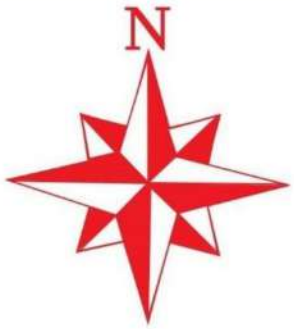
ISSN (печать) 2079-6161
ISSN (онлайн) 2789-6323

КАЗГИДРОМЕТ





30 ЛЕТ
Гидрометеорология
и экология

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АСТАНА

ISSN 2079-6161
eISSN 2789-6323

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

«Қазгидромет» РМК

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

РГП «Казгидромет»

HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

RSE «Kazhydromet»

2025

№1 (116) шығарылым

Выпуск №1 (116)

Issue №1 (116)

1995 жылдан бастап шығады
Издается с 1995 года
Founded in 1995

Жылына 4 рет шығады
Выходит 4 раза в год
Published 4 times a year

Астана –Астана –Astana

БАС РЕДАКТОР

Алимбаева Д.К., Бас директор

БАС РЕДАКТОР ОРЫНБАСАРЫ

Саиров С.Б., г.ғ.к., Бас директордың бірінші орынбасары

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР

Елтай А.Ғ., Ph.D, басқарма бастығы

E-mail: hydromet.journal@gmail.com

РЕДАКЦИЯ

Кужагельдина Н.У.

Нұрхан М.Қ.

Базарбай Л.Б.

Кукенова Б.Т.

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ

Абаев Н.Н. (Астана, Қазақстан)

Абдрахимов Р.Г. (Алматы, Қазақстан)

Волчек А.А. (Брест, Беларусь)

Галаева А.В. (Алматы, Қазақстан)

Гафуров А. (Потсдам, Германия)

Муртазин Е.Ж. (Алматы, Қазақстан)

Мустафаев Ж.С. (Алматы, Қазақстан)

Наурозбаева Ж.К. (Алматы, Қазақстан)

Опп К. (Марбург, Германия)

Островская Е.В. (Астрахань, Ресей)

Сальников В.Г. (Алматы, Қазақстан)

Степанов Б.С. (Алматы, Қазақстан)

Сафаров С.Г. (Баку, Азербайджан)

Терехов А.Г. (Алматы, Қазақстан)

Чередниченко А.В. (Алматы, Қазақстан)

Яфязова Р.К. (Алматы, Қазақстан)

Редакция мекенжайы: Қазақстан, Астана қ., Мәңгілік Ел даңғылы, 11/1

E-mail: hydromet.journal@gmail.com

Сайт: https://journal.kazhydromet.kz

Меншік иесі: «Қазгидромет» РМК

Қазақстан Республикасы ақпарат және қоғамдық даму министрлігімен тіркелген 15.05.2023 ж. **№ KZ13VPY00070023 қайта есепке қою туралы куәлігі.**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Алимбаева Д.К., Генеральный директор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Саиров С.Б., к.г.н., Первый заместитель генерального директора

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Елтай А.Ғ., Ph.D, начальник управления

e-mail: hydromet.journal@gmail.com

РЕДАКЦИЯ

Кужагельдина Н.У.

Нұрхан М.Қ.

Базарбай Л.Б.

Кукенова Б.Т.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абаев Н.Н. (Астана, Казахстан)

Абдрахимов Р.Г. (Алматы, Казахстан)

Волчек А.А. (Брест, Беларусь)

Галаева А.В. (Алматы, Казахстан)

Гафуров А. (Потсдам, Германия)

Муртазин Е.Ж. (Алматы, Казахстан)

Мустафаев Ж.С. (Алматы, Казахстан)

Наурозбаева Ж.К. (Алматы, Казахстан)

Опп К. (Марбург, ФРГ)

Островская Е.В. (Астрахань, Россия)

Сальников В.Г. (Алматы, Казахстан)

Степанов Б.С. (Алматы, Казахстан)

Сафаров С.Г. (Баку, Азербайджан)

Терехов А.Г. (Алматы, Казахстан)

Чередниченко А.В. (Алматы, Казахстан)

Яфязова Р.К. (Алматы, Казахстан)

Адрес редакции: Казахстан, г.Астана., проспект Мәңгілік Ел, 11/1

E-mail: hydromet.journal@gmail.com

Сайт: https://journal.kazhydromet.kz

Собственник: РГП «Казгидромет»

ЗарегистрированоМинистерством информации и общественного развития Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на переучет **№ KZ13VPY00070023** от 15.05.2023 г.

CHIEF EDITOR

Alimbayeva D., General Director

DEPUTY CHIEF EDITOR

Sairov S., Candidate of Geological Sciences, First Deputy Director General

RESPONSIBLE SECRETARY

Yeltay A., Ph.D, head of unit

e-mail: hydromet.journal@gmail.com

EDITORIAL STAFF

Kuzhageldina N.

Nurkhan M.

Bazarbay L.

Kukenova B.T.

EDITORIAL BOARD

Abayev N. (Astana, Kazakhstan)

Abdrakhimov R. (Almaty, Kazakhstan)

Volchek A. (Брест, Беларусь)

Galayeva A. (Almaty, Kazakhstan)

Gafurov A. (Potsdam, Germany)

Murtazin E. (Almaty, Kazakhstan)

Mustafayev Zh. (Almaty, Kazakhstan)

Naurozbayeva Zh.. (Almaty, Kazakhstan)

Opp C.. (Marburg, Germany)

Ostrovskaya E. (Astrakhan, Russia)

Salnikov V. (Almaty, Kazakhstan)

Stepanov B. (Almaty, Kazakhstan)

*Safarov S. (*Baku, Azerbaijan)

Terekhov A. (Almaty, Kazakhstan)

Cherednichenko A. (Almaty, Kazakhstan)

Yafyazova R. (Almaty, Kazakhstan)

Editorial address: 11/1, Mangilik El Avenue, Astana, Kazakhstan

E-mail: hydromet.journal@gmail.com

Website: https://journal.kazhydromet.kz

Proprietary: «Kazhydromet» RSE

Registered by the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan. Rediscount certificate **№ KZ13VPY00070023** dated 15.05.2023.

МАЗМҰНЫ

ҒЫЛЫМИ МАҚАЛА

Жумахан С. Мустафаев, Алия Т. Козыкеева, Унзила Шугайып, Куаныш Б. Абдешев, Нуржан А. Турсынбаев
НҰРА ӨЗЕНІНІҢ СУ ЖИНАУ АЛАБЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ ӨЗГЕРУ БАҒЫТЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ 8

Алия А. Нурбацина, Айсулу А. Турсунова, Жанат Т. Салаватова
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТИПТІК ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНЫНЫҢ ЖЫЛ ІШІНДЕГІ ТАРАЛУЫ (БҰҚТЫРМА, ЕСІЛ, ЖАЙЫҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ МЫСАЛЫНДА) 24

Дильшад К. Сулейманлы
КАСПИЙ ТЕҢІЗІ ДЕҢГЕЙІНІҢ КҮРТ ТӨМЕНДЕУІНІҢ ӘЗЕРБАЙЖАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЖАҒАЛАУ АЙМАҒЫНА ӘСЕРІ 38

Асима Ғ. Көшім, Алия С. Актымбаева, Айгул М. Сергеева, Дамир.А. Канаткалиев, Мурат Ж. Махамбетов, Аида Б. Қалиева
АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН ӨНДІРІСІ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІН БАҒАЛАУ (ХРОМ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА) 45

Виталий Г. Сальников, Тамара Л. Тажибаева, Светлана Е. Полякова, Зуфар Р. Токпаев, Гульнур Т. Мусралинова, Ирина А. Миськив
БАТЫС ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАСЫНЫҢ ЛАСТАНУ КӨЗДЕРІНІҢ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯСЫ 60

Екатерина А. Кузнецова, Шыңғыс С. Сәбит, Гульдана М. Минжанова, Корлан К. Хамитова
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТӘЖІРИБЕНІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, АЛМАТЫДА ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ 77

Жандос Т. Мукаев, Жанар О. Озгелдинова, Алтын А. Жангужина, Салтанат Р. Садвакасова, Меруерт М. Улыкпанова
ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ТАБИҒАТ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ҚАҚТЫҒЫСТАРЫНЫҢ КЕҢІСТІКТІК ҚҰРЫЛЫМЫ 91

Дана. С. Ахметова, Жанар. О. Озгелдинова, Нургуль. Е. Рамазанова, Айгуль. Е. Егінбаева, Рабига. Н. Кенжебай
КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІҢ ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ЛАНДШАФТТЫҚ ДИНАМИКАСЫНА ӘСЕРІ: КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ТАЛДАУ 100

Ырысжан Жакыпбек, Еркежан Е. Бегимжанова, Гульмира Б. Кезембаева, Серик В. Турсбеков, Женис Т. Кожаев
АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ АУАСЫН ЛАСТАУШЫ ЗАТТАРДЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІН КАРТОГРАФИЯЛЫҚ ТАЛДАУ 116

Сабина Т. Токсанбаева
ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЭКОГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ 132

Салтанат Р. Садвакасова, Аяжан Ұ. Шыныбек, Ерболат Н. Муканов, Ян А. Вендт, Тангал Т. Турсунова
ЛАНДШАФТТЫҚ АЛУАНТҮРЛІЛІКТІҢ ГИДРОЛОГИЯДАҒЫ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ (ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ МЫСАЛЫНДА) 139

ШОЛУ

Саят К. Алимкулов, Айсулу А. Турсунова, Ляззат К. Махмудова, Асель А. Сапарова, Кайрат М. Кулебаев, Айдана Т. Базарбек
ЖЕР БЕТІ СУ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ 148

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Жумахан С. Мустафаев, Алия Т. Козыкеева, Унзила Шугайып, Куаныш Б. Абдешев, Нуржан А. Турсынбаев
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК В ВОДОСБОРЕ БАССЕЙНА РЕКИ НУРА 8

Алия А. Нурбацина, Айсулу А. Турсунова, Жанат Т. Салаватова
ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА ТИПИЧНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РЕК БУКТЫРМА, ЕСИЛЬ, ЖАЙЫК) 24

Дильшад К. Сулейманлы
ПОСЛЕДСТВИЯ РЕЗКОГО ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 38

Асима Ғ. Көшім, Алия С. Актымбаева, Айгул М. Сергеева, Дамир.А. Канаткалиев, Мурат Ж. Махамбетов, Аида Б. Қалиева
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ ХРОМОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ) 45

Виталий Г. Сальников, Тамара Л. Тажибаева, Светлана Е. Полякова, Зуфар Р. Токпаев, Гульнур Т. Мусралинова, Ирина А. Миськив
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА 60

Екатерина А. Кузнецова, Шыңғыс С. Сәбит, Гульдана М. Минжанова, Корлан К. Хамитова
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ В АЛМАТЫ С УЧЕТОМ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА 77

Жандос Т. Мукаев, Жанар О. Озгелдинова, Алтын А. Жангужина, Салтанат Р. Садвакасова, Меруерт М. Улыкпанова
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА КОНФЛИКТОВ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА 91

Дана. С. Ахметова, Жанар. О. Озгелдинова, Нургуль. Е. Рамазанова, Айгуль. Е. Егінбаева, Рабига. Н. Кенжебай
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ЛАНДШАФТОВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ 100

Ырысжан Жакыпбек, Еркежан Е. Бегимжанова, Гульмира Б. Кезембаева, Серик В. Турсбеков, Женис Т. Кожаев
КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА ГОРОДА АЛМАТЫ 116

Сабина Т. Токсанбаева
СОВРЕМЕННОЕ ЭКОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК 132

Салтанат Р. Садвакасова, Аяжан Ұ. Шыныбек, Ерболат Н. Муканов, Ян А. Вендт, Тангал Т. Турсунова
ЗНАЧИМОСТЬ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ В ГИДРОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ) 139

ОБЗОР

Саят К. Алимкулов, Айсулу А. Турсунова, Ляззат К. Махмудова, Асель А. Сапарова, Кайрат М. Кулебаев, Айдана Т. Базарбек
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД 148

CONTENT

SCIENTIFIC ARTICLE

Zhumakhan Mustafayev, Aliya Kozykeyeva, Unzila Shugayyp, Kuanysh Abdeshev, Nurzhan Tursynbaev
ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE TREND OF CHANGES IN THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS IN THE WATER CATCHMENT OF THE NURA RIVER BASIN 8

Aliya Nurbatsina, Aisulu Tursunova, Zhanat Salavatova
INTRA-ANNUAL DISTRIBUTION OF RUNOFF OF TYPICAL RIVERS OF KAZAKHSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE BUKTYRMA, ESIL, ZHAYIK RIVERS) 24

