кезегінде қала ауасы мен топырағының сапасы өсімдіктердің жай-күйіне тікелей әсер етеді. Алайда ластаушы заттардан болған өзгерістер мен зақымданулардың деңгейін бағалау өте қиын. Сондықтан қалалардағы қоршаған ортаның жай-күйін бағалау кезінде экожүйеде болып жатқан өзгерістер туралы ақпарат беретін биоиндикацияны пайдалу тиімді. Ластаушы заттардың биоиндикатормен жинақталуы гомеостазға әсер ететін факторлар әсерінің нәтижесі болып табылады.

Қала ортасының экологиялық жағдайына мониторинг жүргізуде атмосфераға жинақталған газдардың құрамын есептеу, топырақта және *Asteraceae* тұқымдасына жататын *Taraxacum officinale* Wigg. - кәдімгі бақбақ өсімдігінде шоғырлануын талдау маңызды. Қала ортасында ерте көктемде өсетін кәдімгі бақбақты экологиялық көрсеткіш ретінде қолданатын зерттеулер кеңінен жүргізілуде (Онистратенко, 2021), (Дьякова, 2021), (Pisman, 2020) себебі кәдімгі бақбақ үлпаларында топырақ пен ауадағы ластаушы заттардың жоғары концентрациясын жинақтайтын қабілеті бар екені анықталған.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Алматы және Талғар қалаларындағы көліктің қоғалысы бойынша шығарындылары талданды (Молодцов, 2014). Есептеу жұмысы төмендегі формула бойынша жүргізілді:

$$M_{L_i} = \frac{1}{1200} \sum_{1}^{k} M_{k,i}^{L} \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}}$$

мұндағы:

M_{L_i} – қозғалып келе жатқан автокөлік жолындағы автокөліктен шыққан ластаушы заттың шығарындысы, г/с, ал қашықтығы M_{L_i} км бойынша есептеледі;

$M_{k,i}^{L}$ – бойынша анықталатын k, i -ші топтағы автомобильдермен ластаушы заттың шығарындысы, г/км;

G_k – нақты ең жоғарғы қозғалыс қарқындылығы, яғни барлық қозғалыс жолақтары бойынша екі бағытта да (20 мин) автокөлік жолының таңдалған учаскесінен өтетін k тобындағы автокөліктер саны;

$r_{V_{k,i}}$ – автокөлік қозғалысының орташа жылдамдығы, (км/сағ).

Ет пептонды агар және Чапека қоректік орталарында микроағзалар егіліп, термостатта өсірілді. Клеткалардың таза дақылдары бөлініп алынып, топырақ микробоценозының екі нүкте

бойынша ерекшелігі талданды (Шентерова, 2020).

Алматы және Талғар қалаларының аумағындағы топырақтың горизонтальді қабаттарында қорғасынның жинақталуын анықтау үшін сынамалар алынды. Топырақтың құрамындағы қорғасынды анықтау МУ 08-47/2013 әдістемесі бойынша атомдық абсорбциялық әдіспен анықталды (Количественный химический анализ методики и измерений, 2021).

Алматы және Талғар қалаларының аумағында өскен кәдімгі бақбақта қорғасынның аккумуляциялануын анықтауда өсімдіктің тамыры, сабағы мен жапырақтары өсімдіктің вегетациялық кезеңінде сәуір айында жиналды. Бақбақ өсімдігінің тамыры, сабағы, жапырағы және гүлінің құрамындағы қорғасын атомдық абсорбциялық әдіспен анықталды (Барсуков, 2017).

Өсімдіктің анатомиялық-гистологиялық талдауы (көлденең кесінділері және оның беттік ауданы) *Biobase 5MP USB* 2.0 маркалы бинакулярлы микроскоптың (4/0.10 160/0.17 және 10/0.10 160/0.17) көмегімен жүргізілді. Өсімдіктің жерүсті және жерасты мүшелері көктемде сәуір айында жиналып, 70% этил спиртінде фиксацияланды. Өсімдіктің сабағының, жапырағының және тамырының анатомиялық структурасын сипаттауда ғалымдар (Мухитдинов Н., 2023:241), (Румянцева, 2023) еңбектері пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

2024 жылы сәуір айында Алматы және Талғар қалаларынының бірқатар көшелеріндегі көлік ағындарынан шоғырланған қорғасынның мөлшері бағаланды, ол есептеулер төменде 1-кестеде сипатталған. Қозғалып келе жатқан көліктен қоршаған ортаға қорғасынның шығу мөлшері төмендегі формула бойынша анықталды.

$$M_{L_i} = \frac{1}{1200}\sum_{1}^{k} M_{k,i}^{L} \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}}$$

1-кесте

Жеңіл және жүк көліктерінен таралатын қорғасын шығарындысының есептеулері

Көлік түрлері, қорғасынның мөлшері	Алматы қ., әл–Фараби-Гагарин	Алматы қ., Абай-Алтынсарин	Алматы қ., Абай-Сайын	Алматы қ., Төле би Сейфуллин	Талғар қ., Малькеев-Майлин
Жеңіл көлік	530	490	548	299	11
Қорғасынның мөлшері, м^3	0,0031	0,0028	0,0032	0,00181	0,00006
Жүк көлігі, м^3	20	14	26	10	3
Қорғасынның мөлшері, м^3	0,0002	0,0001	0,0003	0,0001	0,00003
Қорғасынның жалпы мөлшері, м^3	0,0033	0,0029	0,0035	0,0019	0,00009

Ескерту: автор құрастырған.

Алматы қаласында талдауға алынған жеңіл көліктің қорғасын шығарындысының орташа тәуліктік шамасы барлық көшелерде ШРК-дан жоғарылаған. Алматы қаласындағы автокөліктен таралатын қорғасынның мөлшерін талдау мәліметі негізінде қорғасын ластанудың жоғарғы сыныбына жатады (Sadyrova G.A., 2022:38). Қауіптілік деңгейі бойынша қорғасын 1-ші өте қауіпті ластаушы заттар сыныбына кіреді (Дерябин В.А., 2016:51). Талдау жұмысының мағлұматтарында қорғасынның тәуліктің ішінде 20 минуттағы шамасы ШРК-нан жоғары, яғни ауадағы шектік концентрациясы 0,0003 мг/м^3 екенін ескерсек Алматы қаласының қорғасынмен ластануы 0,0116 мг/м^3 жеткен. Оның бір тәуліктегі жинақталған мөлшерін есептесек ол жоғары ластанған аумаққа жетуі мүмкін.

Автокөліктерден таралған қорғасын топырақта да жинақталады. Ғалымдардың тұжырымы бойынша қорғасынның жылжымалылығына топырақтың қасиеттері, яғни саздық құрамы, pH және органикалық заттар айтарлықтай әсер ететінін көрсеткіш, мұнда олар мөлшеріне қарай оң және теріс корреляцияда болады (Bondar, 2019). Топырақтың pH көрсеткіші

оның қышқылдық немесе сілтілік қасиеттерін айқындауына байланысты маңызды. Себебі бұл топырақта қорғасын иондарның аккумуляциялануына, өсімдіктердің және микроорганизмдердің дамуына, сондай-ақ топырақтағы қоректік заттардың қолжетімділігіне тікелей әсер етеді. Ауытқулар металдардың шығу тегіне байланысты әртүрлі болуы мүмкін (Baghdadi, 2012).

Қорғасын топырақтағы ең аз жылжымалы элементтердің бірі. Ол топырақтың көптеген компоненттерімен, негізінен Fe және Mn конкрецияларымен тығыз байланысты, сондай-ақ сазды минералдармен, органикалық заттармен және темір, алюминий гидроксидтерімен де адсорбцияланады.

Табиғи жағдайда топырақ профилінде қорғасын концентрациясы аналық жыныстарда жинақталады. Алайда топырақтың беткі қабаттарында да шоғырланады, ол көбіне антропогендік әрекеттердің нәтижесі болуы мүмкін (Galušková, 2011). Қорғасын уытты ауыр металл ретінде топырақ процестерін бұзуы және микроэлементтердің биожетімділігіне ықпал көрсетуі мүмкін, бұл өз кезегінде өсімдік тіршілігіне теріс әсер етеді.

Қалада өнеркәсіптер мен көліктерден шыққан поллютанттар қала ортасының топырағының қабаттарында жинақталып, ластану дәрежесінің артуын туындатады. Соған байланысты Алматы және Талғар қалаларының аумағындағы топырақтың А, В қабаттарында қорғасынның жинақталу деңгейі зерттелді, ол мағлұматтар 1-кестеде сипатталған.

Алматы қаласындағы топырақтың горизонтальді қабаттарынан Pb-ды анықтау үшін алынған топырақтың 0-20 см қабатындағы мөлшері 24,09±0,34 мг/кг, ал 20-40 см тереңдігінде 28,35±0,57 мг/кг шамасында жинақталған, ол мағлұматтар 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте

Алматы және Талғар қалаларындағы талдау жүргізілген топырақтың құрамындағы қорғасынның мөлшері

Мекен, топырақтың қабаттары	Тереңдігі, см	Қорғасынның мөлшері, мг/кг
Талғар қаласы А/ 20	0-20	20,48±0,31
Талғар қаласы В/40	20-40	19,28±0,25
Алматы қаласы А/20	0-20	24,09±0,34
Алматы қаласы А/40	20-40	28,35±0,57

Ескерту: автор құрастырған.

Ал Талғар қаласының топырағындағы 0-20 см горизонтындағы қорғасынның мөлшері 20,48±0,31 мг/кг, ал 40 см тереңдігінде 19,28±0,25 мг/кг қорғасын аккумуляцияланған. Талдау нәтижелерінің көрсеткіштері негізінде Алматы қаласының топырағында Pb Талғар қаласының топырағына қарағанда топырақтың төменгі бөлігінде 9,07 мг/кг көп жинақталған. Талғар қаласының топырағының 20 см қабатында көп мөлшерде аккумуляцияланған, ал 40 см тереңдікте оның мөлшері азайған. Қорғасын табиғи жағдайда топырақтың төменгі қабатында түзіледі, ал антропогендік факторға байланысты топырақтың А, В қабаттарында жинақталатыны анықталған. Алматы қаласының топырағының 40 см тереңдігінде де оның мөлшері артқан, бұл табиғи түзілуімен сәйкес келеді, дегенмен топырақтың А, В профилінде көп шоғырлануы ластануды көрсетеді.

Топырақтың pH деңгейі өсімдіктердің қоректік заттарды сіңіру мүмкіндігіне әсер етеді. Қышқыл топырақта темір, марганец көп болуы мүмкін, ал сілтілі топырақта фосфор мен темірдің тапшылығы орын алуы ықтимал. Топырақтың pH-на көрсеткішіне байланысты қорғасын топырақта жинақталады, сондықтан топырақтың pH-ы екі орта топырағынан анықталды. Зерттеу мағлұматы негізінде Алматы қаласындағы топырақтың pH-6, яғни қышқылды, ал Талғар қаласының топырағының pH-7 нейтралды болатыны белгілі болды.

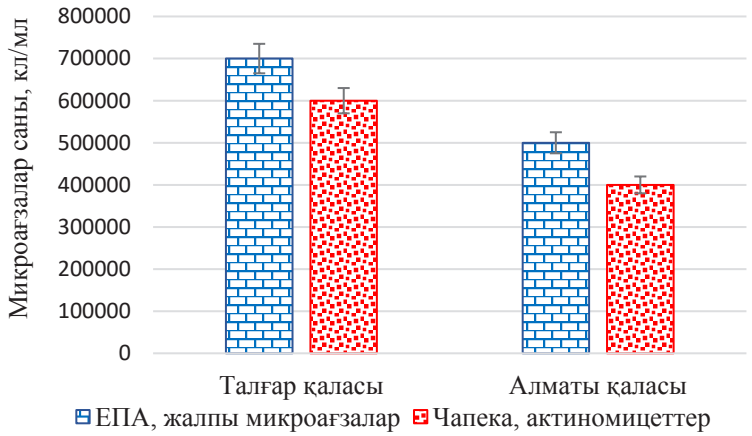
Сонымен қатар, pH деңгейі топырақтағы микроорганизмдердің тіршілігіне де ықпал етеді, себебі алуан түрлі микроорганизмдер тек белгілі бір pH деңгейінде белсенді тіршілікте болады.

Сондықтан екі нүкте топырағында аккумуляцияланған қорғасынның микроағазалардың

сан мөлшеріне әсері талданды, ол 1-суретте көрсетілген. Талғар қаласының топырағындағы ет пептонды агар ортасында өсіп жетілген жалпы микроағзалар саны $7 \cdot 10^5$ кл/мл, ал Алматы қаласынан алынған топырақта $5 \cdot 10^5$ өскен. Чапека ортасында өскен актиномицеттер Талғар қаласындағы топырақтағы микроағзалар саны $6 \cdot 10^5$, Алматы қаласындағы $4 \cdot 10^5$ өскен. Талғар қаласының топырағында микроағзалардың санының жоғары болуы бұл аймақтың топырағының биологиялық белсенділігінің жоғары болуын айғақтайды.

1-сурет

Алматы және Талғар қалаларының топырақтарындағы микроағзалар динамикасы



Ескерту: автор құрастырған.

Зерттеу мәліметтері қорғасынның топырақ микроағзаларына айтарлықтай тежегіш әсер ететінін көрсетеді. Яғни, микроағзалардың жасушалық мембраналарына еніп, метаболизмдік үдерістерді бұзады және ферменттердің белсенділігін төмендетеді (Плешакова, 2020). Бұл олардың динамикасын тежейді немесе тіршілігінің тоқтатуына әкеледі.

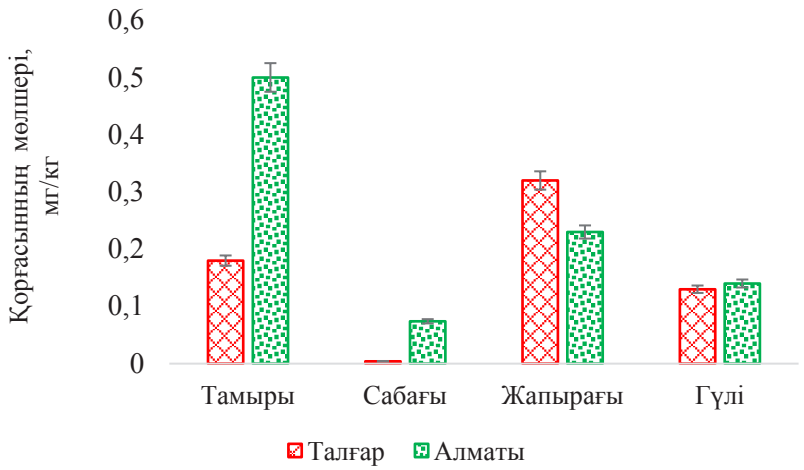
Талдау жұмысы Алматы және Талғар қалаларының аумағында өскен кәдімгі бақбақ өсімдігінің тамыры, сабағы мен жапырақтарында қорғасынның шоғыралану мөлшерін талдаумен жалғасты. Артық жинақталған поллютанттар сол ортада өсетін өсімдіктердің флоэма және ксилема өткізгіш шоқтары арқылы өсімдіктің бойында таралып, 1-1,5 айға дейін сақталуы мүмкін. Осы аралықта қорекке пайдаланғанда трофикалық тізбекпен әр түрлі звенодағы жануарларға одан адам ағзасына өтуі ықтималдығы жоғары болады (Титов, 2020).

Алматы және Талғар қалаларында өсетін бақбақ өсімдігінің жер асты және жер үсті мүшелері өсімдіктің вегетациялық кезеңі бойынша жиналды және талданды. Топырақтағы металдардың динамикасы және элементтердің фитоаккумуляциялануы зерттеулерде маңызды (Pietrzykowski, 2014). Фитоаккумуляция бұл өсімдіктердің тіршілігіне және экожүйеге жүктеме түсіруі мүмкін. 2-сурет қорғасынның өсімдіктің тамыры, сабағы, жапырағы және гүлінде аккумуляциялануы сипатталған.

Алматы қаласында өскен кәдімгі бақбақтың сабағындағы Pb-ның мөлшері 0,074±0,0025 мг/кг, тамыр бөлігінде 0,50±0,032 мг/кг, жапырағында 0,23±0,019 мг/кг шамасында, ал гүлінде 0,14±0,011 мг/кг. Талғар қаласында өскен бақбақ өсімдігінің сабағындағы оның концентрациясы 0,004±0,0003 мг/кг, тамырында 0,18±0,005 мг/кг, жапырағына 0,32±0,030 мг/кг, гүлінде 0,13±0,009 мг/кг шамасында акумуляцияланған.

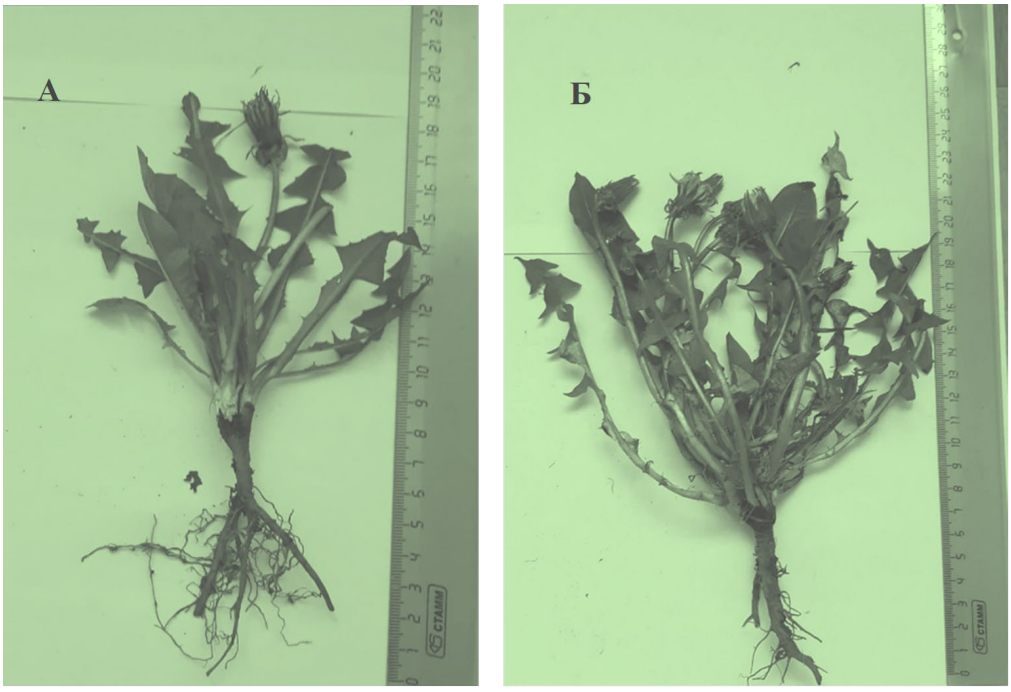
Алматы қаласынан алынған кәдімгі бақбақ өсімдігіне жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша қорғасынның мөлшері Талғар қаласындағы өсімдікке қарағанда жоғары концентрациясы анықталды. Яғни, өсімдіктің тамырында қорғасынның көп жинақталатыны белгілі болды.

2-сурет
Өсімдік мүшелерінде жинақталған қорғасынның мөлшері



Экологиялық жағдайы екі түрлі ортада өскен өсімдіктерде қорғасын өсімдіктің тамыры мен жапырағында шоғырлатыны байқалады. Бұл өз кезегінде өсімдіктің морфологиялық құрылымының қалыптасуына да әсерін тигізеді, ол 3-суретте көрсетілген.

3-сурет
Алматы және Талғар қалаларында өскен бақбақ өсімдігінің морфологиялық ерекшелігі



А – Алматы, Б – Талғар қалаларында өскен өсімдіктер
Ескерту: автор құрастырған.

Екі түрлі экологиялық ортада өскен кәдімгі бақбақтардың морфологиялық дамуында ерекшеліктер бар. Алматы қаласында өскен кәдімгі бақбақтың жапырақтарының саны 8 дана, түсі қошқыл және өсімдіктің биіктігі шамамен 19,3 см, ал Талғар қаласындағы нүсқада жапырақ саны 14 дана, түсі ашық жасыл, өсімдіктің биіктігі 24,0 см. Талғар қаласында өскен өсімдіктің дамуына қолайлы экологиялық орта әсер етуі байқалады.

Өсімдіктің өсуіне сол ортаның экологиялық жүктемесі ықпал етеді. Соның бірі автокөліктерден шығатын ластаушылардың әсері. Автокөліктен шығатын тетраэтил қорғасын өсімдіктің сабағы, тамыры және жапырағының анатомиялық құрылысына да әсер етуі мүмкін. Төменде 4-сурет, 2-кестеде кәдімгі бақбақтың екі ортада өскен жапырағының анатомиялық құрылысы көрсетілген.

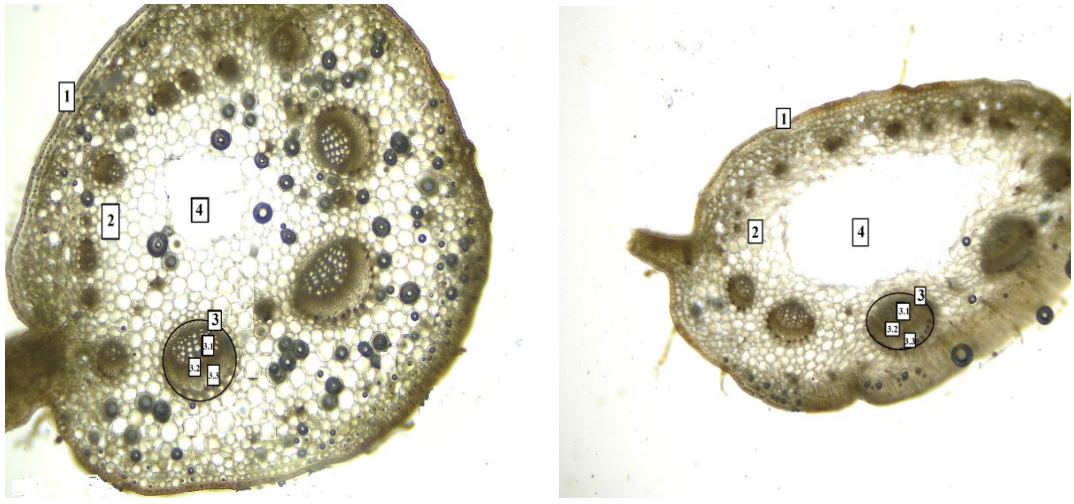
Кәдімгі бақбақ (*Taraxacum officinale* Wigg.) өсімдігінің тамыр, сабақ және жапырағының анатомиялық құрылысы бойынша Талғар қаласы маңынан алынған өсімдік жапырағының өткізгіш шоқ ауданы бойынша Алматы қаласынан алынған үлгіден 65%-ға артық екендігі анықталды.

Жапырақтың эпидермисінің қалыңдығы Талғар қаласынан алынған үлгіде 30,7 мкм, Алматы қаласынан алынған үлгіде 20,6 мкм (салыстырмалы көрсеткіш – 33%) көрсетті. Жапырақтың паренхималық жасушаларының қалыңдығы бойынша Талғар қаласындағы үлгіде салыстарымалы көрсеткіш шамамен 60% басым екендігі байқалды. Жапырақтың орталық ауа қуысының ауданы бойынша Алматы қаласынан алынған үлгі 64% жуық басым екендігі анықталды.

Топырақта және өсімдіктің мүшелерінде жиналған қорғасынның мөлшері бойынша өсімдіктің анатомиялық құрылысының ерекшелігі болатыны анықталды.

4-сурет

Кәдімгі бақбақ (Taraxacum officinale Wigg.) өсімдігі жапырағының анатомиялық құрылысы



А Б

1 – эпидермис; 2 – паренхималық жасуша; 3 – өткізгіш шоқ (3.1 – ксилема, 3.2 – флоэма, 3.3 – склеренхима); 4 – ауа қуысы.
Ескерту: автор құрастырған.

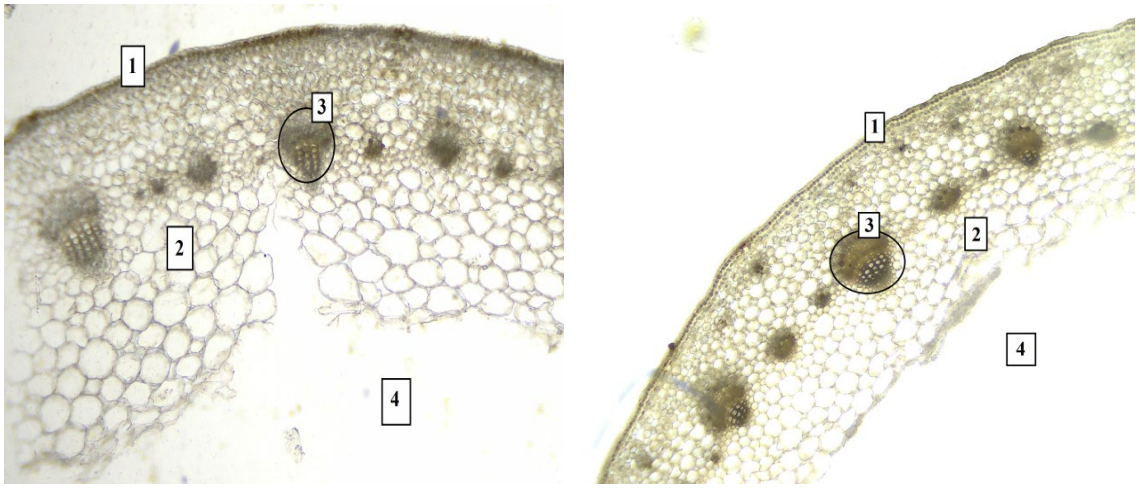
Сабақтың анатомиялық құрылысында Талғар қаласынан алынған өсімдік сабағының эпидермис қалыңдығы – 19,1 мкм, Алматы қаласында өскен үлгіде – 16,5 мкм екендігі анықталды. Салыстырмалы талдау бойынша 13% айырмашылықты көрсетті. Екі ортада өскен бақбақ өсімдігінің анатомиялық құрылысы туралы мағлұматтар 5-сурет, 3-кестеде келтірілген.

2-кесте
Кәдімгі бақбақ (Taraxacum officinale Wigg.) өсімдігінің жапырағының анатомиялық көрсеткіші, мкм²

№	Үлгі	Талғар қаласы	Алматы қаласы
1	Өткізгіш шоқ	65264,1±25,05	22420,8±7,08
2	Эпидермис	30,7±0,6	20,6±0,3
3	Паренхималық жасуша	850,9±8,06	342,7±3,15
4	Орталық ауа қуысы	96039,07±31,09	267927,3±9,25

Ескерту: автор құрастырған.

5-сурет
Кәдімгі бақбақ (Taraxacum officinale Wigg.) өсімдігі сабағының анатомиялық құрылысы



А *Б*

А – Талғар қаласынан алынған үлгі; Б – Алматы қаласынан алынған үлгі.
1 – эпидермис; 2 – паренхималық жасуша; 3 – өткізгіш шоқ; 4 – ауа қуысы.
Ескерту: автор құрастырған.

Сабақтың өткізгіш шоқ ауданы бойынша Талғар қаласы маңында өскен кәдімгі бақбақ өсімдігінде 38% артық екендгі анықталды. Паренхималық жасуша қалыңдығы бойынша алынған нәтижеде 14% Талғар қаласы маңынан алыған үлгіде басым екендігі анықталды.

3-кесте
Кәдімгі бақбақ (Taraxacum officinale Wigg.) өсімдігі сабағының анатомиялық құрылысының ерекшеліктері, мкм²

№	Үлгі	Талғар қаласы	Алматы қаласы
1	Өткізгіш шоқ	37419,6±13,03	22895,3±
2	Эпидермис	19,1±0,02	16,5±0,01
3	Паренхималық жасуша	750,7±7,84	639,7±6,009

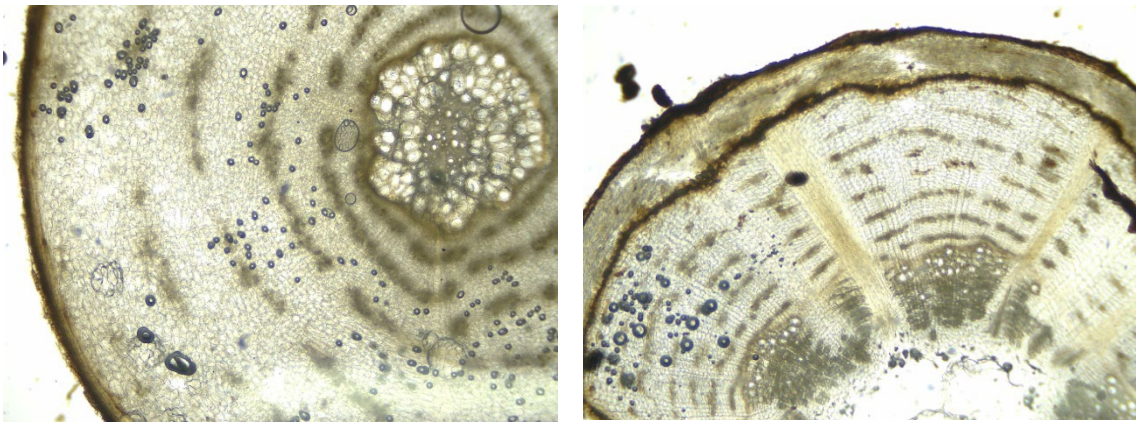
Ескерту: автор құрастырған.

Талғар және Алматы қалаларында өскен бақбақтың өткізгіш шоғы, эпидермис қалыңдығы, паренхималық жасушалары және орталық ауа қуысының ауданы бойынша әр түрлі қалыптасатыны зерттеу мағлұматтары негізінде белгілі болды.

Екі ортада өскен бақбақтың тамырындағы өзгешелік салыстырмалы түрде талданды, оны 6-суреттен көреміз.

Өсімдік тамырының анатомиялық құрылысының салыстырмалы талдау нәтижелері Алматы қаласында өскен өсімдіктің тамырының анатомиялық құрылысында жылдық сақиналарының түзілуі Талғар қаласынан алынған үлгімен (230 мкм) салыстырғанда тығыз (91,7 мкм) және біркелкі емес. Бұл қорғасынның тамырда көп жинақталуы корреляциялық көрсеткішті айқындайды.

6-сурет
Кәдімгі бақбақ (Taraxacum officinale Wigg.) өсімдігі тамырының анатомиялық құрылысы



А Б

А – Талғар қаласынан алынған үлгі; Б – Алматы қаласынан алынған үлгі.
Ескерту: автор құрастырған.

Қорытынды

Қоршаған ортасының экологиялық жағдайы ерекшеленетін Талғар және Алматы қалаларының автокөліктерінен шығатын қорғасынның әсеріне зерттеу жүргізілді. Топырақта қорғасынның аккумуляциялануы топырақтың pH-на байланысты болады, сондықтан алдымен топырақтың pH ортасы анықталды. Талдау нәтижесінде Алматы қаласының топырағының pH-6, қышқылды, ал Талғар қаласының топырағының pH-7 нейтралды екені дәлелденді.

Қорғасынның топырақта шоғырлану мөлшерін талдауда Талғар қаласына қарағанда Алматы қаласының топырағының 20 см қабатында 3,61 мг/кг және 40 см қабатында 9,07 мг/кг концентрациясы жоғары жинақталған. Бұл автокөлік жүктемесі жоғары Алматы қаласының қорғасынмен ластануы жоғары болатынын айғақтайды.

Екі қала топырағындағы микроағзалардың жалпы санында және актиномицеттерде ерекшеліктер бар. Талғар қаласындағы жалпы микроағзалар 162 данаға, актиномицеттер 176 данаға басым жетілген.

Алматы және Талғар қалаларында өскен кәдімгі бақбақтың мүшелерінде жиналған қорғасын концентрациясын талдауда ол алдымен тамырда кейіннен жапырақта, сабақта және гүлінде жиналғаны белгілі болды. Алматы қаласында өскен кәдімгі бақбақтың сабағындағы 0,07 мг/кг, тамырында 0,32 мг/кг, жапырағында 0,09 мг/кг және гүлінде 0,01 мг/кг қорғасын жиналған. Антропогендік жүктемесі жоғары Алматы мегаполисінде өскен кәдімгі бақбақта қорғасын жоғары деңгейде аккумуляцияланған.

Алматы және Талғар қалаларының топырағында қорғасынның шоғырлануына байланысты сол орталарда өскен кәдімгі бақбақтың

экологиялық-анатомиялық ерекшелігі зерттелді. Жапырақтың эпидермис қалыңдығы Талғар қаласынан алынған үлгіде 33%-ға, жапырақтың паренхималық жасушаларының қалыңдығы шамамен 60% басым екендігі байқалды. Жапырақты орталық ауа қуысының ауданы Алматы қаласы үлгісінде 64% жуық жоғары көрсеткіште болды. Сабақтың анатомиялық құрылысында Талғар қаласынан алынған өсімдік сабағының эпидермис қалыңдығы 13%, ал паренхималық жасушаның қалыңдығы 14% жоғары болды. Алматы қаласында өскен өсімдіктің тамырының анатомиялық құрылысында жылдық сақиналарының түзілуі Талғар қаласынан алынған үлгіде 138,3 мкм жоғары көрсеткіште анықталды.

Қорытындылай келе, өсімдіктің биоэкологиялық ерекшеліктері қоршаған ортаның экологиялық жағдайымен тығыз байланыстылығы нақтыланды. Ауыр металдардың топыраққа жинақталуы ондағы микроағзалардың санына және өсімдіктің өсуіне кері әсерін тигізеді. Талдау нәтижелері бойынша кәдімгі бақбақ өсімдігін таза экологиялық ортадан тағам, дәрілік мақсатта, косметикада пайдалануға алу ұсынылады.

Ластанған топырақ үлгілерін зерттеу, бір жағынан, қалалық агломерация топырақтарының техногендік уыттылығының физиологиялық маңызды деңгейін, ал екінші жағынан, жақсы сараланuына байланысты кәдімгі бақбақты ластаушы заттарға талдауда индикатор ретінде пайдалану мүмкіндігі расталды. Түрлі қалалық экожүйелерде топырақтан түсетін қорғасынның жақсы биоаккумуляциясымен үйлескен кәдімгі бақбақтың морфологиялық-анатомиялық ерекшеліктері қалалық топырақтың мониторингі үшін биоиндикаторлар ретінде ұсынылатын өсімдіктерге жатқызуға мүмкіндік береді.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Авторлардың үлесі:

Тұжырымдаманы әзірлеу – Даулетбаева М.М.; Бағдарламалық қамтамасыз ету – Байташева Г.У. Айтжанова М.О:, Кулбекова А.; Валидация – Таныбаева А.К., Дауелтбаева М.М.; Иманова Э.М.; Формалды талдау – Байташева Г.У., Даулетбаева М.М., Таныбаева А.К. Иманова Э.М.; Зерттеу – Даулетбаева М.М., Таныбаева А.К., Кулбекова А.; Ресурстар – М.О.Айтжанова; Даулетбаева М.М. Деректерді өңдеу – Даулетбаева М.М., Иманова Э.М.; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – Даулетбаева М.М. Қарау және редакциялау – Иманова Э.М.; Визуализация – Иманова Э.М., Айтжанова М.О.; Ғылыми жетекшілік – Даулетбаева М.М.; Жобаны басқару – Даулетбаева М.М.

Әдебиеттер

Онистратенко, Н. В., & Рубанова, К. И. (2021). Одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* L. как перспективный инструмент биодиагностики состояния городской среды. *Natural Systems and Resources, 11*(3), 18–21. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46666070

Дегодя, Е. Ю., & Мальцева, Е. В. (2016). Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду. *Современные проблемы транспортного комплекса России, 6*(1), 34–37. https://doi.org/10.18503/2222-9396-2016-6-1-34-37

Zajęcka, E., & Świercz, A. (2021). Biomonitoring of the urban environment of Kielce and Olsztyn (Poland) based on studies of total and bioavailable lead content in soils and common dandelion (*Taraxacum officinale* agg.). *Minerals, 11*(1), 52. https://doi.org/10.3390/min11010052

Калимолдина, Л. М., Султангазиева, Г. С., & Сулейменова, М. Ш. (2022). Загрязнение тяжелыми металлами почв городской зоны Алматы. *Почвоведение и агрохимия, 3*, 38–45. https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_3_38

Nas, F. S., & Ali, M. (2018). The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: A review. *MOJ Ecology & Environmental Sciences, 3*(4), 265–268. https://medcraveonline.com/MOJES/the-effect-of-lead-on-plants-in-terms-of-growing-and-biochemical-parameters-a-review.html

Титов, А. Ф., Казнина, Н. М., Карапетян, Т. А., & Доршакова, Н. В. (2020). Влияние свинца на живые организмы. *Журнал общей биологии, 81*(2), 147–160.

Raj, K., & Das, A. P. (2023). Lead pollution: Impact on environment and human health and approach for a sustainable solution. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 5*, 79–85. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590182623000048

Курганбеков, Ж. Н., Утебаев, А. А., & Мухамедов, Р. С. (2022). Накопление и распределение тяжелых металлов в системе «почва–растение». *Известия НАН РК. Серия химических наук, 4*, 88–95. https://doi.org/10.32014/2518-1491.138

Беляева, Ю. В., & Саксонов, С. С. (2019). Влияние автотранспорта на древесные растения города (на примере г. Тольятти, Самарская область). *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 28*(1), 97–99. https://doi.org/10.24411/2073-1035-2019-10187

Какарека, С. В. (2018). Динамика содержания свинца в атмосферном воздухе. *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук, 54*(4), 467–477. https://doi.org/10.29235/1561-8331-2018-54-4-467-477

Чомаева, М. Н. (2020). Автотранспорт и его влияние на экологическую ситуацию в городской местности. *International Journal of Humanities and Natural Sciences, 3–1*(42), 6–10. http://intjournal.ru/wp-content/uploads/2020/04/CHomaeva.pdf

Онистратенко, Н. В., & Рубанова, К. И. (2021). Одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* L. как перспективный инструмент биодиагностики состояния городской среды. *Natural Systems and Resources, 11*(3), 18–21.

Дьякова, Н. А. (2021). Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье одуванчика лекарственного. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии, 24*(3), 49–54. https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07

Pisman, M., & Bonte, D. (2020). Urbanization alters plastic responses in the common dandelion (*Taraxacum officinale*). *Ecology and Evolution, 9*, 4082–4090. https://doi.org/10.1002/ece3.6176

Молодцов, В. А., & Гуськов, А. А. (2014). *Определение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта*. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Шентерова, Е. М., Мазиров, М. А., Гафурова, Л. А., & Джалилова, Г. Т. (2020). *Биология и экология почв*. Владимир.

Количественный химический анализ: методики и измерения. (2021). https://meganorm.ru/Index2/1/4293824/4293824640.htm

Барсуков, В. И. (2004). *Пламенно-эмиссионные и атомно-абсорбционные методы анализа и инструментальные способы повышения их чувствительности*. Мәскеу: Машиностроение-1.

Мухитдинов, Н., Бегенов, Ә., & Айдосова, С. (2023). *Өсімдіктер морфологиясы мен анатомиясы*. Алматы: Эверо.

Румянцева, Д. Е. (2023). *Морфология и анатомия растений*. Санкт-Петербург: Лань.

Sadyrova, G. A., Amankul, Zh. B., Bayzhigitov, D. K., & Jamilova, S. M. (2022). Impact of road transport on the level of air pollution in the city of Almaty. *Экология сериясы, 1*(70), 37–44. https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.04

Дерябин, В. А., Фарафонтова, Е. П. (2016). *Экология*. Екатеринбург: Уральский университет.

Bondar, V., Makarenko, N., & Symochko, L. (2019). Lead mobility in the soil of different agroecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science, 9*, 709–716. https://doi.org/10.31407/ijees9416

Baghdadi, M. E., Barakat, A., Sajieddine, M., & Nadem, S. (2012). Heavy metal pollution and soil magnetic susceptibility in urban soil of Beni Mellal City (Morocco). *Environmental Earth Sciences, 66*, 141–155. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1215-5

Galušková, I., Borůvka, L., & Drábek, O. (2011). Urban soil contamination by potentially risk elements. *Soil and Water Research, 6*, 55–60.

Плешакова, Е. В., Зеленова, Н. А., Нгун, Т., & Решетников, М. В. (2020). Влияние на почвенную микробиоту железа, меди и никеля. *Поволжский экологический журнал, 1*, 66–85. https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-1-66-85

Титов, А. Ф., Казнина, Н. М., Карапетян, Т. А., & Доршакова, Н. В. (2020). Влияние свинца на живые организмы. *Журнал общей биологии, 81*(2), 147–160. https://doi.org/10.31857/S0044459620020086

Pietrzykowski, M., Socha, J., & Van Doorn, N. S. (2014). Linking heavy metal bioavailability (Cd, Cu, Zn and Pb) in Scots pine needles to soil properties in reclaimed mine areas. *Science of the Total Environment*, 501–510. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24176697/

References

Onistratenko, N. V., & Rubanova, K. I. (2021). Oduvanchik lekarstvennyj *Taraxacum officinale* L. kak perspektivnyj instrument biodiagnostiki sostojanija gorodskoj sredy. *Natural Systems and Resources, 11*(3), 18–21. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46666070

Degodja, E. Ju., & Mal'ceva, E. V. (2016). Vlijanie avtomobil'nogo transporta na okruzhajushhuju sredu. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii, 6*(1), 34–37. https://doi.org/10.18503/2222-9396-2016-6-1-34-37

Zajęcka, E., & Świercz, A. (2021). Biomonitoring of the urban environment of Kielce and Olsztyn (Poland) based on studies of total and bioavailable lead content in soils and common dandelion (*Taraxacum officinale* agg.). *Minerals, 11*(1), 52. https://doi.org/10.3390/min11010052

Kalimoldina, L. M., Sultangazieva, G. S., & Sulejmenova, M. Sh. (2022). Zagrjaznenie tjazhelymi metallami pochv gorodskoj zony Almaty. *Pochvovedenie i agrohimija, 3*, 38–45. https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_3_38

Nas, F. S., & Ali, M. (2018). The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: A review. *MOJ Ecology & Environmental Sciences, 3*(4), 265–268.

Titov, A. F., Kaznina, N. M., Karapetjan, T. A., & Dorshakova, N. V. (2020). Vlijanie svinca na zhivye organizmy. *Zhurnal obshhej biologii, 81*(2), 147–160.

Raj, K., & Das, A. P. (2023). Lead pollution: Impact on environment and human health and approach for a sustainable solution. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 5*, 79–85. https://doi.org/10.1016/j.enceco.2023.01.004

Kurganbekov, Zh. N., Utebaev, A. A., & Muhamedov, R. S. (2022). Nakoplenie i raspredelenie tjazhelyh metallov v sisteme «pochva–rastenie». *Izvestija NAN RK. Serija himicheskih nauk, 4*, 88–95. https://doi.org/10.32014/2518-1491.138

Beljaeva, Ju. V., & Saksonov, S. S. (2019). Vlijanie avtotransporta na drevesnye rastenija goroda (na primere g. Tol'jatti, Samarskaja oblast'). *Samarskaja Luka: problemy regional'noj i global'noj jekologii, 28*(1), 97–99. https://doi.org/10.24411/2073-1035-2019-10187

Kakareka, S. V. (2018). Dinamika soderzhanija svinca v atmosfernom vozduhe. *Vesci Nacyjanal'naj akadjemii navuk Belarusi. Seryja himichnyh navuk, 54*(4), 467–477. https://doi.org/10.29235/1561-8331-2018-54-4-467-477

Chomaeva, M. N. (2020). Avtotransport i ego vlijanie na jekologicheskuju situaciju v gorodskoj mestnosti. *International Journal of Humanities and Natural Sciences, 3-1*(42), 6–10.

Onistratenko, N. V., & Rubanova, K. I. (2021). Oduvanchik lekarstvennyj *Taraxacum officinale* L. kak perspektivnyj instrument biodiagnostiki sostojanija gorodskoj sredy. *Natural Systems and Resources, 11*(3), 18–21.

D'jakova, N. A. (2021). Osobennosti nakoplenija tjazhelyh metallov i mysh'jaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'e oduvanchika lekarstvennogo. *Voprosy biologicheskoj, medicinskoj i farmacevticheskoj himii, 24*(3), 49–54. https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07

Pisman, M., & Bonte, D. (2020). Urbanization alters plastic responses in the common dandelion (*Taraxacum officinale*). *Ecology and Evolution, 9*, 4082–4090. https://doi.org/10.1002/ece3.6176

Molodcov, V. A., & Gus'kov, A. A. (2014). *Opredelenie vybrosov zagrjaznjajushhih veshhestv ot avtotransporta*. Tambov: TGTU.

Shenterova, E. M., Mazirov, M. A., Gafurova, L. A., & Dzhalilova, G. T. (2020). *Biologija i jekologija pochv*. Vladimir.

Kolichestvennyj himicheskij analiz: Metodiki i izmerenija. (2021).

Barsukov, V. I. (2004). *Flame emission and atomic absorption methods of analysis and instrumental ways to increase their sensitivity*. Moscow: Mashinostroenie-1.

Muhitdinov, N., Begenov, Ә., & Ajdosova, S. (2023). *Өsimdikter morfologijasy men anatomijasy*. Almaty: Evero.

Rumjanceva, D. E. (2023). *Morfologija i anatomija rastenij*. Sankt-Peterburg: Lan'.

Sadyrova, G. A., Amankul, Zh. B., Bayzhigitov, D. K., & Jamilova, S. M. (2022). Impact of road transport on the level of air pollution in the city of Almaty. *Jekologija serijasy, 1*(70), 37–44. https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.04

Deryabin, V. A., & Farafontova, E. P. (2016). ***Ecology***. Yekaterinburg: Ural University.

Bondar, V., Makarenko, N., & Symochko, L. (2019). Lead mobility in the soil of different agroecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science, 9*, 709–716. https://doi.org/10.31407/ijees9416

Baghdadi, M. E., Barakat, A., Sajieddine, M., & Nadem, S. (2012). Heavy metal pollution and soil magnetic susceptibility in urban soil of Beni Mellal City (Morocco). *Environmental Earth Sciences, 66*, 141–155. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1215-5

Galušková, I., Borůvka, L., & Drábek, O. (2011). Urban soil contamination by potentially risk elements. *Soil and Water Research, 6*, 55–60.

Pleshakova, E. V., Zelenova, N. A., Ngun, T., & Reshetnikov, M. V. (2020). Vlijanie na pochvennuju mikrobiotu zheleza, medi i nikelja. *Povolzhskij jekologicheskij zhurnal, 1*, 66–85. https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-1-66-85

Titov, A. F., Kaznina, N. M., Karapetjan, T. A., & Dorshakova, N. V. (2020). Vlijanie svinca na zhivye organizmy. *Zhurnal obshhej biologii, 81*(2), 147–160. https://doi.org/10.31857/S0044459620020086

Pietrzykowski, M., Socha, J., & Van Doorn, N. S. (2014). Linking heavy metal bioavailability (Cd, Cu, Zn and Pb) in Scots pine needles to soil properties in reclaimed mine areas. *Science of the Total Environment*, 501–510.

Авторлар туралы мәлімет:

Даулетбаева Маржанкуль Мырзахметовна (корреспондент-автор) – биология ғылымдарының кандидаты, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің Биология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қаласы Қазақстан, эл.почта: marjandmm19@gmail.com).

Байташева Гаухар Умиралиевна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің Жаратылыстану институтының директоры, доцент (Алматы қаласы Қазақстан, эл.почта: baitasheva2004@gmail.com).

Таныбаева Айнур Кабдрасуловна – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының доценті (Алматы қаласы Қазақстан, эл.почта: marjandmm19@gmail.com).

Кулбекова Айман Абдижапбаровна – магистр, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің Биология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қаласы Қазақстан, эл.почта: Kulbekova.aiman@gmail.com).

Айтжанова Мира Онланбековна – биология ғылымдарының кандидаты, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің Биология кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а. (Алматы қаласы Қазақстан, эл.почта: aytzhanovamira09@gmail.com).

Иманова Эльмира Мырзабековна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің Биология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қаласы Қазақстан, эл.почта: imanovaelmira74@gmail.com).

Information about authors:

Dauletbaeva Marzhankul Myrzakhmetovna (corresponding author) – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Biology, Kazakh National Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: marjandmm19@gmail.com).

Baitasheva Gaukhar Moryalievna – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Institute of Natural Sciences of the Kazakh National Women's Pedagogical University, Associate Professor (Almaty, Kazakhstan, e-mail: baitasheva2004@gmail.com).

Tanybaeva Ainur Kabdrasulovna – candidate of biological sciences, associate professor of the UNESCO Department of Sustainable Development of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: marjandmm19@gmail.com).

Kulbekova Ayman Abdizhapbarovna – master, Senior Lecturer, Department of Biology, Kazakh National Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Kulbekova.aiman@gmail.com).

Aitzhanova Mira Onlanbekovna – Candidate of Biological Sciences, acting Associate Professor, Department of Biology, Kazakh National Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aytzhanovamira09@gmail.com).

Imanova Elmira Myrzabekovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology of the Kazakh National Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: imanovaelmira74@gmail.com).

Сведения об авторах:

Даулетбаева Маржанкуль Мырзахметовна (корреспондент-автор) – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологии Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: marjandmm19@gmail.com).

Байташева Гаухар Умиралиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, директор Института естественных наук Казахского национального женского педагогического университета, доцент (Алматы, Казахстан, e-mail: baitasheva2004@gmail.com).

Таныбаева Айнур Кабдрасуловна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: marjandmm19@gmail.com).

Кулбекова Айман Абдижапбаровна – магистр, старший преподаватель кафедры биологии Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: Kulbekova.aiman@gmail.com).

Айтжанова Мира Онланбековна – кандидат биологических наук, и. о. ассоциированного профессора кафедры биологии Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: aytzhanovamira09@gmail.com).

Иманова Эльмира Мырзабековна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры биологии Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: imanovaelmira74@gmail.com).

Келіп түсті: 31 наурыз 2025 жыл
Қабылданды: 04 қаңтар 2026 жыл

МРНТИ 36.01.81 https://doi.org/10.26577/JGEM80120268

Т.Б. Нурпеисова, Г.С. Мадимарова*, А.Е. Ормамбекова, Е.Ж. Ормамбеков

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан
*e-mail: g.madimarova@satbayev.university

СПУТНИКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ GNSS В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В статье рассмотрены вопросы повышения точности геодезического мониторинга деформаций гидротехнических сооружений на основе комплексного применения спутниковых GNSS-технологий и традиционных линейно-угловых измерений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения безопасной эксплуатации уникальных гидротехнических сооружений I и II классов ответственности в условиях сложного рельефа, ограниченного радиогоризонта и воздействия сезонных температурных колебаний. Объектом исследования выбрана Усть-Каменогорская гидроэлектростанция, расположенная в сложных орографических условиях предгорной зоны Западного Алтая.

В ходе работы была создана плановая опорная геодезическая сеть, включающая пункты государственной геодезической сети, створные опорные пункты и дополнительные пункты, размещённые с учётом оптимальных условий приёма спутниковых сигналов. Полевые измерения выполнялись двухчастотными геодезическими GNSS-приёмниками в статическом режиме синхронных наблюдений с последующей обработкой дифференциальным методом и уравниванием по методу наименьших квадратов. Для уточнения результатов дополнительно использовались линейно-угловые построения и анализ геометрии сети.

Установлено, что средние квадратические ошибки определения длин базовых линий составили 0,8–1,1 мм, а после оптимизации состава угловых наблюдений точность координатных определений была повышена до 0,6–0,7 мм. Экспериментально подтверждено, что 30-минутные GNSS-сеансы при благоприятных условиях обеспечивают точность, сопоставимую с 5-часовыми наблюдениями. Показано, что комбинированное использование спутниковых приёмников и высокоточных электронных тахеометров позволяет компенсировать ограничения GNSS-методов и повысить надёжность контроля деформаций. Разработанная методика может быть рекомендована для построения систем мониторинга уникальных гидротехнических сооружений и обеспечения их эксплуатационной безопасности.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, геодезический мониторинг, GNSS, трилатерация, деформации, автоматизированные системы контроля, Усть-Каменогорская ГЭС.

T.B. Nurpeissova, G.S. Madimarova*,
A.E. Ormambekova, E.Zh. Ormambekov

Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: g.madimarova@satbayev.university

GNSS satellite technologies in monitoring systems for deformations of hydraulic structures

The article examines approaches to improving the accuracy of geodetic monitoring of deformations of hydraulic engineering structures through the integrated use of satellite GNSS technologies and traditional linear-angular measurements. The relevance of the study is determined by the need to ensure the safe operation of unique hydraulic structures of responsibility classes I and II under conditions of complex terrain, limited radio horizon, and significant seasonal temperature variations. The Ust-Kamenogorsk Hydropower Plant, located in the complex orographic conditions of the foothill zone of the Western Altai, was selected as the research object.

During the study, a horizontal geodetic control network was established, including points of the state geodetic network, alignment reference points, and additional observation points located considering optimal conditions for satellite signal reception. Field measurements were carried out using dual-frequency geodetic GNSS receivers in the static mode of synchronous observations, followed by differential data

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

processing and network adjustment using the least squares method. To refine the results, linear-angular measurements and analysis of the network geometry were additionally applied.

The results showed that the root mean square errors of baseline length determination ranged from 0.8 to 1.1 mm, while after optimization of angular observations the accuracy of coordinate determination increased to 0.6–0.7 mm. It was experimentally confirmed that 30-minute GNSS observation sessions under favorable conditions provide accuracy comparable to 5-hour measurements. The study also demonstrated that the combined use of GNSS receivers and high-precision electronic total stations makes it possible to compensate for the limitations of satellite measurements and improve the reliability of deformation monitoring. The developed methodology can be recommended for the design of monitoring systems for unique hydraulic engineering structures and for ensuring their operational safety.

Keywords: hydraulic structures, geodetic monitoring, GNSS, trilateration, deformations, automated control systems, Ust-Kamenogorsk HPP.

Т.Б. Нұрпейісова, Г.С. Мадимарова*,
А.Е. Ормамбекова, Е.Ж. Ормамбеков
Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті атындағы Қ.И. Сәтбаев, Алматы, Қазақстан
*e-mail: g.madimarova@satbayev.university

Гидротехникалық құрылыстардың деформацияларын бақылау жүйелеріндегі GNSS спутниктік технологиялары

Мақалада гидротехникалық құрылыстардың деформацияларын геодезиялық мониторингтеу дәлдігін арттыру мәселелері спутниктік GNSS технологияларын және дәстүрлі сызықтық-бұрыштық өлшеулерді кешенді қолдану негізінде қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі күрделі жер бедері, радиогоризонттың шектелуі және маусымдық температуралық ауытқулар жағдайында I және II жауапкершілік класына жататын бірегей гидротехникалық құрылыстарды қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз ету қажеттілігімен анықталады. Зерттеу нысаны ретінде Батыс Алтайдың тауалды аймағындағы күрделі орографиялық жағдайда орналасқан Өскемен гидроэлектр станциясы таңдалды.

Зерттеу барысында мемлекеттік геодезиялық желі пункттерін, створлық тірек пункттерін және спутниктік сигналдарды қабылдауға қолайлы жағдайларды ескере отырып орналастырылған қосымша бақылау пункттерін қамтитын жоспарлық тірек геодезиялық желі құрылды. Далалық өлшеулер екі жиілікті геодезиялық GNSS қабылдағыштарын қолдана отырып, синхронды бақылаулардың статикалық режимінде жүргізілді. Алынған деректер дифференциалдық әдіспен өңделіп, ең кіші квадраттар әдісі арқылы желі теңестірілді. Нәтижелерді нақтылау мақсатында сызықтық-бұрыштық өлшеулер және желінің геометриялық құрылымын талдау қосымша қолданылды.

Зерттеу нәтижелері базалық сызықтардың ұзындықтарын анықтаудың орташа квадраттық қателіктері 0,8-1,1 мм аралығында екенін көрсетті, ал бұрыштық бақылаулар құрамын оңтайландырғаннан кейін координаталарды анықтау дәлдігі 0,6-0,7 мм деңгейіне дейін артты. Эксперименттік түрде қолайлы жағдайларда 30 минуттық GNSS бақылау сеанстары 5 сағаттық өлшеулермен салыстырмалы дәлдік беретіндігі дәлелденді. Сонымен қатар спутниктік қабылдағыштарды жоғары дәлдікті электрондық тахеометрлермен бірге қолдану GNSS әдістерінің шектеулерін өтеуге және деформациялық бақылаудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді. Ұсынылған әдістеме бірегей гидротехникалық құрылыстарды мониторингтеу жүйелерін жобалау кезінде қолдануға және олардың қауіпсіз пайдаланылуын қамтамасыз етуге ұсынылады.

Түйін сөздер: гидротехникалық құрылыстар, геодезиялық мониторинг, GNSS, трилатерация, деформациялар, бақылаудың автоматтандырылған жүйелері, Өскемен ГЭС.

Введение

Обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) является приоритетной задачей в условиях возрастающих техногенных и природных нагрузок. Особую актуальность приобретает контроль пространственных деформаций сооружений I и II классов ответственности, для которых нормативными документами предусмотрено применение автоматизированных информационно-диагностических систем мониторинга.

Современные тенденции развития геодезического приборостроения связаны с широким внедрением спутниковых технологий позиционирования (GNSS), обеспечивающих непрерывность наблюдений, автоматизацию обработки данных и высокую точность определения координат (Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС, 2008; Yu J., 2016). Однако в условиях сложного

рельефа, ограниченного радиогоризонта и повышенных требований к точности мониторинга применение исключительно спутниковых методов не всегда обеспечивает необходимый уровень достоверности результатов.

Целью настоящего исследования является анализ эффективности применения спутниковых GNSS-технологий в сочетании с традиционными линейно-угловыми построениями для повышения точности определения координат опорных пунктов и параметров деформаций гидротехнических сооружений, а также разработка рекомендаций по построению оптимальной геодезической сети мониторинга.

Материалы и методы исследования

Сведения об объекте

Усть-Каменогорская ГЭС по своим технико-эксплуатационным характеристикам относится к категории уникальных гидротехнических сооружений. Гидроузел расположен на левом берегу реки Иртыш, в предгорной зоне Западного Алтая, приблизительно в 12 км выше города Усть-Каменогорска. В районе размещения шахтного шлюза рельеф отличается значительной расчленённостью: перепад отметок достигает 120 м. Расстояние от шлюза до русла р. Иртыш составляет около 220 м.

Усть-Каменогорская ГЭС относится к уникальным гидротехническим сооружениям с высоконапорным шахтным шлюзом (Н = 42 м), расположенным в горной местности с перепадом высот до 120 м и значительными сезонными температурными колебаниями. Конструктивные особенности и условия эксплуатации обуславливают необходимость высокоточного контроля осадок и горизонтальных смещений сооружений (Reguzzoni,2022; Tretyak, 2025).

Речная стенка шлюза выполнена из железобетона, при этом примерно 30 % её протяжённости размещено в скальном основании. Береговая стенка также железобетонная и полностью опирается на скальный массив. Территория характеризуется резко континентальным климатом: среднегодовая температура воздуха составляет +2,7 °С, а среднегодовая амплитуда температур достигает 37,8 °С, что обуславливает значительные сезонные температурные деформации конструкций.

Рисунок 1
Усть-Каменогорская ГЭС



Примечание: составлено автором.

Методы исследования

Исследование выполнено на базе геодезической службы Усть-Каменогорской ГЭС с целью оценки эффективности применения спутниковых GNSS-технологий при мониторинге деформаций гидротехнических сооружений.

Для осуществления контроля пространственных перемещений была создана плановая

опорная геодезическая сеть, в состав которой вошли: существующие исходные пункты государственной геодезической сети (ГГС), створные опорные пункты, размещённые в участках с оптимальными условиями приёма спутниковых сигналов, а также дополнительные кустовые пункты, заложенные на расстоянии 10–50 м от базовых точек.

Проектирование геодезической сети выполнялось с учётом требований обеспечения миллиметровой точности координатных определений и сокращения протяжённости базовых линий.

Для повышения геометрической устойчивости и точностных характеристик сети применён принцип спутниковой трилатерации с предварительным анализом конфигурации сети и оценкой ожидаемой точности в программном комплексе CREDO.

Полевые измерения проводились специализированными двухчастотными геодезическими GNSS-приёмниками в статическом режиме наблюдений. Использовалась методика синхронных измерений, предусматривающая одновременную регистрацию сигналов не менее чем от четырёх одинаковых спутников на всех пунктах сети.

Продолжительность сеансов наблюдений составляла 30 минут при благоприятных условиях приёма спутниковых сигналов и увеличивалась до 5 часов при выполнении контрольных и сравнительных измерений.

Определялись не абсолютные координаты отдельных пунктов, а приращения пространственных координат между синхронно работающими приёмниками, что позволило снизить влияние систематических ошибок.

Обработка данных осуществлялась с использованием дифференциального метода и последующего уравнивания сети методом наименьших квадратов.

Выполнялись замкнутые линейно-угловые построения в осенне-зимний периоды с целью учёта сезонных температурных воздействий.

Анализ конфигурации геодезической сети предусматривает исследование влияния угловых измерений на итоговую точность координатных определений, экспериментальное исключение отдельных направлений, а также повторное уравнивание наблюдений с целью выбора оптимальной схемы измерений.

Оценка точности определения координат выполнялась по значениям средних квадратических ошибок (СКО) длин базовых линий, по СКО координат пунктов, полученных в результате уравнивания сети, а также на основе анализа уклонений одноимённых сеансов наблюдений. (Xi, 2020)

Кроме того, проводилась оценка эффективности синхронных измерений с использованием нескольких комплектов GNSS-приёмников для определения возможности повышения точности координатных определений.

В исследованиях (Yang, 2019) рассмотрены вопросы обоснования применения технологии спутникового позиционирования для сгущения государственной геодезической сети (ГГС) и формирования надёжной геодезической основы мониторинга гидротехнических сооружений в условиях сложных геоморфологических и инженерно-геологических условий района Усть-Каменогорской ГЭС. Авторами отмечено, что использование глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS) позволяет существенно повысить экономическую эффективность геодезических работ, сократить сроки их выполнения и обеспечить высокую точность определения координат пунктов наблюдательной сети при рациональной организации спутниковых измерений. (Xi, 2018) Высокая точность спутниковых измерений, возможность автоматизации наблюдений и оперативность получения результатов делают GNSS-методы эффективным инструментом для контроля устойчивости плотин и гидроузлов, а также для своевременного выявления опасных деформационных процессов.

Помимо создания геодезической основы для строительства канала, в состав общего комплекса геодезических работ входит также систематическое определение деформаций отдельных элементов сооружений. Для выявления абсолютных смещений конструкций гидротехнических сооружений, в частности бетонных плотин, в настоящее время преимущественно применяют линейно-угловые построения (Мадимарова, 2021).

На начальных этапах эксплуатации наблюдения в деформационных геодезических сетях выполнялись преимущественно методом триангуляции. С внедрением высокоточных светодальномеров и электронных тахеометров угловые измерения стали дополняться линейными, что позволило повысить точность вычисления координат пунктов сети. Степень повышения точности определяется конфигурацией сети, её геометрией и длинами сторон. При этом дальнейшее улучшение точностных характеристик невозможно без оптимизации формы сети, увеличения числа исходных пунктов или сокращения протяжённости измеряемых линий.

Для ряда гидротехнических сооружений установлено, что точность определения координат может быть дополнительно повышена за счёт корректировки методики измерений, в том числе путём исключения избыточных угловых наблюдений. Погрешность измерения направления между циклами до 1″ на расстояниях порядка 1 км способна вызвать смещение взаимного положения опорных пунктов на 5 мм и более. В таких случаях предпочтение может быть отдано трилатерации, дополненной ограниченным числом угловых измерений сопоставимой точности с линейными.

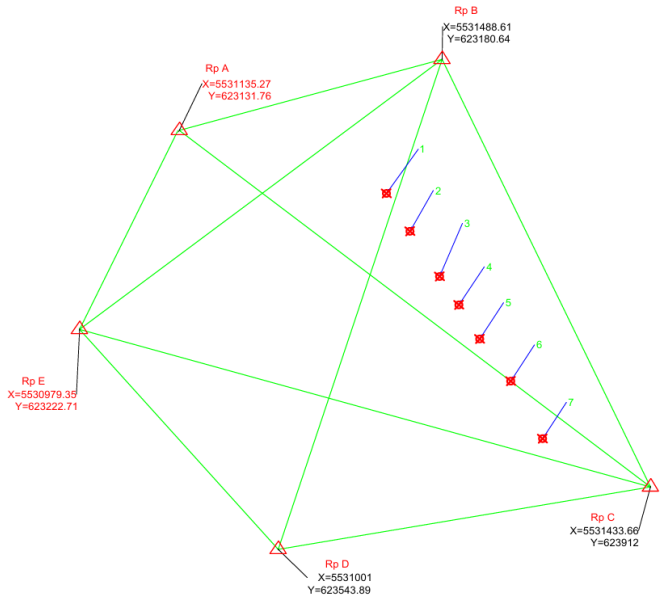
На рисунке 2 представлена схема гидротехнической триангуляционной сети, в которой дополнительно измерены все стороны (Wang, 2020). Согласно предварительному расчёту точности, выполненному в программном комплексе CREDO, средние квадратические погрешности определения положения пунктов А, Б и В, закрепляющих створы на здании ГЭС и водосливной плотине, не превышают 1 мм.

По результатам уравнивания наблюдений средние квадратические ошибки определения координат опорных пунктов составили: для пункта А – 0,9 мм, для пункта В – 1,3 мм, для пункта С – 1,1 мм, для пункта Д – 1,0 мм, для пункта Е – 1,2 мм, что соответствует допустимым нормативным значениям.

Анализ предварительной обработки угловых измерений позволил выявить снижение точности измерения направлений на пункте Б по сравнению с другими пунктами сети. После исключения угловых наблюдений на данном пункте и повторного уравнивания были получены следующие значения СКО: 0,7 мм для пункта А, 0,6 мм для пункта В, 0,6 мм для пункта С, 0,6 мм для пункта Д и 0,7 мм для пункта Е. Таким образом, оптимизация состава наблюдений позволила повысить точность определения координат, что подтверждает необходимость тщательного анализа структуры сети и качества исходных измерений (Scaioni M., 2018).

Для оценки деформационного состояния гидротехнических сооружений, включая Усть-Каменогорскую ГЭС, и обеспечения их безопасной эксплуатации выполняется комплекс натурных геодезических наблюдений. Методика измерений постоянно совершенствуется, особенно с развитием спутниковых технологий GNSS, позволяющих повысить оперативность, автоматизацию и точность мониторинга пространственных смещений сооружений.

Рисунок 2
Схема геодезической сети Усть-Каменогорской ГЭС



***Условные обозначения**:*
Δ – исходный пункт сети; • – *опорный пункт створа*
Примечание: составлено автором.

В ряде случаев получение требуемой точности спутниковых измерений затруднено вследствии действия трёх основных факторов. Во-первых, опорные пункты (1–7) должны располагаться строго в створе, что накладывает ограничения на их пространственное размещение. Во-вторых, необходимо обеспечить открытый радиогоризонт в течение всего сеанса наблюдений для приёма сигналов достаточного количества спутников GNSS. (Meng, 2007) В-третьих, заявленная изготовителями паспортная точность спутниковых приёмников не всегда оказывается достаточной для мониторинга отдельных сооружений с повышенными требованиями к точности (Li,2020).

В подобных условиях требуемая точность определения координат, например при контроле горизонтальных смещений гидротехнических сооружений, может быть обеспечена, по нашему мнению, за счёт совместного применения спутниковых геодезических приёмников и высокоточных автоматизированных электронных тахеометров (Psimoulis, 2008)

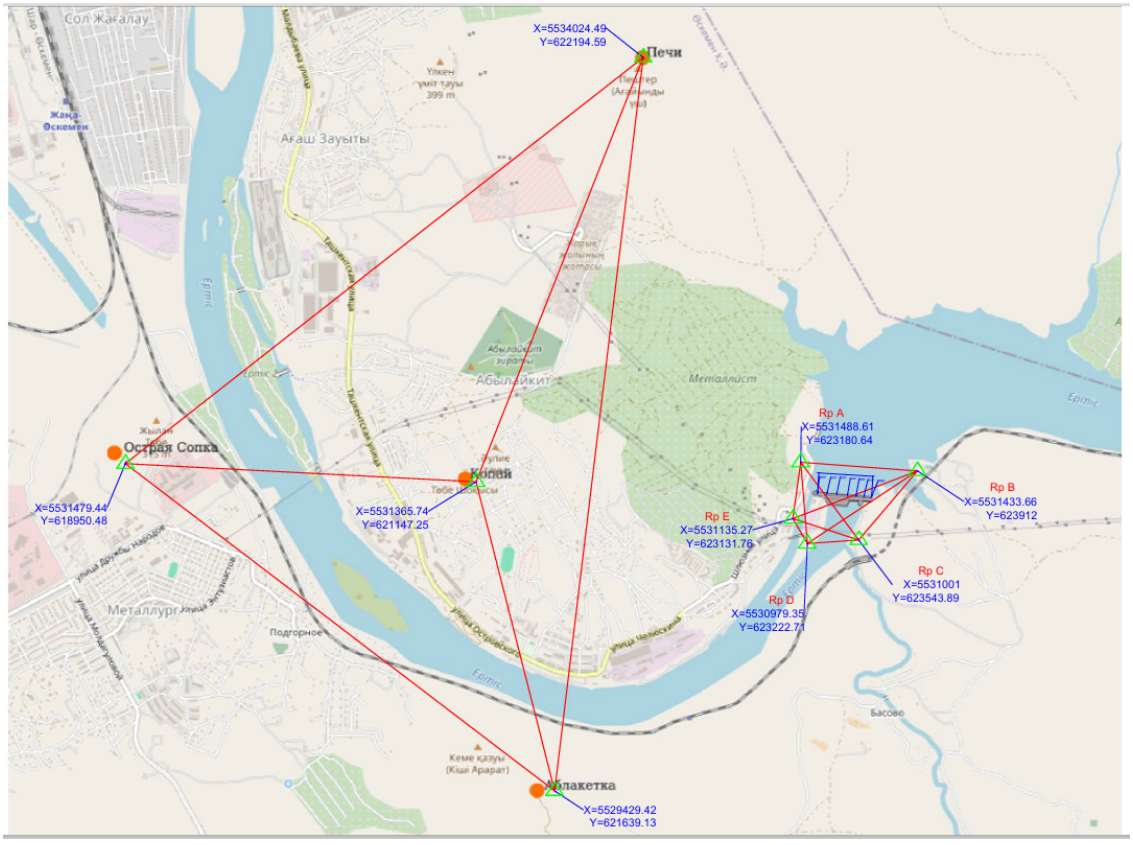
На 3 рисунке показана схема размещения пунктов геодезической сети GNSS, предназначенной для проведения высокоточных спутниковых наблюдений и формирования планово-высотного обоснования.

На картографической основе отображена исследуемая территория с элементами местности: река, дорожная сеть, населённые пункты и природные объекты. В пределах территории установлены геодезические пункты наблюдений, обозначенные специальными маркерами и подписями координатных пунктов.

Пункты сети соединены красными линиями, которые отражают базовые линии GNSS-измерений между пунктами. Такая конфигурация образует систему треугольников, обеспечивающую геометрическую устойчивость и высокую точность уравнивания сети.

Рисунок 3

Схема размещения пунктов геодезического мониторинга и конфигурации спутниковых базовых линий.



Примечание: составлено автором.

Схема иллюстрирует пространственное размещение опорных и рабочих пунктов геодезической сети на исследуемой территории. На чертеже также представлена геометрическая конфигурация наблюдений, сформированная по принципу триангуляционно-трилатерационной структуры, обеспечивающей необходимую геометрическую устойчивость сети. Кроме того, отображены взаимные базовые линии спутниковых измерений, соединяющие пункты наблюдений и формирующие систему пространственных связей между ними. Расположение пунктов по обе стороны водного объекта обеспечивает повышение устойчивости сети и создаёт условия для контроля возможных пространственных деформаций исследуемой территории (Мадимарова Г.С.,2021; Nurpeissova M, 2020).

В правой части схемы показан локальный сгущённый участок сети, где пункты расположены более компактно и образуют несколько замкнутых фигур. Такая конфигурация используется для повышения точности координат при детальном мониторинге (Yi, 2013).

В левой и центральной частях сети размещены удалённые опорные пункты, формирующие длинные базовые линии. Они выполняют функцию жёсткого геодезического каркаса, необходимого для обеспечения устойчивости всей сети и последующего уравнивания измерений.

Таким образом, представленная схема отражает структуру геодезической GNSS-сети, обеспечивающей миллиметровую точность определения координат пунктов и возможность последующего анализа деформационных процессов на исследуемой территории.

Следует отметить, что пункты существующих геодезических сетей на гидроэлектростанциях, как правило, закладывались для традиционных методов наблюдений и в большинстве случаев малопригодны для организации сеансов GNSS-измерений, особенно это касается створных опорных пунктов. В связи с этим для реализации преимуществ спутниковых технологий, включая отсутствие необходимости прямой видимости между пунктами, целесообразна реконструкция существующих схем сетей.

Результаты

В ходе выполненных геодезических работ на Усть-Каменогорской ГЭС создана опорная плановая сеть, предназначенная для мониторинга горизонтальных и вертикальных смещений конструктивных элементов гидротехнического сооружения. Координаты опорных пунктов определены с применением спутниковых GNSS-приёмников с последующим уравниванием измерений.

По результатам обработки базовых линий установлено, что средние квадратические ошибки (СКО), вычисленные по уклонениям от среднего значения длин линий для различных пар приёмников, составили от 0,8 до 1,1 мм, что соответствует требованиям к деформационным наблюдениям на сооружениях I класса ответственности.

Анализ одноимённых сеансов показал наличие разнонаправленных отклонений, что подтверждает преимущественно случайный характер ошибок измерений. Это позволило сделать вывод о возможности дополнительного повышения точности при организации синхронных измерений тремя и более комплектами GNSS-приёмников.

Экспериментально установлено, что при благоприятных условиях приёма спутниковых сигналов 30-минутные сеансы наблюдений обеспечивают точность определения длин базовых линий, сопоставимую с результатами 5-часовых измерений. Данный результат имеет практическое значение для эксплуатации сооружений в условиях ограниченного времени проведения наблюдений и плотной застройки территории гидроузла.

При определении координат опорных пунктов получены следующие точностные характеристики:

- СКО определения координат пунктов по результатам уравнивания составили менее 1 мм;
- среднеквадратические ошибки определения пространственных координат без применения металлического диска составили: X = 0,0034 м; Y = 0,0026 м; Z = 0,0068 м.

Полученные значения подтверждают возможность достижения миллиметрового уровня точности при условии соблюдения требований к синхронности измерений и количеству одновременно наблюдаемых спутников.

Дополнительно установлено, что исключение избыточных угловых измерений в линейно-угловых построениях способствует повышению точности координатных определений. Повторное уравнивание сети после оптимизации состава наблюдений позволило снизить СКО определения координат до 0,6–0,7 мм, что подтверждает целесообразность комбинированного

применения спутниковых и наземных тахеометрических измерений.

Создание геодезической сети на основе GNSS-технологий позволило:

- сократить временные затраты на определение координат одной точки в 10–15 раз по сравнению с традиционными методами;
- повысить надёжность контроля деформаций за счёт синхронных измерений;
- обеспечить непрерывность мониторинга в режиме реального времени и при постобработке данных;
- исключить необходимость прямой оптической видимости между реперами.

В результате исследований подтверждена эффективность применения спутниковой трилатерации при проектировании оптимальной плановой геодезической сети для мониторинга деформационных процессов гидротехнических сооружений в сложных орографических условиях.

Спутниковые измерения применимы как для определения осадок, так и для оценки горизонтальных перемещений сооружений. Их основным преимуществом является возможность непрерывного мониторинга — как в режиме реального времени, так и с последующей постобработкой, что существенно расширяет возможности анализа деформационных процессов и повышает оперативность принятия инженерных решений.

На рисунке 4 представлена схема выполнения измерений на пунктах ГГС RpA, RpB, RpC, RpD и RpE при определении координат опорных пунктов 1–7, размещённых в зонах с наиболее благоприятными условиями для спутниковых наблюдений. Рассматривается наиболее неблагоприятная ситуация, когда на ранее заложенных створных опорных пунктах невозможно обеспечить требуемое качество GNSS-измерений (например, вследствие ограниченного радиогоризонта или экранирования сигналов).

В подобных условиях рекомендуется переносить измерения на специально выбранные пункты с оптимальными условиями приёма сигналов спутниковых навигационных систем. Для обеспечения максимально равной и однородной точности определения базовых линий целесообразно выполнять спутниковые измерения на всех пунктах сети одновременно, что позволяет минимизировать влияние временных факторов и повысить согласованность результатов уравнивания сети.

Рисунок 4
Схема измерений на пунктах ГГС



Примечание: составлено автором.

Для эффективного контроля деформационных процессов требуется обеспечение максимально возможной точности определения параметров смещений. В связи с этим при выполнении наблюдений должны применяться специализированные высокоточные геодезические приёмники спутниковых сигналов и соответствующие антенны, предназначенные для деформационного мониторинга и геодинамических исследований.

Применение указанных методик обеспечивает регламентированную точность измерений, корректную организацию наблюдательных циклов, а также соблюдение требований к обработке и интерпретации спутниковых данных.

В результате выполненных геодезических работ геодезическая служба Усть-Каменогорской ГЭС была обеспечена системой опорных пунктов, координаты которых определены с высокой точностью и приведены в табл. 1. Созданная опорная сеть формирует надёжную пространственную основу для дальнейшего мониторинга деформаций сооружений и оценки их геодинамического состояния в процессе эксплуатации.

Таблица 1

Определенные координаты опорных пунктов

Название пунктов	Координаты	
	X	У
1	5531294.95	623285.92
2	5531294.11	623345.4
3	5531290.15	623407.18
4	5531285.81	623473.8
5	5531280.18	623527.62
6	5531276.53	623578.05
7	5531273.13	623624.5

Название пунктов	Координаты	
	X	У
A	5531135.27	623131.76
B	531488.61	623180.64
C	5531433.66	62391
D	5531001	623543.89
E	5530979.35	623222.71

Примечание: составлено автором.

Установлено, что при благоприятных условиях наблюдений точность определения длин линий за 30-минутный сеанс практически сопоставима с точностью, получаемой при 5-часовых измерениях. Это обстоятельство имеет принципиальное значение при выполнении наблюдений на застроенных площадках гидроузлов, где продолжительные сеансы затруднены технологическими и эксплуатационными факторами. Рассматриваемая методика, после проведения дополнительных исследований для различных диапазонов длин базовых линий, может быть рекомендована для применения при мониторинге деформационных процессов гидротехнических сооружений, включая Усть-Каменогорскую ГЭС.

Таким образом, создание геодезической сети с использованием спутниковых приёмников GNSS при выполнении строительных и мониторинговых работ позволило сократить временные затраты на определение координат в расчёте на одну точку в 10–15 раз, одновременно повысив точность определения координат опорных пунктов.

Современные технологические возможности геодезических спутниковых систем обеспечивают определение положения пункта, оснащённого приёмником спутниковых сигналов, с высокой степенью точности. Координаты спутников известны с высокой точностью, что формирует в околоземном пространстве динамическую пространственную сеть опорных точек с известными координатами.

Для достижения требуемой точности маркшейдерско-геодезических измерений целесообразно определять не абсолютные координаты отдельного пункта, а приращения пространственных координат между двумя синхронно функционирующими приёмниками. При этом оба приёмника должны одновременно принимать сигналы не менее чем от четырёх одних и тех же спутников. Зарегистрированные данные передаются в вычислительный комплекс для совместной обработки, в результате которой определяются приращения координат между реперами.

Совершенствование инструментальных методов наблюдений на основе применения глобальных навигационных спутниковых систем

(GNSS) является одним из наиболее эффективных способов контроля деформационных процессов. Использование спутниковых технологий позволило фиксировать смещения в любое время суток, при различных погодных условиях и при отсутствии прямой оптической видимости между реперами. При этом среднеквадратические ошибки измерений (без использования металлического диска) составляют: X = 0,0034 м; Y = 0,0026 м; Z = 0,0068 м.

Для проверки предположения о повышении точности определения смещений опорных пунктов, установленных на Усть-Каменогорской ГЭС, выполнены экспериментальные наблюдения двумя GNSS-приёмниками, размещёнными в одном створе.

В целях дальнейшего повышения точности предлагается построение оптимальной плановой геодезической сети методом спутниковой трилатерации с предварительным проектированием положения створных вспомогательных пунктов, с которых впоследствии выполняются линейно-угловые измерения высокоточными электронными тахеометрами. Такой комплексный подход позволяет обеспечить требуемую метрологическую надёжность при мониторинге деформаций уникальных гидротехнических сооружений.

Для оценки точности измерений при длительности сеанса 30 минут выполнены измерения комплектом из четырёх приёмников *Trimble 5700.* При этом контрольный приёмник в течение 5-часового сеанса не перемещался. Сеанс наблюдений был разбит на 30-минутные интервалы для вычисления базовых линий. Результаты вычислений длин линий приведены в таблице 2.

Таблица 2
Значения длин базовых линий

N/N Марки изерений	Координаты								
	Ноябрь 2025			Декабрь 2025			Январь 2026		
	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H
Марка №1	5531294.950	623285.920	345.527	5531294.955	623285.924	345.525	5531294.952	623285.922	345.527
Марка №2	5531294.110	623345.400	345.585	5531294.108	623345.397	345.584	5531294.108	623345.398	345.585
Марка №3	5531290.150	623407.180	345.565	5531290.152	623407.183	345.567	5531290.149	623407.177	345.564
Марка №4	5531285.810	623473.800	345.518	5531285.808	623473.803	345.522	5531285.812	623473.801	345.520
Марка №5	5531280.180	623527.620	345.523	5531280.177	623527.619	345.524	5531280.181	623527.618	345.523
Марка №6	5531276.530	623578.050	345.537	5531276.531	623578.052	345.536	5531276.529	623578.049	345.535
Марка №7	55312763.130	623624.560	345.554	5531273.131	623624.561	345.555	5531273.128	623624.559	345.555

Примечание: составлено автором.

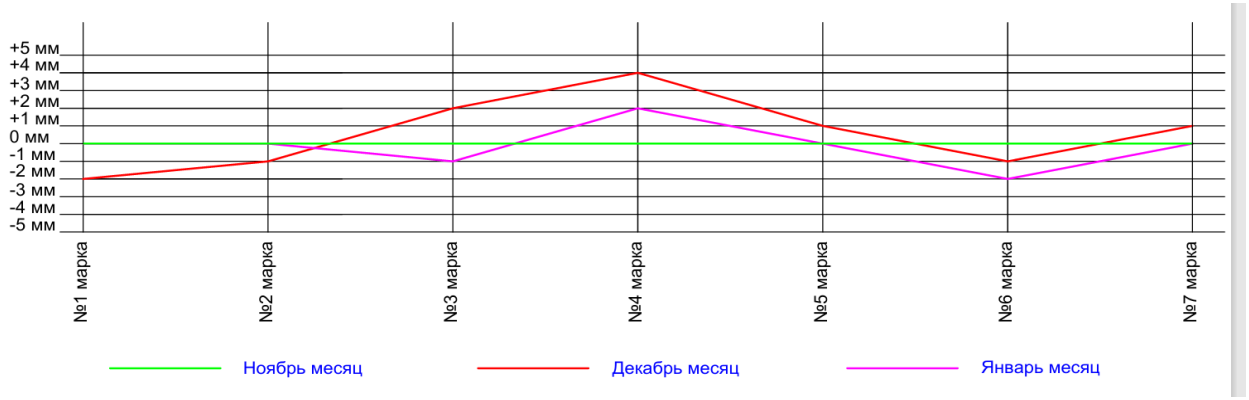
По данным трёх циклам наблюдений (ноябрь–декабрь–январь) установлены:

- Амплитуда горизонтальных смещений, которая составляет от –2,5 мм до +3,5 мм.
- Вертикальные отметки изменяются незначительно – в пределах ±1–2 мм.
- Максимальные отклонения зафиксированы в декабре.
- В январе наблюдается частичное возвратное перераспределение деформаций.

На рисунке 5 представлен график изменений длин линий между циклами измерений. Максимальные приращения длин линий между смежными циклами соответствуют интервалам с большим значением геометрического фактора, близким к предельному значению (PDOP > 5).

По результатам обработки полученных данных установлено, что средние квадратические ошибки, определённые по уклонениям от среднего значения длин базовых линий, для различных пар приёмников составили от 0,8 до 1,1 мм. Наличие сравнительно значительных различий в уклонениях в одноимённых сеансах, а также различный знак отклонений свидетельствуют о случайном характере ошибок и позволяют предположить возможность повышения точности определения смещений при организации синхронных измерений тремя и более комплектами приёмников.

Рисунок 5
График изменений длин линий между циклами измерений



Примечание: составлено автором.

Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность применения спутниковых GNSS-технологий для мониторинга деформаций гидротехнических сооружений в сложных орографических условиях.

Средние квадратические ошибки определения длин базовых линий в пределах 0,8–1,1 мм свидетельствуют о достижении миллиметрового уровня точности, необходимого для контроля горизонтальных смещений сооружений I класса ответственности. При этом выявлено, что разнонаправленные уклонения в одноимённых сеансах носят случайный характер, что открывает возможность дальнейшего повышения точности за счёт синхронных измерений тремя и более комплектами приёмников.

Экспериментально установлено, что при благоприятных условиях 30-минутные сеансы обеспечивают точность, сопоставимую с 5-часовыми измерениями. Это имеет важное практическое значение, поскольку позволяет существенно сократить время наблюдений без потери метрологической надёжности.

Анализ структуры линейно-угловой сети показал, что избыточные угловые измерения могут снижать итоговую точность координатных определений. Исключение отдельных направлений и переход к схеме спутниковой трилатерации позволили уменьшить СКО координат до 0,6–0,7 мм, что подтверждает целесообразность оптимизации конфигурации сети.

Совместное применение GNSS-приёмников и высокоточных электронных тахеометров позволило компенсировать ограничения спутниковых измерений, обусловленные сложным рельефом, частичным закрытием горизонта и конструктивными особенностями сооружения. Интегрированный подход обеспечивает устойчивость сети, контроль стабильности исходных пунктов и повышение надёжности определения деформационных параметров.

Таким образом, разработанная методика построения оптимальной плановой геодезической сети на основе спутниковой трилатерации в сочетании с линейно-угловыми измерениями может быть рекомендована для внедрения в системах мониторинга уникальных гидротехнических сооружений, обеспечивая требуемый уровень точности и эксплуатационной безопасности.

Выводы

Выполненные исследования показали, что применение спутниковых GNSS-технологий при создании геодезической основы мониторинга гидротехнических сооружений позволяет существенно повысить эффективность и оперативность наблюдений. Создание опорной сети на Усть-Каменогорской ГЭС обеспечило получение координат пунктов с миллиметровой точностью, при этом временные затраты на определение координат одной точки были сокращены в 10–15 раз по сравнению с традиционными методами.

Анализ средних квадратических ошибок измерений показал, что при синхронных наблюдениях несколькими приемниками возможно достижение точности определения базовых линий

на уровне 0,8–1,1 мм. Экспериментально подтверждено, что кратковременные (30-минутные) сеансы при благоприятных условиях обеспечивают точность, сопоставимую с продолжительными измерениями.

Установлено, что оптимизация структуры сети, исключение избыточных угловых наблюдений и применение метода спутниковой трилатерации способствуют дополнительному повышению точности координатных определений. Совместное использование GNSS-приемников и высокоточных электронных тахеометров позволяет компенсировать ограничения спутниковых измерений, обусловленные особенностями рельефа и условиями приема сигналов.

Разработанные рекомендации по построению оптимальной плановой геодезической сети могут быть использованы при проектировании систем мониторинга деформаций уникальных гидротехнических сооружений и обеспечивают требуемую метрологическую надежность контроля их технического состояния в процессе эксплуатации.

По результатам трёхкратного цикла геодезических наблюдений установлено, что, текущее состояние объекта можно оценить как удовлетворительное и конструктивно устойчивое, без признаков развития опасных деформационных процессов.

Благодарность

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета Науки Министерства науки и высшего образования РК (ГФ ИРН № AP26198837 «Геотехнический мониторинг зданий и сооружений в сейсмически опасных регионах путем разработки инновационных методов и средств наблюдения, обеспечивающих безопасность их эксплуатации»).

Вклад авторов:

Концептуализация – Нурпеисова Т.Б. и Мадимарова Г.С.; Методология – Нурпеисова Т.Б. и Мадимарова Г.С. Программное обеспечение – Ормамбеков Е.Ж.; Валидация – Нурпеисова Т.Б., Мадимарова Г.С.и Ормамбекова А.Е.; Формальный анализ – Ормамбекова А.Е.; Исследование – Нурпеисова Т.Б. и Мадимарова Г.С.; Ресурсы – Ормамбеков Е.Ж.; Курирование данных – Ормамбекова А.Е.; Написание – подготовка первоначального варианта – Ормамбекова А.Е.; Написание – рецензирование и редактирование – Нурпеисова Т.Б.; Визуализация – Ормамбеков Е.Ж.; Научное руководство – Нурпеисова Т.Б.; Администрирование проекта – Нурпеисова Т.Б.; Привлечение финансирования – Нурпеисова Т.Б.

Литература

Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. (2008). *Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования* (СТО 17330282.27.140.003-2008). https://meganorm.ru/Data2/1/4293830/4293830877.htm

Li, B., Yang, J., & Hu, D. (2020). Methods for analyzing dam monitoring data: A literature review. *Structural Control and Health Monitoring, 27*, e2501. https://doi.org/10.1002/stc.2501

Мадимарова, Г. С., Сулейменова, Д. Н., & Жантуева, Ш. А. (2021). Геодезическое обеспечение при реконструкции и восстановлении плотины на реке Кызылагаш. *The Scientific Heritage, 1*(76), 68–72.

Мадимарова, Г. С., Сәрсенханов, М. М., & Оспан, К. М. (2021). Геодезический мониторинг при строительстве плотины на реке Кызылагаш. В *Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых* (сс. 98–100).

Meng, X., Dodson, A., & Roberts, G. W. (2007). Detecting bridge dynamics with GPS and triaxial accelerometers. *Engineering Structures, 29*, 3178–3184. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2007.03.012

Nurpeissova, M., Schultz, R., & Myngzhasarov, B. (2020). Geodetic support for marine channel construction. В *Ways of science development in modern crisis conditions* (сс. 74–77).