Suleymanli Dilshad Kurbat kizi
CONSEQUENCES OF THE SHARP LOWERİNG OF THE CASPİAN SEA LEVEL İN THE COASTAL ZONE OF THE REPUBLIC OF AZERBAİJAN 38

Asima Koshim, Aliya Aktymbayeva, Aigul Sergeyeva, Damir Kanatkaliev, Murat Makhambetov, Aida Kaliyeva
ASSESSMENT OF THE IMPACT OF MINING ENTERPRISES IN THE AKTOBE REGION ON THE ENVIRONMENT (USING THE EXAMPLE OF CHROMIUM DEPOSITS) 45

Vitaly Salnikov, Tamara Tazhibayeva, Svetlana Polyakova, Zufar Tokpaev, Gulnur Musralinova, Irina Miskiv
INVENTORY OF AIR POLLUTION SOURCES IN THE WESTERN KAZAKHSTAN REGION 60

Ekaterina Kuznetsova, Shyngis Sabit, Guldana Minzhanova, Korlan Khamitova
ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN ALMATY BASED ON INTERNATIONAL EXPERIENCE 77

Zhandos Mukayev, Zhanar Ozgeldinova, Altyn Zhanguzhina, Saltanat Sadvakassova, Meruert Ulykpanova
SPATIAL STRUCTURE OF CONFLICTS OF RECREATIONAL NATURE MANAGEMENT IN EAST KAZAKHSTAN 91

Dana Akhmetova , Zhanar Ozgeldinova, Nurgul Ramazanova, Aigul Yeginbayeva, Rabiga Kenzhebay
THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE LANDSCAPE DYNAMICS OF TURKESTAN REGION: SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS 100

Yryszhan Zhakypbek, Yerkezhan Begimzhanova, Gulmira Kezembaeva, Serik Tursbekov, Zhenis Kozhayev
CARTOGRAPHIC ANALYSIS OF SPATIAL AND TEMPORAL CHANGES IN AIR POLLUTANTS IN ALMATY 116

S.T. Toxanbayeva
CURRENT ECO-GEOMORPHOLOGICAL CONDITION OF THE ZHAIYK RIVER BASIN 132

Saltanat Sadvakassova, Ayazhan Shynybek, Yerbolat Mukanov, Jan A. Wendt, Tangal Tursynova
IMPORTANCE OF LANDSCAPE DIVERSITY IN HYDROLOGY (ON THE EXAMPLE OF EAST KAZAKHSTAN REGION) 139

REVIEW

Sayat Alimkulov, Aisulu Tursunova, Lyazzat Makhmudova, Assel Saparova, Kairat Kulibayev, Aidana Bazarbek
METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE ASSESSMENT OF SURFACE WATER RESOURCES 148

Гидрометеорология и экология

Научная статья

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК В ВОДОСБОРЕ БАССЕЙНА РЕКИ НУРА

Жумахан С. Мустафаев[1]* д.т.н, Алия Т. Козыкеева[2] д.т.н., Унзила Шугайып[2],
Куаныш Б. Абдешев[3] PhD, Нуржан А. Турсынбаев[4] PhD

[1] АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; z-mustafa@rambler.ru (ЖСМ)
[2] Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; aliya270863@gmail.com (АТК), unzila8282@mail.ru (УШ)
[3] Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; abdeshev.kuanysh@mail.ru (КБА)
[4] Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; nurANT_78@mail.ru (НАТ)
Автор корреспондент: Жумахан С. Мустафаев, z-mustafa@rambler.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

среднегодовой расход воды
река
тенденция
линейный тренд
оценка
анализ

АБСТРАКТ

Для изучения пространственной и временной изменчивости среднегодового расхода воды рек в водосборе бассейна реки Нура использованы многолетние материалы гидрологических постов Бес-Оба, Шешенкара, Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева, а также рек Шерубайнура, Сокыр, Акбастау, Улкен-Кундызды и Кон, относительно равномерно расположенных в пределах бассейна с площадью 58100 км^2, с периодом наблюдений 1932…2021 годы. Анализ динамики гидрологических процессов в водосборе бассейна реки Нура показывает, что многолетние колебания среднегодовых расходов воды рек содержат стохастическую и детерминированную (в виде линейного тренда) компоненты.

Получены статистически достоверные оценки параметров циклической структуры многолетних колебаний (фаза, амплитуда, синхронности) среднегодовых расходов речной воды. Показано, что чередование многоводных лет с маловодными, связанные с фазами развития процесса многолетних колебаний стока, представимо в виде зависящих от времени функций, обладающих динамическими средними с различной интенсивностью. Это обстоятельство может послужить научной основой прогнозирования речного стока.

1. ВВЕДЕНИЕ

Особенности зоны формирования водных ресурсов Центрального Казахстана, отличающихся низкогорными системами, выполняющих важные стокообразующие функции, существенно влияют на водную и продовольственную безопасность и условия жизни населения. Эти функции определяют научную и практическую целесообразность изучения в пространственных и временных аспектах закономерности формирования речного стока, имеющие важное значение при решении практических задач водопользования и перспектив дальнейшего развития регионов Центрального Казахстана.

Водосборная территория бассейна реки Нура, берущее начало в низкогорьях Казахского мелкосопочника, относится к внутреннему бессточному району Центрального Казахстана. Река Нура относится к одной из основных водных артерий огромной Тенгиз-Кургальджинской впадины, которая входит в состав Коргалжынского природного заповедника и на протяжении тысячелетий служил пространственным базисом для природопользования, природообустройства и народонаселения.

Расположенный в глубине Евроазиатского континента у северной границы субтропической зоны, регион характеризуется континентальным климатом, неравномерным распределением атмосферных осадков, выполняющих важные стокообразующие функции, способствует формированию своеобразных гидрологических циклов во всех реках водосбора бассейна реки Нура, обусловленным снеговым и дождевым питанием.

По статье:
Получено: 27.10.2024
Пересмотрено: 19.02.2025
Принято: 20.02.2025
Опубликовано: 01.04.2025

Для цитирования:
Мустафаев Ж., Козыкеева А., Шугайып У., Абдешев К., Турсынбаев Н. Анализ и оценка тенденции изменения гидрологического режима рек в водосборе басеейна реки Нура // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 7-23.

Следовательно, изучение в пространственных и временных аспектах закономерностей формирования гидрологического стока в реках водосбора бассейна реки Нура определяют необходимость выявления основных тенденций в изменении среднегодового расхода воды, в рамках которых открывается возможность анализировать и прогнозировать динамику водных ресурсов на современном этапе, и прогнозировать на будущее в процессе изменения климата и антропогенной деятельности.

Существует большое количество работ, посвященных изучению особенностей формирования гидрологического стока на территории водосбора бассейна реки Нура, среди которых следует выделить работы:

- Л.К. Махмудовой [1], где представлены результаты оценки водных ресурсов рек Есиль и Нура в условиях антропогенной деятельности;

- М.Масимбаевой, М.Г. Макаровой [2], где с использованием разностно-интегральной кривой показана неравномерность динамики годового стока рек Есиль и Нура, которые могут различаться в сотни раз по годам;

- Р.Г. Абдрахимова и А.Г. Елтай [3], где приведены результаты расчетов характеристик годового и максимального стока по длине реки Нура, в условиях хозяйственного использования воды в ее бассейне;

- Р.Г. Абдрахимова и А.Г. Елтай [4], где рассмотрены расчетные характеристики минимального зимнего и летне-осеннего стока и их изменения с учетом хозяйственной деятельности по длине реки Нура;

- Р.К. Ащановой [5], направленных на определение нормы и изменчивости стока бассейна реки Нура, являющихся обновленной гидрологической базой составляющей в гидрологических расчетах при проектировании водохозяйственных систем;

- Ж.Куржынова и С.Н. Ахмединова [6], где приведены гидрологические, гидрохимические и гидробиологические характеристики обследованных участков реки Нура с учетом объема обеспеченного стока;

- А.С. Пшенчиновой, Кристиан Опп, Д.К. Джусупбекова [7], где для приближенной оценки нормы весеннего стока и модуля максимального стока неизученных рек Центрального Казахстана, получены зависимости слоя весеннего стока от площади водосбора и зависимости модуля максимального стока, для приближенной оценки величины весеннего стока неизученных рек Центрального Казахстана;

- Ф.Ж. Акияновой, Н. Б. Зинабдин, Ж. Е. Мусагалиевой, Е. М. Каракулова, М.А. Муздыбаева [8], где изучены водные ресурсы междуречья Нура-Есиль и предлагаются пути их рационального использования для устойчивой организации сельских территорий.

Как видно из проведенного анализа и подходов оценки гидрологического показателя рек бассейна реки Нура, направленных на решение частных задач, где в качестве аппарата исследования используется процесс формирования гидрологического стока речных бассейнов, не позволяют при различных предположениях о количественных и качественных аспектах исследуемого процесса получить цифровую информацию для создания базы данных и банка гидрологических изменений в пространственных и временных аспектах.

Наиболее эффективным инструментом системного анализа процессов формирования гидрологического режима рек бассейна реки Нура в пространственных и временных аспектах могут служить специальные системно-аналитические модели, базирующихся на теории современной математической статистики, отражающих тенденции изменения этого природного процессе во временном интервале и являющихся основным инструментарием, обеспечивающих адекватное описание реальных гидрологических процессов, которые представляют отличительную особенность предлагаемой научной работы в сравнение с существующими.

Цель исследования – анализ и оценка пространственно-временной изменчивости среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура для выявления основных тенденций их изменения и циклической их структуры.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования.

Река Нура, берущая начало с западных отрогов гор Кызылтас Каркаралы-Актауского низкогорного массива на высоте 1000…1200 м Казахского мелкосопочника является главной водной артерией огромной Тенгиз-Кургальджинской впадины и охватывает территорию Карагандинской (70 % от площади водосбора реки 58100 км^2) и Акмолинской (30 %) областей Республики Казахстан.

Наиболее крупными притоками реки Нура являются реки Сокур, Шерубайнура, Акбастау, Кон и Улкен Кундызды, берущих начала в горах Жаман-Каражал, Жаксы-Каражал, Жельдыадыр и Коянды, которые находятся в пределах Казахского мелкосопочника (рисунок 1).

Для выявления региональных особенностей гидрологического режима территории водосбора бассейна реки Нура проанализирована в пространственном и временном аспектах динамика стока на 10 гидрологических постах на реках, расположенных к северу от осевого хребта в горах Казахского мелкосопочника, которые относятся к Центральному Казахстану (рисунок 1 и таблица 1).



Рисунок 1. *Схема размещения гидрологических постов в водосборе бассейна реки Нура*

В работе использованы материалы из гидрологических ежегодников «Ресурсы поверхностных вод СССР…» [9], «Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Республики Казахстан…» (1936...1999 гг.) [10] и «Государственный водный кадастр Республики Казахстан…» (2000...2021 гг.) [11…12], где основным критерием при выборе гидрологических постов и рек была длительность рядов наблюдений за стоком более 20 лет с различной гидрологической обстановкой.

Оценки направленности и интенсивности изменений гидрологических параметров рек в пространственных и временных аспектах выполнены с использованием современных методов прикладной статистики, базирующихся на обработке и анализе гидрологических информаций с использованием цифровой технологии.

Для анализа и оценки количественного и качественного мониторинга рек бассейна Нура, с учетом современного состояния гидрологических наблюдений, использован метод «река аналога - река» или «река - река аналога», обеспечивающий восстановление пропущенных рядов по данным о стоке реки аналога или реки пункта, был взят метод линейной корреляции между двумя переменными, описывающий корреляционную линейную зависимость, имеющих следующий вид

$$\mathbf{QRP_i = \alpha \cdot QRA_i + b \rightarrow QRA_i = (QRP_i - b)/\alpha} \quad (1)$$

где $\boldsymbol{QRP_i}$- среднегодовые расходы воды реки - поста, м^3/с; $\boldsymbol{QRA_i}$- среднегодовые расходы воды реки – аналога, м^3/с; $\boldsymbol{\alpha = tg\alpha}$ – угловой коэффициент регрессии; $\boldsymbol{b}$ – ордината отклонения прямой линии от нулевой точки графика.

Таблица 1

Основные гидрологические характеристики рек водосбора бассейна реки Нура

Река- пункт	Площадь водосбора, км^2	Отметка нуля поста, м	Период наблюдений
Нура - Бес-Оба	1050	709,31	1935…1942, 1964…2021
Нура - Шешенкара	13890	540,36	1951…2021
Нура - Балыкты	17360	488,17	1935…2021
Нура - Акмешит	36800	411,35	1976…2021
Нура – Р. Кошкарбаева	50760	349,65	1932…2021
Шерубайнура - Карамурын	15400		1947…1957, 1965…2021
Сокыр -Акжар	1340	521,00	1948…1992, 2005…2021
Акбастау -Жаманаул	452	703,14	1955…1991
Кон - Берлик			1950…1991, 2001…2021
Улкен Кундыз - Скобелевна	461	452,34	1959…1991, 2008…2021

Для анализа и оценки особенностей развития динамики гидрологических процессов в реках водосбора бассейна реки Нура использован временный ряд, образованный среднегодовыми расходами воды ($\boldsymbol{QR_i}$) характеризующих значения гидрологического ряда в момент времени ($\boldsymbol{SNY_i}$). Детерминированная компонента в многолетних колебаниях речного стока выражается линейным трендом, имеющего следующий общий вид:

$$QP_i = \alpha \cdot SNY_i + b \qquad (2)$$

где $\boldsymbol{QP_i}$- среднегодовые расходы воды в реке, м^3/с; $\boldsymbol{\alpha}$ - коэффициент регрессии, показывающий изменение результата с изменением временного ряда на одну единицу; $\boldsymbol{b}$ – свободный параметр уравнении регрессии, показывающий значение временного ряда $\boldsymbol{QP_i}$при $\boldsymbol{SNY_i = 0}$; $\boldsymbol{SNY_i}$ – величина детерминированной компоненты колебаний речного стока в i -ом году.

При этом, уравнение детерминированного линейного тренда (2), характеризующий закон эволюции уровня гидрологического процесса во времени, свидетельствует о том, что формированию среднегодового расхода воды в речных бассейнах свойственна тенденция, являющейся функцией времени, которая может служит основанием для определения таких статистических показателей как:

- абсолютный прирост ($\boldsymbol{AISI_i}$), характеризующий увеличение или уменьшение количественного значения временного ряда ($\boldsymbol{SIEP_{ei}}$) в конце рассматриваемого периода ($\boldsymbol{EPUR_{ei}}$) по сравнению с его начального значения ($\boldsymbol{SIBP_{si}}$) в начале рассматриваемого периода ($\boldsymbol{BPUR_{si} = 1 = const}$), который определяется по уравнению:

$$\boldsymbol{AISI_i = SIEP_{ei} - SIBP_{si} = [(\alpha \cdot EPUR_{ei} + b) - (\alpha \cdot BPUR_{si} + b)] =}$$
$$\boldsymbol{= (\alpha \cdot EPUR_{ei} + b - \alpha \cdot BPUR_{si} + b)\ (\alpha \cdot EPUR_{ei} + \alpha \cdot BPUR_{si}) =}$$
$$= \alpha \cdot (EPUR_{ei} - BPUR_{si}) = \alpha \cdot (EPUR_{ei} - 1); \qquad (3)$$

- темп прироста исследуемого показателя ($QRIUS_i$) показывает относительную величину абсолютного прироста исследуемого показателя ($AISI_i$) за промежуток рассматриваемого периода, и рассчитывается по формуле:

$$QRIUS_i = AISI_i / EPUR_{si} = \{[\alpha \cdot (EPUR_{si} - 1)]/EPUR_{si}\} \cdot 100; \qquad (4)$$

- коэффициент роста исследуемого показателя ($\boldsymbol{GRIUS_i}$) представляет собой отношение количественного значения любого исследуемого показателя ($\boldsymbol{SIEP_{ei}}$) в конце рассматриваемого периода ($\boldsymbol{EPUR_i}$) к его начальному значению ($\boldsymbol{SIBP_{bi}}$) в начале рассматриваемого периода ($\boldsymbol{BPUR_i}$) и представлен следующей формулой:

$$\boldsymbol{GRIUS_i = SIEP_{ei}/SIEP_{bi} = (\alpha \cdot EPUR_{ei} + b)/(\alpha \cdot BPUR_{si} + b) =}$$
$$\boldsymbol{= (\alpha \cdot EPUR_{ei} + b)/(\alpha + b).} \qquad (5)$$

При этом структурный и системный анализ уравнений (2...5) свидетельствует о том, что формированию среднемноголетних годовых расходов воды речного бассейна

свойственна тенденция, являющаяся функцией времени, которая может служить основанием для долгосрочного прогнозирования, так как в уравнении (2) первые слагаемые выражают случайную часть гидрологического процесса, а последние - детерминированную часть этого процесса.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка гидрологического мониторинга и восстановления стока рек.

Для восстановления временного ряда гидрологического стока в основном используется метод линейной корреляции между двумя переменными. Этот метод широко применяется в гидрологических расчетах с целью приведения характеристики рядов стока с многолетними значениями путем восстановления пропущенных рядов по данным о стоке реки-аналога.

При выборе реки аналога необходимо учитывать пространственную связанность рассматриваемой гидрологической характеристики, базирующихся на сходстве климатических и гидрологических условий, географическую близость расположения водосборов иоднотипность стока реки - аналога и реки - пункта, а также с формами территориальной организации формирования гидрологического стока рек, то есть линейные, где гидрологические посты пророчены непосредственно к изучаемому бассейну реки и линейно-площадные, где зоны формирования гидрологического стока идентичны.

Анализ современного состояния гидрологического мониторинга рек бассейна реки Нура показал, что, во-первых, гидрологический пост Бес-Оба находится в зоне формирования стока, где антропогенные факторы не оказывают влияния на их гидрологический режим, во-вторых, отсутствующие гидрологические ряды в 1943…1963 годах можно восстановить с использованием данных гидрологического поста Шешенкара, который в этот период находился вне зоны антропогенной деятельности, в-третьих, в гидрологических расчетах в качестве метода аналога можно использовать прямое и обратное решение задачи по схеме «реки аналога - реки пункта» - «реки пункта - реки аналога», которая не противоречит принципу решения математической задачи, так как действующие гидрологические посты имели прерванные ряды наблюдений.

Для восстановления условно-естественного среднегодового расхода воды рек в водосборных территориях бассейна реки Нура в качестве предиктора выбран гидрологический пост Бес-Оба, расположенный в зоне формирования стока реки Нура, в рамках которого открывается возможность, где построение графиков зависимости среднегодового расхода воды реки-аналогу (QRA_i) и реки-пункта (QRP_i) с прерванными наблюдениями были произведены на основе программного обеспечения Microsoft Excel, в результате получены количественные значения параметров корреляционной линейной зависимости двух переменных (рисунки 2...3 и таблица 2).

Таблица 2

Корреляционные модели, характеризующие зависимость среднегодовых расходов воды между гидрологическими постами и реками аналога (река Нура-Бес-Оба) и река-пункта в водосборе бассейна реки Нура

Река- пункт	Уравнение регрессии	Индекс детерминации (R_i^2)
Нура- Шешенкара	$QRP_i = 5{,}7613 \cdot QRA_i + 0{,}2683$	0,7339
Нура - Балыкты	$QRP_i = 7{,}7110 \cdot QRA_i + 3{,}5219$	0,5202
Нура - Акмешит	$QRP_i = 15{,}22740 \cdot QRA_i + 7{,}3391$	0,6451
Нура-Р. Кошкарбаева	$QRP_i = 22{,}4840 \cdot QRA_i + 6{,}7136$	0,5277
Шерубайнура- Карамурын	$QRP_i = 5{,}2990 \cdot QRA_i + 1{,}7542$	0,6364
Сокыр - Акжар	$QRP_i = 1{,}3500 \cdot QRA_i + 0{,}4905$	0,5381
Акбастау - Жанааул	$QRP_i = 0{,}2053 \cdot QRA_i + 0{,}0457$	0,6013
Улкен-Кундыз -Скобелевка	$QRP_i = 1{,}7000 \cdot QRA_i + 0{,}2707$	0,5263
Кон -Берлик	$QRP_i = 4{,}0592 \cdot QRA_i + 0{,}3473$	0,5676

Анализ корреляционных моделей, характеризующие зависимость среднегодовых расходов воды между рекой аналога (QRA_i) и реки-пункта (QRP_i) в водосборе бассейна реки Нура (рисунки 2...3 и таблица 2) свидетельствует о том, что существует сильная корреляционная зависимость признака-результата QRA_i от фактора QRA_i, так как индекс

детерминации (R^2), выраженный квадратом линейного коэффициента корреляции ($R = \sqrt{R^2}$) достаточно высокий и изменяется от 0,5202 до 0,7339, а коэффициент корреляции, который изменяется от 0,7213 до 0,8597 показывает наиболее хорошую значимость.

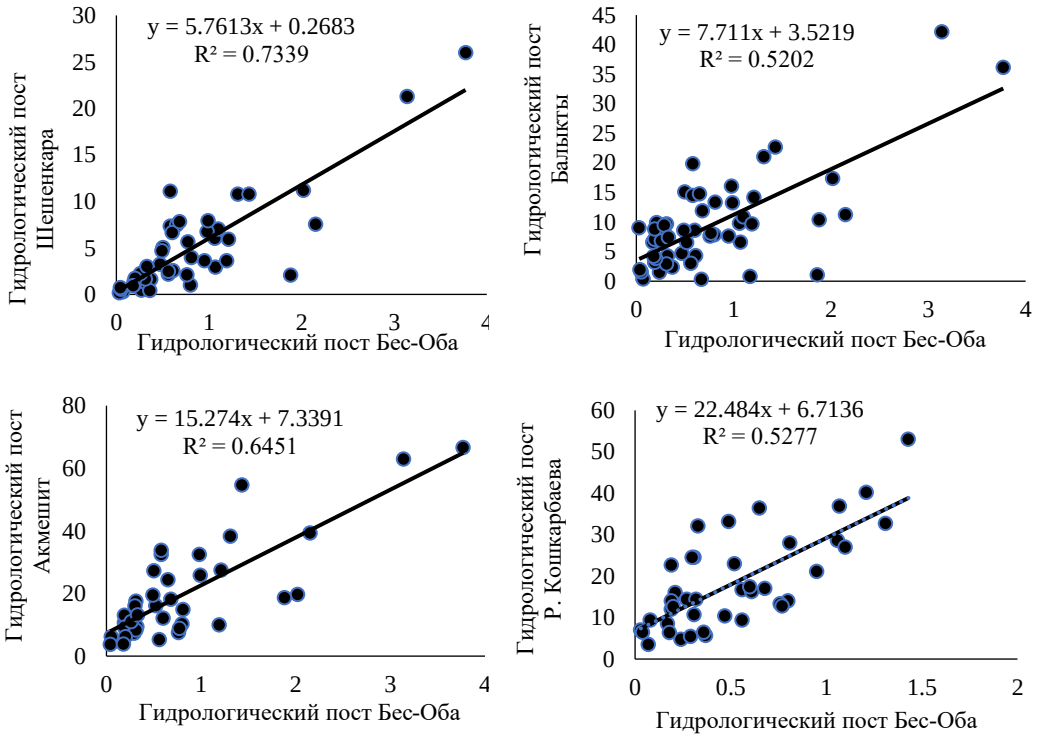


Рисунок 2. *График корреляционной связи между среднегодовым расходом воды гидрологического поста -аналога и гидрологического поста-пункта по рекам Нура*

Результаты, полученные в процессе анализа гидрологической информации корреляционной модели, характеризующие зависимость среднегодовых расходов воды между гидрологическими постами реки-аналога и реки-пункта в водосборе бассейна реки Нура с высокими коэффициентами корреляции, показывающих математический смысл и значимость могут быть использованы, при наличии данных наблюдений в реке-пунктах, в качестве аналогов для восстановления отсутствующих данных в реке-аналоге, что не противоречит закону математики и природы [13…15].

На основе накопленных данных гидрологического мониторинга рек на территории водосбора бассейна реки Нура за период 1932…2021 годы с использованием корреляционных моделей восстановлены среднегодовые расходы воды реки Нура в гидрологических постах Бес-Оба, Шешенкара, Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева, а также в реках Шерубайнура, Сокыр, Акбастау, Улкен Кундызды и Кон, что позволило созданию базы исследований, позволяющих в какой-то мере анализировать и прогнозировать динамику водных ресурсов в пространственных и временных аспектах.

Региональные особенности изменения гидрологического стока рек на территории водосбора бассейна реки Нура в пространственных и временных аспектах.

Для оценки репрезентативности среднего многолетнего значения гидрологического стока рек использованы разностные интегральные кривые, которые характеризуют изменения во времени нарастающей суммы отклонения значений среднегодового расхода воды рек от его среднего многолетнего значения [16..17]:

$$QR_i \rightarrow \sum_{i=1}^{N} QR_i \rightarrow (\sum_{i=1}^{N} QR_i/N = f(t) \rightarrow QAP_i \rightarrow QR_i/QAP_i \rightarrow MC_i, \quad (6)$$

$$MC_i \rightarrow (MC_i - 1) \rightarrow \sum_{i=1}^{N}(MC_i - 1), \quad (7)$$

где, QR_i – среднегодовые значения расхода воды реки временного ряда; N – продолжительность временного ряда или число лет непрерывных наблюдений; QAP_i - среднеарифметические значения расходов воды реки временного ряда; MC_i- модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики.