Psimoulis, P. A., & Stiros, S. C. (2008). Experimental assessment of GPS and RTS accuracy for monitoring structural oscillations. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 23*, 389–403. https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2008.00551.x

Reguzzoni, M., Rossi, L., De Gaetani, C. I., Caldera, S., & Barzaghi, R. (2022). GNSS-based dam monitoring: A case study using time series analysis. *Applied Sciences, 12*(19), 9981. https://doi.org/10.3390/app12199981

Scaioni, M., Marsella, M., Crosetto, M., Tornatore, V., & Wang, J. (2018). Geodetic and remote sensors for dam deformation monitoring. *Sensors, 18*(11), 3682. https://doi.org/10.3390/s18113682

Tretyak, K., & Kukhtar, D. (2025). Analysis of GNSS, InSAR, and robotic total station time series in monitoring vertical displacements of the Dniester HPP dam. *Geomatics, 5*(4), 73. https://doi.org/10.3390/geomatics5040073

Wang, Y., Shen, D., Chen, J., Pei, L., Li, Y., Lu, X., & Zhang, L. (2020). Research and application of an intelligent deformation monitoring system for dams and slopes. *Advances in Civil Engineering*, 9709417. https://doi.org/10.1155/2020/9709417

Xi, R., Chen, H., Meng, X., Jiang, W., & Chen, Q. (2018). Reliable dynamic monitoring of bridges using integrated GPS and BeiDou systems. *Journal of Surveying Engineering, 144*, 04018008. https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000263

Xi, R., Meng, X., Jiang, W., An, X., He, Q., & Chen, Q. (2020). An improved stochastic model based on signal-to-noise ratio. *Remote Sensing, 12*, 493. https://doi.org/10.3390/rs12030493

Yang, Y., Zheng, Y., Yu, W., Chen, W., & Weng, D. (2019). Deformation monitoring using GNSS-R technology. *Advances in Space Research, 63*(10), 3303–3314. https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.01.033

Yi, T., Li, H., & Gu, M. (2013). Experimental assessment of high-rate GPS receivers for bridge deformation monitoring. *Measurement, 46*, 420–432. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2012.07.018

Yu, J., Yan, B., Meng, X., Shao, X., & Ye, H. (2016). Measuring dynamic characteristics of bridges using real-time kinematic GNSS. *Journal of Surveying Engineering, 142*, 04015013. https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000167

References

Gidrotekhnicheskie sooruzheniya GES i GAES. Organizatsiya ekspluatatsii i tekhnicheskogo obsluzhivaniya. Normy i trebovaniya [Hydraulic structures of HPP and PSPP. Organization of operation and maintenance. Standards and requirements]. STO – standart organizatsii.17330282.27.140.003-2008.https://meganorm.ru/Data2/1/4293830/4293830877.htm (in Russian)

Li, B.; Yang, J.; Hu, D. (2020) Dam monitoring data analysis methods: A literature review. Structural Control and Health Monitoring. 2020;27:e2501. DOI: 10.1002/stc.2501 Link: https://doi.org/10.1002/stc.2501 (in English)

Madimarova G.S., Sarsenkhanov M.M., Ospan K.M. [2021] Geodezicheskoe obespechenie pri rekonstruktsii i vosstanovlenii plotiny na reke Kyzylagash [Geodetic support during the reconstruction and restoration of the dam on the Kyzylagash River]. II international scientific and Practical Conference" current problems of modern science: young students " Donbass State Technical Institute, state educational institution of Higher Education. 18 March 2021 G. 98-100 Luganskaya Narodnaya Republic. UDC669.1 +658+621,7+622+53+519+378+372+33+004 A43. (in Russian language)

Madimarova G.S., Suleymenova D.N., Zhantueva Sh.A. (2021) Geodezicheskiy monitoring pri stroitel'stve plotiny na reke Kyzylagash [Geodetic Monitoring during the Construction of the Dam on the Kyzylagash River]. The scientific heritage, vol 1, No. 76, P 68-72, ISSN 9215-0365 Rinz, DOI | Hungary. Scientific journal. 14.10.2021. (in Russian language)

Meng, X.; Dodson, A.; Roberts, G.W. Detecting bridge dynamics with GPS and triaxial accelerometers. Eng. Struct. 2007, 29, 3178–3184. DOI: https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2007.03.012 (in English)

Nurpeissova M, Schultz R., Myngzhasarov B. (2020) Geodetic construction support of the sea channel/ / Way Science "Ways of science development in modern crisis conditions" 2020 G. S. 74-77. (in English)

Psimoulis, P.A.; Stiros, S.C. (2008) Experimental assessment of the accuracy of GPS and RTS for the determination of the parameters of oscillation of major structures. Comput. Aided Civ. Infrastruct. Eng. 2008, 23, 389–403. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2008.00551.x (in English)

Reguzzoni, M.; Rossi, L.; De Gaetani, C.I.; Caldera, S.; Barzaghi, R. (2022) GNSS-Based Dam Monitoring: The Application of a Statistical Approach for Time Series Analysis to a Case Study. Applied Sciences. 12(19):9981. DOI: 10.3390/app12199981 Link: https://doi.org/10.3390/app12199981 (in English)

Scaioni, M.; Marsella, M.; Crosetto, M.; Tornatore, V.; Wang, J. (2018) Geodetic and remote-sensing sensors for dam deformation monitoring. Sensors18(11):3682. DOI: 10.3390/s18113682 Link: https://doi.org/10.3390/s18113682 (in English)

Tretyak, K.; Kukhtar, D. (2025) Time Series Analysis of GNSS, InSAR, and Robotic Total Station Measurements for Monitoring Vertical Displacements of the Dniester HPP Dam (Ukraine). Geomatics. 2025;5(4):73. DOI: 10.3390/geomatics5040073 Link: https://doi.org/10.3390/geomatics5040073 (in English)

Wang, Y.; Shen, D.; Chen, J.; Pei, L.; Li, Y.; Lu, X.; Zhang, L. Research and Application of a Smart Monitoring System to Monitor the Deformation of a Dam and a Slope. Advances in Civil Engineering; 2020:9709417. DOI: 10.1155/2020/9709417 Link: https://doi.org/10.1155/2020/9709417 (in English)

Xi, R.; Chen, H.; Meng, X.; Jiang, W.; Chen, Q. (2018) Reliable dynamic monitoring of bridges with integrated GPS and BeiDou. J. Surv. Eng. 2018, 144, 04018008. DOI:10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000263

Xi, R.; Meng, X.; Jiang, W.; An, X.; He, Q.; Chen, Q. (2020) A refined SNR based stochastic model to reduce site-dependent effects. Remote Sens. 12, 493. https://doi.org/10.3390/rs12030493

Yang, Y.; Zheng, Y.; Yu, W.; Chen, W.; Weng, D. (2019) Deformation monitoring using GNSS-R technology. Advances in Space Research. 2019;63(10):3303–3314. DOI: 10.1016/j.asr.2019.01.033 Link: https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.01.033 (in English)

Yi, T.; Li, H.; Gu, M. (2013) Experimental assessment of high-rate GPS receivers for deformation monitoring of bridge. Measurement, 46, 420–432. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2012.07.018

Yu, J.; Yan, B.; Meng, X.; Shao, X.; Ye, H. (2016) Measurement of bridge dynamic responses using network-based real-time kinematic GNSS technique. J. Surv. Eng. 2016, 142, 04015013. DOI:10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000167

Сведения об авторах:

Нурпеисова Т.Б. – Кандидат технических наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» (https://orcid.org/0000-0001-8162-6053), Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, 050013, г. Алматы, Сатпаева 22а, Республика Казахстан, t.nurpeissova@satbayev.university

Мадимарова Г.С. – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» (https://orcid.org/0000-0002-9155-6332), Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, 050013, г. Алматы, Сатпаева 22а, Республика Казахстан, g.madimarova@satbayev.university

Ормамбекова А.Е. – Доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», (https://

orcid.org/0000-0003-2735-0257) Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, 050013, г. Алматы, Сатпаева 22а, Республика Казахстан a.ormambekova@satbayev.university

4. Ормамбеков Е.Ж. –магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», (https://orcid.org/0009-0001-2248-7214) Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, 050013, г. Алматы, Сатпаева 22а, Республика Казахстан ye.ormambekov@satbayev.university.

Сведения об авторах:

Т.Б. Нурпейсова – кандидат технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: t.nurpeissova@satbayev.university).

Г.С. Мадимарова – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: g.madimarova@satbayev.university).

А.Е. Ормамбекова – PhD, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: a.ormambekova@satbayev.university).

Е.Ж. Ормамбеков – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: ye.ormambekov@satbayev.university).

Information about the authors:

T.B. Nurpeissova – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Mine Surveying and Geodesy (https://orcid.org/0000-0001-8162-6053), Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan), t.nurpeissova@satbayev.university).

G.S. Madimarova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mine Surveying and Geodesy (https://orcid.org/0000-0002-9155-6332), Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) g.madimarova@satbayev.university).

A.E. Ormambekova – PhD, Associate Professor of the Department of Surveying and Geodesy, (https://orcid.org/0000-0003-2735-0257) Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, 050013, Almaty, Satpayev 22a, Republic of Kazakhstan a.ormambekova@satbayev.university).

Y.ZH. Ormambekov – Master of Technical Sciences, senior lecturer at the Department of Mine Surveying and Geodesy, (https://orcid.org/0009-0001-2248-7214) Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayeva, 050013, Almaty, Satpayeva 22a, Republic of Kazakhstan ye.ormambekov@satbayev.university).

Авторлар туралы мәлімет:

Т.Б. Нурпеисова – Техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, (https://orcid.org/0000-0001-8162-6053), Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013 (Алматы қ., Сатпаева 22а, Қазақстан Республикасы, t.nurpeissova@satbayev.university).

Г.С. Мадимарова – техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (https://orcid.org/0000-0002-9155-6332), Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013 (Алматы қ., Сатпаева 22а, Қазақстан Республикасы, g.madimarova@satbayev.university).

А.Е. Ормамбекова – PhD докторы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (https://orcid.org/0000-0003-2735-0257) Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013 (Алматы, Сәтпаева 22а, Қазақстан Республикасы a.ormambekova@satbayev.university).

Е.Ж. Ормамбеков – техника ғылымдарының магистрі, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы, (https://orcid.org/0009-0001-2248-7214) Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013 (Алматы, Сәтпаева 22а, Қазақстан Республикасы ye.ormambekov@satbayev.university).

МРНТИ 52: 31:47 https://doi.org/10.26577/JGEM80120269

Г. Мейрамбек[1*], К.Б. Рысбеков[1], М.Б. Нурпеисова[1], С.Т. Солтабаева[1], Е. Тлеубекұлы[2]

[1]Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан
[2]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
*e-mail: g.meirambek@satbayev.university

МОНИТОРИГ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛАНДИНСКИХ ГРУП МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены особенности проявления геомеханических процессов и пути их решения на Жиландинских групп месторождений Улутауской области Казахстана. Для надежного прогнозирования и предотвращения опасных геомеханических явлений в районе Жиландинского рудного поля создан геодинамический полигон, в состав которого входят современные измерительные комплексы. С применением современных средств геодинамического полигона выявлены важные закономерности поведения удароопасного массива горных пород и обоснован показатель оценки его состояния. В результате проведенных НИР созданы и внедрены в производство: геодинамический полигон (ГДП) района; разработанные конструкции постоянных (наземных и подземных) пунктов принудительного центрирования (ППЦ), позволяющие повысить производительность и точность наблюдений; способ укрепления стационарных карьерных откосов прогнозирования напряженно-деформированного состояния (НДС) массива; состав укрепляющего раствора из отходов горного производства для повышения устойчивости нарушенных участков уступов карьера.

Новизна разработанных способов и средств подтверждены Патентами РК на изобретение. В условиях проявления сложных геодинамических процессов, требуется дальнейшее развитие методов и средств геодинамического полигона Жиландинского рудного поля, разработки инновационных методов и средств мониторинга на участках, в которых прогнозируются опасные геодинамические проявления и обоснование их надежных предвестников.

Ключевые слова: техногенная сейсмичность, геодинамика, тектоническая структура, напряженно-деформированное состояние, массив горных пород, геомеханический мониторинг, геодинамический полигон.

G. Meirambek[1]*, K. Rysbekov[1], M. Nurpeissova[1], S.T. Soltabayeva[1], E. Tleubekuly[2]

[1]Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: g.meirambek@satbayev.university

Monitoring of the geodynamic state of the zhylandy group of deposits

The features of the manifestation of geomechanical processes and ways to solve them at the mines of the Zhilandinsky ore field in the Ulutau region of Kazakhstan are considered. For reliable forecasting and prevention of dangerous geomechanical phenomena in the Zhilandinsk ore field area, a geodynamic polygon has been created, which includes modern measuring complexes. Using the means of a geodynamic polygon, important patterns of behavior of an impact-prone rock mass have been identified and an indicator for assessing its condition has been substantiated. As a result of conducted research, following were created and introduced into production: geodynamic polygon (GDP) of the region; developed designs of permanent (above-ground and underground) forced centering points (FCP), allowing to increase productivity and accuracy of observations; method for strengthening stationary quarry slopes for predicting the stress-strain state (SSS) of the mass; composition of strengthening solution from mining waste to increase stability of disturbed sections of quarry benches.Novelty of developed methods and means is confirmed by the Patents of the Republic of Kazakhstan for invention. In the context of complex geodynamic processes, further development of methods and tools for the geodynamic testing area of the Zhilandinsky ore field is required, as well as the development of innovative methods and tools for monitoring areas where dangerous geodynamic manifestations are predicted and the substantiation of their reliable precursors.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

In conditions of man-made seismicity with increasing complexity of geomechanical and hydrological conditions for mining deposits, further development of methods and tools for the geodynamic landfill of the Zhilandinsky ore field, development of innovative methods and monitoring tools in areas where dangerous geodynamic manifestations are predicted and substantiation of their reliable precursors is required.

Keywords: technogenic seismicity, geodynamics, tectonic structure, stress-strain state, rock mass, geomechanical monitoring, geodynamic polygon.

Г. Мейрамбек[1*], Қ.Б. Рысбеков[1], М.Б. Нұрпейісова[1],
С.Т. Солтабаева[1], Е. Тлеубекұлы[2]

[1]Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: g.meirambek@satbayev.university

Жыланды кен орындары тобының геодинамикалық жай-күйін мониторингтеу

Қазақстанның Ұлытау облысындағы Жыланды кен орнының кеніштерінде геомеханикалық процестердің көріну ерекшеліктері және оларды шешу жолдары қарастырылған. Жыланды кен орны аумағында қауіпті геомеханикалық құбылыстарды сенімді болжау және алдын алу үшін геодинамикалық полигон құрылды, оның құрамына заманауи өлшеу кешендері кіреді.

Геодинамикалық полигонның заманауи жабдықтарының көмегімен кен соққыға бейім тау жыныстарының массивінің маңызды сипаттамаларының заңдылықтары анықталды және оның жай-күйін бағалау көрсеткіші негізделді. Жүргізілген ҒЗЖ нәтижесінде мыналар құрылды және өндіріске енгізілді: ауданның геодинамикалық полигоны (ГДП); бақылаулардың өнімділігі мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін мәжбүрлеп орталықтандырудың (ППЦ) тұрақты (жер үсті және жерасты) пункттерінің әзірленген конструкциялары; массивтің кернеулі-деформацияланған жай-күйін (ҚҚС) болжаудың стационарлық карьерлік беткейлерін нығайту тәсілі; қалдықтардан қатайтатын ерітіндінің құрамы карьердің бұзылған учаскелерінің тұрақтылығын арттыру үшін тау-кен өндірісі. Әзірленген тәсілдер мен құралдардың жаңалығы өнертабысқа ҚР патенттерімен расталды.

Тау-кен жұмыстарының геодинамикалық жағдайы күрделене түскен. Жыланды кен орнының геодинамикалық полигонының әдістері мен құралдарын одан әрі дамыту, қауіпті геодинамикалық көріністер болжанатын жерлерде инновациялық әдістер мен бақылау құралдарын жасау, олардың сенімді болжамдарын негіздеу қажет.

Түйін сөздер: техногендік сейсмика, геодинамика, тектоникалық құрылым, кернеулі-деформациялық күй, тау жыныстарының массиві, геомеханикалық мониторинг, геодинамикалық полигон.

Введение

Геодинамические процессы – это актуальная проблема, имеющая место при ведении крупномасштабных горных работ в сложноструктурном массиве горных пород, которая может повлечь за собой не только катастрофические технико-экономические последствия, в том числе техногенные землетрясения, горные удары, оползни, но иногда приводить к человеческим жертвам, на что указывают материалы Международного симпозиума по горным ударам и шахтной сейсмичности в рудниках (John, 2012; Мельников, 2010)] и управлению этими процессами повсеместно уделяется большое внимание, о чем свидетельствует возросшее число публикаций на эту тему (Трубецкой, 2020; Mikhailova, Uzbekov, 2018).

Геодинамическое обеспечение, сопровождающее разработку месторождений твердых полезных ископаемых, как правило, базируется на инженерных подходах, адаптированных к конкретным горно-геологическим условиям. Однако при этом не учитываются особенности строения подработанных толщ, физико-механических свойств пород и геологической среды, что сказывается на достоверности геомеханических оценок реальных горнотехнических ситуаций. Учесть перечисленные факторы в расчетах возможно за счет введения и анализа результатов мониторинга недр.

Крупномасштабная и интенсивная техногенная деятельность, к которой относится выемка и перемещение больших объемов горных пород при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, оказывает значительное вли-

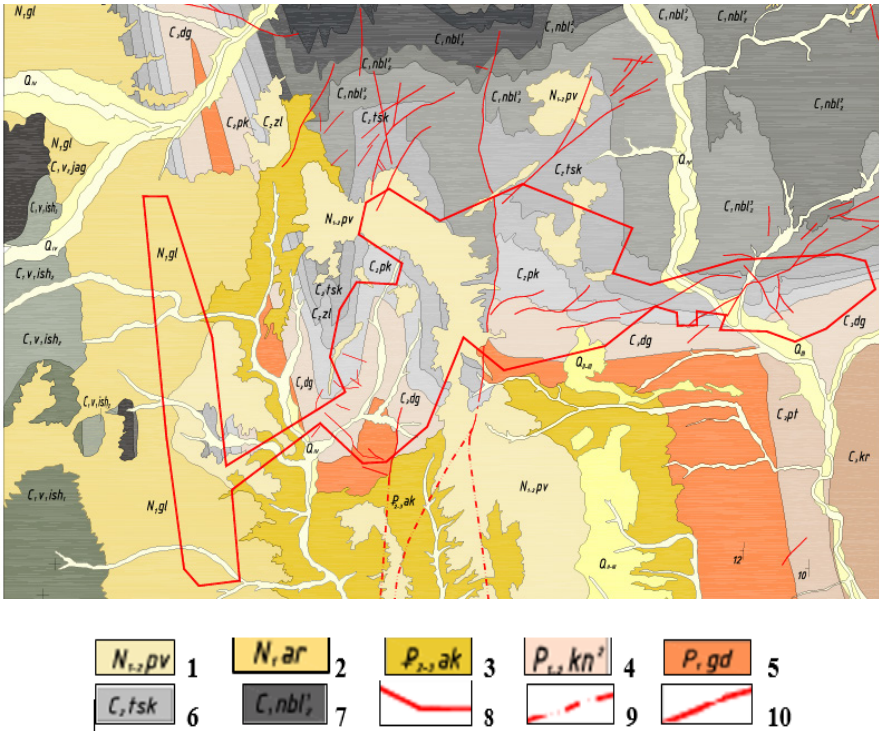
яние на естественное напряженно-деформированное состояние верхней части земной коры и часто приводит к активизации геодинамических процессов в этих районах. Проявлением геодинамической активизации являются горные удары, техногенная сейсмичность, а также другие опасные геодинамические явления, прогнозирование которых представляет собой актуальную и одновременно весьма сложную проблему.

Объектом исследования является международные месторождения Жиландинского рудого поля в Центральном Казахстане. Поскольку разведанные запасы медной руды Жезказганского месторождения постепенно дорабатываются, на современном этапе сложилась необходимость выявления запасов руды для продления жизни этого месторождения еще на 40-50 лет, а также разработки новых месторождений вблизи городов Жезказгана и Сатпаева. В настоящее время создаются условия для расширения минерально-сырьевой базы Центрального Казахстана. Это месторождения: Восточная и Западная Сарыоба, Кипшакпай, Карашошак, Итауз, разрабатываемые Жиландинским рудником.

Мощность промышленных руд для всех месторождений Жиландинской группы колеблется от 0,1 до 20м. Размеры рудных тел колеблются в пределах от 200х100м до 3200х1400м (месторождение Западная Сарыоба) и 3000х750м (месторождение Итау3). В рудном поле выявлено 11 рудных залежей, в составе которых разведано 109 рудных тел. Наиболее крупные залежи приурочены к таскудукскому горизонту. Простирание их северо-восточное, протяженность до 3200 м, мощность от 0,5 до 17 м, размер по падению до 1400 м (рис.1).

Рисунок 1

Геолого-структурная карта Жиландинских групп месторождений



Условные обозначения: 1 – галечники, суглинки, глины; 2 – серые и бурые гипосносные глины; 3 – слабоцементированные песчаники, железистые конгломераты, 4 – серые известняки , мергели, 5 – яркокрасные бурые известняки, мергели, 6 – бурые аргилиты, алевролиты, мелкозернистые песчатники, 7 – серые и буровато-серые песчаники, алевролиты и аргилиты, 8 – граница горного отвода Жиландинской группы месторождений, 9 – тектонические разломы, установленные по геофизическим данным, 10 – зона мелких разрывных нарушений.

Примечание: составлено автором.

Массив горных пород осложнены тектоническими нарушениями, породными контактами, и содержащего горные выработки различных форм и размеров, которые в значительной степени затрудняет их разработку (Nurpeissova и др.,2020; Bazaluk и др, 2022).

На этой основе поставлена цель, обоснована идея и сформулирована структура создания геодинамического полигона, в состав которого входят современные измерительные комплексы для ведения многоуревновой системы мониторинга и моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород в Центральном Казахстане.

Методы и средства мониторинга. Сложные горно-геологические условия разработки Жиландинских групп месторождений обусловили необходимость решения проблем предотвращения сложных геодинамических процессов. В связи с этим кафедрой Маркшейдерского дела и геодезии Satbayev Universiy проводились и проводятся в настоящее время комплексные исследования геодинамических процессов, учет которой позволяет точнее оценивать характер и параметры поля тектонических напряжений, особенно в районе интенсивного ведения горных работ с применением современных приборов, а также разработанных авторами средств наблюдений.

Однако этот тектонически-активный район Центрального Казахстана до сих пор является недостаточно изученным. Для этой территории необходимы комплексные исследования по изучению геодинамической и сейсмической обстановки, учет которой позволяет точнее оценивать характер и параметры поля тектонических напряжений, особенно в районе интенсивного ведения горных работ и принятия обоснованных мер по снижению геодинамического риска. Эффективными инструментами для понимания разномасштабных природных и техногенных процессов и последующего построения адекватных моделей долгосрочного прогнозирования состояния геологической среды являются геодинамические полигоны, представляющие собой специальным образом выбранные территории, в пределах которых проводится комплекс регулярных геодезических, спутниковых, сейсмических, геофизических, геологических и целый ряд других наблюдений, нацеленных на отслеживание деформационных процессов в верхней части земной коры.

Результаты

Выполняемые на Жиландинских месторождения, геомеханические исследования с применением средств геодинамического полигона показали свою эффективность.

Результаты исследования физико-механических свойств (ФМС) пород массива позволили установить графоаналитические зависимости прочностных свойств пород массива с глубиной их залегания и оперативно вносить изменения в погоризонтные расчеты устойчивости горных выработок [7]. На основе проведенных исследований получены количественные и качественные характеристик свойств пород месторождений Центрального Казахстана. Эти характеристики будут использованы при решении ряда технических задач на карьерах и подземных рудниках: при оценке устойчивости уступов и бортов карьеров: расчетных целиков и предельных потолочин, для обобщения результатов инструментальных наблюдений и уяснения физической стороны процесса сдвижения.

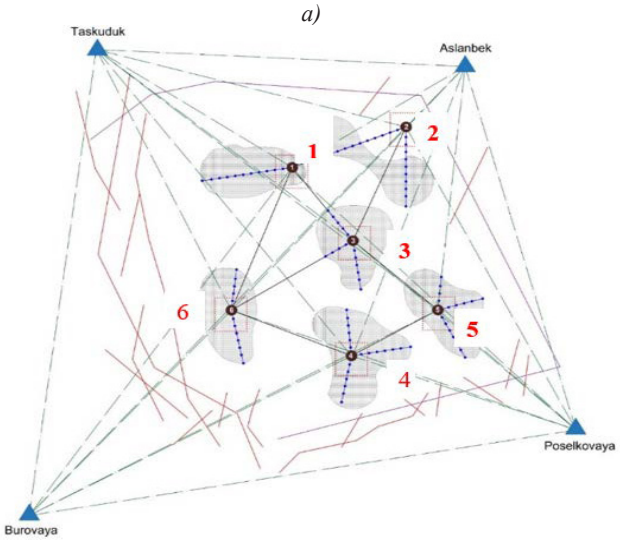
Важнейшей геомеханической характеристикой массива горных пород является его напряженно-деформационное состояние (НДС). К настоящему времени выработаны различные методы и способы контроля НДС породного массива. Для изучения НДС массива горных пород Satbayev Universiy разработан «Сейсмоакустический метод прогнозирования НДС массива горных пород и внедрен в производство (Патент RZ35898-Б, 2024; Saik и др,2023).

Ведение мониторинга за состоянием массива горных пород при разработке месторождений, занимающих большую площадь, состоящих из нескольких залежей и залегающих в различных глубоких горизонтах, требует создания *геодинамического полигона* (ГДП). Для более детального, а с экономической точки зрения выгодного изучения геодинамических процессов при разработке месторождений в Центральном Казахстане, рудные жилы которых залегают на значительных глубинах и разбросаны по полю, геомеханической школой Satbayev University предложен и осуществлен новый подход к созданию ГДП. Созданы «узловые» ветви, состоящие из *опорных пунктов* и *деформационных нивелирных* реперов (Новый подход. 2021; Nurpeissova и др., 2023). Все узловые пункты ГДП расположены в соответствии рудным жилам и привязаны к пунктам триангуляции Государственной гео-

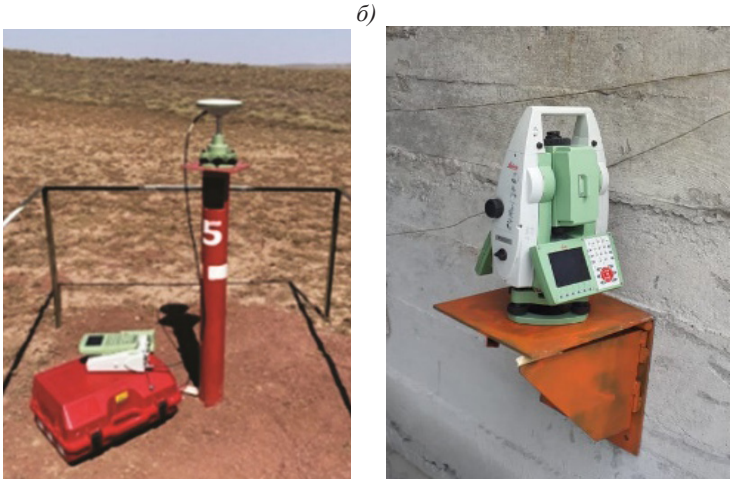
дезической сети (рис.2,а). Усовершенствована конструкция опорных пунктов ГДП и подземных наблюдательных станций (рис.2,б). Техническим результатом изобретения постоянного геодезического пункта принудительного центрирования (ППЦ) является повышение точности и оперативности измерения при отсутствии штативов в пунктах стояния для наблюдения (Патент RZ35798. 2022; Патент KZ35900-B., 2024).

Рисунок 2
Триангуляции Государственной геодезической сети

а)



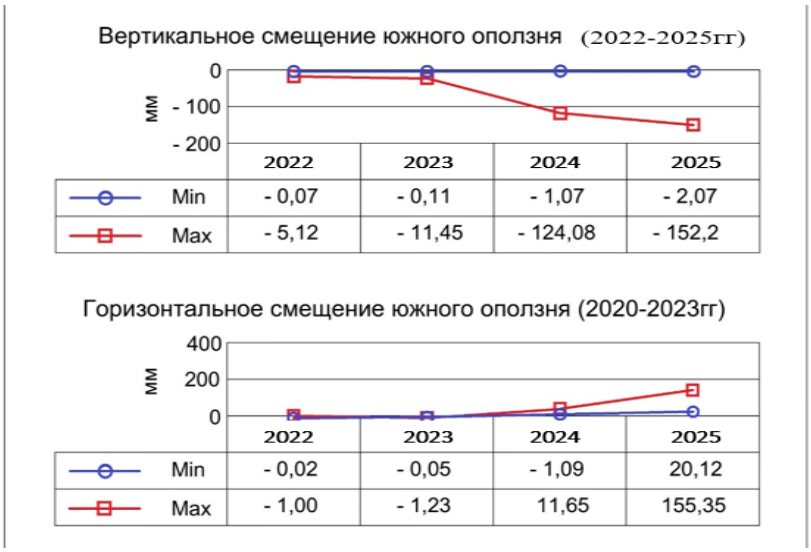
б)



а – схема расположения опорных пунктов на геодинамическом полигоне
б – конструкции наземных и подземных пунктов принудительного центрирования
Примечание: составлено автором.

Масштабы влияния карьеров, их отвалов, подземной добычи таковы, что их воздействие накладывается друг на друга, создавая сложенные закономерности формирования вторичного поля напряжений. Один из аспектов этого явления – вертикальные перемещения массива горных пород (рис.3, а). Поэтому сложившиеся в данном районе масштабы производства требуют углубленного изучения и контроля за происходящими процессами во избежание неконтролируемых катастрофических проявлений геомеханических процессов. Результаты мониторинга оползневых участков карьера с 2022 по 2025 годы и установленные величины смещения в пространстве времени приведены на рис.3,б

Рисунок 3
Оползни на южном борту карьера Восточная Сарыоба (а) и диаграммы смещения южного оползня с 2022 по 2025 гг(б)



Примечание: составлено автором.

Выполняемые на месторождениях геомеханические исследования с применением средств геодинамического полигона АРЗ показали свою эффективность. По результатам комплексного геодинамического мониторинга в рудничной зоне за благовременно выделяются потенциально опасные участки, в пределах которых после дополнительной оценки методами многоканального контроля состояния массива горных пород выполняют необходимые мероприятия по укреплению массива. Поскольку конечной целью для всех геомеханических исследований является обеспечение промышленной безопасности, то для предотвращения дальнейшего оползня борта месторождение «Карьерное» нами был разработан способ укрепления карьерных откосов, техническая новизна которого подтвежден патентом РК (Патент К336246-Б. 2024; Патент РК № 840, 2023).

Перспективы развития комплексного геодинамического мониторинга

Мировая горная практика свидетельствует, что увеличение водопритока в отработанное пространство приводит к снижению трения по границам тектонических блоков, способствуя внезапным подвижкам с выделением значительной энергии и проявлению техногенной сейсмичности (рис. 4). В таких условиях требуется дальнейшее развитие методов и средств геодинамического полигона, установка дополнительных элементов многоуровневой системы геотехнического мониторинга на участках, на которых прогнозируются опасные геодинамические проявления и обоснование их надежных предвестников

Рисунок 4.
Комплексный мониторинг на территории Жиландинских групп месторождений и интерпретация его результатов



Примечание: составлено автором.

Для этого необходимо проведение специальных исследований по совершенствованию методической и технической базы ГДП, с целью определения областей первоочередного контроля и обоснования региональных мер по управлению горным давлением (Rysbekov и др.2024: Saik и др., 2024).

Выводы

Комплексный мониторинг на территории Жиландинских групп месторождений и интерпретация его результатов, полученных за период 2021-2025 гг., позволил сформулировать следующие выводы:

1. Для обеспечения промышленной и экологической безопасности освоения недр проводится комплексный мониторинга состояния месторождении АРЗ и внедрены в производство:

- многоуровневая система комплексного геодинамического полигона: в состав которой входит ряд взаимодополняемых методов и технических средств, обеспечивающих эффективную регистрацию и углубленный анализ широкого спектра изменяющихся в пространстве и во времени параметров геопроцессов

- база геопространственных данных о месторождениях АРЗ, изучены ФМС и НДС массива горных пород нижних горизонтов рудника для создания трехмерных моделей горно-геологических объектов с учетом изменения их в процессе освоения недр;

- созданный для региона «локальный» метод геодинамического полигона;

- разработанные конструкции постоянного наземного и подземного пунтков принудительного центрирования (НППЦ и ППЦП), позволяющие повысить производительность и точность наблюдений;

- состав укрепляющего раствора из отходов горного производства для повышения устойчивости нарушенных участков уступов карьера.

Новизна разработанных способов и средств подтверждены Патентами РК на изобретение, входящими в межународную базу патентов Derwent.

2. Результаты мониторинга позволили сделать вывод, что в настоящее время разработка месторождении различными способами существенно не изменяет сложившееся природно-техногенное и геодинамическое состояние недр. Зарегистрированные незначительные смещения приурочены к тектоническим нарушениям. В таких условиях требуется дальнейшее развитие методов и средств геодинамического полигона, установка дополнительных средств системы геомониторинга ослабленных участках карьеров и обоснование их надежных предвестников. Для этого необходимо проведение специальных исследований по совершенствованию методической и технической базы геодинамическогго полигона.

Финансирование

Настоящее исследование выполнено в рамках грантового финансирования Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК AP23489269 «Геотехническое мониторирование геодинамического состояния геолого-структурной среды массива горных пород при освоени

Вклад авторов:

Концептуализация – Г.Мейрамбек и К.Б. Рысбеков; Методология – М.Б.Нурпеисова; Программное обеспечение – Е.Тлеубекұлы ; Валидация – Г.Мейрамбек и К.Б.Рысбеков; Формальный анализ – Ормамбекова А.Е.; Исследование – С.Т.Солтабаева; Ресурсы – С.Т.Солтабаева; Курирование данных – Г.Мейрамбек; Написание – подготовка первоначального варианта – С.Т.Солтабаева; Написание – рецензирование и редактирование – Нурпеисова Т.Б.; Визуализация – Е.Тлеубекұлы; Научное руководство – К.Б.Рысбеков; Администрирование проекта – К.Б.Рысбеков; Привлечение финансирования – Г.Мейрамбек

Литература

Bazaluk, O., Rysbekov, K., Nurpeissova, M., Lozynskyi, V., Kyrgisbayeva, G., & Turumbetov, T. (2022). Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. *Frontiers in Environmental Science*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.852591/full

Simmons, J. V. (2012). Geotechnical risk management in open pit coal mines. *Australian Centre for Geomechanics Newsletter*, (22), 1–4.

Нурпеисова, М. Б., Кыргизбаева, Г. М., & Нукарбекова, Ж. М. (2025). Инновационные способы диагностики трещиноватости горных пород (Свидетельство о регистрации авторского права № 62699).

Мельников, Н. Н. (2010). Экологические проблемы XXI века и освоение недр. В *Освоение недр и экологические проблемы: взгляд в XXI век* (сс. 26–45). ИПКОН РАН.

Mikhailova, N. N., & Uzbekov, A. N. (2018). Tectonic and man-made earthquakes in Central Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, (3), 137–145.

Кыргизбаева, Г. М., Нурпеисова, М. Б., Исагазы, М. Д., & Турумбетов, Т. А. (2021). Новый подход к созданию ГДП (Свидетельство о регистрации авторского права № 203602).

Nurpeissova, M. B., Bitimbayev, M. Zh., Rysbekov, K. B., & Schultz, R. (2020). Geodetic substantiation of the Saryarka copper ore region. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 6*, 194–202. https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.147

Nurpeissova, M. B., Rysbekov, K. B., Kasymkhanova, Kh. M., Kyrgizbayeva, G. M., & Soltabayeva, S. T. (2023). Comprehensive monitoring of geodynamic polygon of deposits in Central Kazakhstan. В *Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying* (pp. 11–19).

Нурпеисова, М. Б., Битимбаев, М. Ж., Рысбеков, К. Б., & Кыргизбаева, Г. М. (2024). Сейсмоакустический способ прогнозирования НДС массива (Патент RZ35898-B).

Нурпеисова, М. Б., Рысбеков, К. Б., Айтказинова, Ш. К., Доненбаева, Н. С., Нукарбекова, Ж. М., & Дербисов, К. Н. (2022). Наземный постоянный геодезический пункт принудительного центрирования приборов (Патент RZ35798).

Айтказинова, Ш. К., Нурпеисова, М. Б., Нукарбекова, Ж. М., & Дербисов, К. Н. (2024). Подземный пункт принудительного центрирования приборов (Патент KZ35900-B).

Бек, А. А., Доненбаева, Н. С., Нурпеисова, М. Б., Айтказинова, Ш. К., Нукарбекова, Ж. М., & Дербисов, К. Н. (2024). Способ укрепления откосов карьера (Патент KZ36246-B).

Рысбеков, К. Б., Нурпеисова, М. Б., Касымканова, Х. М., Кыргизбаева, Г. М., & Солтабаева, С. Т. (2023). Способ укрепления стационарных карьерных откосов (Патент РК № 840).

Rysbekov, K. B., Kyrgyzbayeva, D. M., Miletenko, N. A., & Kuandykov, T. A. (2024). Comprehensive monitoring of the Zhilandi fields group territory. *Eurasian Mining, 1*, 3–7.

Saik, P., Cherniaiev, O., Anisimov, O., & Rysbekov, K. (2023). Substantiation of the direction for mining operations under shear processes caused by hydrostatic pressure. *Sustainability, 15*(22), 15690. https://doi.org/10.3390/su152215690

Saik, P., Rysbekov, K., Kassymkanova, K., Lozynskyi, V., Kyrgizbayeva, G., Moldabayev, S., Babets, D., & Salkynov, A. (2024). Investigation of the rock mass state in the near-wall part of the quarry and its stability management. *Frontiers in Earth Science, 12*, 1395418. https://doi.org/10.3389/feart.2024.1395418

Сашурин, А. Д., & Панжин, А. А. (2005). Диагностика геомеханического состояния массива горных пород геодезическими методами. В *Проблемы геотехнологии и недроведения* (сс. 170–178).

Трубецкой, К. Н. (2020). Состояние и основные направления комплексного освоения и сохранения ресурсов недр. В *Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения недр* (сс. 5–11). ИПКОН РАН.

References

Bazaluk O., Rysbekov K., Nurpeisova M., Lozynskyi V., Kyrgisbayeva G., Turumbetov T. Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Accepted paper [electronic resource]. Available at: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.852591/full

Simmons J.V. Geotechnical risk management in open pit coal mines. *Australian Centre for Geomechanics Newsletter*. 2012, No. 22, pp. 1–4.

Nurpeisova M.B., Kyrgizbayeva G.M., Nukarbekova Zh.M. Innovative methods for diagnosing rock fracturing. Certificate of entry into the State Register of Copyright Objects No. 62699 dated 06.12.2025.

Melnikov N.N. Environmental problems of the 21st century and subsoil development. In: *Subsoil Development and Environmental Problems: A View into the 21st Century*. Moscow: IPKON RAS, 2010, pp. 26–45.

Mikhailova N.N., Uzbekov A.N. Tectonic and man-made earthquakes in Central Kazakhstan. *News of NAS RK. Series of Geology and Technical Sciences*. 2018, No. 3, pp. 137–145.

Kyrgizbayeva G.M., Nurpeisova M.B., Isagazy M.D., Turumbetov T.A. A new approach to the creation of a geodynamic polygon. Certificate of entry into the State Register of Copyright Objects No. 203602 dated 17.09.2021.

Nurpeissova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.V., Shults R. Geodetic substantiation of the Saryarka copper ore region. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2020, Vol. 6, pp. 194–202. https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.147

Nurpeissova M.B., Rysbekov K.B., Kasymkhanova Kh.M., Kirgizbayeva G.M., Soltabayeva S.T. Comprehensive monitoring of the geodynamic polygon of deposits in Central Kazakhstan. In: *Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying*, Xuzhou, China, October 24–29, 2023, pp. 11–19.

Patent RZ35898-B. Seismoacoustic method for forecasting the stress-strain state of rock mass. Inventors: Nurpeisova M.B. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2024-B08861.

Patent RZ35798. Surface permanent geodetic forced-centering station. Inventors: Nurpeisova M.B. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2022-C4343S.

Patent KZ35900-B. Underground forced-centering station. Inventors: Aitkazinova Sh.K. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2024-B08862.

Patent KZ36246-B. Method for strengthening quarry slopes. Inventors: Bek A.A. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2024-C48648.

Patent of the Republic of Kazakhstan No. 840 dated 08.09.2023. Method for strengthening stationary quarry slopes. Authors: Rysbekov K.B. et al.

Rysbekov K.B., Kyrgyzbayeva D.M., Miletenko N.A., Kuandykov T.A. Comprehensive monitoring of the territory of the Zhilandi field groups. *Eurasian Mining*. 2024, Vol. 1, pp. 3–7.

Saik P., Cherniaiev O., Anisimov O., Rysbekov K. Substantiation of the direction for mining operations developing under conditions of shear processes caused by hydrostatic pressure. *Sustainability*. 2023, 15(22), 15690. doi:10.3390/su152215690.

Saik P., Rysbekov K., Kassymkanova K., Lozynskyi V., Kyrgizbayeva G., Moldabayev S., Babets D., Salkynov A. Investigation of the rock mass state in the near-wall part of the quarry and its stability management. *Frontiers in Earth Science*. 2024, 12:1395418. doi:10.3389/feart.2024.1395418.

Sashurin A.D., Panzhin A.A. Diagnostics of the geomechanical state of rock mass by geodetic methods. In: *Problems of Geotechnology and Subsoil Use*. Ekaterinburg: IGD UB RAS, 2005, pp. 170-178.

Trubetskoy K.N. State and main directions of integrated development and conservation of subsoil resources. In: *Proceedings of the IV Conference of the International Scientific School of Acad. RAS K.N. Trubetskoy*. Moscow: IPKON RAS, 2020, pp. 5-11.

Сведения об авторах:

Г. Мейрамбек – к. т. н., профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: g.meirambek@satbayev.university).

К.Б. Рысбеков – к. т. н., профессор, директор горно-металлургического института Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан).

М.Б. Нурпеисова – д. т. н., проф. кафедры маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: marzhan-nurpeissova@ramdler.ru).

С.Т. Солтабаева – к. т. н, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан).

Тлеубекұлы Еркебулан – докторант 2 курса ОП кадастр, КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан).

Information about authors:

G. Meirambek – PhD, Professor, Head of the Department of Mine Surveying and Geodesy, Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan, e-mail: g.meirambek@satbayev.university).

K. Rysbekov – PhD, Professor, Director of the Mining and Metallurgical Institute of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan).

M. Nurpeissova – doctor of technical sciences, professor of the Department of of Mine Surveying and Geodesy, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: marzhan-nurpeissova@ramdler.ru).

S. Soltabayeva – Candidate of Technical Sciences., Professor of the Department of Surveying and Geodesy, Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan (https://orcid.org/0000-0003-1330-2174, saule_soltabaeva@mai.ru).

E. Tleubekuly – 2nd year doctoral student Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, https://orcid.org/0009-0005-9845-1727).

Авторлар туралы мәлімет:

Г. Мейрамбек – PhD, профессор, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының меңгерушісі. (Алматы, Қазақстан, e-mail: g.meirambek@satbayev.university).

Қ.Б. Рысбеков – PhD докторы, профессор, Қ.И. атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің Тау-кен металлургия институтының директоры. Сәтбаев (Алматы, Қазақстан),

М.Б. Нұрпейісова – т. ғ. д., Маркшейдерия және геодезия кафедрасының профессоры, Қ.И.Сәтбаев атынд М.Бұағы Қазақ ұлттық техникалық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: marzhan-nurpeissova@ramdler.ru).

С.Т. Солтабаева – техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, https://orcid.org/0000-0003-1330-2174, saule_soltabaeva@mai.ru).

Е. Тлеубекұлы – 2-курс докторанты әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, https://orcid.org/0009-0005-9845-1727).

Поступила: 15 января 2026 года
Принята: 10 марта 2026 года

2-бөлім

КАРТОГРАФИЯ ЖӘНЕ ГЕОИНФОРМАТИКА

Section 2

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Раздел 2

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

МРНТИ 89.57.35, 87.19.03 https://doi.org/10.26577/JGEM801202610

Л.А. Балакай, Т.В. Дедова, Н.З. Баширова, А.А. Мерекеев*

ТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан
*e-mail: aibek.merekeyev@ionos.kz

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ В КАЗАХСТАНСКОМ СЕКТОРЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Разработана комплексная методика космического мониторинга нефтяных загрязнений в казахстанском секторе Каспийского моря, объединяющая автоматизированную обработку радиолокационных снимков Sentinel-1, методы глубокого обучения и гидродинамическое моделирование. Основная цель – достоверное выявление нефтяных сликов, их дифференциация от природных явлений типа look-alike и прогнозирование распространения по акватории моря. С помощью данной методики обработано 2326 сцен за период с августа 2023 г. по август 2025 г. Семантическая сегментация выполнена с использованием трансформерной архитектуры Mask2Former, обученной на специализированном датасете радиолокационных изображений Каспийского моря. Для прогнозирования динамики загрязнений применена модель Oil Spill MIKE 21 с учётом метеорологических данных GFS и батиметрии, созданной на основе данных GEBCO. Выявлено 52 нефтяных слика общей площадью около 269 км² преимущественно в районах интенсивного судоходства и портовой инфраструктуры. Детальный анализ крупного слика от 16.08.2025 с привлечением разновременных спутниковых данных Sentinel-1A и Sentinel-2, а также гидродинамического моделирования, показал, что его характеристики соответствуют сбросу нефтесодержащих (льяльных) вод, а не аварийному разливу сырой нефти. Разработанная методика обеспечивает переход от обнаружения загрязнений к научно обоснованному прогнозу их поведения. Перспективы развития связаны с интеграцией данных автоматической идентификационной системы для идентификации судов-нарушителей и создания системы оперативного экологического контроля.

Ключевые слова: Каспийское море, нефтяное загрязнение, космический мониторинг, методы глубокого обучения, математическое моделирование.

L.A. Balakay, T.V. Dedova, N.Z. Bashirova, A.A. Merekeyev*

LLP «Institute of Ionosphere», Almaty, Kazakhstan
*e-mail: aibek.merekeyev@ionos.kz

Satellite monitoring of oil spills in the kazakh sector of the Caspian sea: results and interpretation

A comprehensive methodology for space-based monitoring of oil pollution in the Kazakh sector of the Caspian Sea has been developed. The approach integrates automated processing of Sentinel-1 SAR imagery, deep learning techniques, and hydrodynamic modeling. The primary objective is the reliable detection of oil slicks, their differentiation from natural look-alike phenomena, and forecasting their dispersion across the marine area. Using this methodology, 2,326 satellite scenes acquired between August 2023 and August 2025 were processed. Semantic segmentation was performed using the Mask-2Former transformer architecture trained on a specialized SAR dataset of the Caspian Sea. To forecast pollution dynamics, the MIKE 21 Oil Spill model was applied, incorporating GFS meteorological data and bathymetry derived from GEBCO. A total of 52 oil slicks with a combined area of approximately 269 km² were identified, predominantly in regions of intensive shipping and port infrastructure. A detailed analysis of a major slick detected on 16 August 2025, based on multi-temporal Sentinel-1A and Sentinel-2 data as well as hydrodynamic modeling, demonstrated that its characteristics correspond to the discharge of oily (bilge) water rather than an accidental crude oil spill. The developed methodology enables a transition from pollution detection to scientifically grounded forecasting of slick behavior. Future developments include the integration of Automatic Identification System data to identify violating vessels and to establish an operational environmental monitoring system.

Keywords: Caspian Sea, oil pollution, remote sensing, deep learning methods, mathematical modeling.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

Л.А. Балакай, Т.В. Дедова, Н.З. Баширова, А.А. Мерекеев*
«Институт ионосферы» ЖШС, Алматы, Қазақстан
*e-mail: aibek.merekeyev@ionos.kz

Қазақстандық Каспий теңізі секторындағы мұнай төгінділерін ғарыштық мониторингтеу: нәтижелері мен түсіндірмесі

Қазақстандық Каспий теңізі секторында мұнаймен ластануды ғарыштық мониторингтеудің кешенді әдістемесі әзірленді. Әдістеме Sentinel-1 радиолокациялық суреттерін автоматтандырылған өңдеуді, терең оқыту әдістерін және гидродинамикалық модельдеуді біріктіреді. Негізгі мақсат – мұнай дақтарын сенімді анықтау, оларды табиғи «look-alike» құбылыстарынан ажырату және теңіз акваториясында таралуын болжау. Осы әдістеме арқылы 2023 жылғы тамыздан 2025 жылғы тамызға дейінгі кезеңде 2326 спутниктік көрініс өңделді. Семантикалық сегментация Каспий теңізінің радиолокациялық кескіндерінің арнайы деректер жиынтығында оқытылған Mask2Former трансформерлік архитектурасы негізінде орындалды. Ластанулардың динамикасын болжау үшін GFS метеорологиялық деректері мен GEBCO негізінде жасалған батиметрияны ескере отырып, MIKE 21 Oil Spill моделі қолданылды. Қарқынды кеме қатынасы және порт инфрақұрылымы аймақтарында жалпы ауданы шамамен 269 км² болатын 52 мұнай дағы анықталды. 16.08.2025 ж. тіркелген ірі мұнай дағын Sentinel-1A және Sentinel-2 спутниктік деректерін, сондай-ақ гидродинамикалық модельдеуді пайдалана отырып жүргізілген егжей-тегжейлі талдау оның сипаттамалары шикі мұнайдың апаттық төгілуіне емес, мұнайқұрамды (льяльды) сулардың төгілуіне сәйкес келетінін көрсетті. Әзірленген әдістеме ластануларды анықтаудан олардың мінез-құлқын ғылыми негізделген болжауға көшуге мүмкіндік береді. Әдістемені одан әрі дамыту автоматты сәйкестендіру жүйесінің деректерін интеграциялау арқылы құқық бұзушы кемелерді анықтау және жедел экологиялық бақылау жүйесін құрумен байланысты.

Түйін сөздер: Каспий теңізі, мұнай ластануы, ғарыштық мониторинг, терең оқыту әдістері, математикалық модельдеу.

Введение

Каспийское море является экологически чувствительным регионом с уникальными природными сообществами, включая эндемичные виды и сложные экосистемы прибрежных и морских зон, что делает его объектом интенсивных научных исследований (Court et al., 2025; Булавина & Герасимов, 2025). Одновременно Каспий остаётся центром масштабной добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов, что создаёт устойчивое антропогенное давление на окружающую среду и повышает риск загрязнения морской поверхности углеводородами. Сочетание высокой природной ценности и промышленной нагрузки определяет необходимость развития эффективных методов оперативного экологического мониторинга, ориентированных как на выявление загрязнений, так и на анализ их пространственно-временной динамики.

В последние годы в качестве основного инструмента решения данной задачи широко применяются данные дистанционного зондирования Земли, позволяющие осуществлять регулярные наблюдения за акваторией, фиксировать нефтяные плёнки и оценивать особенности их распределения во времени и пространстве (Nurtas et al., 2025). Использование спутниковых наблюдений обеспечивает охват труднодоступных районов, сопоставимость результатов и возможность ретроспективного анализа.

Ключевую роль при мониторинге нефтяных загрязнений играют радиолокационные данные, поскольку они обеспечивают всепогодное и круглосуточное наблюдение морской поверхности и позволяют уверенно регистрировать зоны пониженного обратного рассеяния, обусловленные наличием поверхностных плёнок (Hu et al., 2021). Радиолокационные сенсоры чувствительны к изменениям микрошероховатости водной поверхности, что делает их наиболее эффективным инструментом обнаружения нефтяных сликов независимо от облачности и освещённости.

Оптические спутниковые данные используются в качестве дополнительного источника информации и позволяют уточнять природу выявленных аномалий, анализировать морфологию загрязнений, оценивать цветовые и текстурные характеристики водной поверхности, а также отслеживать трансформацию пятен во времени. Совместное использование радиолокационных и оптических наблюдений повышает достоверность интерпретации и расширяет аналитические возможности космического мониторинга(Mityagina & Kostianoy, 2025).

Наряду с развитием средств космического наблюдения, современный мониторинг нефтя-

ных загрязнений опирается на методы глубокой машинной обработки данных. Архитектуры глубокого обучения, такие как DeepLabv3+ и Mask2Former, демонстрируют высокую эффективность в задачах семантической сегментации спутниковых изображений и позволяют выделять нефтяные плёнки и сопутствующие классы (вода, суша, look-alike) с высоким уровнем точности (Балакай et al., 2024). Появление специализированных датасетов для детекции нефтяных пятен (в том числе маскированных областей, look-alike феноменов и т. п.) существенно расширяет возможности обучения и валидации моделей глубокого обучения и служит опорой для сравнительных исследований в области дистанционного мониторинга загрязнений (Krestenitis et al., 2019).

Кроме задач обнаружения, важной составляющей комплексного мониторинга является прогнозное моделирование перемещения нефтяных загрязнений в морской среде. Для этого используются различные гидродинамические и лагранжевые модели (Keramea et al., 2021), которые описывают дрейф, диффузию и другие процессы, влияющие на пространственно-временное распределение нефтяных частиц – это позволяет оценить динамику распространения загрязнения и потенциал его воздействия на прибрежные экосистемы.

До недавнего времени задачи обнаружения и прогноза нефтяного загрязнения морской поверхности решались преимущественно раздельно: исследования фокусировались либо на детекции разливов по спутниковым данным, либо на моделировании гипотетических сценариев аварий. В настоящей работе впервые для Каспийского моря предложена и апробирована автоматизированная система, объединяющая эти этапы в единый сквозной цикл. Система последовательно выполняет загрузку и обработку радиолокационных снимков Sentinel-1, семантическую сегментацию нефтяных плёнок с использованием архитектуры Mask2Former и гидродинамическое моделирование переноса загрязнения в среде Oil Spill MIKE 21. Такая интеграция позволяет не только обнаруживать слики, но и оценивать динамику их перемещения в акватории Каспийского моря. Дополнительный детальный анализ крупного слика, расположенного на трассе судоходства Курык–Баку, выполненный с использованием разновременных космических снимков и результатов численного моделирования его переноса, позволяет сделать обоснованное заключение о вероятном составе дешифрированного по данным ДЗЗ загрязнения и демонстрирует перспективность интеграции систем дистанционного мониторинга с сервисами отслеживания судов для установления возможного источника загрязнения.

Материалы и методы

В данной работе мониторинг нефтяного загрязнения проводился с использованием радиолокационных снимков спутников Sentinel-1, входящих в европейскую программу наблюдения Земли Copernicus Programme (*Sentinel-1. Radar Vision for Copernicus*, 2025), оснащённых С-диапазонным синтезированным апертурным радиолокатором (SAR). Научная методология была направлена на разграничение нефтяных сликов и природных явлений типа «look-alike», имеющих сходный радиометрический отклик на снимках. К таким явлениям относятся зоны штиля, внутренние волны, апвеллинг, дождевые ячейки, биогенные плёнки и др. Основной исследовательский вопрос состоял в том, как обеспечить автоматизированное и достоверное выявление нефтяных загрязнений и их дифференциацию от природных феноменов с формированием пространственно-распределённых слоёв, пригодных для последующего анализа и прогнозирования распространения нефти и нефтесодержащих продуктов по морской акватории.

Этапы проведенного исследования иллюстрирует Рисунок 1. Из схемы видно, что на первом этапе осуществлялась автоматическая загрузка продуктов Sentinel-1A и Sentinel-1C уровня Level-1 GRD в формате SAFE/COG через платформу Copernicus Data Space Ecosystem (*Catalog APIs. Copernicus*, 2025) с использованием API доступа. Данные проходили контроль целостности, распаковку, систематизацию и каталогизацию.

Далее проводился предварительный анализ, в ходе которого эксперт в ПО ArcGIS Pro оценивал снимок на предмет выявления зон выглаживания морской поверхности. Определялись участки с пониженным уровнем обратного рассеяния, соответствующие сглаженным зонам. При этом учитывались гидрометеорологические условия съёмки, такие как скорость ветра и наличие осадков, которые могут влиять на интерпретацию радиолокационного сигнала. По результатам анализа выполнялось кадрирование снимка в пределах выявленных зон, включая все сомнительные области, как потенциальные нефтяные слики, так и look-alike.

Рисунок 1

Этапы автоматизированного распознавания и моделирования нефтяного загрязнения Каспийского моря



Примечание: рисунок составлен авторами

На следующем этапе средствами Python осуществлялось фрагментирование кадрированного снимка и его последующая автоматическая классификация с выделением следующих классов: нефтяной разлив, морская поверхность, суша, суда, look-alike и области без данных (NODATA). Детектирование выполнялось методом семантической сегментации на основе трансформерной архитектуры Mask2Former (Cheng et al., 2021; *Mask2Former*, 2025), обеспечивающей извлечение многомасштабных пространственных признаков и учёт глобального контекста сцены. Такой подход позволяет корректно выделять нефтяные плёнки сложной формы, устойчиво различать их с радиометрически сходными природными образованиями и снижать количество

ложных срабатываний за счёт использования контекстной информации всей сцены.

Распознавание выполнялось с привлечением специализированного обучающего датасета радиолокационных изображений с пиксельной разметкой тематических классов, описанного в ранее опубликованной работе авторов (Балакай et al., 2024). Использование данного датасета обеспечило обучение модели на репрезентативной выборке реальных радиолокационных сцен Каспийского моря и повысило устойчивость распознавания к вариациям текстуры морской поверхности и условиям съёмки.

Анализ использования модели Mask2Former для семантической сегментации радиолокационных изображений показал высокую точность распознавания базовых классов подстилающей поверхности – водной поверхности, суши и фоновых областей, для которых значения IoU, Accuracy, полноты и F-меры на тестовой и валидационной выборках достигают 97–99 %. Для класса нефтяных плёнок значения метрик находятся на умеренном уровне (IoU около 49–56 %, F-мера 58–72 %), что отражает сложность их радиолокационного проявления и спектрально-текстурное сходство с природными явлениями типа look-alike. Сопоставимые по величине показатели получены и для класса look-alike. Наименьшие значения метрик соответствуют классу судов на валидационной выборке, что, вероятно, связано с ограниченным объёмом обучающих данных для данного типа объектов. В целом результаты свидетельствуют о высокой надёжности выделения фоновых классов и подтверждают более сложный характер автоматического распознавания нефтяных загрязнений.

На этапе постобработки выполнялось объединение классифицированных фрагментов в единый тематический слой с восстановлением географической привязки, после чего проводилась экспертная верификация, включавшая оценку корректности распознавания нефтяных сликов, анализ спорных участков класса *look-alike* и принятие решения о целесообразности дальнейшего прогноза. По результатам верификации осуществлялась дискретизация слика и преобразование данных сегментации в растровый слой с расчётом параметров ячеек, характеризующих интенсивность загрязнения, который использовался в качестве пространственно-распределённого источника при последующем моделировании его распространения. При этом поверхностная плёнка рассматривалась как начальная форма существования загрязняющего вещества в морской среде, где оно далее претерпевает комплекс взаимосвязанных физико-химических и биологических преобразований и может переходить в эмульгированное, растворённое и взвешенное состояние. Численное воспроизведение этих процессов осуществлялось с применением модели Oil Spill MIKE 21 (*DHI OIL Spil Model. Oil Spill Template. Scientific Description. MIKE Powered by DHI*, 2024), разработанной Датским гидравлическим институтом DHI, в которой перенос и трансформация загрязнения описываются лагранжевым методом дискретных частиц с учётом растекания, испарения, эмульгирования, растворения, окисления, биодеградации и седиментации. Поскольку определяющим фактором пространственного перемещения нефтяной плёнки является поле течений, на подготовительном этапе выполнялась загрузка прогнозных метеорологических данных Global Forecast System (GFS) из базы Национального центра экологического прогнозирования (NCEP) (*Global Forecast System (GFS)*, 2025), после чего в гидродинамическом модуле MIKE 21 Hydrodynamic (HD) (*MIKE 21 Flow Model FM. Hydrodynamic and Transport Module. Scientific Documentation*, 2025) рассчитывались циркуляция вод и структура потоков с учётом батиметрии, ветрового воздействия, колебаний уровня моря, донного и поверхностного трения. В качестве источника батиметрических данных использовался глобальный массив GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*, 2025). Полученное гидродинамическое поле служило основой для последующего прогноза перемещения нефтяного слика по морской поверхности. Результаты моделирования представлялись в виде картографических и цифровых выходных данных, что обеспечивало физически обоснованную оценку динамики распространения нефтяного загрязнения в акватории Каспийского моря.

Таким образом, предложенная технологическая схема объединяет данные дистанционного зондирования, методы глубокого обучения и гидродинамическое моделирование, позволяя перейти от обнаружения нефтяного слика к прогнозу его дальнейшего распространения. Это повышает оперативность и практическую ценность космического мониторинга для решения задач экологической безопасности морской акватории.

Результаты

На основе описанной методики был осуществлён анализ 2326 сцен Sentinel-1, охватывающих период с 1 августа 2023 г. по 31 августа 2025 г., с пространственным охватом казахстанского сектора Каспийского моря. Были дешифрированы 52 случая выглаживания морской поверхности, интерпретированные как нефтяные плёнки, общей площадью около 269 км². Рисунок 2 демонстрирует некоторые результаты распознавания нефтяного загрязнения с использованием модели Mask2Former.

На рисунке слева приведены фрагменты радиолокационных снимков, а справа – результаты дешифрирования, на которых красным цветом показана распознанные нефтяные пленки, голубым – вода, зеленым – земля, серым – look-alike, а светло-голубым – NODATA. Как видно из рисунка, Mask2Former достаточно точно классифицирует нефтяные пленки, небольшие погрешности возникают при классификации суши.

Рисунок 3 иллюстрирует месячную динамику изменения площади нефтяных сликов, дешифрированных по данным Sentinel-1. Диаграмма показывает, что в ряде месяцев (особенно зимой) нефтяные плёнки не фиксировались, что связано с ледовыми условиями в северной части моря и особенностями ветрового режима в Среднем и Южном Каспии. Распределение площадей нефтяного загрязнения по месяцам имело неравномерный характер.

Распределение площадей отдельных сликов крайне неравномерно. Более половины выявленных случаев имеют площадь менее 1 км² (30 случаев из 52, 58%). Значительно реже фиксируются слики площадью от 1 до 5 км² (12 случаев, 23%), а крупные от 5 до 10 км² еще реже (8 случаев, 15%). И лишь два эпизода превышают площадь 10 км². Эти крупные выглаживания морской поверхности датируются 16.04.2024 г и 16.08.2025 и имеют площадь 71,89 км² 106,58 км² соответственно. На них в совокупности приходится около 66% всей выявленной площади загрязнения.

Более детальный статистический анализ по годам показывает, что:

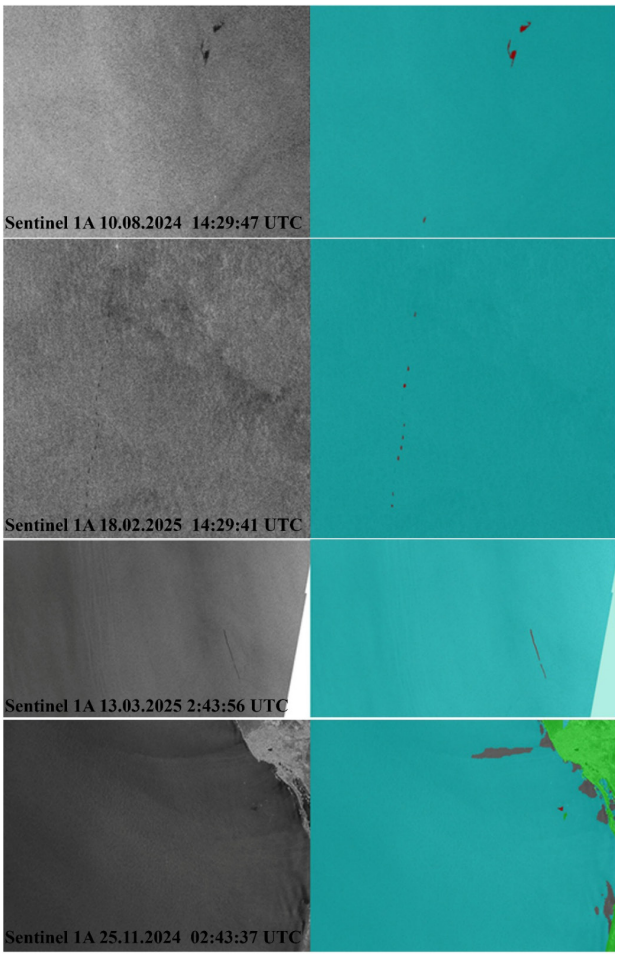
- Во второй половине 2023 г. было зафиксировано 7 сликов суммарной площадью 12,14 км²; средняя площадь составила 1,73 км², медианная – 1,31 км², диапазон – от 0,24 до 5,22 км².

- В 2024 г. зарегистрировано 33 слика общей площадью 113,7 км²; средняя площадь – 3,45 км², медианная – 0,76 км², минимальный слик – 0,034 км², максимальный – 71,89 км².

- В первой половине 2025 г. зафиксировано 12 сликов общей площадью 142,8 км²; средняя площадь составила 11,9 км², медианная – 0,84 км², диапазон – от 0,20 до 106,58 км².

Рисунок 2

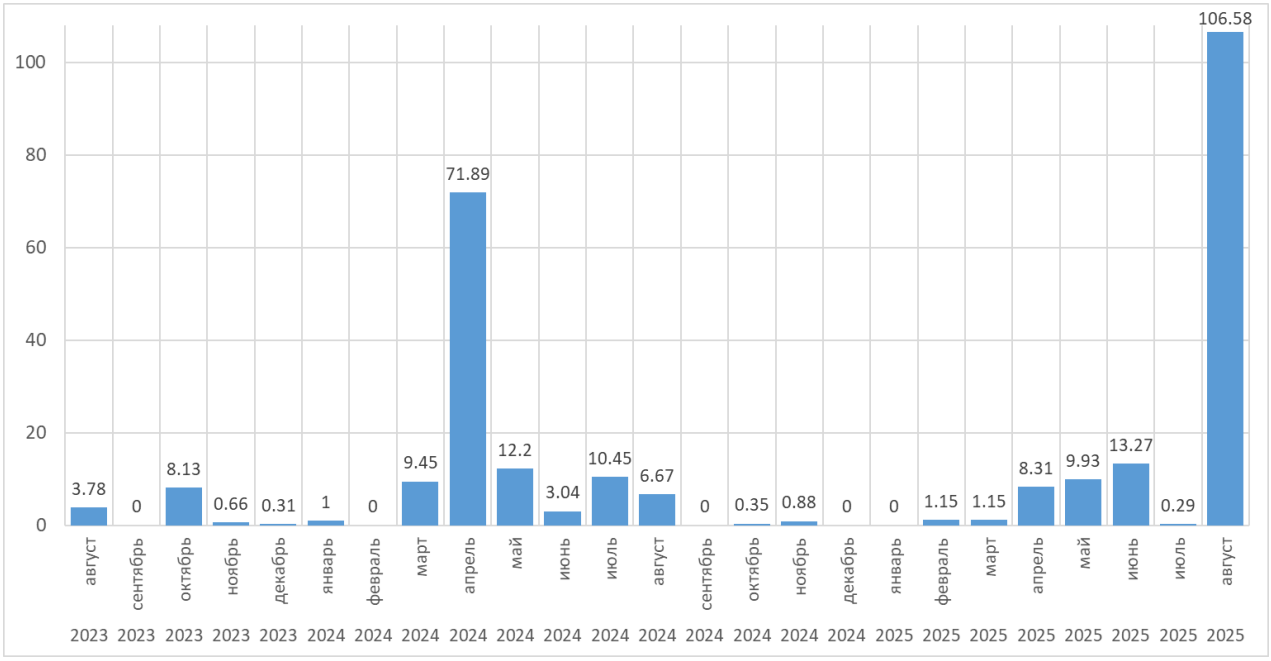
Фрагменты радиолокационных снимков Sentinel-1A (слева) с нефтяными сликами и соответствующие результаты (справа) тематического дешифрирования (красный цвет -нефть, голубой -вода, зеленый – земля, серый – look-alike, светло-голубой – NODATA)



Примечание: рисунок составлен авторами

Рисунок 3

Месячная динамика площади нефтяных сликов по данным спутников Sentinel-1 за 2023–2025 гг.



Примечание: рисунок составлен авторами

Пространственный анализ показал приуроченность большинства сликов к районам интенсивного судоходства и портовой инфраструктуры, а также их повторяемость в одних и тех же местах, что указывает на антропогенный характер загрязнений. Данный вывод подтверждается характерной вытянутой формой сликов (см. Рисунок 4). Основными источниками таких загрязнений являются воды судов, которые могут быть трюмными, балластными или льяльными. Дополнительно нефтяные загрязнения могут возникать при протечках топливных баков, промывке машинных отделений, погрузке и разгрузке нефтепродуктов, а также при аварийных разливах.

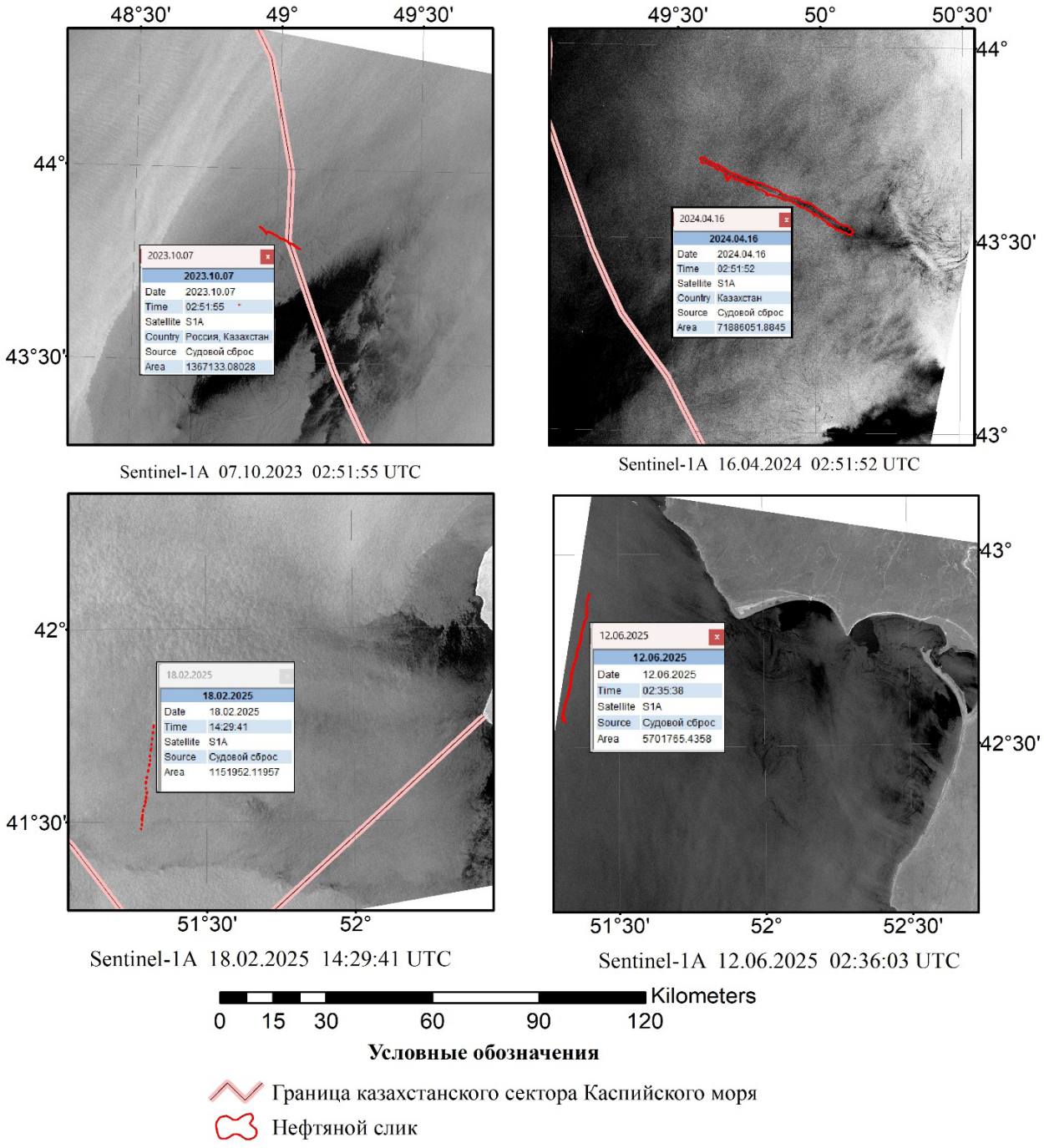
Интегральная карта загрязнения акватории казахстанского сектора Каспийского моря нефтяными пленками за период с 1.08.2023 по 31.07.2025 приведена на Рисунок 5. Из рисунка видно, что зафиксированные нефтяные слики в казахстанском секторе Каспийского моря имеют четко выраженную пространственную приуроченность. Большая их часть локализуется в центральной и южной частях акватории, преимущественно вдоль основных судоходных маршрутов, ведущих к портам Актау и Курык. Конфигурация и протяженность пятен свидетельствуют об их антропогенном происхождении.

Интегральная карта нефтяного загрязнения акватории казахстанского сектора Каспийского моря, построенная по данным Sentinel-1A за период с 1.08.2023 по 31.08.2025

Наличие повторяющихся сликов вблизи портовой инфраструктуры и маршрутов движения судов указывает на устойчивый характер загрязнений, связанных с эксплуатационной деятельностью морского транспорта. При этом в северной части казахстанского сектора Каспия нефтяные загрязнения практически не фиксировались, что подчеркивает географическую избирательность источников и необходимость усиленного экологического контроля именно в районах интенсивного судоходства.

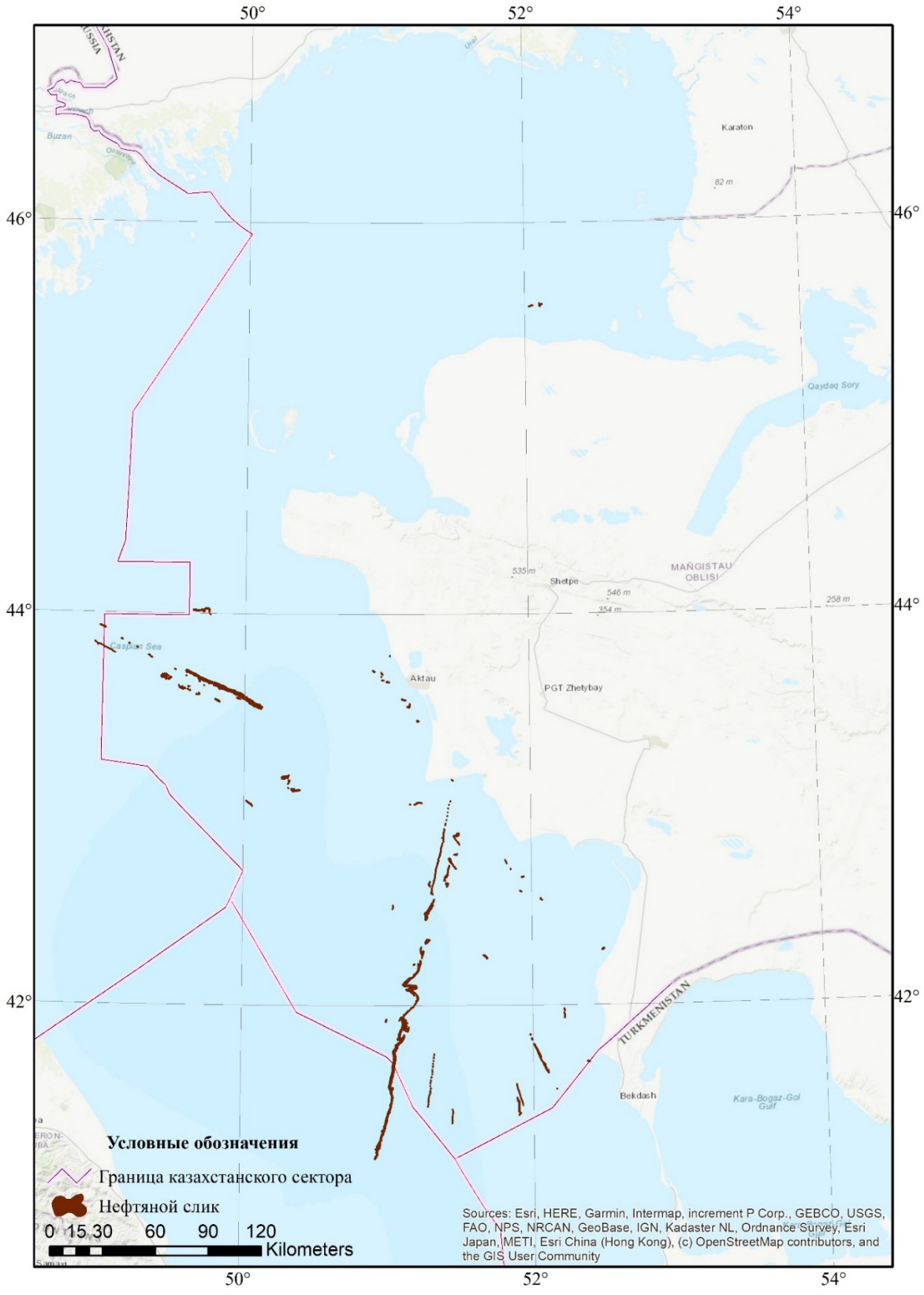
Рисунок 4

Примеры нефтяных сликов от судовых сбросов на снимках Sentinel-1A в разные даты



Примечание: рисунок составлен авторами

Рисунок 5



Примечание: рисунок составлен авторами

Обсуждения

Ложноположительные случаи распознавания нефтяного загрязнения

На радиолокационных снимках акватории Каспийского моря нередко фиксируются зоны выглаживания поверхности воды, которые по своим радиофизическим характеристикам могут быть интерпретированы как нефтяные загрязнения. Подобные участки, однако, не всегда связаны с фактическим наличием нефти и относятся к категории ложноположительных распознаваний. В данном разделе рассматриваются отдельные случаи такого рода с целью сопоставления результатов автоматизированного дешифрирования радиолокационных данных, проведенного в рамках настоящего исследования, а также выявления причин расхождений и факторов, способствующих формированию ложноположительных интерпретаций.

На радиолокационном снимке от 29 июля 2024 г. наблюдается участок выглаженной поверхности моря, имеющих небольшую площадь. Его отнесение к нефтяным пленкам представляется сомнительным, поскольку в непосредственной близости фиксируются аналогичные линейные структуры сглаживания, характерные для биогенных пленок (см. Рисунок 6 А). Вероятнее всего данный слик являются биогенной пленкой.

Акватория Каспийского моря на радиолокационном снимке Sentinel-1A от 31.12.2024 02:43:59 UTC (см. Рисунок 6 Б) характеризуется выраженной неоднородной структурой обратного рассеяния. Это свидетельствует о том, что скорость ветра над морской поверхностью находилась в пределах 0–3 м/с. Это подтверждается метеорологическими наблюдениями на метеостанции Aktau (airport), METAR, где в период с 00:00 UTC по 09:00 UTC фиксировалась скорость ветра 2-3 м/с.

Известно, что устойчивое проявление нефтяных пленок на радиолокационных изображениях возможно только в ограниченном диапазоне скоростей ветра – примерно от 2 до 8 м/с (Alpers et al., 2017). При меньших значениях скорости ветра выделение антропогенных пленок затруднено. При скоростях выше 8–10 м/с нефтяные пленки быстро разрушаются и становятся невидимыми для радиолокатора.

Отдельный интерес представляют случаи, требующие повышенного внимания и, в ряде ситуаций, проведения натурного подтверждения. На радиолокационном снимке за 7 апреля 2025 г. (см. Рисунок 6 В) фиксируются многочисленные слики малого размера. Их интерпретация неоднозначна: подобные структуры могут указывать как на естественные процессы просачивания углеводородов с морского дна, так и на явления иного генезиса, например, выносы илового материала. Следует отметить, что такие сомнительные слики приурочены преимущественно к мелководной северной части Каспийского моря. В условиях прогрессирующего обмеления акватории здесь усиливаются донные процессы, что способствует более частому подъёму взвеси.

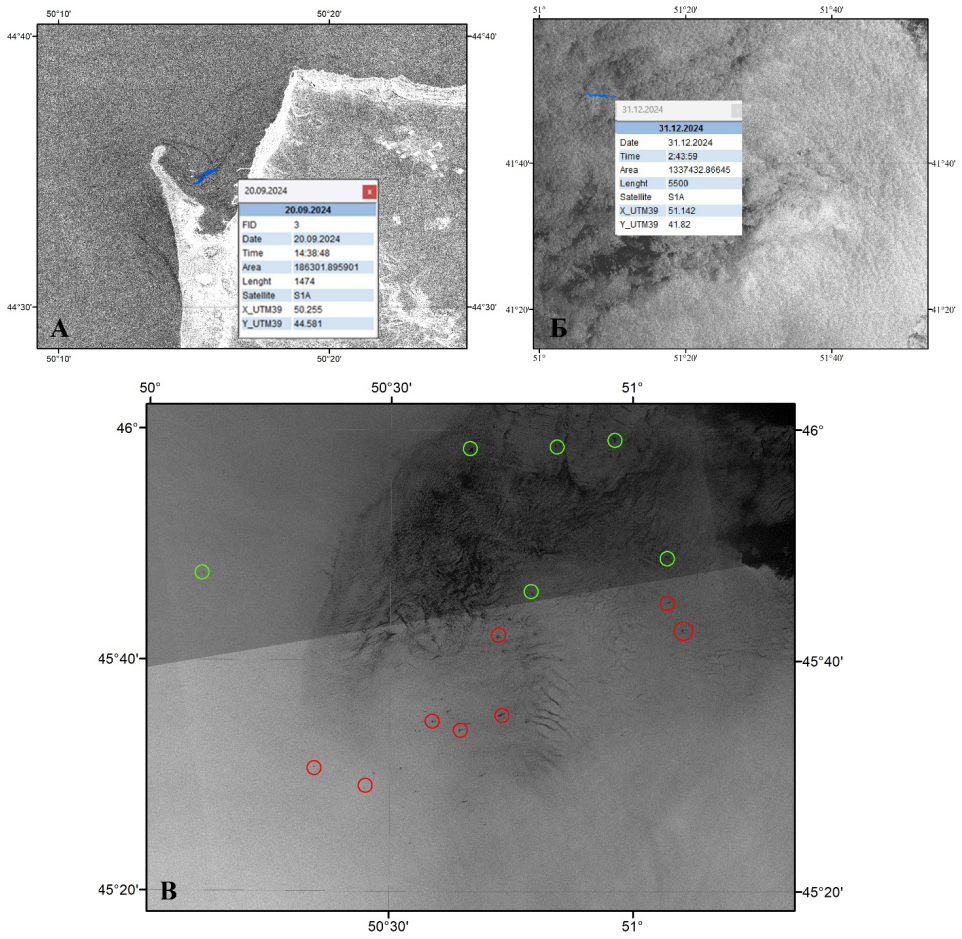
Так, на оптическом снимке Sentinel-2 (Рисунок 7 А), на котором чётко идентифицируется остров Д месторождения Кашаган, наблюдаются затемненные области, формирующиеся при движении катеров, вызывающих подъем ила со дна и его перенос в толще воды. Подобные проявления представляют собой один из типичных источников ложноположительных сигналов на радиолокационных спутниковых данных (Рисунок 7 Б), поскольку они могут приводить к выглаживанию морской поверхности, а, следовательно, передаваться на радиолокационном снимке зоной черного цвета. Это подтверждает необходимость комплексного анализа, включающего как данные различных спутниковых сенсоров (радарных и оптических), так и натурные наблюдения, для более надежной идентификации природы выявленных аномалий.

Детальный анализ нефтяного слика, обнаруженного на Sentinel-1A 16.08.2025

Для детального анализа природы одного из наиболее протяжённых сликов был рассмотрен случай, зафиксированный на радиолокационном снимке Sentinel-1A за 16.08.2025 02:43:53 UTC (см. Рисунок 8, А).

Рисунок 6

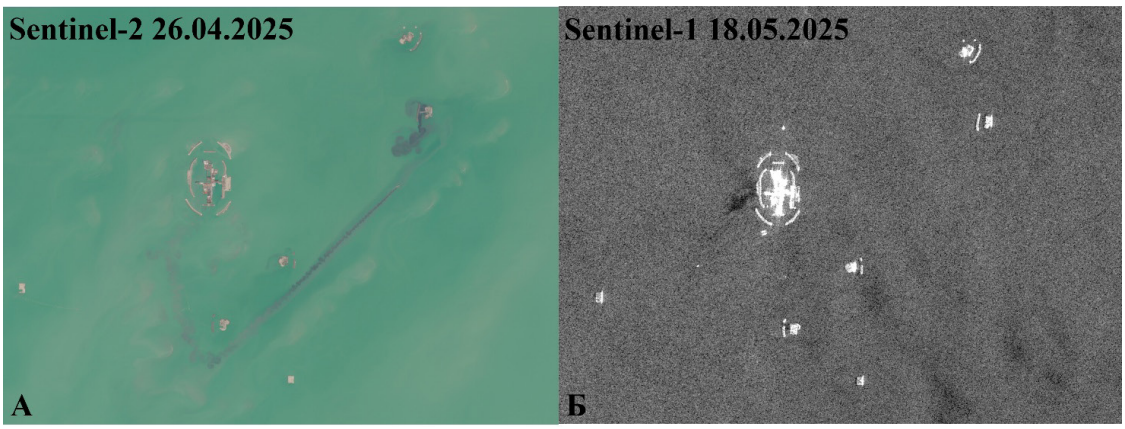
Радиолокационные снимки Sentinel-1A, А – 29.07.2024 14:30:36 UTC, Б – 31.12.2024 2:43:59 UTC, В – 07.04.2025 14:30:31 UTC и 14:30:56 UTC



Примечание: рисунок составлен авторами

Рисунок 7

Снимки месторождения Кашаган

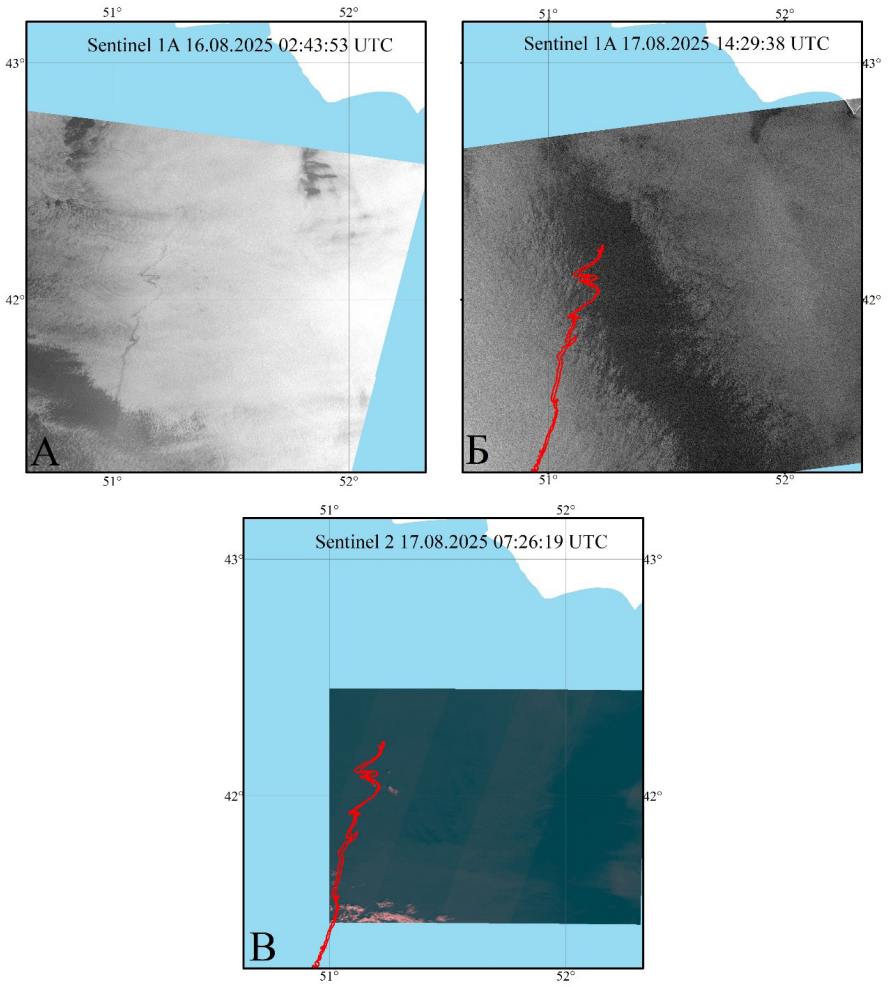


Примечание: рисунок составлен авторами

Протяженность данного слика составила около 125 км, площадь – 106,58 км². Ветровые условия в момент съёмки характеризовались скоростями 3–6 м/с, что соответствует диапазону, благоприятному для радиолокационного обнаружения поверхностных плёнок. На более поздних снимках за 17.08.2025 – радиолокационном Sentinel-1A (Рисунок 8, Б) и оптическом Sentinel-2 (Рисунок 8, В) – признаки нефтяного загрязнения не зафиксированы, что указывает на быстрое разрушение плёнки. В сочетании с большой площадью, неоднородной текстурой и морфологией слика это позволяет с высокой вероятностью интерпретировать его как след от сброса судном вод с низкой концентрацией нефтепродуктов, которые быстро диспергировались и эмульгировались под воздействием ветра и волнения.

Косвенной оценкой характера загрязнения служит расчёт возможной массы нефтепродуктов, попавших в морскую среду. Для разлива сырой нефти с толщиной плёнки от 0,2 до 1 мм и зафиксированной площадью загрязнения масса нефти могла бы достигать 19 200–95 900 т, что соответствует аварийному событию катастрофического масштаба. Такое загрязнение не способно самостоятельно исчезнуть с поверхности моря и было бы обнаружено на спутниковых снимках на следующий день. Для тонких плёнок, образованных льяльными или балластными водами судов, при толщине 0,04–0,3 мкм расчётная масса составляет 3–27 т, что согласуется с эксплуатационными сбросами.