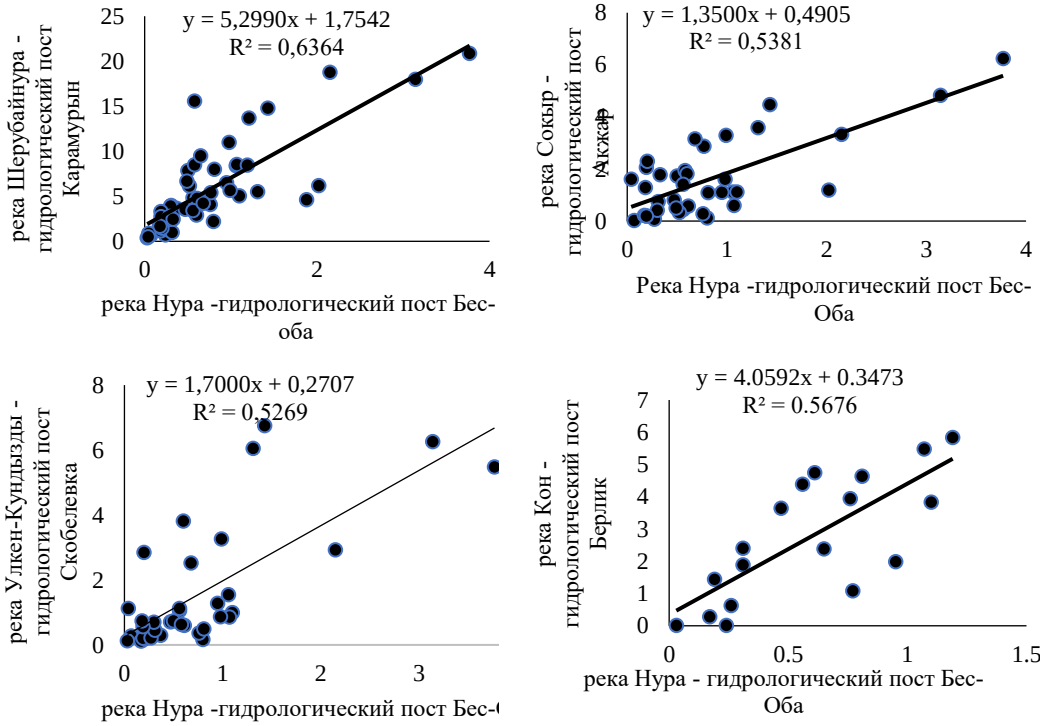


Рисунок 3. *График корреляционной связи между среднегодовым расходом воды реки-аналога и реки-пункта по рекам бассейна реки Нура*

Сравнение разностно-интегральных кривых среднегодового расхода воды реки бассейна Нура (рисунок 4) показывает, что за более чем 90 - летний период в долговременных изменениях основных фаз водного режима на каждой из рек выделяются длительные фазы повышения и понижения среднегодового расхода воды разной продолжительности. Набор таких фаз по гидрологическим постам в бассейне реки Нура, их последовательность и характер значительно отличаются между собой, так как фаза повышения водности Бес-Оба и Акмешит наблюдается с 1945 по 1994 годы, а затем с 1995 года начинается фаза понижения водности до конца рассматриваемого периода. В гидрологическом посте Шешенкара повышение водности наблюдается с 1945 года по 1975 год, а с 1976 года начинается фаза понижения водности до 2018 года. Характер изменения среднегодового расхода воды в гидрологических постах Балыкты и Р. Кошкарбаева практически мало отличается, так как за рассматриваемый период наблюдается фаза понижения водности, что обусловлено не влияниями климатических факторов, а воздействием антропогенных факторов.

Анализ разностно-интегральных кривых среднегодовых расходов воды рек водосбора бассейна реки Нура показал (рисунок 5), что, несмотря на значительную вариабельность по годам, для всех рек изучаемого региона характерны общие закономерности изменения, так как на реках Шерубайнура, Сокыр, Акбастау, Улкен-Кундызды и Кон в начале рассматриваемого периода наблюдается ритм пониженной водности от 1932 года до 1944 года, имеющих относительно небольшую длительность (12 лет). На всех рассматриваемых реках водосбора бассейна реки Нура с 1945 года отчетливо выделяется фаза повышения водности с различной продолжительностью. Повышенная водность реки Шерубайнура продолжалась до 1977 года, Сокыр – до 1952 года, Акбастау – до1983 года, Улкен-Кундызды – до 1969 года и Кон – до 1967 года.

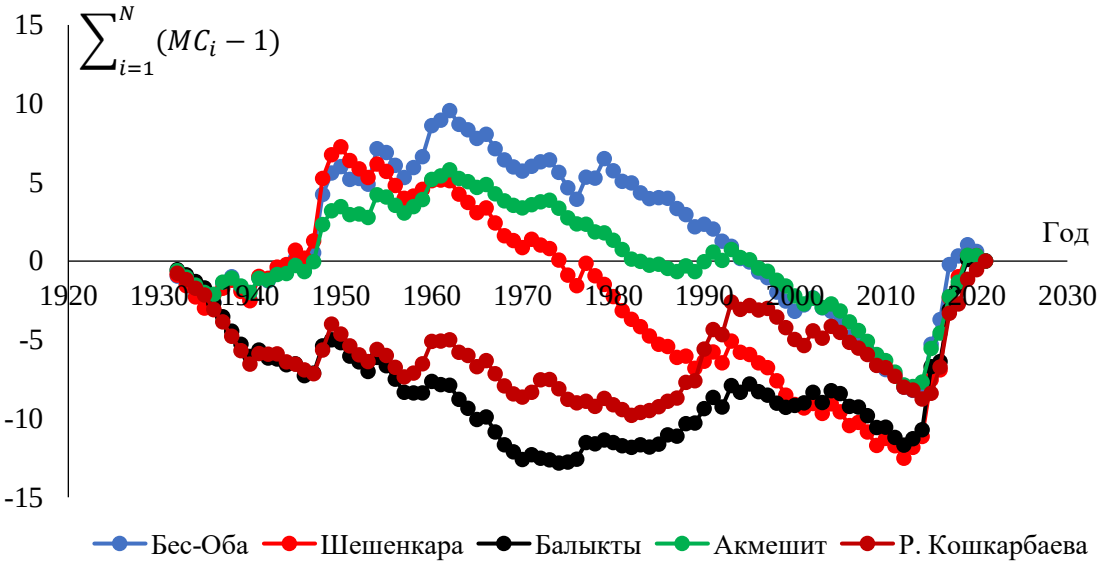


Рисунок 4. *Разностно-интегральные кривые среднегодовых расходов воды реки бассейна Нура*

При этом в конце рассматриваемого периода наблюдается повышение водности во всех изучаемых реках, продолжительности которых варьируется в достаточно широких пределах до 2018 года, а с 2019 года отмечается фазы повышения среднегодового расхода воды во всех реках бассейна реки Нура.

Результаты анализа совмещенных разностных интегральных кривых среднегодовых расходов воды рек Шерубайнура, Сокыр, Акбастау, Улкен-Кундызды и Кон (рисунок 5), а также реки Нура в пределах гидрологических постов Бес-Оба, Шешенкара и Акмешит (рисунок 4) показывают, что их колебания синхронны, а между гидрологическими постами Балыкты и Р. Кошкарбаева асинхронно, что требует необходимости учитывать их при оценке водообеспеченности населения, территории и объектов экономики, а также территориальной организации водопользования в условиях дефицита водных ресурсов.

Общие закономерности изменения среднегодового расхода воды рек на территории водосбора реки Нура.

При изучении тенденции развития динамических процессов и явлений широко используются кривые роста, представленных в виде математических функций одной переменной во временных аспектах, позволяющих вычисление их статистических характеристик абсолютного роста, темпа прироста и коэффициента прироста [18…20].

Для оценки тенденции изменений среднегодового расхода воды в реках водосбора реки Нура, на основе созданной базы исследования по гидрологическим показателям за период 1932…2021 годы, выполнены статистические расчеты и построены графики линейного тренда (рисунки 6…9).

Анализ графиков, приведенных на рисунках 6…8, показывает, что многолетние колебания среднегодовых расходов воды рек в бассейне реки Нура в пространственных и временных аспектах относятся к разряду сложных природных процессов и им свойственна не только стохастическая составляющая, но и также обладает детерминированной составляющей в виде линейного тренда.

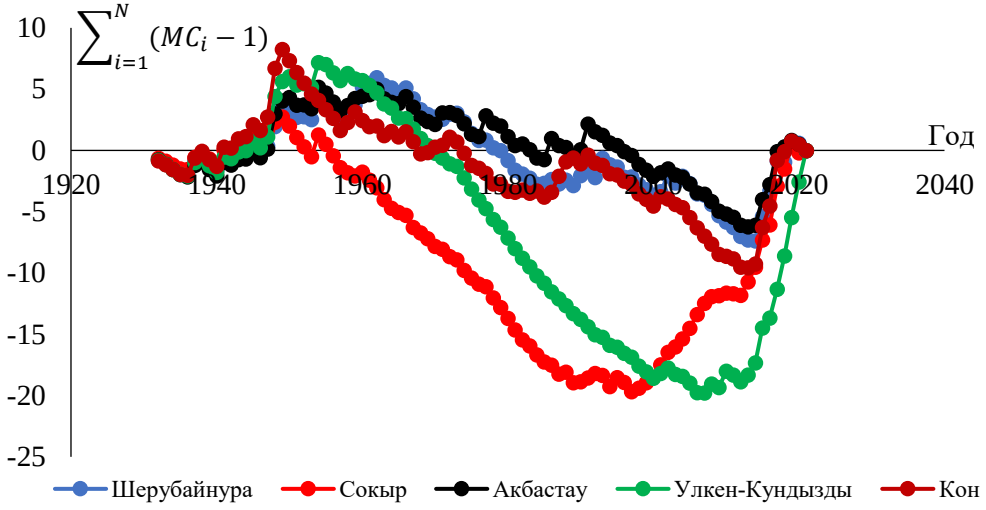


Рисунок 5. *Разностно-интегральные кривые среднегодовых расходов воды рек водосбора бассейна реки Нура*

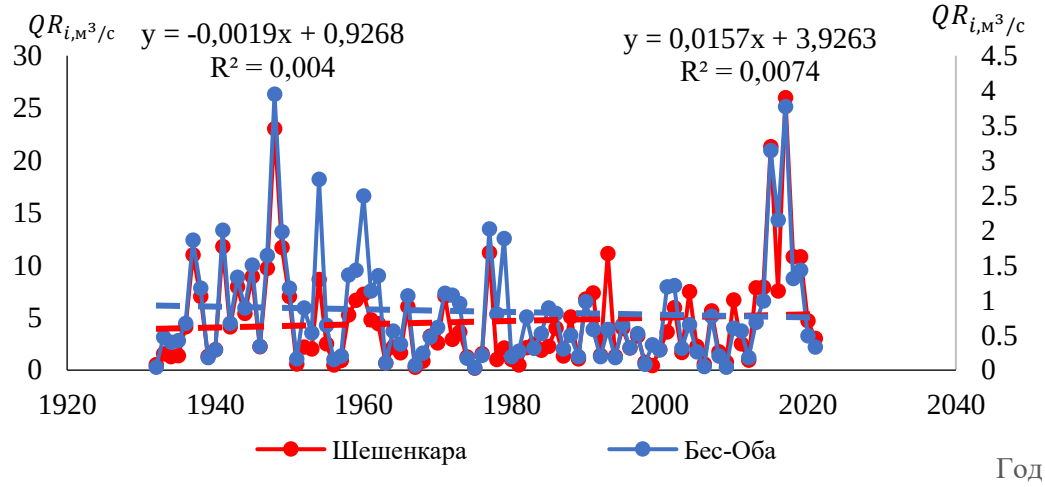


Рисунок 6. *График изменения среднегодового расхода воды реки Нура по гидрологическим постам Бес-Оба (1-правая ордината) и Шешенкара (2-левая ордината) за 1932...2021 годы и их линейный тренд*