Рисунок 8
Снимок Sentinel-1A за 16.08.2025 02:43:53 UTC



Примечание: рисунок составлен авторами

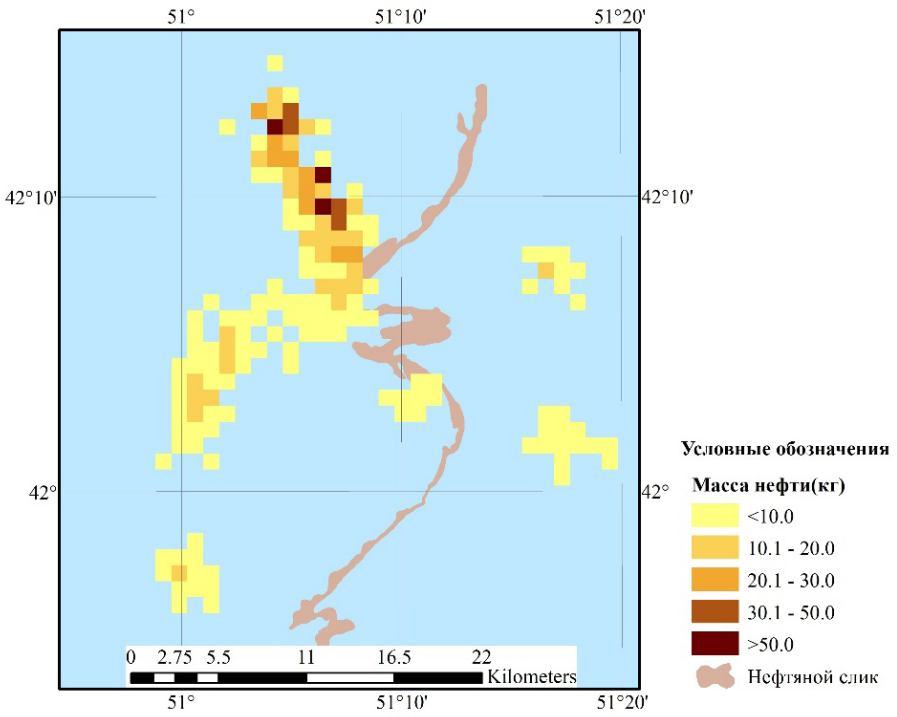
Моделирование растекания обнаруженного слика демонстрирует Рисунок 9. На нем светло-коричневым полигоном показано положение дешифрированного нефтяного слика на момент его обнаружения, тогда как поле, представленное палитрой жёлто-коричневых оттенков, отражает распределение массы загрязняющего вещества по результатам расчёта в OS MIKE 21 через 120 часов.

При постановке расчёта использовалась не вся площадь дешифрированного пятна, а только его часть, что связано с существующим в модуле OS MIKE 21 ограничением на количество одновременно задаваемых источников. Тем не менее выбранный фрагмент является репрезентативным и позволяет достоверно определить направление возможного дрейфа загрязнения и характер его трансформации во времени.

Результаты гидродинамического моделирования показали, что в течение 120 часов расчётного времени перемещение пятна носит ограниченный характер, а его конфигурация сохраняется в непосредственной близости от исходного положения. Такое поведение объясняется тем, что исходный слик расположен в глубоководной части Каспийского моря, где скорости течений невелики, а влияние ветрового дрейфа на интегральный перенос массы ослаблено. В результате адвективный перенос не приводит к существенной миграции загрязнения, и оно сохраняет пространственную приуроченность к району первоначального формирования. Следовательно, в случае разлива сырой нефти, обладающей большей устойчивостью к деструкции, пятно должно было бы фиксироваться на спутниковых снимках, полученных 17 августа, вблизи первоначальной области обнаружения. Отсутствие на этих изображениях (Рисунок 8, Б, В) радиолокационных и оптических признаков загрязнения свидетельствует о быстром разрушении поверхностной плёнки и позволяет интерпретировать наблюдаемое явление как след от сброса нефтесодержащих вод (балластных или льяльных), для которых характерны малая толщина плёнки, интенсивное эмульгирование и диспергирование под воздействием ветровых и волновых процессов.

Рисунок 9

Результаты моделирования растекания нефтяного слика через 120 часов



Примечание: рисунок составлен авторами

Проведённое исследование показало, что привлечение разновременных спутниковых данных в сочетании с результатами гидродинамического моделирования существенно повышает достоверность интерпретации нефтяных загрязнений, позволяя уточнять их природу, оценивать устойчивость плёнки и корректно реконструировать пространственно-временную динамику. Такой комплексный подход обеспечивает более глубокий и физически обоснованный анализ по сравнению с простым дешифрированием снимков.

Перспективы дальнейшего развития работы связаны с интеграцией в разработанную систему сервиса отслеживания судов по данным автоматической идентификационной системы (АИС) на портале MarineTraffic.com (*MarineTraffic*, 2025), что позволит не только фиксировать факты загрязнения, но и устанавливать непосредственные источники их возникновения. Это создаёт основу для перехода к оперативному и доказательному экологическому контролю.

Ограничения исследования

Представленные результаты демонстрируют высокую эффективность предложенного подхода, однако при их интерпретации следует учитывать ряд объективных ограничений. Основное из них связано с отсутствием прямых натурных (in-situ) подтверждений для каждого зафиксированного на спутниковых снимках события. Валидация результатов дистанционного зондирования в акватории Каспийского моря затруднена из-за масштабов региона, ограниченной сети регулярных гидрохимических наблюдений и сложности оперативного направления судовых экспедиций к месту обнаруженного слика.

В связи с этим в работе используется двухуровневая система верификации: автоматическое распознавание на основе модели Mask2Former, обученной на ранее опубликованном верифицированном датасете (Krestenitis et al., 2019), дополняется финальной экспертной оценкой. Такой подход соответствует международной практике, поскольку даже самые совершенные модели глубокого обучения не обеспечивают стопроцентной точности распознавания нефтяных плёнок на водной поверхности. Задача характеризуется наличием неопределённостей, связанных с гидрометеорологическими условиями и природными явлениями look-alike.

Комбинация автоматизированной сегментации и экспертного контроля позволяет минимизировать вероятность ложноположительных заключений, но не исключает их полностью. Дальнейшее повышение достоверности интерпретации связывается с интеграцией разработанной системы с данными АИС, что создаёт возможность перехода от вероятностных оценок к установлению конкретных источников загрязнения и усилению оперативного экологического контроля, а также к расширению существующего датасета.

Заключение

Проведённое исследование демонстрирует высокую эффективность разработанной комплексной системы космического мониторинга нефтяных загрязнений в казахстанском секторе Каспийского моря, которая объединяет автоматизированную обработку радиолокационных снимков Sentinel-1 с использованием архитектуры глубокого обучения Mask2Former, экспертную верификацию и гидродинамическое моделирование в OS MIKE 21. Такой интегрированный подход обеспечивает надежное выявление нефтяных плёнок, точную дифференциацию их от природных явлений типа look-alike, а также прогнозирование пространственно-временной динамики загрязнения с учётом ветрового дрейфа, морских течений и процессов трансформации нефти, включая эмульгирование, диспергирование и седиментацию.

Для одного из наиболее крупных сликов, зафиксированных на снимках Sentinel-1A 16.08.2025, был проведён дополнительный детальный анализ. Результаты показали, что для более точного распознавания характера нефтяного загрязнения необходимо использовать разновременные данные дистанционного зондирования, интегрировать их с результатами гидродинамического моделирования и учитывать комплекс внешних факторов, влияющих на распределение и трансформацию нефти в морской среде. Такой подход позволяет не только повышать достоверность идентификации сликов, но и формировать сценарии их дальнейшего распространения.

Перспективы дальнейшего развития системы включают совершенствование моделей глубокого обучения с целью увеличения точности распознавания нефтяных плёнок и снижения

числа ложноположительных детекций, улучшение алгоритмов обработки сложных сцен и расширение спектра используемых спутниковых и наземных данных. Планируется также интеграция с сервисами отслеживания судов по данным АИС, что создаст возможность связывать обнаруженные загрязнения с конкретными морскими судами и обеспечит оперативный и доказательный контроль за экологической безопасностью.

В долгосрочной перспективе развитие такой комплексной системы позволит создать основу для динамического мониторинга и прогнозирования нефтяных загрязнений в Каспийском море на научной основе. Интеграция спутниковых данных, методов глубокого обучения, гидродинамического моделирования и информации о движении судов открывает возможности для оперативного реагирования на экологические инциденты, оптимизации мер по ликвидации последствий загрязнений и стратегического планирования мер по охране морской среды.

Финансирование

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН BR24992865).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концептуализация – Б.Л. и Т.Д.; Методология – Б.Л.; Программное обеспечение – Б.Л., Б.Н.; Валидация – Б.Л., М.А.; Формальный анализ – Т.Д.; Ресурсы – Б.Н.; Подготовка первоначального текста – Б.Л.; Редактирование и доработка текста – Д.Т., М.А.; Визуализация – М.А.; Научное руководство – Б.Л.; Администрирование проекта – Д.Т.

Литература

Alpers, W., Holt, B., & Zeng, K. (2017). Oil spill detection by imaging radars: Challenges and pitfalls. *Remote Sensing of Environment*, *201*. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.002

Catalog APIs. Copernicus. (2025). https://documentation.dataspace.copernicus.eu/APIs.html#catalog-apis

Cheng, B., Schwing, A. G., & Kirillov, A. (2021). Per-Pixel Classification is Not All You Need for Semantic Segmentation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *22*. https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.06278

Court, R., Lattuada, M., Shumeyko, N., Baimukanov, M., Eybatov, T., Kaidarova, A., Mamedov, E. V., Rustamov, E., Tasmagambetova, A., Prange, M., Wilke, T., Hassall, C., & Goodman, S. J. (2025). Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure. *Communications Earth and Environment*, *6*(1). https://doi.org/10.1038/s43247-025-02212-5

DHI OIL Spil Model. Oil Spill Template. Scientific description. MIKE powered by DHI. (2024). DHI. https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2024/General/DHI_OilSpill_Model.pdf

General Bathymetric Chart of the Oceans. (2025). https://download.gebco.net/

Global Forecast System (GFS). (2025). https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast#:~:text=The%20Global%20Forecast%20System%20(GFS),to%20accurately%20depict%20weather%20conditions

Hu, C., Lu, Y., Sun, S., & Liu, Y. (2021). Optical Remote Sensing of Oil Spills in the Ocean: What Is Really Possible? In *Journal of Remote Sensing (United States)* (Vol. 2021). https://doi.org/10.34133/2021/9141902

Keramea, P., Spanoudaki, K., Zodiatis, G., Gikas, G., & Sylaios, G. (2021). Oil spill modeling: A critical review on current trends, perspectives, and challenges. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 9, Number 2). https://doi.org/10.3390/jmse9020181

Krestenitis, M., Orfanidis, G., Ioannidis, K., Avgerinakis, K., Vrochidis, S., & Kompatsiaris, I. (2019). Oil spill identification from satellite images using deep neural networks. *Remote Sensing*, *11*(15). https://doi.org/10.3390/rs11151762

MarineTraffic. (2025). https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:53.1/centery:41.9/zoom:6

Mask2Former. (2025). https://mask2former.com/

MIKE 21 Flow Model FM. Hydrodynamic and Transport module. Scientific Documentation. (2025). DHI.

Mityagina, M. I., & Kostianoy, A. G. (2025). Mapping Oil Pollution on the Caspian Sea Surface Using Satellite Remote Sensing Data from 2022 to 2024. *Ecologica Montenegrina*, *85*. https://doi.org/10.37828/em.2025.85.10

Nurtas, M., Nurakynov, S., Altaibek, A., Mergembayeva, A., & Mohammed, M. A. (2025). Satellite based deep learning approaches for detecting environmental disasters across Kazakhstan. *Discover Applied Sciences*. https://doi.org/10.1007/s42452-025-08133-4

Sentinel-1. Radar vision for Copernicus. (2025). https//www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1

Балакай, Л., Дедова, Т., Сагатдинова, Г., & Чепашев, Д. (2024). Технология автоматизированного распознавания и моделирования распространения нефтяного загрязнения по акватории Каспийского моря. *Вестник Алматинского Университета Энергетики и Связи*, *3*(66), 78–94. https://doi.org/10.51775/2790-0886_2024_66_3_78

Булавина, М. А., & Герасимов, В. И. (Eds.). (2025). *Экосистема Каспия: ключевые проблемы и решения: материалы международной научно-практической конференции*. Издательский дом «УМЦ».

References

Alpers, W., Holt, B., & Zeng, K. (2017). Oil spill detection by imaging radars: Challenges and pitfalls. *Remote Sensing of Environment*, *201*. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.002

Catalog APIs. Copernicus. (n.d.). Retrieved February 20, 2026, from https://documentation.dataspace.copernicus.eu/APIs.html#catalog-apis

Cheng, B., Schwing, A. G., & Kirillov, A. (2021). Per-Pixel Classification is Not All You Need for Semantic Segmentation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *22*. https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.06278

Court, R., Lattuada, M., Shumeyko, N., Baimukanov, M., Eybatov, T., Kaidarova, A., Mamedov, E. V., Rustamov, E., Tasmagambetova, A., Prange, M., Wilke, T., Hassall, C., & Goodman, S. J. (2025). Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure. *Communications Earth and Environment*, *6*(1). https://doi.org/10.1038/s43247-025-02212-5

DHI OIL Spil Model. Oil Spill Template. Scientific description. MIKE powered by DHI. (2024). DHI. https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2024/General/DHI_OilSpill_Model.pdf

General Bathymetric Chart of the Oceans. (n.d.). Retrieved February 20, 2026, from https://download.gebco.net/

Global Forecast System (GFS). (n.d.). Retrieved February 20, 2026, from https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast#:~:text=The%20Global%20Forecast%20System%20(GFS),to%20accurately%20depict%20weather%20conditions

Hu, C., Lu, Y., Sun, S., & Liu, Y. (2021). Optical Remote Sensing of Oil Spills in the Ocean: What Is Really Possible? In *Journal of Remote Sensing (United States)* (Vol. 2021). https://doi.org/10.34133/2021/9141902

Keramea, P., Spanoudaki, K., Zodiatis, G., Gikas, G., & Sylaios, G. (2021). Oil spill modeling: A critical review on current trends, perspectives, and challenges. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 9, Number 2). https://doi.org/10.3390/jmse9020181

Krestenitis, M., Orfanidis, G., Ioannidis, K., Avgerinakis, K., Vrochidis, S., & Kompatsiaris, I. (2019). Oil spill identification from satellite images using deep neural networks. *Remote Sensing*, *11*(15). https://doi.org/10.3390/rs11151762

MarineTraffic. (n.d.). Retrieved February 20, 2026, from https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:53.1/centery:41.9/zoom:6

Mask2Former. (n.d.). Retrieved February 20, 2026, from https://mask2former.com/

MIKE 21 Flow Model FM. Hydrodynamic and Transport module. Scientific Documentation. (2025). DHI.

Mityagina, M. I., & Kostianoy, A. G. (2025). Mapping Oil Pollution on the Caspian Sea Surface Using Satellite Remote Sensing Data from 2022 to 2024. *Ecologica Montenegrina*, *85*. https://doi.org/10.37828/em.2025.85.10

Nurtas, M., Nurakynov, S., Altaibek, A., Mergembayeva, A., & Mohammed, M. A. (2025). Satellite based deep learning approaches for detecting environmental disasters across Kazakhstan. *Discover Applied Sciences*. https://doi.org/10.1007/s42452-025-08133-4

Sentinel-1. Radar vision for Copernicus. (n.d.). Retrieved February 20, 2026, from https//www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1

Balakai L., Dedova T., Sagatdinova G., Chepashev D. (2024) Tekhnologiya avtomatizirovannogo raspoznavaniya i modelirovaniya rasprostraneniya neftyanogo zagryazneniya po akvatorii Kaspiiskogo morya [Technology for Automated Recognition and Modeling of Oil Pollution Dispersion in the Caspian Sea Area]. Vestnik Almatinskogo Universiteta Energetiki i Svyazi, vol. 3, no 66, pp. 78–94. https://doi.org/10.51775/2790-0886_2024_66_3_78

Bulavina M.A., Gerasimov V.I. (eds.) (2025) Ekosistema Kaspiya: klyuchevye problemy i resheniya: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Caspian Ecosystem: Key Problems and Solutions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Izdatel'skii dom "UMTs".

Сведения об авторах:

Л.А. Балакай – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ТОО «Институт ионосферы» (Алматы, Казахстан, e-mail: balakay@ionos.kz).

Т.В. Дедова – кандидат технических наук, заведующая лабораторией, ТОО «Институт ионосферы» (Алматы, Казахстан, e-mail: dedova@ionos.kz).

Н.З. Баширова – старший научный сотрудник, ТОО «Институт ионосферы» (Алматы, Казахстан, e-mail: bashyrova@ionos.kz).

А.А. Мерекеев (корреспондирующий автор) – PhD-докторант, старший научный сотрудник, ТОО «Институт ионосферы» (Алматы, Казахстан, e-mail: aibek.merekeyev@ionos.kz).

Information about authors:

L.A. Balakay – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, LLP "Institute of Ionosphere", (Almaty, Kazakhstan, balakay@ionos.kz).

T.V. Dedova – Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, LLP "Institute of Ionosphere" (Almaty, Kazakhstan, dedova@ionos.kz).

N.Z. Bashirova – Senior Researcher, LLP "Institute of Ionosphere" (Almaty, Kazakhstan, bashyrova@ionos.kz, ORCID: 0009-0001-9235-1048).

A.A. Merekeyev (corresponding author) – PhD Student, Senior Researcher, LLP "Institute of Ionosphere" (Almaty, Kazakhstan, aibek.merekeyev@ionos.kz).

Авторлар туралы мәлімет:

Л.А. Балакай – техника ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, «Ионосфера институты» ЖШС (Алматы, Қазақстан, balakay@ionos.kz).

Т.В. Дедова – техника ғылымдарының кандидаты, зертхана меңгерушісі, «Ионосфера институты» ЖШС (Алматы, Қазақстан, dedova@ionos.kz).

Н.З. Баширова – аға ғылыми қызметкер, «Ионосфера институты» ЖШС (Алматы, Қазақстан, bashyrova@ionos.kz).

А.А. Мерекеев (корреспонденттік автор) – PhD докторант, аға ғылыми қызметкер, «Ионосфера институты» ЖШС (Алматы, Қазақстан, aibek.merekeyev@ionos.kz).

Поступила: 15 декабря 2025 года
Принята: 10 февраля 2026 года

3-бөлім

МЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯ

Section 3

METEOROLOGY AND HYDROLOGY

Раздел 3

МЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ

МРНТИ 87.33.31:21.03 https://doi.org/10.26577/JGEM801202611

Т.Р. Рыспеков, Б.К. Акмолдаева*

Казахский национальный университет аль-Фараби, Алматы, Казахстан
*e-mail: b.akmoldaeva2016@gmail.com

МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ПАВОДКОВЫХ СИТУАЦИЙ НА РЕКАХ КАЗАХСТАНА И РОЛЬ ЛАНДШАФТОВ НА ЭТОТ ПРОЦЕСС

Авторы впервые дают оценку влияния агроландшафтов на процесс накопления снежного покрова. Целью исследования которого является показать их роль на накопление стока в весенний период. Методологический подход заключается в составлении вероятности возникновения паводковых ситуаций из суммы осенне-весеннего запасов влаги в снеге, во взаимосвязи с атмосферными температурными величинами. В данной статье показана высокая вариабельность выпадения атмосферных осадков с сентября по март и относительно средних многолетних данных, что затрудняет прогнозы ситуаций. В работе приведены собственные, информационные и литературные данные о причинах возникновения паводков на реках текущих в Северном и Западном Казахстане. В статье показано, что направления течения рек, которые разделены на северные и южные ландшафты, имеют свои особенности. Это погодные и почвенные особенности, которые в одних случаях затрудняют перемещению паводковых вод в реках, в других увеличивают скорость образования талых вод, которые в русле рек перемещаются быстро. Для этого приведены данные количества выпавших максимальных атмосферных осадков (мм) с сентября по март за период и за осенне-зимний периоды по данным Аркалыкской СХОС, как самой южной части бассейна. В сравнении с количеством выпавших максимальных атмосферных осадков (мм) с сентября по май и за осенне-зимний, весенний периоды по данным м/п Шагалалы, как самой северной части бассейна этой реки. На фоне температуры воздуха с сентября по май и за осенне-зимний, весенний периоды на этих метеостанциях. Оригинальность данной работы заключается в том, что следует учитывать, чем южнее часть бассейна реки, тем больше объем образовавшейся воды, который увеличивает еще больше объем стока в русле северной части бассейна. Данные метеорологических станций, располагающихся с юга на север вдоль реки, могут одновременно дать информации о температуре воздуха, уровня воды в реке.

Ключевые слова: бассейны рек, паводковые воды, сток, осадки, агроландшафт, водная эрозия, риск, мониторинг, оценка, прогнозирование, управление ситуацией.

T.R. Ryspekov, B.K. Akmoldaeva*

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: b.akmoldaeva2016@gmail.com

Methods of forecasting flood situations on the rivers of kazakhstan and the role of landscapes on this process

The authors provide a pioneering assessment of the impact of agricultural landscapes on snow cover accumulation. The study aims to demonstrate their role in runoff accumulation during the spring period. The methodological approach involves calculating the probability of flood events based on the total autumn-spring snow water equivalent in correlation with atmospheric temperature values.

This article highlights high precipitation variability from September to March relative to long-term average data, which complicates situational forecasting. The work presents original, informational, and literature-based data on the causes of floods in the rivers of Northern and Western Kazakhstan. It is shown that the flow directions of rivers, categorized into northern and southern landscapes, possess distinct characteristics. These include weather and soil features that, in some cases, hinder the movement of floodwaters, while in others, accelerate the formation of meltwater that moves rapidly within the riverbed.

To illustrate this, data on maximum precipitation (mm) from September to March and during the autumn-winter periods are provided based on the Arkalyk Agricultural Experimental Station (the southernmost part of the basin). This is compared with maximum precipitation (mm) from September to May and during the autumn-winter and spring periods according to the Shagalaly meteorological station (the northernmost part of the basin), alongside air temperature data for these periods at both stations.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

The originality of this work lies in the observation that the further south the part of the river basin is located, the greater the volume of generated water, which further increases the runoff volume in the northern part of the basin. Data from meteorological stations located from south to north along the river can simultaneously provide information on both air temperature and river water levels.

Keywords: river basins, flood waters, runoff, precipitation, aqricultural landscape, water erosion, risk, monitoring, assessment, forecasting, situation management.

Т.Р. Рыспеков, Б.К. Акмолдаева*

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: b.akmoldaeva2016@gmail.com

Өзендердегі су тасу жағдайын болжау әдістері және осы процестегі Қазақстандағы ландшафттардың рөлі

Авторлар алғаш рет агроландшафттардың қар жамылғысының жиналу процесіне әсерін бағалайды. Зерттеудің мақсаты – олардың көктемгі кезеңдегі ағынның жиналуындағы рөлін көрсету. Әдістемелік тәсіл күзгі-көктемгі қардағы ылғал қорының сомасынан атмосфералық температуралық шамалармен өзара байланыста тасқын қаупінің туындау ықтималдығын есептеуден тұрады.

Мақалада қыркүйек пен наурыз айлары аралығындағы атмосфералық жауын-шашынның көпжылдық орташа деректермен салыстырғандағы жоғары өзгермелілігі көрсетілген, бұл жағдайды болжауды қиындатады. Жұмыста Солтүстік және Батыс Қазақстанда ағатын өзендердегі су тасқынының себептері туралы авторлық, ақпараттық және әдеби мәліметтер келтірілген. Мақалада солтүстік және оңтүстік ландшафттарға бөлінген өзен ағысы бағыттарының өзіндік ерекшеліктері бар екені көрсетілген. Бұл – бір жағдайда өзендердегі тасқын суларының қозғалысын қиындататын, ал екінші жағдайда еріген судың түзілу жылдамдығын арттырып, өзен арнасында тез қозғалуына ықпал ететін ауа райы мен топырақ ерекшеліктері.

Ол үшін бассейнінің ең оңтүстік бөлігі ретінде Арқалық ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясының (АШТС) деректері бойынша қыркүйек-наурыз және күзгі-қысқы кезеңдердегі максималды жауын-шашын мөлшері (мм) келтірілген. Бұл көрсеткіштер бассейнінің ең солтүстік бөлігі болып табылатын Шағалалы метеорологиялық бекетінің (м/б) қыркүйек-мамыр және күзгі-қысқы, көктемгі кезеңдердегі деректерімен, сондай-ақ осы станциялардағы ауа температурасының фонымен салыстырылған.

Бұл жұмыстың бірегейлігі мынада: өзен бассейнінің оңтүстік бөлігі неғұрлым төмен орналасса, түзілетін су көлемі соғұрлым көп болады, бұл өз кезегінде бассейнінің солтүстік бөлігінің арнасындағы ағын көлемін одан әрі арттырады. Өзен бойында оңтүстіктен солтүстікке қарай орналасқан метеорологиялық станциялардың деректері ауа температурасы мен өзендегі су деңгейі туралы бір мезгілде ақпарат бере алады.

Түйін сөздер: өзен алаптары, тасқын сулар, ағын су, жауын-шашын, агроландшафт, су эрозиясы, тәуекел, мониторинг, бақылау, болжау, бағалау, жағдайды басқару.

Введение

Географическое распространение почв тесно связано с климатическими условиями. Влага является ключевым ресурсом для всей территории нашей страны. Управление водными ресурсами и предупреждение опасных природных процессов, таких как паводки, в весенний период в Северной части Республики Казахстан является актуальным. Так как прогноз подобных ситуаций зависит от правильного мониторинга выпадения жидких и твердых атмосферных осадков в периоды от конца осени до начала лета. Это должно быть тесно связано с температурой почв и атмосферного воздуха за тот же период года. Актуальным является установление взаимосвязей ситуаций на всех участках бассейнов рек, где ландшафты отличаются от природных по степени антропогенных нагрузок.

Во многих исследовательских работах имеются пробелы, так как недостаточно приводятся взаимосвязей ситуаций с агроландшафтами. Почва является единственным пространством, на котором лежит весь объем выпавших осадков. Часть выпавших атмосферных осадков впитывается, то есть поглощается почвой за различные периоды и в разных количествах в зависимости от плотности, гранулометрического состава, растительных остатков и температуры различных слоев почвы. Сбор паводковых вод на водосборе речных бассейнов происходит по-разному на различных ландшафтах.

Объектом и предметом исследования являются паводки на реках, образовавшиеся весной

2024 г., которые оказали большой урон населенным пунктам, дорогам и другим инфраструктурным сооружениям. Поэтому весной 2025 г. правительство и местные органы предприняли меры по предотвращению такой ситуации.

Цель данной работы – показать подходы, чтобы организовать систему одновременного наблюдения территорий за ряд дней и больше, во взаимосвязи одновременного определения объемов произошедших количественных изменений снежного покрова и стока воды на разных последовательно расположенных участках ландшафтов в бассейнах рек.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

- описать вероятностные сценарии качественного функционирования почвы бассейнов речных экосистем Северного Казахстана в весенний период;

- показать прогнозирования паводковых ситуаций речных экосистем Западного Казахстана в весенний период, во взаимосвязи роли одновременного разнотемпературного состояния погодных условий на ландшафтах, расположенных в верхних, средних и нижних течениях рек.

Обзор литературы

Главой государства подписан Водный кодекс Республики Казахстан (2025, 8 апреля). Третий блок новелл Водного кодекса Республики Казахстан предусматривает мероприятия по предупреждению и ликвидации вредного воздействия вод, включая противопаводковые мероприятия (Утвержден новый Водный кодекс РК, 2025).

Поэтому подготовка к паводкам в регионах Казахстана: северных, западных, восточных и центральных областей страны, чтобы безопасно принять паводковые воды. Проводили сброс воды из крупных водохранилищ 30.03.2025 г.

Авторы статьи (Medeu, et al. 2024) делают заключение, что для недопущения паводковой ситуации, возникшей в текущем году в бассейне р. Жайык, необходим оперативный мониторинг водных объектов в предпаводковый период. Они также предлагают: «Кроме того, необходим более детальный мониторинг на крупных притоках (Сакмара, Елек, Шынгырлау) для прогнозирования максимальных расходов и их времени добегания до р.Жайык».

О снежном покрове на агроландшафтах Северного Казахстана пишут многие ученые из института имени Бараева. В статье (Gotovets, et al. 1987) пишут, что накопление влаги в почве осуществляется главным образом за счет зимних атмосферных осадков. Они считают, что талые снеговые воды проникают до 1-1,5 м.

Н.К. Азаров пишет, что в зимний период высота снежного покрова на равнине достигает всего лишь 20-25 см. Он выделяет накопление снега в таких местах: «Остальная масса снега откладывается на полувогнутых водоразделах, заветренных склонах и различных понижениях гидрографической сети». Н.К. Азаров также пишет, что зачастую в весенний период этот снег превращается в сплошное половодье (Azarov N.K., 1989).

В статье (Kopeev, Tleuov, 1987) при изучении борьбы с водной эрозией писали: «Склоновые земли Северного Казахстана в отличие от других регионов имеют характерную особенность – большую протяженность (5-10 км), малую крутизну (до 1°), с большим разнообразием обрабатываемых ложбин и водотоков. Во многих случаях это создает огромные водосборные площади». Период бурного весеннего снеготаяния происходит за 6-10 дней. Это приводит к тому, что: «Большая водосборная площадь склоновых земель, значительные влагозапасы в снеге, сильное и глубокое промерзание почв зимой и медленное оттаивание в период снеготаяния способствуют образованию поверхностного стока талых вод». Также авторы (Kopeev and Tleuov, 1987) считали, что чем выше предзимнее увлажнение почвы, тем выше коэффициент стока талых вод.

Заранее определить и точно прогнозировать ситуацию на вероятность количества атмосферных осадков и колебания суточных температур очень трудно. Почвенно-климатические условия Северного Казахстана относятся к сложным. Так среднегодовое количество осадков в Северном Казахстане от 250 до 350 мм, с большими отклонениями по годам. Средние годовые суммы атмосферных осадков (Shamen, 1996) по областям приведены в таблице. Так 1990 г. был наиболее многоводный, если учитывать по всем областям, а 1991 г. наоборот.

Рассмотрим какая была ситуация с паводками, которую привели по средствам массовой информации. По данным ПЕТРОПАВЛОВСК, 1 мар – Sputnik. 2024 г. дают такую информацию «гидрометеорологические наблюдения показывают превышение всех влияющих на развитие весеннего паводка показателей на 40−70% даже по сравнению с 2017 годом, когда регион накрыло рекордное половодье. Напомним, паводок 2017 года побил сразу несколько рекордов

половодья за последние полвека. Была зафиксирована рекордная отметка уровня перелива через гребень водохранилища, который составил 3 метра 38 сантиметров, чего не наблюдалось с момента его ввода в эксплуатацию, то есть с 1968 года. Вблизи Петропавловска произошло слияние паводковых вод реки Ишим и озера Пестрое, что наблюдалось лишь в период паводка 1941 года.

Масштабы наводнения были сокрушительными: почти 4 тысячи человек вынуждено покинули свои жилища, в 15 населенных пунктах затопило 380 домов, десять из которых разрушились полностью, и более 5 тысяч дач».

Следует предположить, что подобные погодные условия сложились за осенне-зимний, весенний периоды 2023-2024 гг. Так, директор филиала РГП «Казгидромет» по Северо-Казахстанской области Кымбат Мергалимова на заседании областного акимата проинформировала, что объемы влагозапасов в снежном покрове выше среднемноголетних норм на 30−80%. Причем наивысший показатель в притоке Сергеевского водохранилища, откуда вся вода по реке Ишим идет через несколько районов в Петропавловск. Здесь же на 95% выше среднемноголетних норм показатель осеннего увлажнения почвы.

«Высоки риски, связанные с большими запасами снега. На сегодня наполняемость водоемов по территории Северо-Казахстанской области высокая, наполняемость Сергеевского водохранилища составляет 95%, что равно объему 2017 года. В связи с аномально теплой зимой отмечается раннее начало движения воды и весенних ледовых явлений (вода на льду) на реках Шарык, Шагалалы, Камысакты и Акканбурлык. Толщина льда на реке Ишим меньше прошлогодних значений на 15−30 см», — проинформировала Кымбат Мергалимова. Она заключила, что по предварительному гидрологическому прогнозу ожидаемый объем притока в Сергеевское водохранилище превышает норму от 2,5 до 3,5 раз.

Как мы здесь видим, это прогноз сделан до начала большого количества снеготаяния. Вот сообщения на 1 мая 2024 г., что вода в Тюменской области в р. Ишим поднялась до 1231 см вблизи с. Абатское.

По этим сообщениям мы видим, что вода в реках южной части не проходит быстро в руслах более северной части. Так как лед на реках в этой части еще не растаял. Кроме того, возникает вторая волна паводковых вод, которые приходят в северную уже наполненную водой территорию. Например, дается описание паводковых ситуаций в Северо-Казахстанской области. Большая территория вокруг Сергеевского водохранилища, наполнялось стоком паводковых вод в Северо-Казахстанской области весной 2024 г. По сообщению Telegram-канал (АКорда) после прохождения первой волны паводка максимальный уровень перелива на Сергеевском водохранилище снизился с 425 см до 250 см. В связи с приходом второй волны идет повышение уровня воды на водохранилище. Перелив на данный момент составляет 265 см. Такая же ситуация возможна и в этом году. Так как на 20 марта 2025 г. уровень перелива на Сергеевском водохранилище приближается к 40 см высоте.

На территории водосбора рек Жайык и Эмба направление стока рек отличаются, так как они текут в западном и южном, то здесь отсутствует ледяной покров на реках. Так в работе (Faizova, 1970) давалось описание: «Жайык принадлежит к рекам снегового питания и большую часть стока (80-85%) приносит в период весеннего паводка, продолжающегося в среднем 30-35 дней, а в многоводные годы – до 2-2,5 месяцев (апрель-начало июня). Многолетний объем годового стока р. Жайык у пос. Тополи составляет 7420 млн. $м^3$ при среднем расходе 237 $м^3$/сек. Максимальный годовой расход достигает 651 $м^3$/сек, минимальный – 90,6 $м^3$/сек.

В 2024 г. паводковая ситуация возникла в районе города Кульсары, который расположен на берегу р. Эмба. Вероятность возникновения паводковых вод можно было бы предположить и по работе (Faizova, 1970). Автор (Faizova, 1970) пишет о том, что р. Эмба снегового питания, приносящая в паводок 96% годового стока. Далее приводятся такие данные: «В многоводные годы сток реки может превышать 1 млрд. $м^3$ (1942 г.) и уменьшаться в 40 раз (26 млн. $м^3$) в маловодные годы. Срок паводка длится 60-70 дней, а начинается в апреле. Подъем воды в р. Эмба во время половодья не превышает 4-4,5 м, обычно колеблется в пределах 2-3 м.

Способы пошаговой оценки трансформации и динамики функционирования почв и растительности в экосистемах Казахстана показывают, как могут зависеть взаимосвязи между ними (Ryspekov, Marzhan Balkozha, 2023). Очень важна роль ледникового стока в структуре водного баланса – это бессточные районы Средней Азии и Казахстана. Ледниковый сток с высокогорий устремляется в пустыни, неся с собой живительную и прохладную влагу. Объем стока состав-

ляет 19 км^3, причем 50% стока приходится на теплый период года, а самый пик стока происходит в июле и августе (Vilesov, 1999).

Мы (Ryspekov, Kuandykova, 2024) провели анализ 07.03.2024 г. по маршруту Алматы – Шу. Здесь все пространство было покрыто сплошным снегом. Но уже 10.03.24 показало, что снежный покров отсутствует. Кроме участков с понижениями, на северных склонах холмов, бугров и углублений. То есть, на ландшафтах в южных регионах страны таяние снега происходит очень быстро, чем в северных. Следует отметить, что 06.03 и 09.03.2025 г. также выпали жидкие осадки с переходом в густой снегопад в районе города Алматы и окрестностях. Образовался снежный покров в несколько сантиметров высотой, который растаял в течение 2-3 дней.

Например, новая волна существенных атмосферных осадков и резкое колебание отмечается в Алматинской области. Так атмосферный воздух постепенно повышался и достиг 22°C с 20 по 23 марта, затем с 23 числа стало холодать, достигая минимума -4°C в ночное время 26 марта 2025 г. Затем началось постепенное потепление атмосферного воздуха. Отсюда следует, что за эти 4 дня выпадали, как жидкие атмосферные осадки, так и твердые, которые увеличивают объем стоков речных бассейнов. Кроме этого они влияют на состояние ранее выпавшего и таявшего снежного покрова. Таким образом, образуются новые стоки вод, которые постоянно могут пополнять объемы стока северных частей бассейнов рек.

Вероятную площадь возможных паводков можно считать огромной и они не редкие. Так по данным (Kazakhstanskaya Pravda. April 8, 2015 – No. 63): «На сегодня паводковая ситуация сохраняется во всех районах Акмолинской, Костанайской, Павлодарской, Северо-Казахстанской областей, а также в ряде районов Восточно-Казахстанской, Карагандинской, Актюбинской областей». Поэтому для оценки всей территории образовавшегося снежного покрова следует применять данные ДЗЗ, проводить их анализ для мониторинга различных ландшафтов, чтобы оценить уровень опасности от образования и передвижения паводковых вод в руслах рек. Для анализа потока паводковых вод применяют программы GIS HEC-RAS для карт риска наводнений, для выявления изменений в схеме затопления (Aldiyarova. et al, 2024).

Важное значение имеют как объем воды, так и скорость движения, направление в каждом участке водосборного бассейна реки. Информацию о подготовке к принятию паводковых вод в стране на 30.03.2025 г. пишет (Сброс воды из водохранилищ: подготовка к паводкам в регионах, 2025), что продолжается сброс воды из крупных водохранилищ северных, западных, восточных и центральных областей страны проводится сброс воды. Перечисляются водохранилища: Астанинское, Селетинское, Чаглинское, Актюбинское, Каргалинское, Усть-Каменогорское, Бухтарминское, Шульбинское, Кировское, Битикское, Дунгулукское, Пятимарское, Интумакское, Самаркандское, Кенгирское, Верхне-Тобольское, Сергеевское и Петропавловское.

Сброс воды из водохранилищ идет в разных объемах из: Селетинского – 66,7 м^3 в секунду, Усть-Каменогорского – 450, Бухтарминского – 650, Шульбинского – 750, Сергеевского – 469,4 и Петропавловского – 459 м^3 в секунду. Это говорит о том, что в эти водохранилища ожидаются поступления большого количества воды. На остальных водохранилищах сброс воды в пределах от 1,1 до 8,5 м^3 в секунду. На этих водохранилищах, если они находятся севернее, большое количество сброса воды возможно будут в более поздние сроки весны. Такая подготовка к паводкам в регионах Казахстана должна максимально помочь избежать потерь материальных и других ресурсов.

Материалы и методы исследований

Экспедиционные обследования 2015-2017 гг. показали состояние растительного покрова, особенности рельефа, гранулометрический состав почв в северных областях Казахстана. Использованы методы сравнения, путем расчетов статистических погодных данных, данных средств массовой информации и литературных данных. Структурно-динамический и пространственно-временной анализы экосистем южной и северной частей рек, являются одним из основных способов определения процессов взаимосвязей с погодой на этих ландшафтах водных бассейнов при оценке вероятности паводковых ситуаций. Показаны варианты ландшафтов, которые отличаются от природных по степени антропогенных нагрузок.

Результаты и обсуждения

Чрезвычайно опасные природные ситуации в некоторых регионах вызывают необходимость их системного анализа. Неполная оценка погодных условий и местности на различных ландшафтах может привести не только к положи-

тельным характеристикам, но и отрицательным. Положительными характеристикам являются накопление воды в реках, озерах и почве. Отрицательным – возникновение опасных водных паводков на реках, текущих в направлении на север, а также наоборот.

Однако, на образование больших паводковых вод влияет период накопления влаги в почве и на ее поверхности от атмосферных осадков с сентября по март месяцы. Для примера возьмем данные полученные на метеостанции Аркалыкской СХОС, которая расположена южнее всех и где зафиксированы самые меньшие годовые осадки за период от 1988 по 1995 гг. – 200 мм, в среднем 309 мм, а за 8 лет в сумме 2470 мм (таблица 1).

За эти годы выпали атмосферных осадков следующее количество (таблица 2). При наличии таких данных, для прогноза количества выпавших атмосферных осадков, влияющих на весенний объем талых вод, то следует суммировать с сентября 1987 года по март 1988 года и так далее.

Таблица 1

Средние годовые суммы атмосферных осадков (мм) по степной зоне Казахстана (7) (синим цветом выделены годы с наибольшими атмосферными осадками, а красным – наименьшее)

Метеорологическая станция	Год									
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Сумма	Среднее
Петропавловск	408	393	448	256	384	470	594	351	3304	413
Костанай	305	324	476	220	372	413	347	254	2711	339
Кокшетау	211	241	499	215	358	418	524	201	2667	334
Аркалык	200	361	347	226	323	441	327	245	2470	309
Акмола	255	314	409	233	336	342	385	262	2536	317
Павлодар	253	284	429	253	412	309	291	265	2496	312
Уральск	277	318	447	271	475	438	465	260	2951	369

Примечание: составлено автором.

Данные таблицы 2 характеризуют количество выпавших атмосферных осадков за не вегетационный период. В данном случае наибольшие атмосферные осадки за не вегетационный период были в 1990 и 1993 гг., а наименьшие – в 1994 и 1995 гг.

Таблица 2

Количество выпавших атмосферных осадков (мм) с января по декабрь за не вегетационный период с 1988 по 1995 гг.

Метеорологическая станция, месяцы	Год							
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Аркалык	200	361	347	226	323	441	327	245
Январь	19,9	40,9	45,3	81,1	64,9	40,7	23,8	7,0
Февраль	7,8	32,2	27,6	10,1	29,4	74,9	32,5	9,8
Март	7,9	23,8	33,8	19,1	5,8	47,9	31,3	15,6
Сентябрь	39	26,4	23,8	21,4	8,1	19,3	13,3	42,0
Октябрь	7,0	51,8	25,9	2,0	23,4	14,0	5,3	63,6
Ноябрь	14,0	11,8	28,8	11,6	13,1	8,6	63,3	16,0
Декабрь	20,0	37,6	56,6	53,7	9,4	14,2	45,3	47,0
В сумме	180,5	176,9	234,3	199,0	188,8	217,5	143,7	159,6

Примечание: составлено автором.

Рассмотрим вариабельность выпадения атмосферных осадков в Аркалыкской СХОС за 1962-2014 годы (таблица 3). Согласно средним многолетним данным за 52 лет количество выпадавших атмосферных осадков не за вегетационный период равнялись примерно 172,3 мм.

Таблица 3

Вариабельность выпадения атмосферных осадков с сентября по март и среднее многолетнее (мм) по данным Аркалыкской СХОС за 1962-2012 годы

Количество выпавших атмосферных осадков	Месяцы						
	Январь	Февраль	Март	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Максимально	112,3	85,1	48,6	60,7	89,7	63,3	76,4
Минимально	2,7	1,4	1,8	0,0	0,2	0,7	0,9
Среднее мн.	31,9	23,9	17,2	19,3	31,9	23,5	24,6

Примечание: составлено автором.

Используем данные Аркалыкской СХОС за 1962-1983 годы для оценки суммы выпавших максимальных атмосферных осадков за осенне-зимний период (таблицы 4, 5). За изучаемые годы максимальное количество выпавших атмосферных осадков за осенне-зимний период был в 1964, 1976 и особенно в 1983 гг. В эти годы наблюдались крупные месячные осадки в январе 1964 – 112,3 мм, 1976 – 87,9 мм и 1983 гг. – 60,2 мм.

Устойчивость зимних осадков или их небольшая величина позволяет искать взаимосвязи прогноза паводков с осенним температурным состоянием почв. На фоне частых лет с малым количеством осадков в этом 2024 году осенне-весеннему накоплению запасов влаги в снеге не выявили вероятности возникновения такой серьезной проблемы. Оказывается, что небольшая величина зимних осадков оказалось обманчивой, не устойчивой. Так как в некоторые годы выпадает большое количество твердых атмосферных осадков. По имеющимся статистическим данным рассмотрим максимальные атмосферные осадки за годы исследования в декабре, январе и феврале, которые имеют максимально возможный вариант создания больших объемов паводковых вод. Количество раз зафиксированных максимальных осадков в декабрьские месяцы было 2 раза 76,4, 65,1; 6 раз 56,1, 56,6, 53,7, 45,3, 47,0, 50,2. За эти годы в январе выпадало от 60 до 112,3 мм с 1962 по 2014 гг. было 7 раз и более 40 мм – 3 раза. В февральские месяцы были 64,0, 74,9, 85,1 мм и более 40 мм – 3 раза.

Как мы видим, если годы были с редкими месяцами максимальных атмосферных осадков за осенне-зимний периоды, то запасы влаги в почвах и на поверхности были меньше 150 мм, а в годы с более частыми были от 200 мм и выше. Максимальным был осенне-зимний период 1982-1983 гг., когда запасы влаги в почвах и на поверхности были равны 277,2 мм (таблицы 4, 5). На территории почв каштанового подтипа имеются предпосылки к образованию паводковых вод в весенний период (таблицы 4, 5).