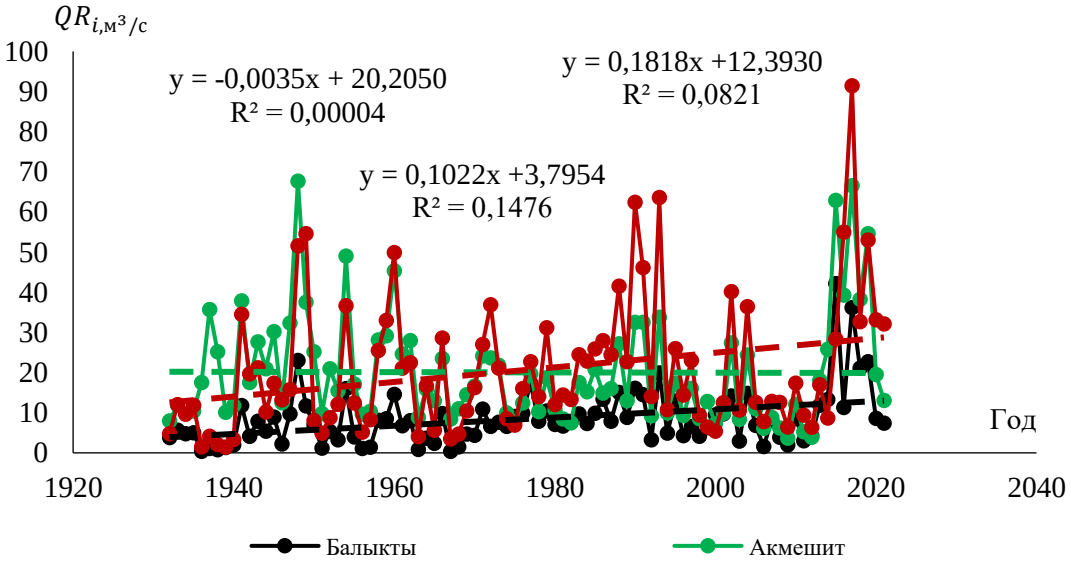


Рисунок 7. *График изменения среднегодового расхода воды реки Нура по гидрологическим постам Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева за 1932...2021 годы и их линейный тренд*

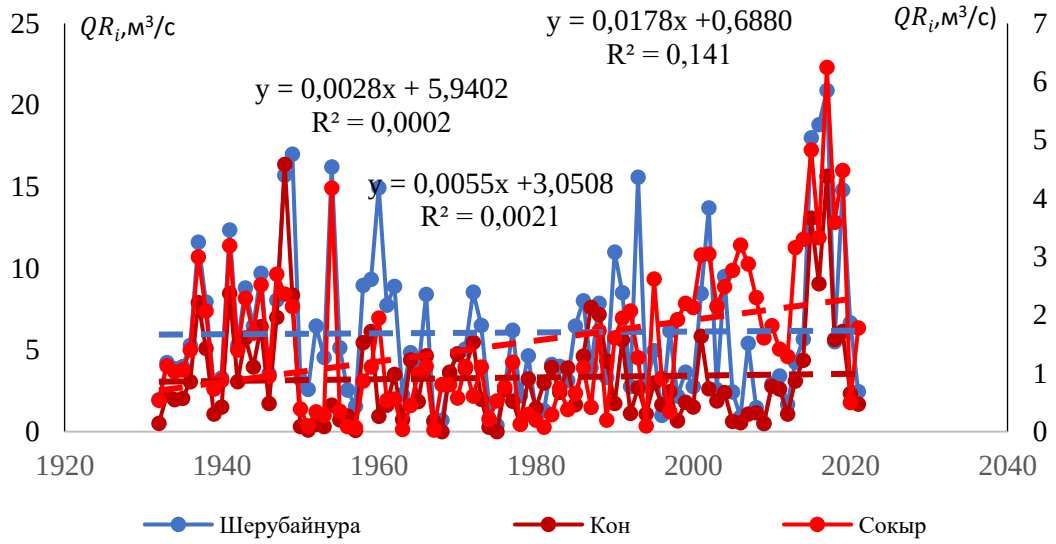


Рисунок 8. *График изменения среднегодового расхода воды рек Шерубайнура (1-левая ордината), Сокыр (2- правая ордината) и Кон (3-левая ордината) за 1932...2021 годы и их линейный тренд*

Статистически обоснованная оценка тенденции изменения среднегодового расхода воды рек бассейна реки Нура и их функциональные уравнения служат не только научной основой для прогнозирования притока речных вод в отдельных гидрологических постах, а также является математическим инструментарием для определения их абсолютного прироста, темпа прироста и коэффициента прироста, отражающие изменения климатических и физико-географических процессов на водосборной территории речного бассейна, характерное для современного периода (начиная с середины 32-х годов XX века и по настоящее время).

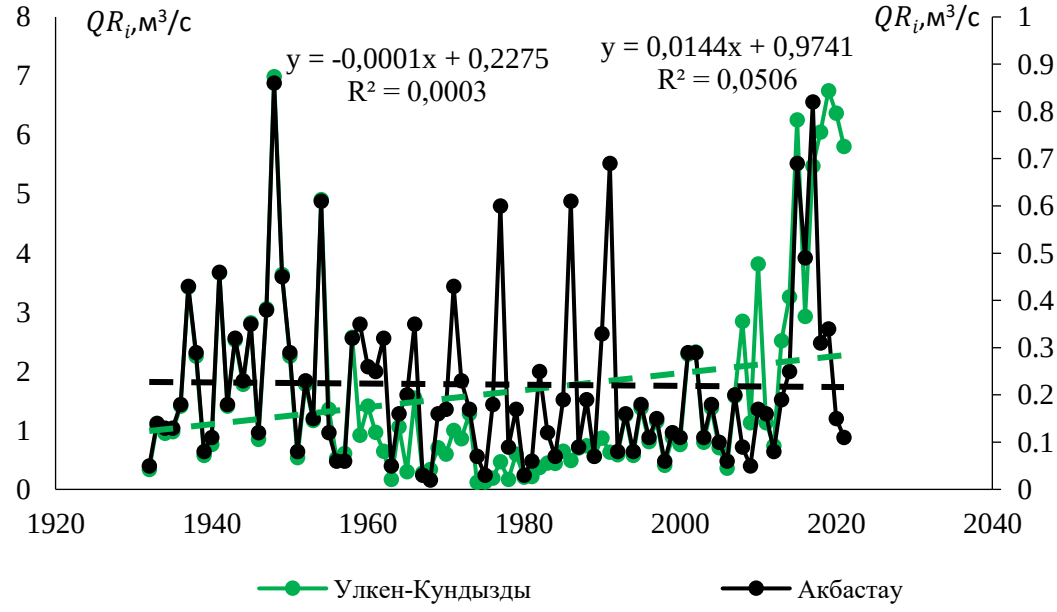


Рисунок 9. *График изменения среднегодового расхода воды рек Акбастау (1-правая ордината) и Улкен Кундызды (2-левая ордината) за 1932...2021 годы и их линейный тренд*

Анализ динамики многолетних колебаний среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура показывает, что им свойственна не только стохастическая составляющая, но также они обладают и детерминированной составляющей в виде равнонаправленных (положительных и отрицательных) линейных трендов, способствующих к изменению в небольших диапазонах их статистических параметров за 1932…2021 годы (таблица 3).

Таблица 3

Статистические параметры среднегодового расхода воды рек на территории бассейна реки Нура

Река- пункт	Гидрологическая характеристика рядов среднегодового расхода воды рек за рассматриваемый период, м³/с				
	начало	конца	max	min	среднее
Нура -Бес-Оба	0,04	0,33	3,77	0,03	0,84
Нура- Шешенкара	0,51	3,01	21,30	0,48	4,64
Нура - Балыкты	3,83	7,44	42,20	0,36	8,44
Нура - Акмешит	7,95	3,10	66,60	3,68	20,05
Нура-Р. Кошкарбаева	4,76	32,10	91,48	2,10	20,67
Шерубайнура- Карамурын	1,97	2,46	20,90	0,40	6,08
Сокыр - Акжар	0,54	1,78	6,25	0,07	1,50
Акбастау - Жанааул	0,05	0,11	0,86	0,02	0,22
Улкен-Кундыз -Скобелевка	0,34	5,81	6,99	0,12	1,63
Кон -Берлик	0,51	1,69	16,38	0,11	3,30

На основе созданной базы исследования по гидрологическим показателям рек на территории водосбора бассейна реки Нура, достаточно длительного ряда наблюдений с продолжительностью 90 лет, получили функциональную гидрологическую модель, базирующуюся на линейном тренде и позволяющую, прежде всего, оценить, как изменяется динамически среднегодовые расходы воды рек за рассматриваемый расчетный период (таблица 4).

Таблица 4

Линейно-корреляционная гидрологическая модель среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура

Река- пункт	Уравнение регрессии	Индекс детерминации (R_i^2)
Нура -Бес-Оба	$QP_i = -0{,}0{,}0019 \cdot SNY_i + 0{,}9268$	0,00400
Нура- Шешенкара	$QP_i = 0{,}0157 \cdot SNY_i + 3{,}9263$	0,00740
Нура - Балыкты	$QP_i = 0{,}1022 \cdot SNY_i + 3{,}7954$	0,14760
Нура - Акмешит	$QP_i = -0{,}0035 \cdot SNY_i + 20{,}2050$	0,00004
Нура-Р. Кошкарбаева	$QP_i = 0{,}1818 \cdot SNY_i + 12{,}3930$	0,08210
Шерубайнура- Карамурын	$QP_i = 0{,}0028 \cdot SNY_i + 5{,}9402$	0,00020
Сокыр - Акжар	$QP_i = 0{,}0178 \cdot SNY_i + 0{,}6880$	0,14100
Акбастау - Жанааул	$QP_i = -0{,}0001 \cdot SNY_i + 0{,}2275$	0,00030
Улкен-Кундыз -Скобелевка	$QP_i = 0{,}0144 \cdot SNY_i + 0{,}9741$	0,05060
Кон -Берлик	$QP_i = 0{,}0055 \cdot SNY_i + 3{,}0508$	0,03750

Для выявления характера тенденции и интенсивности изменения среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура на основе временных рядов использованы статистические показатели, как абсолютного прироста, темпа прироста и коэффициента прироста, позволяющих отследить скорость протекания этих процессов и явлений (таблица 5).

Таблица 5

Статистическая оценка тенденции изменения среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура

Река- пункт	Статистические показатели тенденции изменения во времени среднегодового расхода воды рек (QP_i)		
	$AISI_i$	$AISI_i$	$GRIUS_i$
Нура -Бес-Оба	-0,1691	-0,0019	0,8192
Нура- Шешенкара	1,3973	0,0155	1,3505
Нура - Балыкты	9,0958	0,1011	3,3075
Нура - Акмешит	-0,3115	-0,0035	0,9848
Нура - Р. Кошкарбаева	16,1802	0,1798	2,2723
Шерубайнура - Карамурын	0,2492	0,0028	1,0415
Сокыр - Акжар	1,5842	0,0176	3,2193
Акбастау - Жанааул	-0,0089	-0,0001	0,9613
Улкен-Кундыз - Скобелевка	1,2816	0,0142	2,3264
Кон - Берлик	0,4895	0,0054	1,1584

Анализ динамики среднегодового расхода воды бассейна реки Нура в разрезе гидрологических постов и рек показал, что за рассматриваемый период 1932…2021 годы,

тренды их неравнозначно, что может быть связано с их географическим и высотным положением и показателя типа питания:

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста Бес-Оба, расположенного в зоне формирования стока отрицательная, наблюдается их изменение от 0,04 до 0,33 м^3/с, среднеарифметическая – 0,84 м^3/с, максимальная – 3,77 м^3/с и минимальная -0,03 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «-» 0,1691 м^3/с, темп прироста – «-» 0,0019 м^3/с и коэффициент роста – 0,8192 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста села Шешенкара, расположенного в зоне транзита геостока положительная, наблюдается их изменение от 0,51 до 3,01 м^3/с, среднеарифметическая – 4,64 м^3/с, максимальная – 21,30 м^3/с и минимальная -0,48 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 1,3973 м^3/с, темп прироста – «+» 0,0155 м^3/с и коэффициент роста –1,3505 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста села Балыкты, расположенного в зоне аккумуляции геостока положительная, наблюдается их изменение от 3,83 до 7,44 м^3/с, среднеарифметическая – 8,44 м^3/с, максимальная – 42,20 м^3/с и минимальная -0,36 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 9,0958 м^3/с, темп прироста – «+» 0,1011 м^3/с и коэффициент роста –3,3075 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста село Акмешит, расположенного в зоне рассеивания геостока отрицательная, наблюдается их изменение от 7,95 до 13,10 м^3/с, среднеарифметическая – 20,05 м^3/с, максимальная – 66,60 м3/с и минимальная -3,68 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «-» 0,3115 м^3/с, темп прироста – «-» 0,0035 м^3/с и коэффициент роста –0,9848 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста село Р. Кошкарбаева, расположенного в зоне рассеивания геостока положительная, наблюдается их изменение от 4,76 до 32,10 м^3/с, среднеарифметическая – 20,67 м^3/с, максимальная – 91,48 м^3/с и минимальная -2,10 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 16,1802 м^3/с, темп прироста – «+» 0,1798 м^3/с и коэффициент роста – 2,2723 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Шерубайнура в створе гидрологического поста село Карамурын, положительная, наблюдается их изменение от 1,97 до 2,46 м^3/с, среднеарифметическая – 6,07 м^3/с, максимальная – 20,90 м^3/с и минимальная -0,40 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 0,2492 м^3/с, темп прироста – «+» 0,0028 м^3/с и коэффициент роста – 1,0415 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Сокыр в створе гидрологического поста село Акжар, положительная, наблюдается их изменение от 0,54 до 1,78 м^3/с, среднеарифметическая – 1,50 м^3/с, максимальная – 6,25 м^3/с и минимальная -0,07 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 1,5842 м^3/с, темп прироста – «+» 0,0176 м^3/с и коэффициент роста – 3,2193 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Акбастау в створе гидрологического поста село Жанааул отрицательная, наблюдается их изменение от 0,05 до 0,11 м^3/с, среднеарифметическая – 0,22 м^3/с, максимальная – 0,86 м^3/с и минимальная -0,02 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «-» 0,0089 м^3/с, темп прироста – «-» 0,0001 м^3/с и коэффициент роста – 0,9613 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Улкен-Кундыз в створе гидрологического поста село Скобелевка, положительная, наблюдается их изменение от 0,34 до 5,81 м^3/с, среднеарифметическая – 1,63 м^3/с, максимальная – 6,99 м^3/с и минимальная -0,12 м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 1,2816 м^3/с, темп прироста – «+» 0,0142 м^3/с и коэффициент роста – 2,3264 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Кон в створе гидрологического поста село Берлик, положительная, наблюдается их изменение от 0,51 до 1,69 м^3/с, среднеарифметическая – 3,30 м^3/с, максимальная – 16,38 м^3/с и минимальная -0,11

м^3/с, абсолютный прирост составляет – «+» 0,4895 м^3/с, темп прироста – «+» 0,0054 м^3/с и коэффициент роста – 1,1584 за 90 лет;

Анализ и оценки динамики и закономерностей формирования среднегодового расхода воды рек, а также тенденции и интенсивности их изменения на территории бассейна реки Нура в пространственных и временных аспектах позволили выявить их стокообразующие особенности, зависящих от вида и режима атмосферных осадков низкогорных систем Казахского мелкосопочника.

На основе выполненного исследования, следует отметить, что с увеличением длительности временных гидрологических рядов изучаемых рек в пространственных и временных аспектах созданы необходимые предпосылки для выявления основных закономерностей развития гидрологических процессов, что позволяет получить более надежные и обоснованные прогнозы о будущих гидрологических режимах речных бассейнов.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в процессе гидрологического мониторинга по гидрологическими постами Бес-Оба, Шешенкара, Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева бассейна реки Нура, а также в реках Шерубайнура, Сокыр, Акбастау, Улкен-Кундыз и Кон, за 1932…2021 годы, позволили на основе цифровой технологии создать базу исследования среднегодового расхода воды и на основе их получить систему линейных уравнений, характеризующих зависимость среднегодовых расходов воды между гидрологическими постами и реками аналога (река Нура - Бес-Оба) и реками-пункта, дала возможность восстановить и увеличить длительность временных гидрологических рядов, которые могут быть использованы для территориального планирования водопользования.

Для исследования циклических многолетних колебаний среднегодового расхода воды рек Нура, Шерубайнура, Сокыр, Акбастау, Улкен-Кундыз и Кон использован метод нормированных разностных интегральных кривых и в результате которых получено статистическое обоснование параметров циклов, обнаруженных в синхронных и асинхронных колебаниях речного стока, которые взаимосвязаны со стокообразующими факторами и свойственны наряду со статистическими среднемноголетними величинами и динамические, являющиеся функциями во времени, которые могут быть использованы для решения насущных производственных вопросов.

Для анализа и оценки особенностей формирования гидрологических процессов, на основе созданной базы исследований, базирующихся на временных рядов среднегодового расхода воды рек бассейна реки Нура за 1932...2021 годы, в рамках использования метода тенденции, путем экстраполирования его уравнения связи, характеризующих закон эволюции гидрологического процесса во времени, получены функциональные уравнения, в виде равнонаправленных (положительных и отрицательных) линейных трендов, являющихся математическим инструментарием для определения их абсолютного прироста, темпа прироста и коэффициента прироста, что позволяют анализировать и прогнозировать динамику водных ресурсов на современном этапе, и прогнозировать на будущее в процессе изменения климата и антропогенной деятельности.

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ЖСМ, АТК; управление данными- ЖСМ; формальный анализ – УШ, КБА, НАТ; методология - ЖСМ, АТК; программное обеспечение -ЖСМ, АТК; руководство -ЖСМ; визуализация -АТК, КБА, НАТ; написание исходного текста – АТК, КБА, НАТ; написание и редактирование окончательного текста- АТК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Махмудова Л.К. Оценка водных ресурсов рек Центрального Казахстана: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. - Алматы, 2010. – 123 с.
2 Масимбаева М., Макарова М.Г. Динамика годового стока рек Центрального Казахстана (на примере реки Есиль и Нура) // Сборник статей «Геология, геоэкология, эволюционная география». – Москва: РГПУ им А.И. Герцина. – 2014. - том XII/- С. 165-168.
3 Абдрахимов Р.Г., Елтай А.Г. Характеристика годового и максимального стока реки Нура // Гидрометеорология и экология. – 2016.- №1. – С. 80-86.

4 Абдрахимов Р.Г., Елтай А.Г. Минимальный сток реки Нура // Вестник КазНУ, серия географическая. – 2016.- №1(423). - С. 64 - 68.
5 Ащанова Р.К. Определение нормы и изменчивости стока рек бассейна Нура // Гидрометеорология и экология. – 2017.- №2. – С. 79-89.
6 Куржынова Ж., Ахмадинова С.Н. Анализ гидрологического и гидрохимического режимов реки Нура // Наука среди нас. – 2018. - №7 (11). - С. 32-38.
7 Пшенчинова А.С., Кристиан Опп, Джусупбеков Д.К. Определение характеристик стока весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений //Вестник КазНУ, Серия географическая. – 2019.- №3(54).- С. 42-48.
8 Акиянова Ф. Ж., Зинабдин Н. Б., Мусагалиева Ж. Е., Каракулов Е. М. Муздыбаев М. А. Устойчивое использование водных ресурсов в междуречье Нура-Есиль (Казахстан) для развития сельских районов // Труды университета. – 2024. - №2 (95). – С. 89-94.
9 Ресурсы поверхностных вод СССР, Центральный и Южный Казахстан (том13), Карагандинская область (выпуск 1). - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1966. - 482 с.
10 Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Республики Казахстан (том V), Бассейны рек озера Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (выпуск 4) (1936-1987). - Обнинск: ВНИИИГМИ-МЦД, 1938-1989. – 258 с.
11 Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Республики Казахстан (том V), Бассейны рек озера Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (выпуск 4) (1988-2000). - Алматы, 1989-2002. – 258 с.
12 Государственный водный кадастр Республики Казахстан, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод реки и каналы (часть1), Бассейны рек Нура и Сарысу (выпуск 8). - Алматы, 2003-2023.- 63 с.
13 Баженова Л.В. Оценка гидрологического мониторинга и восстановление стока рек методом парной корреляции // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. - № 3.- С. 134-140.
14 Буренина Т. А., Прысов Д. А., Федотова Е. В. Влияние климатических и антропогенных факторов на гидрологический режим рек юга Красноярского края // Сибирский лесной журнал. – 2018. - №2.- С. 48-60.
15 Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдешев К.Б., Турсынбаев Н.А. Гидрологический профиль реки на водосборной территории бассейна Асса-Талас с учетом техноприродных процессов //Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». – 2023.- № 2(110). – С. 174-188.
16 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / А. В. Рождественский, А. Г. Лобанов (ред.). Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - 447 с.
17 Владимиров А. М. Гидрологические расчеты: учебн. для вузов по спец. «Гидрология суши». - Л.: Гидрометеоиздат, 1990. - 364 с.
18 Исмайылова И.Г., Исмайылов Г.Х., Раткович Л.Д., Муращенкова Н.В., Перминов А.В. Анализ и прогноз речных вод в зоне формирования стока реки Волги методом тенденций // Природообустройство. – 2022. – № 2. – С. 69-78.
19 Васильева Д. Ю., Водопьянова В. В., Закирзянова Ш. И., Кенжебаева А. Ж., Семенов В. А., Сивохип Ж. Т. Корреляционные связи многолетних колебаний месячного и годового стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. – 2020.- Т. 84. - № 3. - С. 414–426.
20 Жуков И.А., Айбулатов Д.Н. Тенденции изменений водного режима малых рек бассейна Волги за период инструментальных наблюдений //Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2024. - Т. 79. - № 6.- С. 81-90.

REFERENCES

1. Makhmudova L.K. Ocenka vodnyh resursov rek Central'nogo Kazahstana[Assessment of water resources of rivers in Central Kazakhstan]: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskih nauk, Almaty, 2010, 123 p. [in Russian]
2. Masimbaeva M., Makarova M.G. Dinamika godovogo stoka rek Central'nogo Kazahstana (na primere reki Esil' i Nura) [Dynamics of the annual runoff of the rivers of Central Kazakhstan (on the example of the Yesil and Nura rivers)]. Sbornik statej «Geologija, geojekologija, jevoljucionnaja geografija», Moskva: RGPU im A.I. Gercina, 2014, Vol. XII, pp. 165-168. [in Russian]
3. Abdrakhimov R.G., Yeltay A.G. Harakteristika godovogo i maksimal'nogo stoka reki Nura [Characteristics of the annual and maximum runoff of the Nura River]. Gidrometeorologija i jekologija, 2016, No.1, pp. 80-86. [in Russian]
4. Abdrakhimov R.G., Yeltay A.G. Minimal'nyj stok reki Nura [Minimum flow of the Nura River]. Vestnik KazNU, serija geograficheskaja, 2016. No.1 (423), pp. 64 - 68. [in Russian]
5. Ashchanova R.K. Opredelenie normy i izmenchivosti stoka rek bassejna Nura [Determination of the norm and variability of the flow of rivers in the Nura basin], Gidrometeorologija i jekologija, 2017. No. 2, pp. 79-89. [in Russian]
6. Kurzhynova Zh., Akhmadinova S.N. Analiz gidrologicheskogo i gidrohimicheskogo rezhimov reki Nura [Analysis of the hydrological and hydrochemical regimes of the Nura River]. Nauka sredi nas, 2018, No. 7 (11), pp. 32-38. [in Russian]
7. Pshenchinova A.S., Christian Opp, Dzhusupbekov D.K. Opredelenie harakteristik stoka vesennego polovod'ja pri otsutstvii dannyh nabljudenij [Determination of the characteristics of the spring flood runoff in the absence of observation data]. Vestnik KazNU, Serija geograficheskaja, 2019, No. 3(54), pp. 42-48. [in Russian]
8. Akiyanova F. Zh., Zinabdin N. B., Musagalieva Zh. E., Karakulov E. M. Muzdybaev M. A. Ustojchivoe ispol'zovanie vodnyh resursov v mezhdurech'e Nura-Esil' (Kazahstan) dlja razvitija sel'skih rajonov [Sustainable use of water resources in the Nura-Yesil interfluve (Kazakhstan) for the development of rural areas]. Trudy universiteta, 2024, No. 2 (95), pp. 89-94. [in Russian]
9. Resursy poverhnostnyh vod SSSR, Central'nyj i Juzhnyj Kazahstan (tom13), Karagandinskaja oblast' (vypusk 1) [Surface water resources of the USSR, Central and Southern Kazakhstan (volume 13), Karaganda region (issue 1)]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966, 482 p. [in Russian]
10. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr, Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod, Respubliki Kazahstan (tom V), Bassejny rek ozera Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana (vypusk 4) [State water cadastre, Annual data on the regime and resources of surface waters, Republic of Kazakhstan (volume V), River basins of Lake Balkhash and endorheic areas of Central Kazakhstan (issue 4)] (1936-1987). Obninsk: VNIIIGMI-MCD, 1938-1989, 258 p. [in Russian]
11. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr, Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod, Respubliki Kazahstan (tom V), Bassejny rek ozera Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana (vypusk 4) [State Water Cadastre, Annual data on the regime and resources of surface waters, Republic of Kazakhstan (volume V), River basins of Lake Balkhash and endorheic regions of Central Kazakhstan (issue 4)] (1988-2000). Almaty, 1989-2002, 258 p. [in Russian]
12. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Kazahstan, Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod reki i kanaly (chast'1), Bassejny rek Nura i Sarysu (vypusk 8) [State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan, Annual data on the regime and