Таблица 4

Количество выпавших максимальных атмосферных осадков (мм) с сентября по март за период от 1962 по 1976 гг. за осенне-зимний периоды по данным Аркалыкской СХОС

Месяцы	Годы					
	1962-1963	1963-1964	1965-1966	1969-1970	1971-1972	1975-1976
Сентябрь	24,5	24,1	41,0	9,0	0,0	0,0
Октябрь	46,2	15,1	28,0	96,0	33,3	17,1
Ноябрь	6,1	40,6	37,0	18,0	26,1	15,1
Декабрь	27,5	25,3	6,0	21,0	33,7	76,4
Январь	9,1	112,3	35,0	33,0	63,6	87,9
Февраль	8,3	3,0	39,0	30,0	31,0	13,4
Март	15,5	10,2	23,0	14,0	11,0	15,7
В сумме	137,2	230,6	209	221	198,7	225,6

Примечание: составлено автором.

Эти воды по бассейнам рек будут перемещаться севернее, где сток будет образовываться с поверхности темнокаштановых почв. Такие территории – это очень большая площадь. Объемы образовавшихся стоков постепенно передвигаются далее на север, присоединяясь к водным потокам, которые формируются на территории черноземов южных и обыкновенных. Что может создать паводковые воды различной силы.

Таблица 5

Количество выпавших максимальных атмосферных осадков (мм) с сентября по март за период от 1976 по 2014 гг. за осенне-зимний периоды по данным Аркалыкской СХОС

Месяцы	Годы					
	1976-1977	1977-1978	1982-1983	1989-1990	2004-2005	2006-2007
Сентябрь	17,5	21,6	36,2	26,4	5,4	29,4
Октябрь	80,5	30,2	49,0	51,8	48,8	38,3
Ноябрь	5,2	31,1	25,6	11,8	33,5	55,5
Декабрь	10,4	36,1	30,9	37,6	50,2	36,6
Январь	8,6	19,2	60,2	45,3	24,5	29,8
Февраль	5,5	64,0	51,3	27,6	27,1	41,6
Март	12,9	4,4	24,0	33,8	39,4	16,5
В сумме	140,6	206,6	277,2	234,3	228,9	247,7

Примечание: составлено автором.

После анализа выпадения атмосферных осадков одной из самой южной метеостанции Аркалыкской СХОС, возьмем данные самой северной, которая расположена в Северном Казахстане. Для примера возьмем данные полученные на метеостанции, которая расположена севернее всех – это метеорологический пост Шагалалы. Он расположен на территории ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция», в Аккайынском районе. Здесь, за период с 1957 по 2017 гг., отмечаются значительные колебания выпадения осадков за осенне-зимний и весенний периоды. На этой территории холодный период длиться дольше, чем на других. Поэтому мы учитываем осадки и температуру воздуха в сентябре и октябре, как осенний, за холодный период – с ноября по март, а апрель и май, как весенние месяцы. Так как такое деление фиксирует накопление снежной массы и накопление жидкой массы. Они больше могут определять вероятность паводковых стоков. То есть, такой метод расчета позволяет определить влияние погодных условий на объем паводковых вод данной и более северной территорий.

Метеорологические условия самой северной территории в Казахстане даны в таблице 6, где зафиксированы осадки и температура воздуха за период от 2013 по 2017 гг. Мы наблюдаем, что за четыре года были, как самые меньшие, так и большие годовые осадки (таблица 6).

Температура воздуха имеет также важное значение в образовании паводковых вод, как и объем осадков. Так как от него зависит скорость таяния снега в бассейнах рек, льда на поверхности рек, а также образование толщины льда на реках и периода накопления твердой массы атмосферных осадков. В таблице 7 приводится температура воздуха (°С).

Имеющиеся данные по температурам воздуха важно детализировать хотя бы по декадам месяца октябрь и апрель. Так как октябре, в первой декаде, бывают положительные температуры, часто это бывало и во второй декаде и очень редко в третьей. Весной в апреле месяце, наоборот положительные температуры, часто в третьей, иногда это бывало и во второй декаде, а очень редко в первой декаде.

Рассмотрим температуру воздуха по декадам месяца октябрь и апрель за период от 2013 по 2017 гг. за осенне-зимний, весенний периоды (по данным м/п Шагалалы) (таблица 8). Возникало противоречие стратегических и тактических методах управления накопления стока воды на территории ландшафтов, где протекают реки в северном направлении. Поэтому весной и вначале лета 2024 года в Северной части Республики Казахстан возникли паводки.

Таблица 6

Количество выпавших максимальных атмосферных осадков (мм) с сентября по май за период от 2013 по 2017 гг. за осенне-зимний, весенний периоды (по данным м/п Шагалалы)

Месяцы	Годы				
	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Средние мн.
Сентябрь	34,3	17,8	45,0	66,0	27,0
Октябрь	38,3	80,7	69,0	37,0	27,0
Ноябрь	19,7	24,6	43,0	45,0	24,0
Декабрь	37,7	47,2	47,0	54,0	19,0
Январь	37,1	21,4	15,0	19,0	16,0
Февраль	23,7	26,4	15,0	18,2	13,0
Март	9,4	19,5	43,0	18,7	15,0
В сумме за осенне-зимний	200,2	237,6	277,0	257,9	141,0
Апрель	29,9	36,6	43,0	29,0	22,0
Май	10,1	54,3	9,0	52,0	29,0
В сумме за весну	40,0	90,9	52,0	81,0	51,0
Итого:	240,2	328,5	329,0	338,9	192,0

Примечание: составлено автором.

Таблица 7

Температура воздуха (°С) с сентября по май за период от 2013 по 2017 гг. за осенне-зимний, весенний периоды (по данным м/п Шагалалы)

Месяцы	Годы				
	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Средние мн.
Сентябрь	11,9	9,2	11,0	13,6	11,2
Октябрь	2,6	0,5	2,1	0,1	3,2
Ноябрь	0,6	-7,9	-9,7	-11,4	-7,1
Декабрь	-10,4	-11,9	-8,1	-16,1	-13,7
Январь	-17,5	-15,0	-21,4	-15,3	-17,2
Февраль	-20,3	-16,4	-8,8	-15,5	-16,2
Март	-4,3	-8,5	-4,7	-7,6	-8,6
Апрель	3,9	4,1	9,1	5,5	4,3
Май	13,4	14,8	12,9	13,3	12,7

Примечание: составлено автором.

Таблица 8

Температура воздуха (°С) по декадам месяца октябрь и апрель за период от 2013 по 2017 гг. (по данным м/п Шагалалы)

Годы	Месяцы						Средние многолетние по декадам					
	Октябрь по декадам			Апрель по декадам			Октябрь			Апрель		
2013-2014	3,0	2,6	2,3	2,3	4,7	4,9	5,8	3,6	0,5	-0,5	5,1	8,0
2014-2015	4,2	2,1	-4,2	-1,8	6,5	7,8	5,7	3,6	0,5	-0,5	5,1	8,0
2015-2016	7,7	1,6	-2,6	4,7	12,0	10,6	5,7	3,6	0,5	-0,5	5,1	8,0
2016-2017	4,8	-1,1	-3,2	-2,5	7,5	11,6	5,7	3,5	0,4	-0,4	5,2	8,0

Примечание: составлено автором.

Анализ показывает, что вследствие сложных многофакторных почвенно-климатических взаимоотношений, нет конкретных закономерностей для определения возможного чередования увлажненных, типичных и засушливых сроков по годам. В некоторые годы почва промерзает на меньшую глубину из-за более мощного снежного покрова. При таянии снега весной на таких полях в очень редких случаях наблюдается сток талых вод, они лучше впитываются почвой и промачивают ее на большую глубину. Осенью же, чем выше предзимнее увлажнение почвы, тем выше коэффициент стока талых вод.

Сток – это передвижение свободной гравитационной влаги под влиянием гидравлического напора на поверхности почвы или внутри почвенно-грунтовой толщи. Измеряется объемом воды с единицы площади или толщиной водного слоя (в мм). Выделяются следующие типы стока: а) сток внутрипочвенный – это сток внутри почвенной толщи; б) сток поверхностный – это сток воды по поверхности почвы.

На почвах Северного Казахстана при равновесной плотности почвы происходит смерзание ее в монолит, если влажность пахотного слоя в осенний период достигает 22% и выше. Избежать этого не помогает осенняя плоскорезная обработка, если она проводится на глубину 10-12 см. Смерзание почвы в монолит или ее цементация резко ухудшает впитываемость талых вод, повышает сток талых вод.

Склоновые земли Северного Казахстана в отличие от других регионов имеют характерную особенность – большую протяженность (5-10 км), малую крутизну (до 1°), с большим разнообразием обрабатываемых ложбин и водотоков. Во многих случаях это создает огромные водосборные площади.

Для оценки количества выпавших атмосферных осадков, следует использовать информацию, полученную на метеорологических станциях. Эти данные делятся на периоды:

- накопления в сумме до начала снеготаяния;
- в сумме за время снеготаяния;
- количество накопления связанного с рельефом местности и участков русла реки, которые будут отличаться друг от друга суммой положительных температуры воздуха;
- темпы таяния снега на различных участках водного бассейна;
- время и объем воды, которые будут образовывать потоки и достигать северные части вод речных бассейнов.

Период бурного весеннего снеготаяния может происходить за 6-10 дней, а может замедлиться и даже прекратиться при понижении температуры воздуха.

Бурное таяние большого количества снега на суше создает увеличение объема воды в реках. Такой объем воды образовался весной 2024 г. и привел к затоплению в населенных пунктах строений, размыву дорог и прочее. Одновременно произошло переполнение водохранилищ, которые в некоторых местах привело к разрушению дамб и более сильному подъему воды на прибрежных участках.

Для характеристики почвенного покрова, а также при прогнозировании паводковых ситуаций учитываются рельеф, гранулометрический состав почв, растительность, уровень грунтовых вод. На территории Казахстана эти условия отличаются друг от друга. Например, почвы Северного Казахстана относятся к промерзающим или периодически промерзающим. По гранулометрическому составу они в основном тяжелосуглинистые и легкоглинистые. В нынешних условиях образования паводковых вод главное значение имеет площадь водосборного бассейна и сумма атмосферных осадков.

При ранних сроках наступления достаточных для растапливания снега температуры воздуха может начаться постепенный сток воды. Большая водосборная площадь склоновых земель, значительные влагозапасы в снеге, сильное и глубокое промерзание почв зимой и медленное оттаивание в период снеготаяния способствуют образованию поверхностного стока талых вод. Более поздние атмосферные осадки не резко увеличивают (относительно) объем талой воды. В случае более поздних сроков, то высока вероятность высокой температуры воздуха, из-за чего снег начинает таять в большом количестве.

Из-за выпадения большой суммы атмосферных осадков, вероятная частота наводнения увеличивается. Все реки текут на север из-за разницы радиуса экваториальной части и полюсов Земного шара. Поэтому реки Тобол, Есиль, Иртыш несут нынешнюю паводковую воду на север, где температура воздуха не так высока. На период, когда в южных частях бассейна снег растаял и заполнил русла рек, в северных частях этот процесс идет медленнее, вплоть до того, что еще сохранен лед на реках.

Территория речных бассейнов Северного Казахстана, где формируется и функционирует геосистемы с более интенсивными в южных ча-

стях рек физико-географическими процессами, а с менее интенсивными в северных частях в некоторые годы осложняют окружающую обстановку. Это в структурно-динамическом отношений, характеризуется как подсистемы с разными активными обменами массы и энергии воды весной на реках во время снеготаяния и перемещения стока в русле реки. Эти входящие потоки с территорий интенсивного накопления талых вод являются большим объемом для выходящих потоков воды с территорий менее интенсивного накопления талых вод в виде энергии, которая может создать неконтролируемые ситуации. Несмотря на то, что на ландшафтах равнинной части русло рек более широкое, чем на южных ландшафтах, это ведет к образованию заторов и разливу паводковых вод из рек и вызвать разрушения и затопления.

Анализ выпавших атмосферных осадков (мм) с сентября по май за период от 2016 по 2017 гг. за осенне-зимний, весенний периоды (по данным м/п Шагалалы) показывают их максимальные количества, а также их распределение по срокам выпадения и температурам таяния. Так максимальные количества осадков выпали в сентябре 66 мм, что превышало среднее многолетнее значение на 244%. В октябре текущего года в виде дождя и снега суммарное количество осадков 37 мм, которое было выше нормы на 137%. Это значит, что влажность верхнего слоя почвы в этот период достигает 22% и выше. Получается, что при таком количестве жидких и твердых осадков начинает происходить смерзание почвы в монолит. Погода во второй декаде октября понизилась до минус 1,1 °С с дальнейшими понижениями до второй декады в апреле месяце.

Таким образом, если в октябре происходит смерзание почвы в монолит, то накопившиеся твердые атмосферные осадки в объеме 154,9 мм в апреле месяце начали таять, образуя паводковые воды. Так как количество снега превышало норму на 178%. Резкие перепады температуры в первой декаде были ночью до минус 14,9 °С, а днем достигали плюс 15,6 °С. К середине месяца средняя температура воздуха значительно повысилась.

Из-за такой температуры воздуха снег на полях стал таять, заполняя реки, озера и водохранилища водой. Количество атмосферных осадков в апреле и в мае 29,0 и 52,0 мм, соответственно, увеличили объем паводковых вод.

Сток поверхностных вод весной – это передвижение свободной гравитационной влаги под влиянием гидравлического напора на поверхности почвы. При быстром потеплении воздуха резко увеличивается объем образовавшейся воды.

Чем южнее часть бассейна реки, тем больше объем образовавшейся воды, который увеличивает еще больше объем стока в русле северной части бассейна. Так, например, на реке Есиль раньше было 10 метеорологических станций. С юга на север вдоль реки они располагались в следующем порядке: Анар, Целиноград (Акмолинск), Джалтыр, Атбасар, Казгородок, Есиль, Марьевка, Явленка, Петропавловск. При получении одновременной информации о температуре воздуха, уровня воды в реке, можно правильно оценить и прогнозировать паводковую ситуацию накопления паводковых вод. При этом следует увязывать данные, как на расположенных подобным образом пунктах наблюдения (гидрологические посты), так и с агрометеорологических постов.

Определяя таким методом объем воды и скорость перемещения ее по руслу реки можно предсказать ситуацию в различной местности. Особенно, когда в каком-то месте образуются заторы, если идут переливы через берега и дамбы, при образовании или вероятности образования прорывов воды на дамбах, плотинах и другие. Поэтому могут таким методом учитываться образования паводковых вод, которые могут также образовывать, как вторую, так и следующую волну прибывающей паводковой воды.

На гидрологических постах следует учитывать объемы паводковых вод, которые поступают из притоков рек. Если бассейны рек с несколькими притоками, то оценка ситуации усложняется.

По новостным каналам телевидения передавали паводковую ситуация как в Казахстане, так и в России. В районе г. Орск 12 апреля 2024 г. уровень воды р. Урал поднялся на 11 м 78 см. В этом месте р. Урал пополняется притоком из другой реки Илек.

В Курганской области уровень воды в р. Илек поднимался до 768, 913 см. Уровень воды р. Урал у г. Оренбург снизился до 11 м 28 см. Это снижение уровень воды р. Урал связано с тем, что до г. Оренбурга река течет в южном направление. Если паводковые воды пополняют р. Урал в верхней части, то уже в южной части паводковые воды образовались еще раньше и переместились по руслу реки в западном направлении.

В тоже время в Казахстане ряд рек из-за рельефа местности текут в восточном направлении

Уй, Аят и впадают в реку Тобол. Другие реки из-за рельефа местности текут на юг, на запад. Это реки Жайык, Эмба, Уил, Сагыз. Они принадлежат к бассейну Каспийского моря. В северном и северо-западном направлении течет река Илек и другие, которые впадают в реку Жайык, а река Большая Хобда с притоками впадают в реку Елек.

Паводки на р. Жайык отличаются большой силой, в связи с чем резко меняется уровень и расход воды в реке. Наибольший уровень воды в паводок наступает в мае. При средней высоте над меженью в 4-5 м он достигает в многоводные годы 8-10 м».

Следует отметить, что часть бассейна р. Жайык, проходящей по Казахстану, находится в полупустынной и пустынной зонах. На этих ландшафтах 18 апреля 2024 г. на реке Жайык в Атырауской области из-за поступления воды с Западно-Казахстанской области уровень воды изменился. На гидропосту Жайык – Индербор уровень находился на отметке 555 см. Общий подъем с начала паводка составлял 332 см. На гидропосту Жайык -п.Махамбет уровень находился на отметке 679 см. Вода поднялась на 362 см.

Значительная часть ранее освоенных территорий сейчас также находится в естественных природных условиях в течение 10-14 лет и более. Их относят к категории залежных земель и земель запаса. Это временно естественные ландшафты, которые охватывают большую территорию в различных природно-климатических зонах и подзонах. За эти годы, которые они не использовались в сельском хозяйстве они заросли травой. Поэтому травостой в этих ландшафтах отличается друг от друга, соответственно и функции отличаются.

Например, на рисунке 1 мы видим большую биомассу обыкновенной полыни, которая росла на почвах черноземов южных карбонатных ($Ч_1^к$), где много лет возделывали зерновые культуры. Поэтому на полях, которые были высокообеспечены фосфором, через несколько лет неиспользования, образовался такой травостой. Высота растений достигает 160-180 см.

На некоторых территориях растительная биомасса временно естественных ландшафтов играет важную роль в накоплении опада, увеличении численности выпадающих твердых атмосферных осадков. На таких территориях образование стока талых вод происходит в больших количествах, но медленнее, чем на обрабатываемых агроландшафтах.

Талые воды формируют большую часть речного стока. Воды, которые образуются в горах, где снежность в 5-10 раз больше, чем на окружающих равнинах имеют высокую скорость течения.

Рисунок 1

Растительность на почвах высокообеспеченных фосфором ($Ч_1^к$). (Автор фотографии Рыспеков Т.Р.)



Примечание: составлено автором.

В этом 2025 году выпадение большого количества снега на территории Казахстана имеет большую вероятность повторения паводковых ситуаций в речных бассейнах, как в 2017, 2024 гг. Поэтому провести мониторинг наблюдений паводковых ситуации следует с помощью определений:

- одновременное просматривании аэро- и космических снимков изучаемой территории за ряд дней;
- одновременно определяется объем произошедших изменений;
- анализ температуры воздуха для установления вероятности резкого таяния снега;
- объем накопления большого количества твердых атмосферных осадков к весне;
- состояние почв – промерзшие или непромерзшие;
- состояние почв с небольшим запасом влаги и способные к впитыванию влаги;
- местности с густым травостоем;
- местности со слабым растительным покровом и более плотные;
- местности с почвами тяжелого гранулометрического состава;
- местности с почвами легкого гранулометрического состава.

Очень важны данные постоянно поступающие с гидрологических постов. На тех что ведут наблюдения с южных частей сообщается об основных темпах таяния снега и образования стока. В других местах сообщают о состоянии стока местности и слиянии его с прибывшей воды из верховьев. Более северные посты планирую, как пойдет прибывающая вода по их участку, которая имеет лед на поверхности воды или река еще не очистилась полностью ото льда. То есть, на всех гидрологических постах должны учитываться эти три ситуации, которые необходимо применить в управлении регулирования паводковых вод и предупреждения организаций и местного населения.

Имея ввиду вероятность образования больших объемов паводковых вод, следует учитывать это, как при землеустроительных работах, так и при устройстве расположенных сооружений и коммуникаций для их накопления. При управлении водными ресурсами в очень влажные годы должны проводиться мероприятия с целью получения и сохранения накопленной массы воды в дополнительных сооруженных и укрепленных водохранилищах. В случаях накопления и перемещения большого количества воды в трансграничных реках, следует предупреждать об этом соседнее государство

Заключение

На большой по площади территории Республики Казахстан возникли паводки чрезвычайных масштабов. Паводки увеличили сток рек, которые текут в разных направлениях. Паводковая ситуация на реках северного направления является более опасной, чем на реках западного направления. Из-за ситуации с паводками в северных и западных регионах, требуют обратить внимания разные погодные условия в частях бассейнов рек. Пространственно-временной анализы экосистем ландшафтов южной и северной частей рек, позволяет рассчитать объем и скорость поступления воды в русло нижних частей рек. Если объем и скорость поступления воды будет большой, то вода выходит из берегов рек, текущих в направлении на север. Такой мониторинг являются одним из основных способов определения процессов взаимосвязей с погодой в этих ландшафтах. При таком подходе будет правильно оцениваться вероятность возникновения паводков и их величина в северных и западных областях Республики Казахстан.

Финансирование

Комитет науки МНВО РК. Проект ИРН BR24993222 «Построение системы поддержки принятия решений для природно-хозяйственного обустройства территории Северо-Казахстанской области в контексте устойчивого развития».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Рыспеков Тилепберген – приведены личные экспедиционные данные. Систематизированы статистические материалы по теме научной статьи и его написания.

Акмолдаева Базар – приведены статистические материалы по теме научной статьи. Проведены работы по оформлению статьи соглазно требованиям журнала.

Литература

https://news.mail.ru/politics/65652785/

https://news.mail.ru/society/65500188/?frommail=1&utm_partner_id=625

Медеу А.Р., Махмудова Л.К., Мырзахметов А.Б., Загидуллина А.Р., Канай М.А. (2024) Паводковая ситуация на реке Жайык (Урал) в 2024 году // География и водные ресурсы. № 4. С. 14-23.

DOI: https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-4-14-23.35

Готовец А.Ф., Нестеренко А.М., Шевченко В.А., Миллер А.А. (1987) Интенсивные технологии возделывания яровой твердой пшеницы в Казахстане // К вопросам агротехники полевых культур в Северном Казахстане. Целиноград, С.22-36.

Азаров Н.К. (1989) О снежной мелиорации в условиях Северного Казахстана //Сборник научных трудов. Интенсификация почвозащитного земледелия в Северном Казахстане. Целиноград, С. 16-27.

Копеев Б.А., Тлеуов С.С. (1987) Итоги изучения агротехнических опытов по борьбе с водной эрозией на слабосклоновых землях Северного Казахстана // Сборник науч. трудов. «К вопросам агротехники полевых культур в Северном Казахстане». Целиноград, С. 10-22.

Шамен А. (1996) Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. Алматы: Ғылым. 293 с.

интернет. ПЕТРОПАВЛОВСК, 1 мар — Sputnik.

Фаизова К.Ш. (1970) Почвы Казахской ССР. Выпуск 13. Гурьевская область. Почвы Гурьевской области. – Алматы, 351 с.

Tilepbergen Ryspekov, Marzhan Balkozha. (2023) Ways of step-by-step assessments of transformation and dynamics of soils and vegetation functioning in Kazakhstan ecosystems // JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT / Polish Academy of Sciences (PAN) Institute of Technology and Life Sciences – National Research Institute (ITP – PIB) 145352, No. 57 (IV–VI): 1–10

Вилесов Е.Н. (1999) Современные проблемы гляциологии. Алматы, с.135

Рыспеков Т.Р., Куандыкова Э.М. (2024) Пространственно-временной анализ экосистем в оценке паводковых ситуаций в разных регионах /Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы рационального природопользования и проблемы интеллектуального сельского хозяйства. посвященной 80-летию Почетного работника образования РК, академика АСХН РК, академика Международной академии «Экология», д.с/х.н. профессора Сулейменовой Н.Ш. Алматы. С. 37-42.

Правительство. Паводок: готовность № 1. Казахстанская правда. 8 апреля, 2015 г. № 63 (27939). С. 1.

Алдиярова А.Е., Исмаилова Г.К., Муханбет Е.Ғ., Токшылыкова А. (2024) HEC-RAS бағдарламасы негізінде су тасқынын аймақтарға бөлуді модельдеу (Сырдария өзені – Шардара су қоймасы мысалында) / Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Почетного работника образования республики Казахстан, академика АСХН РК, академика Международной академии «Экология», доктора сельскохозяйственных наук профессора НАЗИИ ШУКЕНОВНЫ СУЛЕЙМЕНОВОЙ на тему: «Перспективы рационального природопользования и проблемы интеллектуального сельского хозяйства. Алматы. С. 364-371.

Сброс воды из водохранилищ: подготовка к паводкам в регионах Казахстана

https://news.mail.ru/society/65500188/?frommail=1&utm_partner_id=625

References

Утвержден новый Водный кодекс РК, 2025 https://cdb.kz/sistema/novosti/utverzhden_novyy_vodnyy_kodeks_rk/

https://news.mail.ru/society/65500188/?frommail=1&utm_partner_id=625

Medeu A.R., Makhmudova L.K., Myrzakhmetov A.B., Zagidullina A.R., Kanai M.A. (2024) Flood situation on the Zhaiyk River (Ural) in 2024 //Geography and water resources. No.4. P.14-23. DOI: https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-4-14-23.35

Gotovets A.F., Nesterenko A.M., Shevchenko V.A., Miller A.A. (1987) Intensive technologies for cultivation of spring durum wheat in Kazakhstan / On the issues of agricultural technology of field crops in Northern Kazakhstan. Tselinograd, P.22-36.

Azarov N.K. (1989) On snow melioration in the conditions of Northern Kazakhstan / Collection of scientific papers. Intensification of soil conservation agriculture in Northern Kazakhstan. Tselinograd, P.16-27.

Kopeev B.A., Tleuov S.S. (1987) Results of the study of agrotechnical experiments to combat water erosion on gently sloping lands of Northern Kazakhstan / Collection of scientific papers. “On the issues of agricultural technology of field crops in Northern Kazakhstan”. Tselinograd, P. 10-22.

Shamen A. (1996) Hydrometeorology and monitoring of the natural environment of Kazakhstan. Almaty: Gylym. 293 p.

Internet. PETROPAVLOVSK, March 1 – Sputnik.

Faizova K.Sh. (1970) Soils of the Kazakh SSR. Issue 13. Guryev region. Soils of the Guryev region. Almaty, 351 p.

Tilepbergen Ryspekov, Marzhan Balkozha. (2023) Ways of step-by-step assessments of transformation and dynamics of soils and vegetation functioning in Kazakhstan ecosystems // JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT / Polish Academy of Sciences (PAN) Institute of Technology and Life Sciences – National Research Institute (ITP – PIB) 145352, No. 57 (IV-VI): 1-10

Vilesov E.N.(1999) Modern problems of glaciology: Textbook for postgraduates. Almaty, 135 p.

Ryspekov T.R., Kuandykova E.M. (2024) Spatio-temporal analysis of ecosystems in assessing flood situations in different regions / Proceedings of the international scientific and practical conference “Prospects for rational nature management and problems of intelligent agriculture. dedicated to the 80th anniversary of the Honorary Worker of Education of the Republic of Kazakhstan, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan Academician of the International Academy

"Ecology", Doctor of Agricultural Sciences, Professor Nazia Shukenovna Suleimenova on the topic: "Prospects for rational nature management and problems of intelligent agriculture. Almaty. P. 364-371.

Government Flood: readiness No. 1. – Kazakhstanskaya Pravda. April 8, 2015 – No. 63 (27939). – P. 1.

Aldiyarova A.E., Ismailova G.K., Muhanbet E.G., Tokshylykova A. (2024) HEC-RAS bagdarlamasy negizinde su tasqynyn aimaktarga boludi modeldeu (Syrdarya Ozeni – Shardara su koimasy mysalynda) / Collection of proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the Honorary Worker of Education of the Republic of Kazakhstan, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Academician of the International Academy "Ecology", Doctor of Agricultural Sciences, Professor Nazia Shukenovna Suleimenova on the topic: "Prospects for rational nature management and problems of intelligent agriculture. Almaty. P. 364-371.

Water discharge from reservoirs: preparation for floods in the regions of Kazakhstan
https://news.mail.ru/society/65500188/?frommail=1&utm_partner_id=625

Сведения об авторах:

Рыспеков Тилепберген – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: rispekov_t@mail.ru).

Акмолдаева Базар Кадыралиевна – докторант 1 курса, старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: b.akmoldaeva2016@gmail.com).

Information about the authors:

Tilepbergen Rispekov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: rispekov_t@mail.ru).

Bazar Kadyraliyevna Akmoldaeva – 1st-year PhD student, Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: b.akmoldaeva2016@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Тилепберген Рыспеков – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: rispekov_t@mail.ru).

Базар Қадырәлиевна Акмолдаева – 1-курс докторанты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, эл. пошта: b.akmoldaeva2016@gmail.com).

Поступила: 13 июня 2025 года
Принята: 25 декабря 2025 года

IRSTI 628.112 https://doi.org/10.26577/JGEM801202612

A.G. Guliyev [1], Ch.T. Bakhshiyeva [1], T.M. Babayeva [2], T.I. Yelmarli [1], N.M. Guliyev [1]

[1]Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan
[2]Sumgayit State University, Baku, Azerbaijan
*e-mail: elovset_q@mail.ru

HYDRAULIC HERITAGE: QANATS AND LANDSCAPE DYNAMICS IN THE LIBERATED KARABAKH TERRITORIES

Qanat systems are traditional underground channels designed for water transportation and play a vital role in providing reliable water sources for both drinking and irrigation purposes. Over the past two years, monitoring was conducted in the territories of Karabakh liberated from occupation to assess the condition of qanats after a 30-year period. The findings revealed that many qanats still show traces of past military activities. A comprehensive study was undertaken to evaluate the technical condition and restoration potential of the qanats. In parallel, land reclamation, hydrogeological, and agro-soil investigations were carried out across the entire qanat distribution area. The results indicated that conditions varied significantly among the Agdam, Fuzuli, and Jabrayil districts. Recommendations include regular monitoring of water and soil quality, implementation of effective qanat rehabilitation methods, and the optimal utilization of qanat water for both domestic and agricultural purposes. This study emphasizes the importance of qanat systems for arid and semi-arid regions and offers practical recommendations for the sustainable management of water and land resources, to enhance the socio-economic well-being of local communities.

Keywords: Qanat, irrigation, hydraulic structure, degradation, restoration.

А.Г. Гулиев[1], Ч.Т. Бахшиева[1], Т.М. Бабаева[2], Т.И. Елмарлы[1], Н.М. Гулиев[1]

[1] Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің Топырақтану және агрохимия институты, Баку, Әзірбайжан
[2]Сумгаит мемлекеттік университеті, Баку, Әзірбайжан
***e-mail: elovset_q@mail.ru**

Гидравликалық мұра: Карабақтың азат етілген аймақтарындағы рапс және ландшафт динамикасы

Қанат жүйелері – су тасымалдауға арналған дәстүрлі жерасты арналары және ауыз су және суару мақсаттары үшін сенімді су көздерін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Соңғы екі жылда оккупациядан босатылған Қарабақ аумақтарында 30 жылдық кезеңнен кейін қанаттардың жағдайын бағалау үшін мониторинг жүргізілді. Зерттеу нәтижелері көптеген қанаттарда әлі де өткен әскери әрекеттердің іздері бар екенін көрсетті. Қанаттардың техникалық жағдайын және қалпына келтіру әлеуетін бағалау үшін кешенді зерттеу жүргізілді. Сонымен қатар, қанаттың бүкіл таралу аймағында жерді мелиорациялау, гидрогеологиялық және агротопырақ зерттеулері жүргізілді. Нәтижелер Агдам, Физули және Джабраил аудандарында жағдайлардың айтарлықтай өзгеретінін көрсетті. Ұсыныстарға су мен топырақ сапасын үнемі бақылау, қанатты қалпына келтірудің тиімді әдістерін енгізу және қанат суын тұрмыстық және ауылшаруашылық мақсаттары үшін оңтайлы пайдалану кіреді. Бұл зерттеу құрғақ және жартылай құрғақ аймақтар үшін қанат жүйелерінің маңыздылығын атап көрсетеді және жергілікті қауымдастықтардың әлеуметтік-экономикалық әл-ауқатын жақсарту үшін су мен жер ресурстарын тұрақты басқару бойынша практикалық ұсыныстар ұсынады.

Түйін сөздер: Қанат, суару, гидравликалық құрылым, тозу, қалпына келтіру.

© 2026 Al-Farabi Kazakh National University

А.Г. Гулиев[1*], Ч.Т. Бахшиева[1], Т.М. Бабаева[2],
Т.И. Елмарлы[1], Н.М. Гулиев[1]

[1]Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки
и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан
[2]Сумгаитский государственный университет, Баку, Азербайджан
*e-mail: elovset_q@mail.ru

Гидравлическое наследие: канаты и динамика ландшафта на освобожденных территориях Карабаха

Канаты – это традиционные подземные каналы, предназначенные для транспортировки воды и играющие жизненно важную роль в обеспечении надежных источников воды как для питьевых, так и для ирригационных целей. В течение последних двух лет на территориях Карабаха, освобожденных от оккупации, проводился мониторинг состояния каналов после 30-летнего периода. Результаты показали, что многие каналы до сих пор сохраняют следы прошлой военной деятельности. Было проведено комплексное исследование для оценки технического состояния и потенциала восстановления каналов. Параллельно были проведены мелиоративные работы, гидрогеологические и агропочвенные исследования по всей зоне распространения каналов. Результаты показали, что условия значительно различаются между Агдамским, Физулинским и Джабраильским районами. Рекомендации включают регулярный мониторинг качества воды и почвы, внедрение эффективных методов восстановления каналов и оптимальное использование воды из каналов как для бытовых, так и для сельскохозяйственных целей. Данное исследование подчеркивает важность систем канатов для засушливых и полузасушливых регионов и предлагает практические рекомендации по устойчивому управлению водными и земельными ресурсами для повышения социально-экономического благополучия местных общин.

Ключевые слова: канат, ирригация, гидротехническое сооружение, деградация, восстановление.

Introduction

In the context of arid and semi-arid climates, which characterize much of the Near and Middle East, water supply has historically been a matter of life-sustaining importance. Within these environments, ovdans, wells, and qanats emerged as unique hydraulic structures–underground irrigation channels, designed to provide long-term and sustainable water supply for both human populations and agricultural lands. A Qanat (Kahriz) is a type of subterranean hydraulic system constructed on the principle of gravity-driven groundwater flow, which channeling water from depths exceeding 20 meters to the surface.

While the operating principle of a qanat is straightforward, its construction depends on numerous geological and hydrological factors. The system consists of vertical shafts connected by horizontal galleries, which collect water from underground aquifers and convey it to the surface. These structures represent some of the earliest forms of artificial irrigation and demonstrate the remarkable engineering sophistication of ancient societies. Guliyev examined the "Ganat" terms within Nakhchivan's folklore and literature, highlighting their role in the region's cultural and linguistic heritage (Guliyev, 2007).

In the territory of modern southern Kazakhstan, near the city of Turkestan–approximately 50 km from the fortress settlement of Saurana (Savran)–and in Azerbaijan, qanats were already recorded at the initial stage of the formation of the Great Silk Road, with their most widespread distribution dating to the 5th–7th centuries (Guliyev, 2014). Comparative analyses of historical and archaeological data classify qanats as long-term irrigation systems that played a key role in the economic life of the population. Their presence facilitated not only the expansion of agriculture but also the establishment of sustainable settlements in regions with limited natural resources.

Recent studies have highlighted the importance of traditional qanat systems in arid and semi-arid regions, both as sustainable water supply infrastructures and as cultural heritage. For instance, Bahraseman et al. investigated effective approaches for revitalizing qanats in the dry and semi-arid areas of Razavi Khorasan province, Iran (Guliyev, 2017).

Their research identified 27 factors affecting the restoration of qanats and emphasized the crucial role of a holistic approach in reviving these systems. The study suggests that reforming water governance policies and establishing independent institutions for qanat restoration are vital strategies for sustainable water management. In a concise publication for

an Iranian academic audience, Guliyev presented an overview of ancient heritage monuments in Nakhchivan, highlighting their historical significance within a broader regional context (Guliyev, 2007).

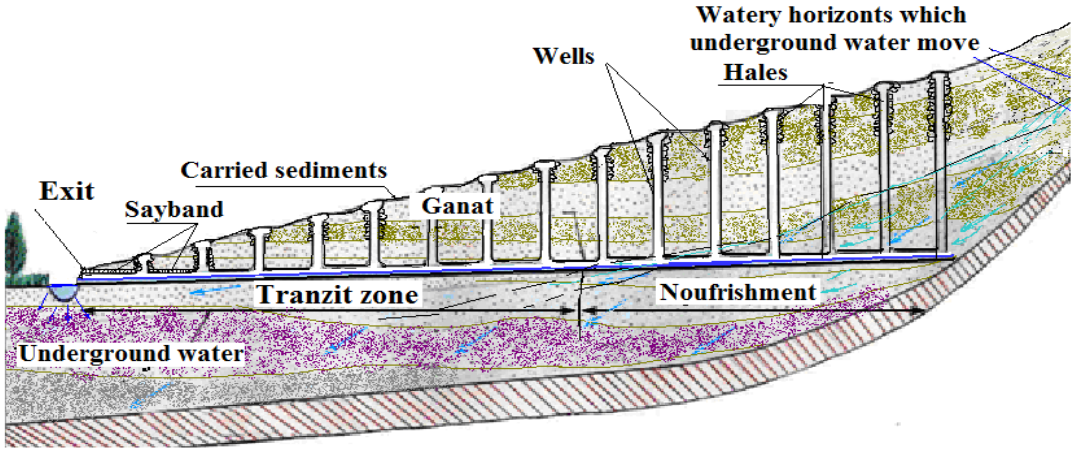
Similarly, Kowkabi examined the revitalization of qanats in District 7 of Tehran, focusing on their potential role in urban regeneration (Guliyev, 2017). The study proposed the integration of qanat routes into public open spaces to enhance social activities and connect urban areas with nature. Kowkabi emphasized that revitalizing these traditional infrastructures can improve the quality of life in urban settings by providing sustainable water sources and promoting ecological awareness. These studies underscore the multifaceted value of qanat systems, encompassing technical, ecological, and socio-cultural dimensions. They provide a framework for assessing qanat systems from both technical and socio-ecological perspectives, forming the foundation for the present investigation in the liberated territories of Karabakh.

This study aims to analyze the physicochemical properties of water from selected qanats in Azerbaijan's Karabakh region to determine its quality and suitability for domestic and agricultural use. By measuring key parameters–including pH, electrical conductivity, total dissolved solids, and major ions–the research assesses the current hydrochemical state of these waters. The findings are intended to inform sustainable management and restoration strategies for these traditional groundwater systems.

Research object and methodology

A qanat (Figure 1) is an ancient underground water management system developed to transport groundwater from an aquifer or water-bearing layer to the surface for irrigation and domestic use. This system spread to many regions, including Central Asia, the Middle East, North Africa, and even parts of southern Europe. A typical qanat consists of the main components including 1) Mother Well (Main Shaft), 2) Underground Tunnel (Gallery), 3) Vertical Shafts and 4) Outlet (Surface Channel).

Figure 1
Pic. Schematic Description of the Nourishment and Transit Zones in Qanats



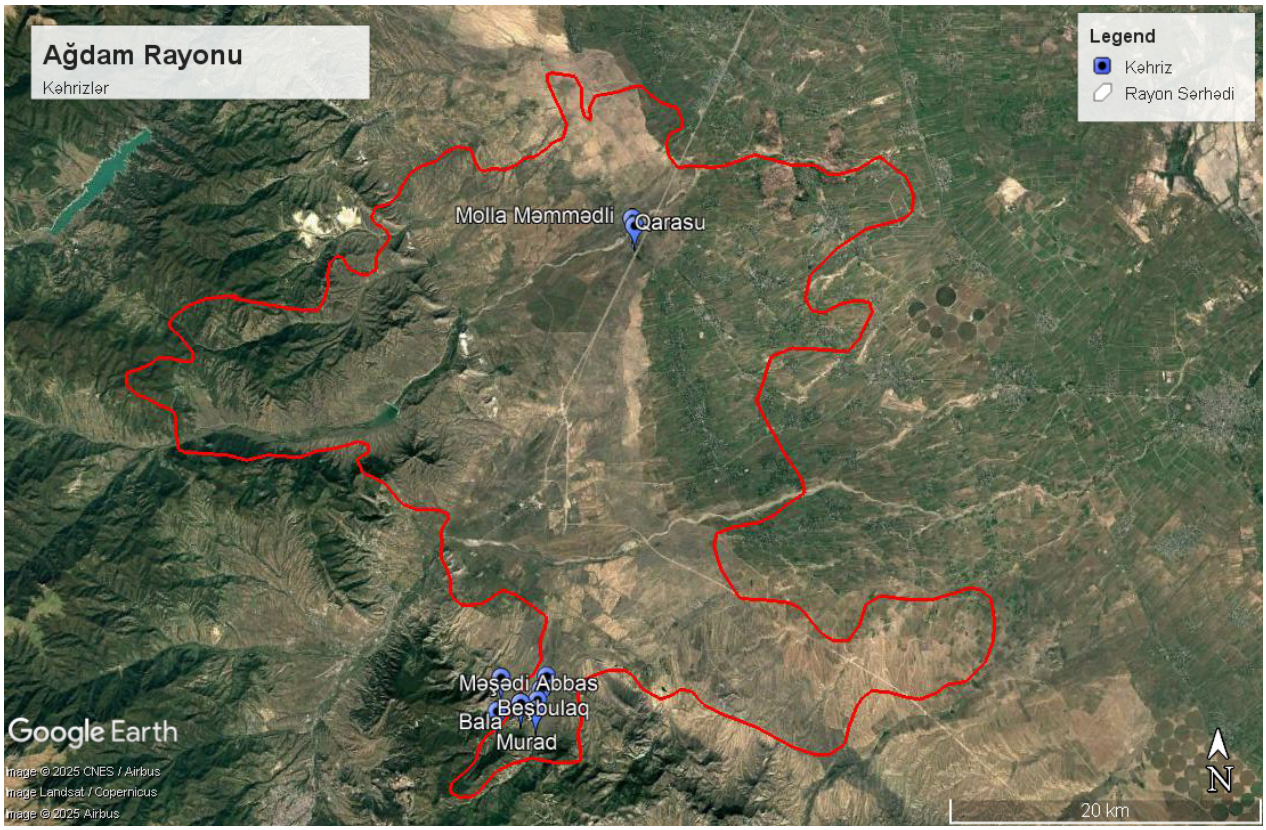
Note: Compiled by the author.

The ancient qanat systems of the Karabakh region in Azerbaijan represent a remarkable example of historical water resource management and their enduring relevance to contemporary water quality challenges. These underground channels, designed to convey water from aquifers to the surface, have for centuries played a crucial role in sustaining agriculture and supporting the livelihoods of local communities in arid regions (Antonov, 1959).

Over the past two years, a comprehensive research project has been conducted in the liberated territories of Karabakh to assess the technical condition and operational potential of the qanat systems.

The study focused primarily on the Fuzuli, Agdam and Khojavend districts, where over 50 qanats across 22 settlements were documented and surveyed. The research methodology included visual monitoring, GPS mapping, and technical, archaeological, and hydrogeological assessments (Figure 2).

Figure 2
The study area map



Note: Compiled by the author.

The findings revealed that many qanats still bear traces of military activity, with walls damaged by mines, explosions, and firearms. Following three decades of occupation, a significant portion of these systems had been destroyed or rendered non-functional. This deterioration has been further exacerbated by environmental factors such as overgrown vegetation, the accumulation of animal bones, and the blockage of channels. Addressing these issues through the restoration and preservation of the qanats is a priority task. This endeavor carries not only technical importance but also profound socio-economic and ecological significance for the region.

The conducted analysis of water (chemical composition) from qanats in both districts revealed that the concentrations of major components are within permissible sanitary standards. In certain qanats, such as the Molla-Mahmud qanat in the Agdam district, water mineralization levels do not exceed maximum allowable values and do not pose a threat to public health. Measurements of the radiation background showed stability and compliance with regulatory norms. A key parameter was the concentration of dissolved oxygen in the qanats, ranging from 2.74 to 9.11 mg/L, indicating sufficient oxygen saturation, which reflects the favorable condition and biological stability of the water.

Within the framework of the research, not only the hydrogeological but also the technical condition of the qanats was studied, along with a comprehensive analysis of water and soils. As a result, it was found that in some villages of the Agdam district, there are significant differences in the schemes and layouts of qanats. These differences are determined

not only by natural factors but also by the lithological characteristics of soils and substrates. Prolonged absence of agricultural activity in the liberated territories (for example, in the villages of Ahmedagali and Bash Gervend) has led to land being overgrown with various shrubs and trees. Figure 3 presents two graphs for the wells of the Mollamammadali Qanat in Bash Gervend village, Agdam District.

Figure 3
Wells of the Mollamammadali Kahriz located in Bash Gervend village, Agdam District.



Note: Compiled by the author.

Methods

During observations, we recorded tunnel collapses in sections of the qanat at depths of only 2–3 meters, leading to cessation of its operation. At present, an official appeal has been submitted to the authorities regarding the activities of the construction companies. Despite our appeals to the relevant authorities, no conclusions or actions have been taken so far.

We were able to conduct water analyses in the demined territories within the combat zone in collaboration with the Institute of Radiation Problems. The objective was to determine whether heavy metals and other harmful substances had entered the qanat waters as a result of military aggression. Consequently, the analysis of qanat water collected from the combat zone was performed in a specialized laboratory at the Institute of Radiation Problems. The results of the analysis are presented in the table and in explanatory form.

During the course of the study, it was established that qanats of hereditary historical significance were destroyed during military actions, with their walls bearing traces of damage from mines, explosions, and firearms. As a result of 30 years of occupation, a significant portion of the systems had been destroyed or rendered nonfunctional. Their current condition has been further exacerbated by overgrown vegetation, accumulation of animal remains, blockages, and clogged channels.

Results and discussion

This section presents the results of the study conducted on the Molla-Mammadali Qanat in Bash Gervend Village, Agdam District. At the initial stage of monitoring the qanats in the liberated and demined territories, water samples were collected from qanats in the study area and analyzed in the accredited laboratories. The analyses were conducted under conditions that complying with current standards. As shown in Tables 1 and 2, the results of the physicochemical analysis of water samples collected from the villages of Dash Veisally (Bala qanat), Kavdar (Agalarbek qanat), Chereken (Tavega qanat), Khorovlu (Shikhi qanat), Khalifa Valley qanat, Asker qanat, and Orta (Middle Kahriz and Guzey qanats in the village of Guyjak, Jabrayil district)–demonstrated that these

waters are fully suitable for both drinking and irrigation purposes.

The turbidity of the qanat waters ranges from 0.21 to 2.5 mg/L, which does not exceed the maximum permissible concentration of 2.6 mg/L. Only the turbidity value of the water sample taken from the Bala qanat in the village of Dash Veysally slightly exceeded the permissible limit, measuring 2.71 mg/L. This deviation is likely associated with urban development and restoration activities carried out by certain Turkish companies in the area.

In qanat wells with depths less than 4–5 meters, structural collapses have been observed due to the impact of heavy machinery operating near or above the tunnels. Overall, the results of the conducted studies indicate that the qanat water remains fully suitable for both drinking and domestic water supply purposes (Akimtsev, 1928; Bekzhanov, 2020; Mukanova, 2024).

Figure 4
Outlets of the Karasu (a) and Mollamammadali (b) Qanat wells in Bash Qervend village.



a) *b)*

Note: Compiled by the author.

Addressing the aforementioned challenges related to the restoration and preservation of qanats is a priority task of not only technical, significance but also socio-economic and ecological importance. The analysis of the chemical composition of qanats water showed that the concentrations of major components remain within permissible sanitary standards. In certain qanats, such as the Molla-Mahmud qanat (Agdam district), the sodium concentration reached 90 mg/L.

This indicates adequate oxygen saturation, reflecting the overall favorable condition and biological stability of the water. Within the framework of this study, not only was the hydrogeological condition of the qanats examined, but a comprehensive analysis of the agrochemical properties of the soils was also conducted. The results revealed significant variations in soil agrochemical properties were observed across several villages in the Agdam district. These differences are attributed not only by natural factors but also by the prolonged absence of agricultural activity in the liberated territories (for example, the villages of Ahmedaghali and Bash Gervend).

Khojavend District After analyzing the distribution of Qanatsystems, their current condition, and their interaction with the landscape in the Aghdam and Fuzuli districts, the Khojavend district was selected as a logical continuation of the research. The territory of the Khojavend district is characterized by specific orographic and hydrogeological conditions, which lends particular scientific significance to a comparative study of the influence of Qanatsys-

tems on landscape dynamics in the liberated territories of Karabakh.

Comprehensive monitoring and laboratory investigations of springs and Qanatsystems located in various villages and settlements of the Khojavend district made it possible to scientifically substantiate the assessment of their hydrogeological characteristics, hydrogeochemical composition, and existing potential for utilization. The research covered the villages of Kish, Khanoba, Zogalbulag, and Tugh, as well as the settlements of Gizil-Bazar and Hadrut, with the physicochemical parameters of water being comparatively analyzed across the selected sites. The diversity of relief and geological structure of these areas provided an opportunity for a more detailed study of the conditions of Qanat formation and their interaction with the landscape.

The results of the conducted analyses indicate that the waters of springs and Qanat systems in the Khojavend district are formed predominantly within a hydrogeological environment composed of carbonate and partially dolomitic rocks. This is confirmed by the dominance of calcium and magnesium in the cationic composition of the water: the equivalent concentration of calcium ranges from 38.5 to 50.9 %-eq, while that of magnesium varies between 12.7 and 26.7 %-eq. Sodium and potassium occupy a secondary position (22.4–48.8 %-eq), exhibiting a generally balanced character. These indicators suggest that water formation occurs mainly under the influence of natural hydrogeochemical processes, with limited anthropogenic impact.

The anionic composition of the water provides important information about its formation conditions. According to laboratory analysis results, bicarbonate ions (HCO_3^-) are the dominant anionic component in all samples, with equivalent concentrations ranging from 49.3 to 77.2 %-eq, which allows the waters of Qanat systems and springs to be classified as the bicarbonate–calcium type. Sulfate ions (SO_4^{2-}) are present at concentrations of 18.9–37.6 %-eq; relatively elevated values observed in some samples indicate the involvement of gypsum and sulfate-bearing rocks within the recharge zone. Chloride ion (Cl^-) concentrations range from 3.1 to 13.1 %-eq, confirming the minimal influence of technogenic and domestic pollutants. The absence of carbonate ions (CO_3^{2-}) in all samples is an important hydrogeochemical indicator, reflecting water formation under neutral environmental conditions.

The total mineralization of water from Qanat systems and springs ranges from 402 to 972 mg/L, allowing these waters to be classified mainly as moderately mineralized, and in some cases as relatively highly mineralized. The highest mineralization values are observed in areas with an intensive distribution of carbonate rocks, indicating prolonged water–rock interaction. Total water hardness varies between 4.38 and 13.39 meq/L, classifying the waters as moderately hard to hard; the formation of hardness is largely обусловлено the high concentrations of calcium and magnesium ions, which are directly related to the geological structure of the region.

Analysis of sanitary-chemical parameters revealed important insights into the ecological condition of the waters of Qanat systems and springs in the Khojavend district. Nitrite (NO_2^-) and ammonium (NH_4^+) ions were not detected in any of the samples, indicating minimal influence from anthropogenic sources of pollution. This confirms the preservation of the natural filtration mechanisms of the Qanat systems and the satisfactory sanitary and hygienic condition of the water bodies. In addition, water transparency, the absence of odor, and normal organoleptic characteristics ensure their suitability for domestic and household use.

Overall, the conducted studies demonstrate that the Qanat systems and springs of the Khojavend district constitute an important component of the hydraulic heritage of the liberated territories of Karabakh. These water systems are formed in close interconnection with the natural dynamics of the landscape, playing a significant role both in the sustainable use of water resources and in maintaining the ecological balance of the region. The Qanat systems of the Khojavend district possess substantial scientific and practical importance not only for local water supply, but also for the restoration of historical hydraulic systems of Karabakh and the development of future water resource management strategies.

The Qanat systems existing in the liberated territories of Karabakh, as an important component of the region's hydraulic heritage, simultaneously play a key role in shaping the "soil–water–landscape" interactions. The study of the physical and chemical properties of soils located within the zone of influence of Qanat systems is of particular importance for assessing soil fertility, identifying potential nutrient deficiencies, or detecting processes of excessive mineralization. Such investigations are especially relevant for territories that remained unused for a long period in the post-war era and were subjected to the destruction of vegetation cover and the

impact of erosion processes, as they make it possible to determine the current condition of soil structure, organic matter reserves, and the content of major macroelements.

Soil analyses also provide an important informational basis for maintaining soil health, assessing the risks of salinization and acidification, and for the scientifically grounded planning of irrigation and fertilization strategies. For this purpose, within the framework of the study, soil samples were collected from areas adjacent to Qanat systems located in various villages of the Aghdam and Fuzuli districts, followed by laboratory analysis.

In the Aghdam district, soil characteristics exhibit more pronounced differentiation among rural settlements. In the villages of Bash Gyaravend and Gyaravend, soils are characterized by a high level of fertility: humus content ranged from 2.6 to 3.8 %, and the reserves of nitrogen, phosphorus, and potassium were sufficient for the normal growth of agricultural crops. In the villages of Gyulably, Yusifjanly, and Ahmedagaly, soil fertility was assessed as medium to low; humus content varied between 0.8 and 3.1 %, and the distribution of nutrients was unstable and uneven.

In terms of mechanical composition, the predominance of heavy clay soils in certain areas limited aeration and water infiltration processes. At the same time, in the villages of Bash Gyaravend and Gyaravend, soils with a medium mechanical composition contributed to the formation of more favorable agroecological conditions.

Overall, the results of the conducted soil analyses indicate that the soils located within the influence zone of Qanat systems in the Fuzuli and Aghdam districts possess significant potential for agricultural activity. These studies provide a scientific basis for the objective assessment of soil fertility, the determination of the spatial distribution of nutrients, and the advance evaluation of potential risks in landscape dynamics, including salinization, acidification, and structural degradation of soils. The development of differentiated agrotechnical measures and soil restoration programs for each settlement is considered a necessary condition for the sustainable and scientifically grounded revival of agriculture in the liberated territories.

The studies conducted in the Fuzuli district indicate a significant differentiation of soils among rural settlements. Humus content ranged from 1.7 to 3.5 %, while the availability of phosphorus and potassium was characterized by uneven distribution across plots. In terms of mechanical composition, the soils were mainly classified as light and medium loamy types, with the proportion of clay and sand fractions determining their water-retention capacity and aeration conditions. Areas with elevated ammonium nitrogen content indicate relatively high biological activity of the soils. Overall, based on the conducted analyses, it can be concluded that the soils within the influence zone of Qanat systems in the Fuzuli district are favorable for agriculture; however, some plots exhibit uneven distribution of nutrients.

he conducted physico-chemical analyses indicate that water samples collected from the qanats located in the Horovlu, Kavdar, Chereken, Quycaq, and Daş Veyselli villages, as well as within the territory of the city of Jabrayil, are characterized by high sanitary–hygienic quality. All samples were odorless, with an odor intensity of 0 at 20°C, confirming the absence of organic contamination.

Turbidity values remained within the норматив limit (2.6 mg/L), while pH ranged between 6.83 and 7.7, indicating neutral to slightly alkaline water characteristics. Electrical conductivity values (404–828 μS/cm) were significantly below the permissible threshold, reflecting low to moderate levels of mineralization.

Total hardness, mineralization (340–713 mg/L), and total dissolved solids (225–537 mg/L) across all qanats were within acceptable standards. Concentrations of calcium, magnesium, sodium, and potassium ions did not exceed allowable limits. The low concentrations of bicarbonates, sulfates, and chlorides indicate that the ionic composition of the waters is predominantly of natural origin.

Nitrogen compounds (ammonium, nitrites, and nitrates) were detected at very low levels, with the maximum nitrate concentration (11 mg/L) remaining well below the regulatory limit. Fluoride (0–0.43 mg/L) and cyanide (0–0.003 mg/L) concentrations were also within permissible standards. (Table 1)

Table 1
Physicochemical *Characteristics of Water Samples Collected from Qanats in the* Jabrayil District

№	Indicator Name	Unit of Measure-ment	AZS 929:2023 Standard	Conclusion								
				Khorovlu Village – Shykhy Kahriz	Khorovlu Village – Khalifa Valley Kahriz	Khorovlu Village –Asker Kahriz	Khorovlu Village – Middle Kahriz	Kavdar Village – Agalarbek Kahriz	Jabrayil city Chinar Kahriz	Chereken Village – Tavake Kahriz	Village Guydzhag – Gyuzey Kahriz"	Dash Veysally Village – Small Kahriz
1	At 200°C – good	score	< 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Turbidity	mg/L	< 2.6	0.21	0.77	0.26	0.30	2.50	0.45	1.29	0.44	2.71
3	pH value	pH	6.5–9.5	7.64	7.00	7.07	6.83	7.66	6.90	7.70	7.4	7.33
4	Electrical conductivity (25°C)	μS/cm	< 2500	828	802	650	732	740	404	556	792	498
5	Total hardness	mmol/L	350	360	300	295	350	270	185	230	300	170
6	Total mineralization (∑i)	mg/L	1000	713.6	669.9	537.9	640.5	611.2	340.4	440.1	617.6	419.4
7	Dry residue	mg/L	1000	537	524	416	488	471	225	324	483	297
8	Calcium (Ca^{2+})	mg/L	< 130	108.2	88.2	86.2	100.2	76.2	56.1	72.1	96..2	56.1
9	Magnesium (Mg^{2+})	mg/L	< 65	21.9	19.5	19.5	24.3	19.5	10.9	12.2	14.6	7.3
10	Sodium + Potassium ($Na^+ + K^+$)	mg/L	200 (Na^+)	54.0	69.5	30.6	36.6	65.6	14.5	27.8	54.3	46.5
11	Hydrocarbonate (HCO_3^-)	mg/L	1000	353.8	292.8	244.0	305.0	280.6	231.8	231.8	268.4	244.0
12	Sulfates (SO_4^{2-})	mg/L	500	159	174	147	165	141	18	76	153	48.0
13	Chlorides (Cl^-)	mg/L	350	14.5	17.4	1.4	1.4	21.6	1.4	8.9	23	11.7
14	Ammonium nitrogen (NH_4^+-N)	mg/L	0.5	0.15	0.25	0.16	0.12	0.16	0.17	0.16	0.18	0.2
15	Nitrates (NO_3^-)	mg/L	50	1.9	6.0	8.2	7.0	6.2	6.9	11.0	7.4	5.4
16	Nitrites (NO_2^-)	mg/L	3	0.019	0.041	0.021	0.018	0.025	0.012	0.006	0.022	0.013
17	Phosphates (PO_4^{3-})	mg/L	3.5	0.10	2.18	0.11	0.13	0.07	0.12	0.15	0.05	0.014
18	Fluorides (F^-)	mg/L	1.5	0.01	0.02	0.43	0.30	0.25	0.22	0	0.43	0
19	Cyanides (CN^-)	mg/L	0.035	0	0.002	0.007	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.03

Note: Compiled by the author.

Water and soil samples were collected from seven qanat systems and analyzed for a range of physicochemical parameters. The water quality assessment included measurements of pH, electrical conductivity, hardness, mineralization, and the concentrations of calcium, magnesium, sodium, and other ions. Soil analyses focused on determining pH, electrical conductivity, organic matter content, salinity levels, and the presence of key ions such as sulfates and nitrates. [Mustafayev, et al., 2022]. The results indicated that the qanat water is generally of high quality, with pH values suitable for both drinking and irrigation purposes. However, several qanat systems showed elevated levels of electrical conductivity and mineralization, suggesting potential salinization risks for sensitive agricultural crops (Mustafayev, et al., 2025; Ahmadova, et al., 2025).

The soil samples exhibited favorable agricultural conditions, including optimal pH values, low salinity, and relatively high organic matter content. Overall, the analysis revealed a strong correlation between water quality and soil properties, underscoring the importance of an integrated approach to sustainable water and land resource management (Hamilton, 2012). To assess the current condition of qanat systems in the Fuzuli , Agdam and Khojavend districts, evaluate their technical potential, and determine restoration possibilities, comprehensive field studies were carried out. Guliyev and Valiyev documented and analyzed the archaeological remains of the ancient ganat (qanat) water systems in Nakhchivan, emphasizing their significance as historical monuments of hydro-engineering and cultural heritage (Guliyev, 2004).

Table 2
Radiation Measurements of Qanats in the Fuzuli District

No	Point description	pH	COND	TDS	SAL	DO	DO	T	Rad	Rn
			µsm/cm	*mg/L*	*%*	*%*	*mg/L*	*oC*	µ*Sv/cm*	Bq/L
1	Horadiz Nırja kahriz	7,87	697	348	0,04	100,2	8,80	19,2	0,052	0,058
2	Gorazilli–Haji Shukur Kahriz	6,59	572	286	0,03	85,7	7,75	19,3	0,048	0
3	Gochahmadli – Chinar Kahriz	6,95	589	294	0,03	87,1	7,89	19,4	0,050	0
4	Gochahmadli –Jamal Kahriz	6,75	361	181	0,02	89,5	8,14	19,3	0,044	0,115
5	Qochehmedli Shirlan kahriz	6,82	573	286	0,03	92,8	8,44	19,5	0,042	0,402
6	Upper Abdulrahmanli Chereken River	7,76	661	329	0,03	87,3	7,96	19,3	0,051	0
7	Lower Abdulrahmanli – Ahmad Ali Kahriz	7,13	1029	515	0,05	75,2	6,88	19,0	0,049	0
AZS 929:2023 Drinking Water: Hygienic Requirements		6.5-9.5	<2500	1000 -1500		60.52	5,00	<20		11

Note: Compiled by the author.

The primary aim of the research was to document the contemporary existence of the region's historical water infrastructure, particularly qanats, and to provide a scientific evaluation of their hydrogeological, technical, and ecological status. Guliyev studied the interconnected roles of ganats (subterranean aqueducts) and the "girkhpillalar" ("forty stages") as integral components of the ancient cultural and infrastructural heritage in the region (Guliyev 2004).

Azizbayov conducted a foundational study on the geology and petrography of the northeastern Lesser Caucasus region, providing critical insights into the area's lithological composition (Azizbayov 1947).

Within the framework of the study, visual monitoring, GPS mapping, assessment of hydrogeological conditions, and analysis of the lithological properties of soil substrates, as well as water sampling and laboratory analyses, were conducted, alongside water sampling and laboratory analyses of more than 50 qanats across 22 villages. Certified laboratories evaluated water samples for physicochemical parameters, including pH, mineralization, electrical conductivity, salinity, and major ion concentrations, as well as radiological indicators such as back-

ground radiation and organoleptic characteristics, providing comprehensive evaluation data for each qanat. During the investigation of qanat systems, particularly their above-ground structures, traces of shells, bullet holes, and damage resulting from occupation and prolonged neglect were documented, along with partially destroyed stone constructions. At several outlet wells, wild trees and vegetation, as well as accumulated debris and animal remains, were observed.

These factors are crucial indicators, requiring evaluation of qanats not only from a technical restoration perspective but also from ecological and cultural-historical viewpoints. Fieldwork in the surveyed villages included research in the Fuzuli district, specifically the village of Dilagarda. Dilagarda Historically, Dilagarda has been known for its population engaged in agriculture and livestock farming over many years. Qanat systems played a key role in supplying water to the village. The main sources were the Behbetli qanat and a spring locally known as "Arıg-Bulag". Both sources were historically utilized for drinking and irrigation purposes. However, during the war and occupation, the lack of proper maintenance led to the deterioration of these systems over time. Currently, water flow in the qanats is weakened during certain seasons, although circulation in some wells remains active. Partial blockages caused by accumulated soil and stone debris were observed in several tunnel sections of the qanats. Precise identification of the head and outlet wells, along with geodetic measurements, provided a necessary preliminary information base for qanat restoration. Guliyev, et al analyzed the specific restoration challenges facing the historic ganat systems of Azerbaijan's Ganja-Gazakh region, framing their preservation as a critical issue for both cultural heritage and agricultural sustainability (Guliyev, 2016; Mustafayev, *et al*., 2025).

Water samples were collected from the qanat for physicochemical and radiological analyses. The Behbetli qanat exhibited a pH of 7.30, electrical conductivity of 1089 µS/cm, total dissolved solids (TDS) of 546 mg/L, and total mineralization of 696 mg/L. Meanwhile, the sample from the "Arıg-Bulag" spring showed a pH of 7.16, TDS of 437 mg/L, and mineralization of 503 mg/L. These results indicate that the water is characterized by high mineralization and medium hardness. The concentration of sodium and potassium ions ($Na^+ + K^+$) was 142 mg/L in the Behbetli qanat and 98 mg/L in the spring, indicating relatively high salinity, although still within permissible sanitary standards. Bicarbonate content (HCO_3^-) measured 458 mg/L and 311 mg/L, respectively, confirming the natural filtration of the water. Sulfate levels (SO_4^{2-}) were 135 mg/L for the Behbetli qanat and 98 mg/L for the spring, indicating suitability for technical use and limited drinking purposes.

Based on the analysis results, no organoleptic impairments were detected in either water source, and radiological indicators fully complied with established standards. The dissolved oxygen (DO) levels were 9.13 mg/L for the Behbetli qanat and 9.10 mg/L for the spring, indicating favorable ecological condition of the water. Consequently, the Behbetli qanat and the "Arıg-Bulag" spring in Dilagarda village, following technical restoration, can be considered suitable water sources for agricultural use, potable water supply, and ecological purposes. The liberated Agdam district, being one of the economic centers of the Karabakh region, holds strategic significance both historically and economically. Guliyev evaluated the potential opportunities and continued relevance of the historic Aylis ganat systems, proposing their significance for contemporary regional development and sustainable water resource utilization (Guliyev, 2005).

As part of monitoring and geodetic surveys, ancient qanats in several villages of the district were inspected, and their current condition, technical potential, and restoration feasibility were evaluated. Most qanats in the district had been used for both irrigation and drinking purposes for many years; however, during the war and occupation, they fell out of use due to a lack of maintenance (Yusifov, 2003). Reporting on practical knowledge transfer, Gashimova notes in the "East Gate" newspaper that the restoration methodologies developed for the historic ganats of Nakhchivan are slated to be applied in upcoming ganat rehabilitation projects in Uzbekistan (Gashimova, 2014).

Figure 5
Photo taken in the field during the research work.



Note: Compiled by the author.

Bash-Gervend, one of the ancient settlements in the Agdam district, historically supplied the local population, engaged in agriculture and livestock farming, with a primary water source. In this village, the Molla-Mammadali, Gojja, Karasu, and Molla-Mahmud qanat systems were utilized for both drinking and irrigation purposes for many years. However, during the occupation, these systems gradually deteriorated due to the absence of proper maintenance. During field monitoring, the qanat systems were inspected on-site, their technical condition was assessed, and geodetic measurements were carried out. The investigation revealed the presence of wet zones in the Molla-Mammadali and Gojja qanats, indicating that the underground water circulation had not completely ceased and that these qanats retain potential for restoration. Water samples were collected from all four qanats, and their physicochemical and radiological characteristics were analyzed. According to the analyses:

Molla-Mammadali qanat: pH 6.71, TDS 195 mg/L, electrical conductivity 388 µS/cm, mineralization 315 mg/L, $Na^+ + K^+$ 32 mg/L, HCO_3^- 244 mg/L, SO_4^{2-} 74 mg/L, hardness 4.44.

Gojja qanat: pH 7.47, TDS 215 mg/L, electrical conductivity 429 µS/cm, mineralization 303 mg/L, $Na^+ + K^+$ 19 mg/L, HCO_3^- 232 mg/L, SO_4^{2-} 72 mg/L, hardness 4.85.

Karasu qanat: pH 7.35, TDS 234 mg/L, electrical conductivity 468 µS/cm, mineralization 410 mg/L, $Na^+ + K^+$ 53 mg/L, HCO_3^- 293 mg/L, SO_4^{2-} 111 mg/L, hardness 5.18.

Molla-Mahmud qanat: pH 7.36, TDS 274 mg/L, electrical conductivity 548 µS/cm, mineralization 482 mg/L, $Na^+ + K^+$ 90 mg/L, HCO_3^- 384 mg/L, SO_4^{2-} 102 mg/L, hardness 4.90.

These indicators suggest that water in all qanats is neutral and of moderate hardness, with mineralization levels suitable for both potable and technical use. Notably, the elevated sodium concentration in the Molla-Mahmud qanat (90 mg/L) indicates a tendency toward increased salinity; however, this value remains within permissible sanitary limits. Radiological analyses revealed no organoleptic impairments, and all measurements complied with the established standards. Dissolved oxygen (DO) levels ranged from 2.74 to 9.11 mg/L, indicating varying degrees of oxygen saturation across different qanats.

Figure 6
Jamal Qanat, Gochahmadli village, Fuzuli district.





Note: Compiled by the author.

Conclusions

In conclusion, the qanat systems in Bash-Gervend village demonstrate significant rehabilitation potential from both hydrogeochemical and technical perspectives. The water exhibits a balanced and clean composition, indicating that, following technical reconstruction and structural reinforcement, these qanats can be effectively reused for agricultural purposes and limited potable water supply. The observed heterogeneity of the qanats, including variations in water quality, structural condition, and underground circulation, underscores the necessity of developing individualized restoration programs. Such an approach allows for the consideration of local specificities, ensuring that restoration measures are technically feasible, environmentally sustainable, and socio-economically beneficial.

Integrating scientific research into the practical restoration of these historical water systems provides a foundation for sustainable management of water resources in the region. This integration not only supports agricultural productivity but also strengthens food security and creates new socio-economic opportunities for local communities. Consequently, the rehabilitation of qanat systems can contribute to the revitalization of post-conflict territories and promote long-term regional development, preserving both cultural heritage and ecological balance.

The results of comprehensive hydrogeological and environmental studies indicate that the qanat systems that existed in the Karabakh and East Zangezur regions functioned for many years as a natural drainage mechanism, playing a significant role in regulating groundwater levels and preserving soil fertility. In particular, through the qanat network formed in the foothill areas of the Jabrayil, Aghdam, and Fuzuli districts, approximately 122 million m³ of groundwater resources were brought to the surface annually, and these resources were used efficiently for both drinking water supply and irrigation purposes.

Studies demonstrate that over the past 30 years, as a result of occupation, the vast majority of qanats have been severely destroyed, and in some cases the mining of wells and contamination with military waste have turned them into potential sources of danger. In this regard, the restoration of qanats must be carried out strictly with the participation of ANAMA and in full compliance with all safety requirements. At the same time, observations show that weak leakages are present in most of the destroyed qanats, which makes it necessary to conduct design-survey works and scientifically substantiated technical measures for their restoration.

Research also indicates that the failure of qanat waters to reach the ground surface leads to a rise in groundwater levels in downstream areas, thereby

increasing the risk of emerging new hydrological problems. Despite the fact that the Main Karabakh Canal has maintained the stability of filtration processes over many years, the restriction of the functional operation of qanats has caused fundamental changes in the structure of underground water flows.

As a result, the region's qanats possess significant water supply potential and, under the conditions of the expected water scarcity in the near future, have strategic importance as a reliable and sustainable alternative water source. Their restoration should be regarded as essential in terms of ensuring the country's water security, preserving ecological balance, and supporting the sustainable development of agriculture.

In this context, the urgent passportization of qanats in the liberated territories and the establishment of a unified qanat cadastre emerge as key priorities. This cadastre should include information on the historical, technical, and hydrogeological characteristics of each qanat, water discharge rates, the results of chemical and bacteriological analyses, as well as records of repair and restoration activities.

In particular, during the restoration of qanats with historical and architectural significance, the preservation of their original structural and architectural features should be adopted as a fundamental principle, and all interventions should be carried out in accordance with the requirements for the protection of cultural heritage.

Acknowledgement

This work was suppored by the Azerbaijan Science Foundation (Grant No. AEF-MQM-QA2-2023-3(45)-05/05/3-M-05). The authors also wish to express their gratitude to the anonymous reviewers, whose insightful comments and suggestions significantly contributed to the improvement of this manuscript

Author Contributions

Conceptualization, X.X. and Y.Y.; Methodology, X.X.; Software, X.X.; Validation, X.X., Y.Y. and Z.Z.; Formal Analysis, X.X.; Investigation, X.X.; Resources, X.X.; Data Curation, X.X.; Writing – Original Draft Preparation, X.X.; Writing – Review & Editing, X.X.; Visualization, X.X.; Supervision, X.X.; Project Administration, X.X.; Funding Acquisition, Y.Y.

References

Ahmadova, M. A., Mustafayev, M. G., Gafarbayli, K. A., Nuriyeva, K. Q., Kuliyeva, Y. N., & Ahmadova, A. R. (2025). Diagnostic specifics of the chemical elemental composition of meadow-gray soils in the Mughan steppe, Azerbaijan. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics, 57*(5), 2139–2146. https://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.5.34

Akimtsev, V. V. (1928). Soils of the Ganja town. In *Materials of regionalization of Azerbaijan SSR* (p. 180). Baku.

Antonov, B. I. (1959). Little Caucasus. In *Geology of Azerbaijan* (pp. 192–250). Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR.

Azizbayov, Sh. A. (1947). *Geology and petrography of the north-eastern part of the Little Caucasus*. Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR.

Bekzhanov, S. Zh., Mustafayev, M. G., Tokhetanova, L. A., & Torebekov, R. G. (2020). Organization of a green conveyor system based on local forage crops. *Bulletin of Korkyt Ata Kyzylorda University*, (1), 43–50.

Gashimova, M. (2014, November 21). Nakhchivan experiment will be used in ganat restoration work in Uzbekistan. *East Gate Newspaper*.

Guliyev, A. G. (2004). Ancient heritage monuments, ganats and "girkhpillalar" (forty stages). *Works of the Azerbaijan University of Architecture and Construction*, (1), 37–41.

Guliyev, A. G. (2005). Potential opportunities of the Aylis ganat systems. In *Science and Regional Problems* (pp. 540–544). Nurlan.

Guliyev, A. G. (2007a). Ancient heritage monuments in Nakhchivan. *Bridge*, (52), 34.

Guliyev, A. G. (2007b). Ganat terms in Nakhchivan folklore. *Literature*, (3), 147–150. Ankara.

Guliyev, A. G. (2017). Ganats in Nakhchivan Autonomous Republic. In *Geography of Nakhchivan* (pp. 248–287). Nakhchivan.

Guliyev, A. G., & Aliyev, K. A. (2014). Report of the monuments on ganat systems for sustainability. *Ecology and Water Farming*, (2), 36–41.

Guliyev, A. G., & Valiyev, V. Z. (2004). Ancient ganat system monuments of Nakhchivan. In *Culture World: Scientific-Theoretical Collection* (Vol. 8, pp. 121–125). Elm.

Guliyev, A. G., Mirsalahov, M. M., & Allahverdiyeva, K. E. (2016). Azerbaijan ganats and their restoration problems (Ganja-Gazakh region example). In *Proceedings of the Republic Scientific-Practical Conference* (pp. 17–21). Ganja.

Hamilton, P. A., & Miller, T. L. (2012). Agriculture and water quality: A perspective. *Agricultural Sciences, 3*(2), 245–252.

Hansen, R. P. (2004). Kariz: Subsoil water source of Turhan. *Knowledge and Utopia*, (123), 19–23.

Mukanova, G. A., Kakimzhanov, E. Kh., Shimshikov, B. E., Tukenova, Z. A., Mustafayev, M. G., Oshakbay, A. A., & Khasenova, A. N. (2024). Analysis of environmental degradation due to anthropogenic impact in Western Kazakhstan. *Journal (Geographical Series)*, (1), 98–118.

Mustafayev, M. G., Alizade, Ş. V., Mustafayev, F. M., Akhundov, A. Y., & Hasanova, A. X. (2025). Anthropogenic impact on soil salinization and its management in irrigated areas of the Mughan plains, Azerbaijan. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics, 57*(4), 1688–1698. https://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.4.35

Mustafayev, M. G., Sadigov, R. A., Mirsalahov, M. M., Gurbanov, E. A., Jalilova, L. Z., & Mustafayev, F. M. (2025). Salts deposition and groundwater mineralization effect on soil salinization in Shirvan plain and Ganja-Gazakh massif, Azerbaijan. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics, 57*(5), 2147–2155. https://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.5.35

Mustafayev, M. G., Tukenova, Z., Alimzhanova, M., Ashimuly, K., & Mustafayev, F. (2022). Influence of fertilisation on the water-salt regime in the Mughan-Salyan massif, Azerbaijan. *Journal of Water and Land Development*, (55), 276–285. https://doi.org/10.24425/jwld.2022.142330

Semsar, A. A., & Khaneiki, M. L. (Eds.). (2012). *Qanats in its cradle: Situation of qanat (kariz, karez, falaj) in the world* (Vol. 1). ICOHHS, UNESCO.

Semsar Yazdi, A. A., & Labbaf Khaneiki, M. (2017). *Qanat knowledge: Construction and maintenance*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0957-4

Semsar Yazdi, A. A., & Labbaf Khaneiki, M. (2018). Qanāts of Iran: Sustainable water supply systems. In F. Sulas & I. Pikirayi (Eds.), *Water and society from ancient times to the present: Resilience, decline, and revival* (pp. 211–229). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315560144

Yusifov, V., & Baghirov, V. (2003). *Ordubad*. Adiloghlu.

Information about the authors:

Alovsat G. Guliyev – Professor, Head of the Institute of Soil Science and Agrochemistry, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan, e-mail: elovset_q@mail.ru).

Chimnaz T. Bakhshiyeva – Lead Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan, e-mail: cimnazbaxsiyeva77@mail.ru).

Tunzala M. Babayeva – PhD in Agrarian Sciences, Head of the Department of Chemical Engineering and Ecology, Sumgayit State University (Sumgayit, Azerbaijan, e-mail: tunzala.babayeva@sdu.edu.az).

Tarlan I. Yelmarli – Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan, e-mail: terlan.yelmarli099@gmail.com)

Nijat M. Guliyev – Doctoral Student, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan, e-mail: n.m.guliyev1@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Алевсат Г. Гулиев – профессор, Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің Топырақтану және агрохимия институтының директоры (Баку қ., Әзірбайжан, e-mail: elovset_q@mail.ru).

Чимназ Т. Бахшиева – жетекші ғылыми қызметкер, Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің Топырақтану және агрохимия институты (Баку қ., Әзірбайжан, e-mail: cimnazbaxsiyeva77@mail.ru).

Тунзала М. Бабаева – ауыл шаруашылығы ғылымдарының PhD докторы, Сумгаит мемлекеттік университетінің Химиялық инжиниринг және экология кафедрасының меңгерушісі (Сумгаит қ., Әзірбайжан, e-mail: tunzala.babayeva@sdu.edu.az).

Тарлан И. Елмарлы – ғылыми қызметкер, Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің Топырақтану және агрохимия институты (Баку қ., Әзербайжан, e-mail: terlan.yelmarli099@gmail.com).

Ниджат М. Гулиев – докторант, Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің Топырақтану және агрохимия институты (Баку қ., Әзірбайжан, e-mail: n.m.guliyev1@gmail.com).

Сведения об авторах:

Алевсат Г. Гулиев – профессор, директор Института почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики (Баку, Азербайджан, e-mail: elovset_q@mail.ru).

Чимназ Т. Бахшиева – ведущий научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики (Баку, Азербайджан, e-mail: cimnazbaxsiyeva77@mail.ru).

Тунзала М. Бабаева – PhD по аграрным наукам, заведующая кафедрой химической инженерии и экологии Сумгаитского государственного университета (Сумгаит, Азербайджан, e-mail: tunzala.babayeva@sdu.edu.az).

Тарлан И. Елмарлы – научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики (Баку, Азербайджан, e-mail: terlan.yelmarli099@gmail.com).

Ниджат М. Гулиев – докторант Института почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики (Баку, Азербайджан, e-mail: n.m.guliyev1@gmail.com).

Поступила: 15 января 2026 года
Принята: 10 марта 2026 года

6-бөлім

ЖОҒАРЫ МЕКТЕПТЕГІ ГЕОГРАФИЯЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Section 6

ISSUES OF GEOGRAPHIC EDUCATION IN HIGHER EDUCATION

Раздел 6

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

FTAMP 14.25.09 https://doi.org/10.26577/JGEM801202613

А.Қ. Өмірзақ [1]*, Д.Т. Алиаскаров [1]
С. Тургульдинова [2] М. Доган [3]

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
[3] Стамбул университеті, Стамбул, Түркия
*e-mail: arai030397@mail.ru

ГЕОГРАФИЯ ПӘНІНЕН КАРТОГРАФИЯЛЫҚ ТАПСЫРМАЛАРДЫ ҚҰРАСТЫРУДА MICROSOFT EXCEL БАҒДАРЛАМАСЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Мақалада география бойынша картографиялық тапсырмаларды жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігі қарастырылады. Картография саласындағы ақпараттық талдау мен деректерді визуализациялаудың заманауи технологиялары картографиялық тапсырмаларды құрастыру процесін оңтайландыруға көптеген мүмкіндіктер береді. Бұл мақала кестелер құру, деректерді пішімдеу, географиялық деректерді ұсыну үшін формулалар мен диаграммаларды пайдалану сияқты Microsoft Excel бағдарламасының негізгі функционалдығын қарастырды. Сауалнама жүргізілді, онда студенттер мен география оқытушыларынан құралған қатысушылар карта тапсырмаларын жасау үшін Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігіне байланысты сауалдарға жауап берді. Сауалнама нәтижелері Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану карта жасау процесінің тиімділігін айтарлықтай арттыратынын көрсетті. Бағдарлама есептеу, деректерді манипуляциялау және визуалды көріністер жасау сияқты көптеген операцияларды жеңілдетуге және автоматтандыруға мүмкіндік береді. Microsoft Excel бағдарламасының икемділігі мен ыңғайлылығының арқасында қатысушылар географиялық деректермен тиімдірек жұмыс істей алды және сапалы карта тапсырмаларын жасай алды. Қорытынды бөлімде көрсетілгендей, зерттеу Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану географиялық карта тапсырмаларын құрастыруда тиімді құрал екенін растайды. Нәтижелер картографиялық тапсырмалардың сапасын жақсарту және оларды құру процесін оңтайландыру үшін білім беру мекемелерінде және кәсіби салада пайдалану үшін осы бағдарламалық жасақтаманы ұсынуға мүмкіндік береді.

Мақала кіріспеден, негізгі бөлімнен және қорытындыдан тұрады. Кіріспеде тақырыптың өзектілігі мен зерттеу мақсаты айқындалады. Негізгі бөлімде Microsoft Excel бағдарламасының мүмкіндіктері мен оны география сабағында қолдану тәсілдері қарастырылады, сондай-ақ картографиялық тапсырмаларды құрастырудың практикалық үлгілері ұсынылады. Қорытынды бөлімде зерттеу нәтижелері жинақталып, ұсыныстар беріледі.

Түйін сөздер: Microsoft Excel бағдарламасы, география пәні, картографиялық тапсырмалар, тапсырмалар құрастыру, бағдарламаны пайдалану.

A.K. Omirzak[1*], D.T. Aliaskarov [1], S. Turguldinova[2], M. Dogan[3]

[1]Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[2]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
[3]Istambul University Turkey Balabanaga Mahallesi, Fatih, Istanbul, Turkey
*e-mail: arai030397@mail.ru

The effectiveness of using microsoft excel in the preparation of cartographic tasks in geography

This article explores the effectiveness of using Microsoft Excel in the preparation of cartographic tasks in geography. Modern technologies of information analysis and visualization of data in the field of cartography provide many opportunities to optimize the process of mapping tasks. This article covered the basic functionality of Microsoft Excel, such as creating tables, formatting data, using formulas and charts to represent geographical data. A survey was conducted in which the participants, consisting of students and teachers of geography, answered questions related to the effectiveness of using Microsoft Excel for mapping tasks. The survey results showed that the use of Microsoft Excel significantly increases the efficiency of the mapping tasks compilation process. The program allows you to simplify and au-

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

tomate many operations, such as calculations, data manipulation and the creation of visual representations. Thanks to the flexibility and convenience of Microsoft Excel, participants could work more efficiently with geographical data and create high-quality cartographic tasks. As shown in the final section, the study confirms that the use of Microsoft Excel is an effective tool for mapping tasks in geography. The results allow us to recommend this software for use in educational institutions and the professional sphere in order to improve the quality of cartographic tasks and optimize the process of their creation.

Keywords: Microsoft Excel program, subject geography, cartographic tasks, preparation of tasks, use of the program.

А.К. Омирзак[1*], Д.Т. Алиаскаров[1], С. Тургульдинова[2], Месут Доган[3]
[1]Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан
[2]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
[3]Стамбульский университет, Стамбул, Турция
*e-mail: arai030397@mail.ru

Эффективность использования Microsoft Excel при составлении картографических заданий по географии

Настоящая статья исследует эффективность использования Microsoft Excel в составлении картографических заданий по географии. Современные технологии информационного анализа и визуализации данных в области картографии предоставляют много возможностей для оптимизации процесса составления картографических заданий. В этой статье были рассмотрены основные функциональные возможности Microsoft Excel, такие как создание таблиц, форматирование данных, использование формул и диаграмм для представления географических данных. Был проведен опрос, в котором участники, состоящие из студентов и учителей географии, ответили на вопросы, связанные с эффективностью использования Microsoft Excel для составления картографических заданий. Результаты опроса показали, что использование Microsoft Excel значительно повышает эффективность процесса составления картографических заданий. Программа позволяет упростить и автоматизировать множество операций, таких как расчеты, манипуляции с данными и создание визуальных представлений. Благодаря гибкости и удобству Microsoft Excel участники могли более эффективно работать с географическими данными и создавать качественные картографические задания. Как показано в заключительном разделе, исследование подтверждает, что использование Microsoft Excel является эффективным инструментом при составлении картографических заданий по географии. Результаты позволяют рекомендовать данное программное обеспечение для использования в образовательных учреждениях и профессиональной сфере, чтобы улучшить качество картографических заданий и оптимизировать процесс их создания.

Ключевые слова: программа Microsoft Excel, предмет география, картографические задания, составление заданий, использование программы.

Кіріспе

Қазақстан Республикасы Статистика агенттігінің деректері бойынша (Қазақстан Республикасының Статистика агенттігі, 2025) елдегі білім беру мекемелерінің шамамен 95%-ы интернетке қол жеткізе алады, бұл цифрлық құралдарды пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Елімізде білім беруді қоса алғанда, түрлі салаларда цифрлық технологияларды дамытуға жәрдемдесетін цифрлық экономиканы дамытудың ұлттық стратегиясы 2015 жылы қабылданды. Әсіресе, білім беру мекемелеріне заманауи ақпараттық технологияларды енгізуге, соның ішінде Microsoft Excel және ГАЖ пайдалануға бағытталған «Қолжетімді білім беру» бағдарламасы 2017 жылдан бастап жүзеге асырылуда (Atanayeva, et al., 2018). Атап айтсақ, 2019 жылы Қазақстанда ел туралы геокеңістіктік деректерді жасау және тарату үшін географиялық ақпараттық жүйелерді қолдануға негізделген «Қазақстанның цифрлық Атласы» жобасы іске қосылды (Zhurinov, 2022). 2021 жылдан бастап Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі білім беру сапасын арттыру және студенттердің кеңістіктік ойлауын дамыту мақсатында география бойынша оқу процесінде ГАЖ пайдалану бойынша әдістемелік ұсынымдар әзірледі және енгізді. Географияны неғұрлым тиімді зерделеу және картографиялық тапсырмаларды жасау үшін оқытудың заманауи әдістеріне және цифрлық технологияларды пайдалануға ұмтылуды көрсетеді. Осымен байланысты зерттеудің негізгі идеясы – география пәнінен картографиялық тапсырмаларды құрастыруда Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың тиімділігін анық-

тау. Аталмыш идеяны жүзеге асыруда келесідей негізгі ережелер басшылыққа алынды:

– картографиялық тапсырмаларды құрастыруда Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану мәселесі және Microsoft Excel бағдарламасын географиялық білім беруде қолданудың әлемдік тәжірибесі бойынша ғылыми-теориялық зерттеулер;

– картографиялық тапсырмаларды құрастыруда, географияда карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігін бағалау үшін жоғары оқу орнының студенттері мен оқытушылары арасында жүргізілген сауалнама нәтижесінде алынған ақпарат.

Қазіргі ақпараттық қоғамда технологияны тиімді пайдалану адам қызметінің әр түрлі салаларында маңызды рөл атқарады. Осындай технологиялардың бірі – Microsoft Excel деректермен жұмыс жасауға және есеп беруді құрастыруға арналған қуатты құрал. Әсіресе, география контекстінде Excel картографиялық тапсырмаларды құрастыруда өзінің пайдалылығы мен тиімділігін көрсетеді. Microsoft Excel географиялық деректермен жұмыс жасаудың көптеген мүмкіндіктерін ұсынады. Excel көмегімен географиялық құбылыстар мен процестер туралы ақпаратты визуализациялауға және ұйымдастыруға мүмкіндік беретін кестелер, диаграммалар мен графиктер жасауға болады (Ivanova A.S., 2020). Сонымен қатар, Excel-де сұрыптау, сүзу, есептеу және жиынтық кестелерді қоса алғанда, деректерді талдауға арналған қуатты құралдар бар, бұл географиялық деректерді өңдеуді және түсіндіруді жеңілдетеді. Excel бағдарламасында карта жасау – деректерді жаңартуды және өзгертуді, түзетулер енгізуді және белгілі бір оқу немесе зерттеу қажеттіліктеріне бейімделу үшін әр түрлі тапсырма нұсқаларын жасауды жеңілдетеді. Бұл оқу процесінің икемділігі мен өзектілігіне ықпал етеді, сонымен қатар талдау мен шешім қабылдау үшін географиялық деректерді тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Қазақстанның ұлттық Статистика комитеті 2020 жылғы деректер негізінде елдегі орта және жоғары білім беру мекемелерінің 60%-дан астамы Microsoft Excel бағдарламасын оқу қызметінде пайдаланатынын хабарлады(Abilkayyr, 2020).

Microsoft Excel, әсіресе, студенттерге картадағы визуалды көріністер арқылы географиялық ұғымдарды, қатынастарды және процестерді түсінуге көмектесетін тапсырмаларды әзірлеуге мүмкіндік береді. Бағдарламаны географиялық картаға түсіру тапсырмаларын жасау кезінде пайдалану студенттерге географиялық талдауда және кеңістіктік қатынастарды түсінуде дағдыларды дамытуға көмектесетін тапсырмаларды құру мақсатында географиялық деректерді ұйымдастыру, талдау және визуализациялауды қолдануды білдіреді (Smirnov, 2018). (1-кесте).