resources of surface waters of rivers and canals (part 1), River basins of the Nura and Sarysu (issue 8)]. Almaty, 2003-2023, 63 p. [in Russian]
13. Bazhenova L.V. Ocenka gidrologicheskogo monitoringa i vosstanovlenie stoka rek metodom parnoj korreljacii [Assessment of hydrological monitoring and restoration of river runoff by the pair correlation method]. Nauka, novye tehnologii i innovacii Kyrgyzstana, 2018, No. 3, pp. 134-140. [in Russian]
14. Burenina T.A., Prysov D.A., Fedotova E.V. Vlijanie klimaticheskih i antropogennyh faktorov na gidrologicheskij rezhim rek juga Krasnojarskogo kraja [Influence of climatic and anthropogenic factors on the hydrological regime of rivers in the south of Krasnoyarsk Krai]. Sibirskij lesnoj zhurnal, 2018, No. 2, pp. 48-60. [in Russian]
15. Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Abdeshev K.B., Tursynbayev N.A. Gidrologicheskij profil' reki na vodosbornoj territorii bassejna Assa-Talas s uchetom tehnoprirodnyh processov [Hydrological profile of the river in the catchment area of the Assa-Talas basin taking into account technonatural processes]. Vestnik Karagandinskogo universiteta. Serija «Biologija. Medicina. Geografija», 2023, No. 2 (110), pp. 174-188. [in Russian]
16. Posobie po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskih harakteristik [Manual for determining the calculated hydrological characteristics] / A. V. Rozhdestvensky, A. G. Lobanov (eds.). L.: Gidrometeoizdat, 1984, 447 p. [in Russian]
17. Vladimirov A. M. Gidrologicheskie raschety: uchebn. dlja vuzov po spec. «Gidrologija sushi» [Hydrological calculations: textbook for universities in the specialty «Hydrology of land»]. L.: Gidrometeoizdat, 1990, 364 p. [in Russian]
18. Ismayilova I.G., Ismayilov G.Kh., Ratkovich L.D., Murashchenkova N.V., Perminov A.V. Analiz i prognoz rechnyh vod v zone formirovanija stoka reki Volgi metodom tendencij [Analysis and forecast of river waters in the zone of formation of the Volga River runoff by the trend method]. Prirodoobustrojstvo, 2022, No. 2, pp. 69-78. [in Russian]
19. Vasilyeva D. Yu., Vodopyanova V. V., Zakirzyanova Sh. I., Kenzhebaeva A. Zh., Semenov V. A., Sivokhip Zh. T. Korreljacionnye svjazi mnogoletnih kolebanij mesjachnogo i godovogo stoka v bassejne reki Ural [Correlation links between long-term fluctuations in monthly and annual runoff in the Ural River basin]. Izvestija RAN. Serija geograficheskaja, 2020, Vol. 84., No. 3, pp. 414–426. [in Russian]
20. Zhukov I. A., Aibulatov D. N. Tendencii izmenenij vodnogo rezhima malyh rek bassejna Volgi za period instrumental'nyh nabljudenij [Trends in changes in the water regime of small rivers of the Volga basin over the period of instrumental observations]. estnik Moskovskogo universiteta. Serija 5. Geografija, 2024, Vol. 79, No. 6, pp. 81-90. [in Russian]

НҰРА ӨЗЕНІНІҢ СУ ЖИНАУ АЛАБЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ ӨЗГЕРУ БАҒЫТЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

Жумахан С. Мустафаев[1]* т.ғ.д, Алия Т. Козыкеева[2] т.ғ.д., Унзила Шугайып[2], Куаныш Б. Абдешев[3] PhD, Нуржан А. Турсынбаев[4] PhD

[1] «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; z-mustafa@rambler.ru (ЖСМ)
[2] Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; aliya270863@gmail.com (АТК), unzila8282@mail.ru (УШ)
[3] М. Әуезов атындағы Оңтүстік-Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан; abdeshev.kuanysh@mail.ru (КБА)
[4] Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; nurANT_78@mail.ru (НАТ)
Автор корреспондент: Жумахан С. Мустафаев, z-mustafa@rambler.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

орташа жылдық су ағыны
өзен
өзгеру бағыты
сызықтық тренд
бағалау
талдау

Мақала жайында:
Жіберілді: 27.10.2024
Қайта қаралды: 19.02.2025
Қабылданды: 20.02.2025
Жарияланды: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Нұра өзенінің су жинау алабындағы өзендер суының орташа жылдық ағынының кеңістіктік және уақыттық өзгермелілігін зерттеу үшін, салыстырмалы түрде қарағанда, оның алабының 58100 км^2 ауданына біркелкі орналасқан Бес-Оба, Шешенқара, Балықты, Ақмешіт және Р. Қошқарбаев гидрологиялық бекеттерінің, сонымен қатар Шерубайнұра, Соқыр Ақбастау, Үлкен-Құндызды және Қон өзендерінің көпжылдық 1932...2021 жылдар аралығындағы мәліметтері пайдаланылды. Нұра өзенінің су жинау алабындағы гидрологиялық процесстердің динамикасы көрсеткендей, оның орташа жылдық су ағынының тербелісі стохастикалық және детерминирленген (сызықтық тренд түрінде) құрамдас бөліктерді қамтиды.

Өзендердің орташа жылдық су ағынының ұзақ мерзімдегі тербелістерінің (фаза, амплитуда, синхрондығы) циклдік құрылымының көршеткіштерін статистикалық сенімді бағалау болатыны дәлелденген. Суы мол жылдардың суы аз жылдармен алмасуы, ұзақ мерзімді аралығында су ағынының тербелісінің даму фазаларын сипаттайтын, қарқындылығы әртүрлі динамикалық орташа мәнге ие, уақытқа байланысты функциялармен өрнектелетіні көрсетілген. Бұл жағдай орташа жылдық су ағынын болжаудың ғылыми негізі болып табылады.

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE TREND OF CHANGES IN THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS IN THE WATER CATCHMENT OF THE NURA RIVER BASIN

Zhumakhan Mustafayev[1]* doctor of technical sciences, Aliya Kozykeyeva[2] doctor of technical sciences, Unzila Shugayyp[2], Kuanysh Abdeshev [3] PhD, Nurzhan Tursynbaev [4] PhD

[1] «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; z-mustafa@rambler.ru
[2] Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; aliya270863@gmail.com, unzila8282@mail.ru
[3] South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan; abdeshev.kuanysh@mail.ru
[4] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; nurANT_78@mail.ru
Corresponding author: Zhumakhan Mustafayev, z-mustafa@rambler.ru

KEY WORDS

mean annual river discharge
river
trend
tendency
linear trend
estimation
analyses

About article:
Received: 27.10.2024
Revised: 19.02.2025
Accepted: 20.02.2025
Published: 01.04.2025

ABSTRACT

To study the spatial and temporal variability of the mean annual river discharge within the Nura River basin, long-term hydrological data from the monitoring stations Bes-Oba, Sheshenkara, Balykty, Akmeshit, and R. Koshkarbayev, as well as from the rivers Sherubainura, Sokyr, Akbastau, Ulken-Kundyzdy, and Kon, were utilized. These stations are relatively evenly distributed across the basin, covering an area of 58,100 km², with observation periods spanning from 1932 to 2021. The analysis of hydrological process dynamics within the Nura River basin watershed reveals that long-term fluctuations in mean annual river discharge comprise both stochastic and deterministic components, the latter represented by a linear trend.

Statistically significant estimates of the parameters characterizing the cyclic structure of long-term fluctuations in mean annual river discharge (phase, amplitude, and synchronicity) were obtained. It has been demonstrated that the alternation of high-water and low-water years, associated with the phases of long-term discharge fluctuation development, can be represented as time-dependent functions exhibiting dynamic means with varying intensities. This phenomenon may serve as a scientific basis for river discharge forecasting.

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).

Гидрометеорология и экология

Научная статья

ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА ТИПИЧНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РЕК БУКТЫРМА, ЕСИЛЬ, ЖАЙЫК)

Алия А. Нурбацина[1]*, Айсулу А. Турсунова[1] к.г.н., Жанат Т. Салаватова[1,2]

[1]АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; aliya.nurbatsina@gmail.com (ААН), ais.tursun@bk.ru (ААТ), salavatova.07@gmail.com (ЖТС)
[2] Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, факультет географии и природопользования, Алматы, Казахстан; salavatova.07@gmail.com (ЖТС)
Автор корреспондент: Алия А. Нурбацина, aliya.nurbatsina@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

внутригодовое распределение стока
водный режим
изменения климата
сезонный сток
тенденция изменения стока

АБСТРАКТ

Глобальные изменения климата и интенсивная хозяйственная деятельность приводят к перераспределению водного режима рек. Изучение закономерностей внутригодового распределения речного стока является одним из важнейших вопросов рационального и комплексного использования водных ресурсов. В представленном научном исследовании проанализированы многолетние региональные тенденции внутригодового распределения речного стока водосборов р. Буктырма – с. Лесная Пристань, р. Жабай - г. Атбасар, р. Улкен-Кобда – с. Кобда с 1985 по 2022 гг. Научные исследования проведены на основе методов статистического анализа с использованием многолетних значений среднемесячных и среднегодовых величин речного стока, среднемесячных величин температур воздуха, среднемесячных сумм атмосферных осадков. Рассмотрена многолетняя динамика стокоформирующих факторов и параметров стока с учетом фаз различной водности. Выявлено, что на территории рассматриваемых бассейнов происходят существенные изменения во внутригодовом распределении стока, такие как уменьшение доли весеннего стока, для реки Жабай (пункт Атбасар) весенний сток в апреле составлял от 63,5 % (в маловодный год) до 79,2 % (в многоводный год) от годового стока, для реки Улкен Кобда (пункт Кобда) доля весеннего стока варьировалась от 38,4 % (в маловодный год) до 71,6 % (в многоводный год), а для реки Буктырма (пункт Лесная Пристань) весенне-летний сток за период с апреля по июль составил около 60…80 % годового стока. Относительно меженного стока, то на реках Жабай и Улкен Кобда наблюдается увеличение доли меженного стока, в частности, в зимний период (декабрь–март). Например, для Жабай меженный сток в зимние месяцы составляет менее 1 % в маловодные года, но его тренд положительный, что указывает на тенденцию к увеличению этой доли. Для реки Буктырма меженный сток также увеличивается, хотя в январе и декабре тренды отрицательные.

1. ВВЕДЕНИЕ

Водные проблемы и возможные последствия глобального и регионального изменения климата стало одним из главных, в сценариях развития будущего. Климатические изменения с одной стороны приведут к водному дефициту, с другой стороны – нежелательному перераспределению речного стока внутри года. Если добавить к этому крайне неравномерное распределение водных ресурсов важность оценки внутригодового распределения стока рек при современных климатических условиях становится очевидной.

Экономический эффект от реализуемых на практике водохозяйственных мероприятий прямым образом связан не только со знанием годового объема воды в водотоках, но и их распределением в течение года по отдельным сезонам, месяцам.

Исследование закономерностей внутригодового распределения стока (ВРС) рек является одним из важнейших вопросов, в связи с тем, что распределение стока от года к году постоянно изменяется вследствие различия в величинах расхода воды в одинаковые фазы водного режима (пики половодья, паводков, низкая межень) и из-за сдвига времени наступления однозначных фаз режима в различные годы.

По статье:
Получено: 06.11.2024
Пересмотрено: 11.02.2025
Принято: 13.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

Для цитирования:
Нурбацина А., Турсунова А., Салаватова Ж. Внутригодовое распределение стока типичных рек Казахстана (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык) // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 24-37.

Внутригодовое распределение речного стока зависит от различных факторов. К ним относятся климатические условия (количество и режим осадков, температура воздуха в период таяния сезонных снегов и ледников, испарение с поверхности водоемов), рельеф, тип питания рек, гидрогеология и т. д. [1…3]. Крайне важно, чтобы методы и методики расчета внутригодового распределения стока были проанализированы с точки зрения их корректного отражения существующих природных закономерностей внутригодового стока.

Согласно Своду, правил и Строительным нормам, и правилам [4…5], расчеты ВРС рек производят для календарного, водохозяйственного или гидрологического года. В горных районах особенно большое влияние оказывает рельеф. Он определяет общие условия увлажнения, доступность речных бассейнов влажным воздушным массам, величину и распределение атмосферных осадков. Данные о внутригодовом распределении стока используются при разработке мероприятий по борьбе с наводнениями, при орошении, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

Существует три основных метода расчета внутригодового распределения стока: метод компоновки; метод реального года; метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности.

Метод Андреянова В.Г. [6] дает наилучшие результаты для тех рек, на которых наблюдается зависимость внутригодового распределения стока от водности года – это равнинные реки, имеющие снеговое питание. Метод основан на принятии равенства обеспеченности стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. Расчет значений стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон обычно осуществляется по следующим градациям водности: многоводная (P=25 %), средняя (P=50 %), маловодная (P=75 %) фазы.