1-кесте

Картографиялық тапсырмаларды жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану принциптері

р/с	Бағдарламаны пайдалану принциптері	Анықтамасы
1.	Деректерді ұйымдастыру	Excel географиялық деректерді кестелерге әр түрлі атрибуттар мен кеңістіктік компоненттерді бейнелеу үшін бағандар мен жолдарды қолдана отырып ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Мысалы, бағандарды ендік пен бойлық үшін, сондай-ақ климаттық деректер немесе популяция сияқты басқа айнымалылар үшін пайдалануға болады.
2.	Деректерді талдау	Excel функциялары арқылы географиялық деректерге әр түрлі талдаулар жүргізуге болады, мысалы, орташа мәндерді есептеу, деректерді сұрыптау және сүзу және жиынтық кестелер құру. Бұл географиялық процестерді тереңірек түсіну үшін кеңістіктік заңдылықтарды анықтауға, деректерді салыстыруға және талдауға мүмкіндік береді.
3.	Деректерді визуализациялау	Excel картадағы деректерді визуалды түрде көрсетуге мүмкіндік береді. Графиктер, диаграммалар және шартты пішімдеу арқылы студенттерге деректердегі кеңістіктік заңдылықтар мен қатынастарды көруге және түсінуге көмектесетін карта тапсырмаларын жасауға болады.
4.	Икемділік және қол жетімділік	Microsoft Excel – бұл көптеген оқытушылар мен студенттер білетін немесе оңай игере алатын кең таралған және қолжетімді құрал. Бұл бағдарламаны әр түрлі білім беру және зерттеу контексттерінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Ескерту: автор құрастырған.

Microsoft Excel көмегімен құрастыруға болатын картографиялық тапсырмалар:

а) Климаттық деректерді талдау. *Тапсырма:* студенттерге әр түрлі қалаларда немесе аймақтарда орташа температура мен жауын-шашын туралы мәліметтер жиынтығын ұсыну. Олардан деректерді ұйымдастыру, орташа мәндерді есептеу және жылдар немесе айлар бойынша климаттық көрсеткіштердің өзгеруін көрсететін графиктерді құру үшін Excel бағдарламасын пайдалануды сұраңыз. Мысалы: соңғы 10 жылдағы әр түрлі қалалардағы орташа температура мен жауын-шашын туралы мәліметтер жиынтығы беріледі. Excel бағдарламасын қолдана отырып, олар әр қала үшін жыл бойынша температура мен жауын-шашынның өзгеруін көрсететін сызықтық график жасай алады. Графиктің мысалы А қаласындағы температураның Б қаласымен салыстырғанда жыл бойына қалай өзгеретінін көрсете алады.

ә) Кеңістіктік заңдылықтарды зерттеу. *Тапсырма:* студенттерге өсімдіктердің таралуы немесе ихтиофаунаның географиялық орналасуы сияқты құбылыстардың географиялық таралуы туралы мәліметтер жиынтығын ұсыну. Студенттерден кеңістіктік үлгілер мен байланыстарды зерттеу және сипаттау үшін деректерді сүзу, жылу карталарын немесе нүктелік карталарды жасау үшін Excel бағдарламасын пайдалануды сұраңыз. Мысалы: әр түрлі экожүйелердегі өсімдіктердің таралуы туралы мәліметтер беріледі. Excel бағдарламасын қолдана отырып, олар әр түрлі аймақтардағы өсімдіктердің тығыздығын көрсететін жылу картасын жасай алады. Жылу картасының мысалы ең бай және алуан түрлі экожүйелердің қай жерде орналасқанын көрсете алады.

б) Географиялық атластарды құрастыру. *Тапсырма:* студенттерден Excel көмегімен географиялық атлас құруды сұраңыз. Оларға таулар, өзендер, көлдер, көрікті жерлер және т.б. географиялық нысандар туралы ақпарат жинауға тапсырма беріңіз.

Осы тапсырмалардың барлығында Microsoft Excel бағдарламасын деректерді ұйымдастыру, талдау жүргізу, графиктер құру және картадағы ақпаратты визуализациялау үшін пайдалануға болады. Бұл студенттерге географиялық ұғымдарды жақсырақ түсінуге, деректер дағдыларын дамытуға және ақпаратты географиялық түрде ұсынуды (Kozlov V.M., & Mikhailova O.P., 2019) үйренуге көмектеседі.

Microsoft Excel бағдарламасын географиялық білім мен зерттеулерде қолдану оқытушылар (мұғалімдерге) мен студенттерге (оқушыларға) географиялық мәліметтермен жұмыс істеуге және оларды картада ұсынылуы мүмкін ақпаратқа айналдыруға мүмкіндік береді. АҚШ, кейбір Еуропа мемлекеттері сияқты көптеген елдер Microsoft Excel бағдарламасын карталарға түрлендірмес бұрын географиялық деректерді өңдеу және талдау құралы ретінде пайдаланады. Картографияда Excel бағдарламасын қолданудың кейбір мысалдары мыналарды қамтиды (Ivanov, & Sidorova, 2020).

- *Деректерді импорттау:* Excel көмегімен географиялық деректерді географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЖ), мәліметтер базасы және басқа кестелер сияқты әр түрлі көздерден импорттауға болады. Деректер координаттар, мекен-жайлар немесе басқа географиялық параметрлер форматында болуы мүмкін.

- *Деректерді сүзу (фильтрация) және сұрыптау:* Excel пайдаланушыларға үлкен көлемдегі деректермен жұмыс істеуге және карта тапсырмаларында кейінірек пайдалану үшін қажетті ақпаратты таңдауға мүмкіндік беретін қуатты сүзу және сұрыптау мүмкіндіктерін ұсынады.

- *Деректерді есептеу және талдау:* Excel әр түрлі есептеулер жүргізуге және географиялық деректерді талдауға мүмкіндік беретін функциялар мен формулалардың кең спектрін ұсынады. Мысалы, нүктелер арасындағы қашықтықты есептеуге, статистикалық талдау жасауға немесе деректерді визуализациялау үшін графиктер жасауға болады.

- *Картографиялық элементтерді құру:* Excel карталарды құрудың арнайы құралы болмаса да, оның кестелер, диаграммалар мен графиктерді құру мүмкіндіктерін пай диаграммалары, бағаналы диаграммалар немесе нүктелік диаграммалар сияқты қарапайым картографиялық элементтерді жасау үшін пайдалануға болады.

Excel кеңінен қолданылатын деректер қосымшасы ретінде 2-кестеде көрсетілгендей көптеген елдерде кең таралған құрал бола алады деп болжауға болады (Smith, 2018; Wang, & Li, 2022; Garcia, & Patel, 2020). (2-кесте).

2-кесте
Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың әлемдік тәжірибесі

р/с	Мемлекет атауы	Бағдарламаны пайдалану деңгейі
1.	Америка Құрама Штаттары	Excel АҚШ-тағы білім беру саласында танымал құрал болып табылады және оны мектеп оқушылары, студенттер мен оқытушылар географиялық карталарды жасау және АҚШ-тың әр түрлі аймақтарының географиялық сипаттамалары туралы деректерді талдау үшін пайдалана алады.
2.	Ұлыбритания	Ұлыбританияның білім беру мекемелерінде Excel кеңінен қолданылады. Оқушылар мен студенттер оны карталарды жасау, деректерді талдау үшін пайдалана алады.
3.	Канада	Канададағы мектеп оқушылары арасында Excel бағдарламасы танымал. Канаданың әр түрлі провинциялары мен аумақтары туралы географиялық деректермен жұмыс істеу үшін пайдаланады.
4.	Аустралия	Excel Аустралияның білім беру мекемелерінде әр түрлі географиялық сипаттамаларды бейнелейтін карталар жасау үшін қолданылады.
5.	Германия	Германияда мектеп оқушылары, студенттер мен оқытушылар карта жасау және елдің және оның аймақтарының географиялық сипаттамаларын талдау үшін Excel пайдаланады.

Ескерту: автор құрастырған.

Географиялық карта тапсырмаларында Excel бағдарламасын пайдалану деңгейі білім беру бағдарламаларына, қол жетімді ресурстарға және оқытушылардың қалауына байланысты әр елде әр түрлі. Төменде АҚШ-тың географиялық картографиялық тапсырмаларында Excel бағдарламасын қолданудың нақты мысалдары мен тәжірибесі келтірілген (Anderson, & Thompson, 2021; Kozlova, & Mikhailov, 2022):

- *Градиент картасын құру:* Excel бағдарламасын қолдана отырып, географиялық үлестірімдерге негізделген деректерді визуализациялау үшін градиент карталарын жасауға болады. Мысалы, сізде АҚШ-тың әр түрлі штаттарының орташа температуралары туралы деректер бар делік. Штаттың түсі оның орташа температурасына байланысты болатын картаны жасау үшін Excel бағдарламасын пайдалануға болады. Ол үшін Excel бағдарламасындағы «Условное форматирование» құралын пайдаланып, градиент түс шкаласын реттеуге болады.

- *Популяция деректерін талдау:* Excel сонымен қатар географиялық деректерді, соның ішінде популяция деректерін талдауға мүмкіндік береді. Мысалы, сізде АҚШ-тың әр түрлі қалаларының халқы және олардың географиялық координаттары туралы ақпарат бар кесте болуы мүмкін. Excel бағдарламасын қолдана отырып, әр түрлі көрсеткіштерді есептеуге болады, мысалы, орташа халық, әр штаттағы халық және т.б., содан кейін бұл нәтижелерді Excel графикалық және диаграмма құралдарын қолдана отырып картада көруге болады.

- *Географиялық координаттармен жұмыс:* Excel географиялық координаттармен жұмыс істеу үшін функционалдылықты ұсынады. Сіз ендік пен бойлық деректерін Excel бағдарламасына импорттай аласыз және оны карта жасау үшін пайдалана аласыз. Мысалы, егер сізде АҚШ-тағы әр түрлі туристік орындардың координаттары бар кесте болса, онда сіз АҚШ картасында әр туристік орынның орналасқан жерін көрсететін нүктелік карта жасай аласыз.

- *Маршрутты талдау:* егер сізде АҚШ-тағы маршруттар немесе қозғалыстар туралы деректер болса, Excel осы деректерді талдау және маршруттарды немесе қозғалыстарды көрсететін карта жасау үшін пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, сізде АҚШ-тың әр түрлі қалалары немесе штаттары арасында тауарлардың қозғалысы туралы ақпарат бар кесте болуы мүмкін. Excel бағдарламасын қолдана отырып, сіз қашықтық немесе жол уақыты сияқты әр түрлі көрсеткіштерді есептей аласыз және сол маршруттарды картада елестете аласыз.

Алайда, Microsoft Excel толық карта жүйесі емес және оның шектеулері бар екенін атап өткен жөн. Неғұрлым күрделі тапсырмалар мен кәсіби картографиялық талдау үшін ArcGIS, QGIS немесе басқа ГАЖ жүйелері сияқты арнайы құралдар мен бағдарламалық жасақтама жиі қолданылады.

Зерттеу әдісі

а) География пәнінен картографиялық тапсырмаларды құрастыруда Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігін бағалау үшін үш жоғары оқу орнының студенттері мен оқытушылары арасында сауалнама жүргізілді. Алғашқы сауалнамаға Microsoft Excel бағдарламасында әр түрлі деңгейдегі тәжірибесі бар 150 студент пен 50 оқытушыны қоса қанда 200 адам қатысты.

ә) Келесі Алматы қаласынан 100 студент қатысқан сауалнаманың мақсаты – географияда карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігі туралы студенттердің пікірлерін зерттеу.

б) Біз студенттер мен география пәнінің оқытушылары арасында Microsoft Excel бағдарламасын картаға түсіру кезінде қолданудың тиімділігі туралы пікірлерін анықтау үшін сауалнама жүргіздік. Сауалнамаға Алматы, Астана және Шымкент қалаларынан жалпы саны 100 адам қатысты.

Зерттеу нәтижелері

а) Алғашқы сауалнама нәтижелері мыналарды көрсетеді:

Пайдаланудың қарапайымдылығы: сауалнамаға қатысқандардың 80%- дан астамы Microsoft Excel бағдарламасының карта жасау кезінде қолданудың ыңғайлылығы мен қарапайымдылығын жоғары бағалады. Олар бағдарламаның интуитивті интерфейсін және негізгі функцияларды игерудің қарапайымдылығын атап өтті.

Деректер тиімділігі: сауалнамаға қатысушылардың 90%-дан астамы Excel бағдарламасын пайдалану географиялық деректермен жұмыс істеуді айтарлықтай жеңілдетеді деп санайды. Олар кестелерді құру және пішімдеу, деректерді оңай талдау үшін есептеу формулалары мен сүзгілерді қолдану мүмкіндігін атап өтті.

Автоматтандыру және уақыт шығындары: қатысушылардың 75%-дан астамы Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану күнделікті операцияларды автоматтандыруға және карта жасау кезінде уақыт шығындарын азайтуға мүмкіндік беретінін атап өтті. Сұрыптау, сүзу және диаграмма жасау сияқты кейбір мүмкіндіктер деректердің визуалды көріністерін жылдам жасауға мүмкіндік береді.

Тапсырмалардың сапа деңгейі: сауалнамаға қатысқандардың 70%-дан астамы Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану жақсы карта тапсырмаларын жасауға ықпал ететінін айтты. Олар бағдарлама деректерді жақсырақ ұйымдастыруға және ұсынуға мүмкіндік беретінін, бұл түсінікті және ақпараттық тапсырмаларға әкелетінін атап өтті.

Ұсыныстар: сауалнамаға қатысушылардың 85%-дан астамы білім беру мекемелерінде және географияның кәсіби саласында карта жасау тапсырмаларын жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалануды ұсынады. Олар бағдарлама тапсырмаларды құрастыру процесінің тиімділігін едәуір арттыратынын және олардың орындалу сапасын жақсартатынын атап өтті.

Жалпы, *сауалнама нәтижелері* география бойынша карта тапсырмаларын жасау кезінде қатысушылардың Microsoft Excel бағдарламасын пайдалануға оң реакциясын көрсетеді. Олар бағдарламаның деректермен жұмыс істеуді жақсартуға және осы салада сапалы тапсырмалар жасауға ықпал ететін тиімді құрал екенін растайды.

ә) Келесі сауалнаманың мақсаты – географияда карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігі туралы *студенттердің пікірлерін* зерттеу.

Сауалнама сұрақтары:

1. Сіз географияда карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын қолдандыңыз ба?

A. Иә

B. Жоқ

2. Егер сіз Microsoft Excel бағдарламасын қолданған болсаңыз, карта жасау кезінде бұл құралды қаншалықты тиімді деп санайсыз?

A. Өте тиімді

B. Өте тиімді

C. Бейтарап пікір

D. Өте тиімді емес

E. Мүлдем тиімді емес

3. Microsoft Excel бағдарламасының қандай мүмкіндіктері карта жасау кезінде әсіресе пайдалы деп ойлайсыз?

A. Деректерді ұйымдастыру және талдау

B. Есептеу және формулалар

C. Графиктер мен диаграммалар арқылы деректерді визуализациялау

D. Деректерді сүзу және сұрыптау

E. Жиынтық кестелер құру

F. Басқа (көрсетіңіз)

4. Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану туралы жалпы әсеріңіз?

A. Өте жағымды

B. Оң

C. Бейтарап

D. Теріс

E. Өте теріс

5. Егер сізде географияда карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану туралы түсініктемелеріңіз немесе ұсыныстарыңыз болса, оларды төменде көрсетіңіз.

Сауалнама жүргізіп, студенттердің жауаптарын талдағаннан кейін келесі нәтижелер алынды: қатысқан барлық студенттердің 70%-ы географияда карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын қолданғанын, ал студенттердің 30%-ы бұл құралды қолданбағанын айтты.

Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігіне қатысты нәтижелерді 3-кестеде беріп отырмыз (3-кесте).

Microsoft Excel бағдарламасының картографиялық тапсырмаларды құрудағы пайдалы функцияларына қатысты студенттер мыналарды атап өтті (4-кесте):

3-кесте

Студенттердің карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігі

Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігін анықтау (n=100)					
Деңгейлері	Мүлдем тиімді емес	Өте тиімді емес	Бейтарап пікірде	Тиімді	Өте тиімді
%	1%	4%	15%	35%	45%

Ескерту: автор құрастырған.

4-кесте

Microsoft Excel бағдарламасының картографиялық тапсырмаларды құрудағы пайдалы функциялары

Microsoft Excel бағдарламасының пайдалы функцияларын анықтау (n=100)					
Басқа	Жиынтық кестелер құру	Деректерді сүзу және сұрыптау	Есептеу және формулалар	Графиктер мен диаграммалар арқылы деректерді визуализациялау	Деректерді ұйымдастыру және талдау
10%	15%	20%	25%	30%	60%

Ескерту: автор құрастырған.

6. Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану карта жасау процесін жақсартады деп ойлайсыз ба? (Бір опцияны таңдаңыз)

A. Иә, айтарлықтай жақсартады

B. Иә, бірақ аз дәрежеде

C. Жоқ, мен айтарлықтай айырмашылықты көрмеймін

7. Карта тапсырмаларын жасау үшін Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланған кезде қандай кемшіліктерді немесе шектеулерді байқадыңыз? (Барлық сәйкес опцияларды таңдаңыз)

A. Картадағы деректерді визуализациялаудың шектеулі мүмкіндіктері

B. Деректердің үлкен көлемімен жұмыс істеудегі қиындықтар

C. Мамандандырылған геоақпараттық жүйелермен салыстырғанда шектеулі функционалдылық

D. Күрделі картографиялық элементтерді құрудағы қиындықтар

E. Басқа (көрсетіңіз)

Осы сауалдар бойынша нәтижелерді 5-кестеде ұсынамыз (5-кесте).

5-кесте
Студенттермен жүргізілген сауалнама нәтижелері

Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану карта жасау процесін жақсартады деп ойлайсыз ба? (n=100)			
Иә, айтарлықтай жақсартады	Ия, бірақ аз дәрежеде	Жоқ, мен айтарлықтай айырмашылықты көрмеймін	Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланбаңыз
45%	35%	15%	5%

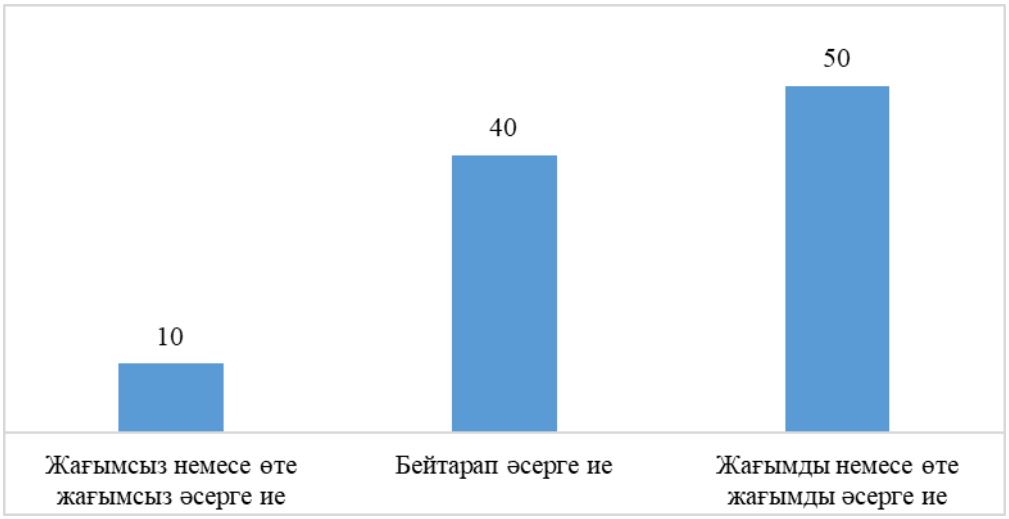
Карта тапсырмаларын жасау үшін Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланған кезде қандай кемшіліктерді немесе шектеулерді байқадыңыз? (n=100)				
Картадағы деректерді визуализациялаудың шектеулі мүмкіндіктері	Деректердің үлкен көлемімен жұмыс істеудегі қиындықтар	Мамандандырылған геоақпараттық жүйелермен салыстырғанда шектеулі функционалдылық	Күрделі картографиялық элементтерді құрудағы қиындықтар	Басқа
55%	40%	35%	20%	10%

Ескерту: автор құрастырған.

Сауалнама Microsoft Excel бағдарламасын географиялық картаға түсіру кезінде пайдаланудың деректерді ыңғайлы ұйымдастыру және талдау жасау мүмкіндігі сияқты бірқатар артықшылықтары бар екенін көрсетті. Алайда, кейбір респонденттер арнайы геоақпараттық жүйелермен салыстырғанда картадағы деректерді визуализациялау шектеулері мен функционалдық шектеулерді атап өтеді. Жалпы алғанда, респонденттердің көпшілігі карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын қолданудың оң немесе өте жағымды әсеріне ие.

Сонымен қатар, 1-суреттегі диаграммадан көріп тұрғанымыздай, Microsoft Excel бағдарламасын картаға түсіру кезінде қолданудың студенттерге жалпы әсері анықталды, тек 10%-да ғана әсері «жағымсыз». Таңдаманың жоғары бөлігінде «жағымды әсерге ие» көрсеткіш басым. Бұдан студенттердің ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану құзыреттіліктерін дамыту қажеттігі анықталды (1-сурет).

1-сурет
Microsoft Excel бағдарламасын картаға түсіру кезінде қолданудың жалпы әсері, %



Ескерту: автор құрастырған.

Microsoft Excel бағдарламасын картаға түсіру кезінде қолдануға қатысты түсініктемелер мен ұсыныстарда студенттер деректерді визуализациялау мүмкіндіктерін жақсарту, интуитивті интерфейс және кеңістіктік деректермен жұмыс істеу функционалдығын кеңейту сияқты идеяларды ұсынды.

Бұл *сауалнама нәтижелері* студенттердің көпшілігі Microsoft Excel бағдарламасын географиядағы картографиялық тапсырмаларды құрастыруда тиімді деп санайтынын көрсетеді. Олар деректерді ұйымдастыруды және талдауды, ақпаратты визуализациялауды және есептеу мен формула мүмкіндіктерін осы құралдың ерекше пайдалы функциялары ретінде көрсетеді. Дегенмен, функционалдылық пен ыңғайлылықты жақсарту бойынша кейбір ұсыныстар бар. Бұл нәтижелер Microsoft Excel бағдарламасын географиялық білім беруде пайдалануды одан әрі жетілдіру үшін пайдаланылуы мүмкін.

б) Сауалнаманың мақсаты: студенттер мен оқытушылардың географиялық карта тапсырмаларын құрастыруда Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігі туралы *пікірлерін* зерттеу.

Сауалнама сұрақтары:

A) Сіз география пәнінің студентісіз бе немесе оқытушысысыз ба? (2-сурет)

B) Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын қаншалықты жиі қолданасыз?

C) Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың қандай артықшылықтарын көресіз?

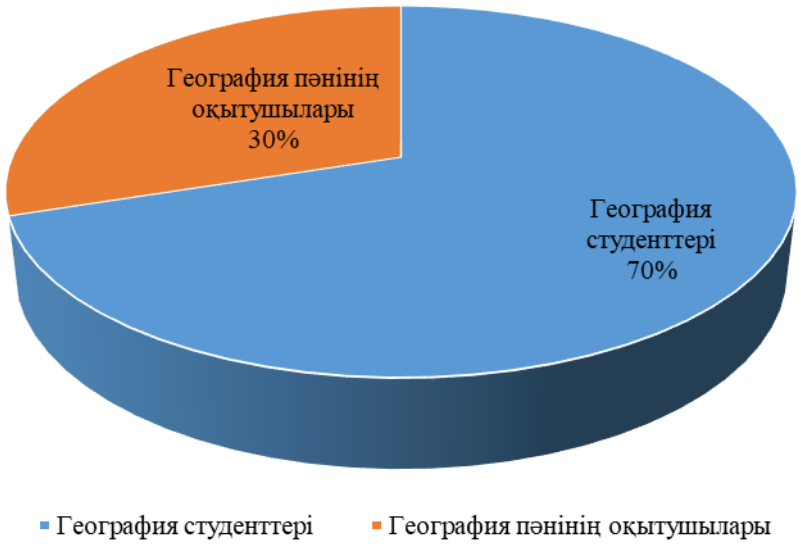
D) Microsoft Excel бағдарламасын карта жасау үшін пайдалану кезінде қандай қиындықтар туындауы мүмкін?

E) Географиялық карта тапсырмаларын жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігін қалай бағалайсыз?

F) іздің ойыңызша, оны картаға түсіру кезінде пайдалы ету үшін Microsoft Excel-ге не жақсартуға немесе қосуға болады?

2-сурет

Сауалнамаға қатысушылардың пайыздық үлесі



Ескерту: автор құрастырған.

1. «Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын қаншалықты жиі қолданасыз?» деген сұраққа 35% «Аптасына бірнеше рет», 25% «Аптасына бір рет», 20% «Күн сайын», 15% «Сирек» деп жауап берсе, студенттердің қалған 5%-нан «Мен ешқашан қолданбаймын» деген нәтижелер алдық.

2. «Географиялық карта тапсырмаларын жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану тиімділігін қалай бағалайсыз?» сұрақ бо-

йынша студенттердің 5%-ы ғана «Тиімсіз», 20% «Қанағаттанарлық», 35% «Тиімді», 40% «Өте тиімді» деп жауап берді.

3. Сауалнамамыздың нәтижесін одан әрі толықтыру барысында «Сіздің ойыңызша, оны картаға түсіру кезінде пайдалы ету үшін Microsoft Excel-ге не жақсартуға немесе қосуға болады?» деген сұрақ берілген болатын. 20% «Бағдарлама өнімділігін жақсарту» десе, 20% «Картографияға арналған арнайы мүмкіндіктер мен құралдарды қосу», 25% «GUI және навигацияны жақсарту», 35% «Интерактивті карталар мен анимацияларды құрудың қосымша мүмкіндіктері» деген нәтижелер бізді қуантты. Келесі нәтижелерді 6-кестеде ұсынамыз (6-кесте).

6-кесте

Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың артықшылықтары және туындайтын қиындықтар

Карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың қандай артықшылықтарын көресіз? (n=100)			
Бағдарламаның икемділігі мен қол жетімділігі	Графиктер мен диаграммалар арқылы деректерді визуализациялау	Деректерді талдау және есептеу мүмкіндігі	Деректерді ыңғайлы ұйымдастыру және құрылымдау
10%	20%	30%	40%
Microsoft Excel бағдарламасын карта жасау үшін пайдалану кезінде қандай қиындықтар туындауы мүмкін? (n=100)			
Қиындық жоқ, бағдарламаны меңгеру оңай	Функциялар мен формулаларды қолданудағы қиындықтар	Күрделі картографиялық визуализацияларды жасаудың шектеулі мүмкіндіктері	Деректерді ұйымдастыру мен пішімдеудегі қиындықтар
25%	20%	25%	30%

Ескерту: автор құрастырған.

Зерттеу нәтижелерін талқылау

Сауалнама нәтижелерін қорытындылай келе, география студенттері мен оқытушыларының көпшілігі карта жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланады және оны тиімді құрал деп санайды. Excel бағдарламасын пайдаланудың артықшылығы – деректерді ыңғайлы ұйымдастыру, ақпаратты талдау және визуализациялау мүмкіндігі. Деректерді ұйымдастыруда және күрделі визуализацияларды жасауда кейбір қиындықтар туындауы мүмкін. Сауалнамаға қатысқандардың көпшілігі Excel бағдарламасын тиімді деп санайды, бірақ интерактивті карталар мен жақсартылған графикалық интерфейс сияқты қосымша мүмкіндіктер қажет. Бұл нәтижелер әзірлеушілерге Excel бағдарламасын географиялық тапсырмаларда қолдану тұрғысынан жақсартуға және пайдаланушылардың қажеттіліктерін толық қанағаттандыруға көмектеседі.

Сауалнама қорытындыларын жинақтай келе, географиядан картографиялық тапсырмаларды жасау кезінде Microsoft Excel немесе ArcGIS қолданудың салыстырмалы SWOT-талдауын 7-, 8-кестелерде ұсынамыз (7-, 8-кестелер).

7-кесте

Географиялық карта тапсырмаларын жасау кезінде Microsoft Excel қолданудың салыстырмалы SWOT-талдауы

Strengths (күшті жақтары)	*Weaknesses (әлсіз жақтары)*
- пайдаланушылар үшін кең таралған және қол жетімді; - пайдаланудың қарапайымдылығы және интерфейспен танысу; - деректерді ұйымдастыру, пішімдеу және талдау функцияларын жақсы қолдау; - картада қарапайым графиктер жасау және деректерді визуализациялау мүмкіндігі; - шағын көлемдегі деректермен жұмыс істеу үшін қолайлы.	- географиялық деректерді визуализациялау және талдау мүмкіндіктері шектеулі; - мамандандырылған геоақпараттық жүйелермен салыстырғанда шектеулі функционалдылық; - деректердің үлкен көлемімен жұмыс істеудегі қиындықтар; - күрделі картографиялық элементтерге арналған арнайы құралдардың жетіспеушілігі.

Кестенің жалғасы

Opportunities (мүмкіндіктер)	*Threats (қауіптер)*
- географиялық деректердің функционалдығы мен визуализациясын жақсарту үшін қосымша плагиндер мен кеңейтімдерді пайдалану; - деректерді жан-жақты талдау үшін басқа бағдарламалармен және құралдармен интеграциялау; - студенттерге географиялық деректермен жұмыс істеудің негізгі дағдыларын үйрету.	- мамандандырылған білімсіз деректерді дұрыс пайдаланбау немесе дұрыс түсіндірмеу қаупі; - географиялық деректермен жұмыс істеу үшін қосымша оқыту және қосымша құралдарды үйрену қажеттілігі; - мүмкіндіктер мен визуализация мүмкіндіктерінің кең ауқымын ұсынатын арнайы геоақпараттық жүйелермен бәсекелестік.

Ескерту: автор құрастырған.

8-кесте

Географиялық карта тапсырмаларын жасау кезінде ArcGIS қолданудың салыстырмалы SWOT-талдауы

Strengths (күшті жақтары)	*Weaknesses (әлсіз жақтары)*
- географиялық деректерді талдау және визуализациялау үшін қуатты геоақпараттық мүмкіндіктер; - күрделі карта элементтерін жасауға арналған құралдар мен мүмкіндіктердің үлкен таңдауы; - үлкен көлемдегі деректермен жұмыс істеу кезінде жоғары өнімділік; - географиялық деректердің әр түрлі түрлерімен (векторлық және растрлық) жұмыс істеу мүмкіндігі.	- неғұрлым күрделі интерфейс және бағдарламамен жұмыс істеу үшін арнайы білімнің талабы; - лицензиялардың шектеулі қолжетімділігі және жоғары құны; - құралдарды үйренуге және игеруге қосымша уақыт қажет.
Opportunities (мүмкіндіктер)	*Threats (қауіптер)*
- геоақпараттық жүйелер саласындағы дағдылар мен құзыреттерді кеңейту; - күрделі географиялық деректерді талдау және визуализациялау мүмкіндіктерінің кең ауқымы; - географиялық деректермен жұмыс істеу үшін арнайы құралдарды пайдалану.	- лицензиялардың жоғары құны және қосымша жабдықтың қажеттілігі; - бағдарламаның шектеулі қолжетімділігі және арнайы компьютерлік дағдыларды талап ету; - бағдарламаның күрделілігіне байланысты деректерді қате түсіндіру мүмкіндігі.

Ескерту: автор құрастырған.

Қорыта айтсақ, Microsoft Excel деректерді ұйымдастыру, пішімдеу және талдау үшін пайдаланудың қарапайымдылығы мен негізгі мүмкіндіктерін ұсынады. Бұл географиялық деректердің аз көлемімен жұмыс істеудің пайдалы құралы бола алады. Дегенмен, ArcGIS күрделі географиялық деректерді талдау және визуализациялау үшін кеңірек мүмкіндіктерге ие, бұл оны күрделі тапсырмалармен және үлкен көлемдегі деректермен жұмыс істегенде жақсырақ етеді. География бойынша картографиялық тапсырмаларды құрастыруға арналған бағдарламаны таңдағанда тапсырмалардың күрделілік деңгейін және қажетті ресурстардың қолжетімділігін ескеру қажет.

Қорытынды

Осылайша, география бойынша картографиялық тапсырмаларды жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдалану Қазақстандағы заманауи білім беру және зерттеу процесінің ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл құрал ел мен оның аумағы контекстіндегі географиялық құбылыстарды тереңірек түсінуге және талдауға ықпал ете отырып, географиялық деректермен жұмыс істеудің тиімділігін, дәлдігін және икемділігін қамтамасыз етеді. Қорыта келе, жүргізілген зерттеу жұмыстары және сауалнама нәтижелері негізінде Қазақстанда география бойынша картография-

лық тапсырмаларды жасау кезінде Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың жоғары тиімділігі туралы қорытынды жасауға болады. Бұл құрал ыңғайлылықты, функционалдылықты қамтамасыз етеді.

Авторлардың үлесі:

Түжырымдаманы әзірлеу – А.Қ. Өмірзақ және Д.Т. Алиасқаров; Әдіснама – А.Қ. Өмірзақ және Д.Т. Алиасқаров; Бағдарламалық қамтамасыз ету – Д.Т. Алиасқаров ; Валидация – А.Қ. Өмірзақ, Д.Т. Алиасқаров, С.Ә.Тургульдинова және Д.Месут; Формалды талдау – А.Қ. Өмірзақ және Д.Т. Алиасқаров; Зерттеу – А.Қ. Өмірзақ және Д.Т. Алиасқаров; Ресурстар – А.Қ. Өмірзақ; Деректерді өңдеу – А.Қ. Өмірзақ және С.Ә.Тургульдинова; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – А.Қ. Өмірзақ; Қарау және редакциялау – А.Қ. Өмірзақ және С.Ә. Тургульдинова; Визуализация – А.Қ. Өмірзақ; Ғылыми жетекшілік – Д.Т. Алиасқаров;; Жобаны басқару – А.Қ. Өмірзақ; Қаржыландыруды тарту – А.Қ. Өмірзақ

Әдебиеттер

Қазақстан Республикасының Статистика агенттігі. Ресми веб-сайт. Сілтеме бойынша қолжетімді: https://stat.gov.kz

Атанаева М., Аманғазы М., & Ногайбаева Г. Национальный доклад о состоянии и развитии системы образования Республики Казахстан (по итогам 2018 года). –Астана: Министерство образования и науки Республики Казахстан, АО «Информационно-аналитический центр», 2019. –364 с.

Под ред. Журинов М.Ж. Национальный доклад по науке. –Алматы, 2022. –250 с. ISBN 9965-25-129-0

Иванова А.С. Применение Microsoft Excel в географических исследованиях. –Москва: Издательство «География», 2020.

Әбілқайыр Ж. Географияда картографиялық мәселелерді түсіндірудегі Microsoft Excel пайдалану эффективтілігі. // «География» журналы, 2020. –№20(2). –Б.45-58.

Смирнов Д.А. География и Microsoft Excel: практическое руководство. –Москва: Издательство «Вентана-Граф», 2018.

Козлов В.М., & Михайлова О.П. Роль Microsoft Excel в развитии картографических навыков студентов. // «Географическое образование», 2019. –№10(4). –С.123-137.

Иванов Н.Н., & Сидорова, Е.А. Применение Microsoft Excel в географических исследованиях. // «Вестник Географического общества», 2020. –№28(2). –С.45-58.

Smith J. Using Microsoft Excel for Geographic Mapping: A Practical Guide. // «Geospatial Journal», 2018. –№20(2). –p.45-58.

Wang X., Li C. Integration of Microsoft Excel and Geographic Information System for Map Production. // «Cartography and Geographic Information Science», 2022. –№39(1). – p.35-50.

Garcia M., Patel R. Utilizing Microsoft Excel in Cartography: Advantages and Limitations. // «Cartographic Perspectives», 2020. –№87. –p.78-92.

Anderson K., & Thompson L. Excel-Based Mapping Activities for Geography Classrooms. // «Journal of Geography», 2021. –№45(3). –p.201-215.

Козлова А.А., & Михайлов Д.С. Использование Microsoft Excel для составления картографических заданий в школьном географическом образовании. // «География в школе», 2022. –№45(3). –С.201-215.

Жүнісов Х., & Жексенгалиева С. Microsoft Excel және географиялық ақпараттық жүйе көмегімен карталарды жасау. // «Картография мен геоақпараттық ғылым», 2022. –№39(1). –Б.35-50.

Петрова Е.В., & Смирнов А.В. Эффективность использования Microsoft Excel при составлении картографических заданий по географии. // «Вестник Картографического общества», 2018. –№45. –С.78-92.

Сидоров П.А., & Иванов Г.С. Интеграция Microsoft Excel и географической информационной системы для составления карт. // «Картография и геоинформатика», 2021. –№39(1). –С.35-50.

References

Kazakhstan Respublikasynyn Statistica agenttigi. Resmi website. Silteme boyynsha kolzhetimdi: https://stat.gov.kz

Atanayeva M., Amangazy M., Nogaibayeva G., etc. National report on the state and development of the education system of the Republic of Kazakhstan (based on the results of 2018). –Astana: Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, JSC «Information and Analytical Center», 2019. –p.364.

Pod red. Zhurinov M.J. National Report on Science. –Almaty, 2022. –p.250. ISBN 9965-25-129-0

Ivanova A.S. Application of Microsoft Excel in geographical research. –Moscow: Publishing House «Geography», 2020.

Abilkayyr Zh. Geografiyada cartografiyalyk maselelerdi tusindirudegi Microsoft Excel paydalanu effectivtiligi. // «Geography», 2020. –№20(2). –p.45-58.

Smirnov D.A. Geography and Microsoft Excel: a practical guide. –Moscow: «Ventana-Graf» Publishing House, 2018.

Kozlov V.M., Mikhailova O.P. The role of Microsoft Excel in the development of cartographic skills of students. // «Geographical education», 2019. –№10(4). –p.123-137.

Ivanov N.N., Sidorova E.A. Application of Microsoft Excel in geographical research. // «Bulletin of the Geographical Society», 2020. –№28(2). –p.45-58.

Smith J. Using Microsoft Excel for Geographic Mapping: A Practical Guide. // «Geospatial Journal», 2018. –№20(2). –p.45-58.

Wang X., Li C. Integration of Microsoft Excel and Geographic Information System for Map Production. // «Cartography and Geographic Information Science», 2022. –№39(1). – p.35-50.

Garcia M., Patel R. Utilizing Microsoft Excel in Cartography: Advantages and Limitations. // «Cartographic Perspectives», 2020. –№87. –p.78-92.

Anderson K., Thompson L. Excel-Based Mapping Activities for Geography Classrooms. // «Journal of Geography», 2021. –№45(3). –p.201-215.

Kozlova A.A., Mikhailov D.S. Using Microsoft Excel to compile cartographic tasks in school geography education. // «Geography at school», 2022. –№45(3). –p.201-215.

Zhunisov H., Zheksengalieva S. Microsoft Excel zhane geografiyalyk akparattyk zhuye komegimen kartalardi zhasau. // «Cartography men geoakparattyk gylym», 2022. –№39(1). –p.35-50.

Petrova E.V., Smirnov A.V. The effectiveness of using Microsoft Excel in the preparation of cartographic tasks in geography. // «Bulletin of the Cartographic Society», 2018. – No. 45. –p.78-92.

Sidorov P.A., Ivanov G.S. Integration of Microsoft Excel and geographic information system for mapping. // «Cartography and geoinformatics», 2021. –№39(1). –p.35-50.

Авторлар туралы мәлімет:

Өмірзақ Арайлым Қыдырәліқызы (жауапты автор) – докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: arai030397@mail.ru).

Алиасқаров Думан Тоқтарұлы – қауым. профессор, PhD, География және экология кафедрасының меңгерушісі, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: duman_06@mail.ru).

Тургульдинова Сабира Әсілбайқызы – Ғылым магистрі. Қазақ ұлттық аграрлық зертеу университеті, «Жер ресурстары және кадастр» кафедрасының аға оқытушысы, кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: turguldinova@list.ru)

Mesut Dogan – доктор, профессор, Стамбул университеті (Стамбул, Туркия, e-mail:esutan@istanbul.edu.tr).

Information about the authors:

Omirzak Arailym Kydyralikyzy – PhD student,, Abai Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: arai030397@mail.ru).

Aliaskarov Duman Toktaruly – PhD-doctor, Head of the Department of Geography and Ecology, Abai Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: duman_06@mail.ru).

Sabira Turguldinova – Master of Science. Kazakh National Agrarian Research University, senior lecturer of the Department "Land Resources and Cadastre", senior lecturer of the Department. Republic of Kazakhstan, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: turguldinova@list.ru).

Mesut Dogan – Dr. professor, Istanbul University (Istanbul, Turkey, e-mail:esutan@istanbul.edu.tr).

Сведения об авторах:

Омирзак Арайлым Кыдыраликызы – докторант, Казахский национальный педагогический университет имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: arai030397@mail.ru).

Алиаскаров Думан Токтарулы – PhD-доктор, заведующий кафедрой географии и экологии, Казахский национальный педагогический университет имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: duman_06@mail.ru).

Тургульдинова Сабира Әсілбайқызы – магистр наук, старший преподаватель кафедры земельных ресурсов и кадастра, Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Алматы, Казахстан, e-mail: turguldinova@list.ru).

Месут Доган – доктор, профессор, Стамбульский университет (Стамбул, Турция, e-mail: esutan@istanbul.edu.tr).

Келіп түсті: 16 қазан 2025 жыл
Қабылданды: 04 ақпан 2026 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 үсынуға 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 – ҒТАМР нөмірі (ерекше жағдайда ӘОЖ), 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 үзындығы 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 түжырымдама.
- 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 – түжырымдар 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 қойылға 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 түрғысынан 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 үсыныстарды немесе одан әрі жасалатын жұмысты сипаттай отырып белгілі бір ғылыми саладағы зерттеу нәтижелерін жалпылау үшін қолдану керек.

Қорытындының құрылымында келесі сұрақтар болуы керек: Зерттеудің мақсаттары 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 ҒАНА 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 Review38, 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 гуманитарлы 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 түсына «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 «Вестник КазНУ. Серия географическая» 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, Рисунок 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, e-mail. 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, абстрак, 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 выводу 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, 2001а: 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 Review38, 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, (Zalessky, 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**

О.Ә. Әліпбеки, Р.Т. Бексеитова, Ч.А. Алипбекова, Р.Т. Турекелдиева, Е.С. Сарыбаев, М.М. Әлімбай
Деградация земель Западного Казахстана .....

Б.С.Керімбай, Н.Н.Керімбай, К.М.Баймырзаев, М.Б.Бахыт
Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін бағалаудағы табиғи-географиялық факторлар .....

Н.Б. Зинабдин, А.Е. Токбаева, А.Ж. Айткүл
Дала зонасындағы ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың биоалуантүрлігін бағалау: CIBI әдістемесі .....

M.O. Tumazhanova, K.K. Muzdybaeva, Jan A. Wendt, A.S. Aktymbaeva, A.E. Moldagalieva, K. Zhoya
Analysis of the geodemographical condition of the Urzhar district of the Abai oblast .....

М.Ж.Бегалиева, С.Т.Солтабаева, Н.С.Доненбаева, А. Саулембаев
Жердің шаруашылыққа жарамдылығын кешенді мониторингтау .....

К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, Р. Салмүрзаұлы, А.А. Калдыбаев, У.Б. Мухтаров, А.А. Асанбаева
Түркістан облысы ирригациялық жүйелерінің техникалық жағдайы және олардың суармалы егістік жерлерінің мелиоративтік жағдайына әсері .....

2-бөлім Геоэкология және геодезия | **Section 2 Geoecology and geodesy** | **Раздел 2 Геоэкология и геодезия**

М.М. Даулетбаева, Г.У. Байташева, А.К. Таныбаева, А.А. Кулбекова, М.О. Айтжанова, Э.М. Иманова
Урбандалған ортада өсетін көдімгі бақбақта қорғасынның жинақталуын бағалау .....

Т.Б. Нурпеисова, Г.С. Мадимарова, А.Е. Ормамбекова, Е.Ж. Ормамбеков
Спутниковые технологии GNSS в системах мониторинга деформаций гидротехнических сооружений .....

Г. Мейрамбек, К.Б. Рысбеков, М.Б. Нурпеисова, С.Т. Солтабаева, Е. Тлеубекұлы
Мониториг геодинамического состояния жиландинских груп месторождений.....

2-бөлім Картография және геоинформатика | **Section 2 Cartography and geoinformatics** | **Раздел 2 Картография и геоинформатика**

Л.А. Балакай, Т.В. Дедова, Н.З. Баширова, А.А. Мерекеев
Космический мониторинг нефтяных разливов в казахстанском секторе Каспийского моря: результаты и интерпретация .....

3-бөлім Метеорология және гидрология | **Section 3 Meteorology and hydrology** | **Раздел 3 Метеорология и гидрология**

Т.Р. Рыспеков, Б.К. Акмолдаева
Методы прогноза паводковых ситуаций на реках Казахстана и роль ландшафтов на этот процесс .....

A.G. Guliyev, Ch.T. Bakhshiyeva, T.M. Babayeva, T.I. Yelmarli, N.M. Guliyev
Hydraulic heritage: qanats and landscape dynamics in the liberated Karabakh territories .....

6-бөлім Жоғары мектептегі географиялық білім беру мәселелері	Section 6 Issues of geographic education in higher education	Раздел 6 Вопросы географического образования в высшей школе

А.Қ. Өмірзақ, Д.Т. Алиаскаров, С. Тургульдинова, Месут Доган
География пәнінен картографиялық тапсырмаларды құрастыруда Microsoft Excel бағдарламасын пайдаланудың тиімділігі .....

Авторларға арналған ақпарат..... 152