Наиболее простым методом является расчет распределения стока по реальным годам. Из ряда наблюдений выбирается модель из трех лет, характерных по своей водности и распределению стока, с эмпирическими обеспеченностями годового и сезонного стока, близким к заданным. Метод расчета внутригодового распределения по модели реального года не исключает субъективности при выборе такой модели, и обеспеченности годового стока и стока лимитирующих периода и сезона в пределах реального года не всегда бывают однозначны.

В мировой практике проблеме оценки внутригодового стока уделяется большое количество времени. Методы Манна Кендалла рассматриваются в работах по изучению рек Дунъиджан, Тарим, Вей [7…9]. Помимо этого в статье [7] акцентирует внимание на применении индекса концентрации стока CDI, волновой анализ, непараметрического тесты Манна-Уитни. В статье [9] рассчитывается тест Петтита, для определения значительного изменения характеристик распределения. Вейвлет Анализ рассматривается в статьях [7, 10], индекс SPI был рассчитан в статье [8]. Статья [11] описывает математическую модель, которая использует минимальные исходные данные для оценки внутригодового стока. Она включает учет водного баланса, температуры воздуха, осадков и фильтрационных свойств почвы.

В Казахстане проблеме оценки ВРС и характеристикам водного режима уделялось большое внимание в рамках крупных исследований по бассейнам рек и обобщенных в хорошо известных монографиях как Ресурсы поверхностных вод СССР, которые охватывали наблюдения за период с начала гидрологических наблюдений до 1970-х годов. Известны также научные работы по отдельным речным бассейнам Казахстана за различные периоды наблюдений, освещающие как определение закономерностей ВРС, так и отдельные характеристики минимального, либо максимального стока. Так в работах Кузина П.С. [12] рассматривается режим рек Южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана, Скоцеляс Н.И. рассчитал ВРС для неизученных рек Горного Алтая [13], Беркалиев З.Т. изучал гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана [14].

Современные исследования ВРС, включающих более поздние периоды наблюдений обобщены в 2-х монографиях: Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана под научной редакцией Р.И. Гальперина [15] и Ж.Д.

Достай, С.К. Алимкулов, А.А. Сапарова Ресурсы речного стока Казахстана – Книга 2 Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Юга и Юго-Востока Казахстана [16]. Также современные исследования гидрологического режима рек Казахстана приведены в отдельных научных статьях казахстанских гидрологов [17…19]. Так, например, оценкой внутригодового распределения речного стока рек Северного склона Жетысу Алатау занимался С.К. Алимкулов [20] бассейна р.Ертис – А.А. Турсунова [21] бассейна Шу, Талас – К.М. Кулебаев [22], Жайык-Каспийского бассейна – С.К. Давлетгалиев [23]. Анализ внутре-годового распределения в бассейне реки Есиль описали в своей работе Л.К. Махмудова [24].

Целью настоящего исследования является изучение современного внутригодового распределения стока на типичных бассейнах рек Буктырмы, Есиль и Жайык. Понимание выявленных тенденций поможет разработать более эффективные стратегии управления водными ресурсами и адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования.

Исследуемые реки (Буктырма, Есиль, Жайык) рассматривались как типичные водосборы рек, находящиеся в различных природно-климатических условиях и определяющие ценность водных ресурсов для различного рода отраслей экономики: сельское хозяйство, коммунально-бытовой сектор, гидроэнергетика и др., для смягчение негативных последствий в время половодья в весеннее время и рационального управления водными ресурсами в зависимости от режима рек в течение года.

Бассейны рек Буктырма, Есиль и Жайык были выбраны как регионы, характеризующие различные географические особенности формирования стока, в значительной степени испытывающих воздействия изменения климата [25…26]. Водосборные области в замыкающих створах: р. Буктырма – с. Лесная Пристань, р. Жабай-г. Атбасар, р. Улкен-Кобда – с. Кобда показаны на рисунке 1.

Буктырма одна из наиболее крупных рек на Алтае, относящихся к притокам Ертиса, находится на территории Восточно-Казахстанской области. Длина Буктырмы 336 километра, площадь водосбора 12 660 км^2 [27]. Впадает в Буктырминское водохранилище, основные притоки: Белая Берель, Сарымсакты, Хамир, Березовка и др. Питание смешанное: 50…55 % снегового, 25…35 % дождевого, 15 % грунтового. Средний годовой расход воды 214 м^3/с [28].

Жабай правый приток Есиля. Длина реки – 196 км. Площадь водосборного бассейна – 8800 км². Река протекает по территории Сандыктауского и Атбасарского районов, имеет 14 притоков [29]. Вместе с реками Колутон, Терисаккан, Акканбурлык и Иманбурлык входит в Есильский речной бассейн. Замерзает в начале (в отдельные годы в середине) ноября, вскрывается в середине апреля.

Река Кобда образуется слиянием рек Кара Кобда и Сары Кобда, впадает в р. Елек слева у с. Покровка. На приустьевом участке на протяжении 14 км протекает вдоль границы Актюбинской и Оренбургской областей. Длина реки 225 км, площадь водосбора 14700 км^2. Основные притоки: р. Терисаккан, р. Саукаин, р. Тамды, р. М. Кобда [30].

Материалы.

Зачастую годовые показатели стока осредняют те изменения, которые происходят внутри года в распределении стока и не отражают реальной картины изменения водного режима рек. Сток рек Есиль, Буктырма и Жайык характеризуются большой межгодовой и внутригодовой изменчивостью, причем объемы стока частых маловодных и редких многоводных лет могут отличаться в два и более раз. Тенденции внутригодового распределения стока оценивались стандартными методами статистического анализа. Использовались пространственно-временной анализ, метод реального года, метод компоновки.

При расчетах внутригодового распределения стока рек в работе были использованы официальные данные РГП «Казгидромет» [31].

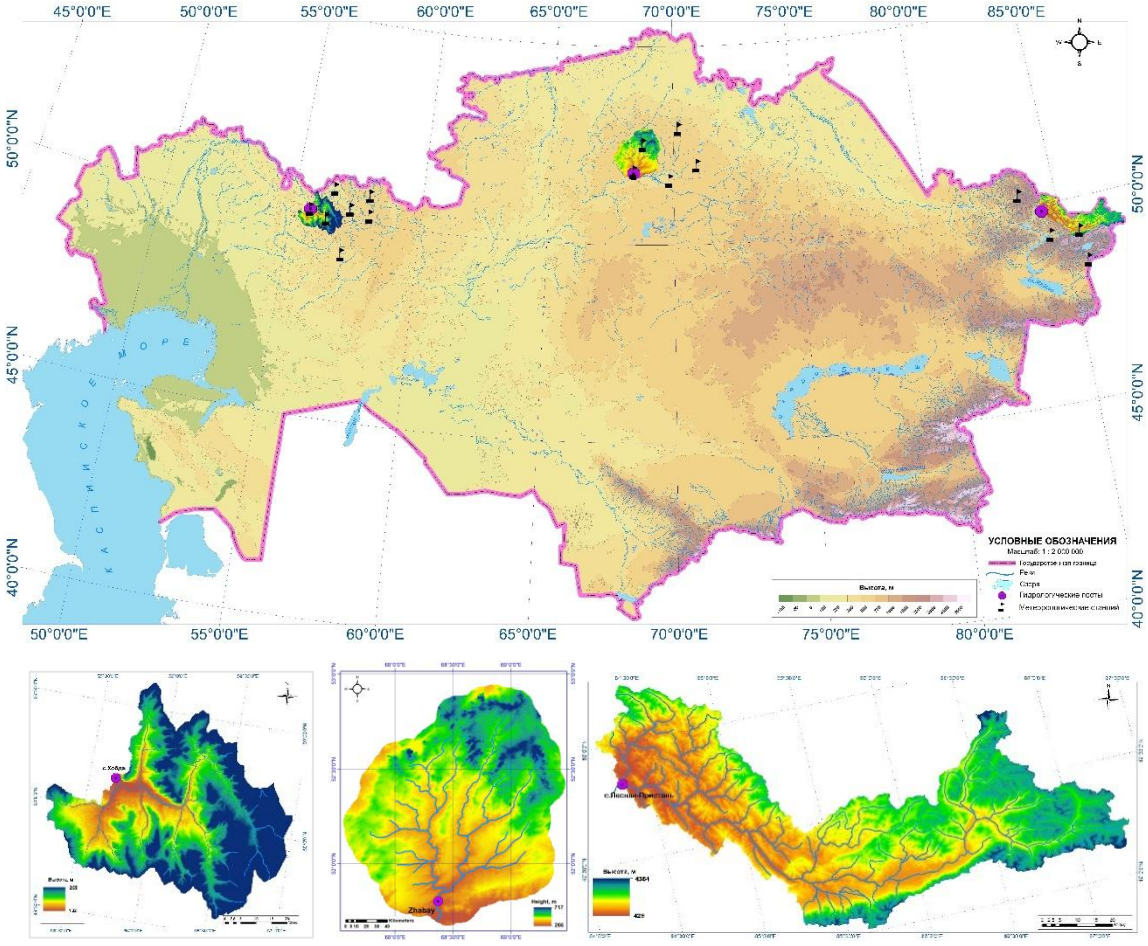


Рисунок 1. *Водосборные области ГП р. Улкен Кобда – с. Кобда, р. Жабай – г. Атбасар и р. Буктырма – с. Лесная Пристань*

При расчетах внутригодового распределения стока рек в работе были использованы официальные данные РГП «Казгидромет» [31].

Обработка данных проводилась для временного периода с 1985 по 2022 гг. Гидрологические расчеты и статистический анализ проведены с использование стандартных пакетов MS Excel, Statistica.

Согласно Своду правил и Строительным нормам и правилам [4…5], расчеты ВРС рек производят для календарного, водохозяйственного или гидрологического года. Существует три основных метода расчета внутригодового распределения стока: метод компоновки; метод реального года; метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности.

Метод Андреянова В.Г. [6] дает наилучшие результаты для тех рек, на которых наблюдается зависимость внутригодового распределения стока от водности года – это равнинные реки, имеющие снеговое питание. Метод основан на принятии равенства обеспеченности стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. Расчет значений стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон обычно осуществляется по следующим градациям водности: многоводная (P=25 %), средняя (P=50 %), маловодная (P=75 %) фазы.

Наиболее простым методом является расчет распределения стока по реальным годам. Из ряда наблюдений выбирается модель из трех лет, характерных по своей водности и распределению стока, с эмпирическими обеспеченностями годового и сезонного стока, близким к заданным. Метод расчета внутригодового распределения по модели реального года не исключает субъективности при выборе такой модели, и обеспеченности годового стока и стока лимитирующих периода и сезона в пределах реального года не всегда бывают однозначны.

Коэффициенты линейного тренда (a и b) используются для количественного описания динамики изменений месячных расходов воды во времени и выявления долгосрочных тенденций. Они помогают ответить на ключевые вопросы: изменяются ли расходы воды со временем, каков характер этих изменений (рост, снижение или стабильность) и с какой скоростью они происходят. Коэффициент наклона (b) показывает, насколько изменяется средний месячный расход воды за единицу времени (например, месяц или год), что позволяет прогнозировать будущие значения или оценивать влияние внешних факторов, таких как изменение климата или антропогенное воздействие. Свободный член (a) определяет начальный уровень расходов, что важно для общей интерпретации тренда и сравнительного анализа разных временных периодов или гидрологических объектов. Для расчёта коэффициентов линейного тренда месячных расходов воды используется метод наименьших квадратов, рассчитываемый по уравнению:

$$Q_t = a + b * n + \varepsilon_n, \quad (1)$$

где Q_t – месячный расход воды, n – порядковый номер месяца, a – свободный член (начальное значение), b – коэффициент наклона (характеризующий скорость изменения расходов), а ε_n – случайная ошибка. Коэффициенты a и b определяются через средние значения временного ряда и времени, а также суммы произведений и квадратов отклонений.

Основные показатели включают статистическую значимость коэффициента b, определяемую через t-тест. Знак и величина b интерпретируются как показатели направления и скорости изменения расходов воды во времени [32].

Оценка тенденций изменения внутригодового распределения стока рек Есиль, Буктырма и Жайык. Для статистического обоснования наличия или отсутствия тренда использовалась методика И.И. Поляка [33], показавшая наилучший результат при глобальном исследовании водных ресурсов Российской Федерации. Для принятия гипотезы о наличии линейного тренда по методике И.И. Поляка требуется выполнение следующих условий:

$$\overline{\sigma}^2 \leq \sigma^2 \qquad |a_1| \geq 2\sigma_{a_1}, \quad (2)$$

где $\overline{\sigma}^2$ – дисперсия отклонения наблюденных величин от линии тренда, где категория определяется как:

$$\overline{\sigma}^2 = \sigma^2(1 - R^2), \quad (3)$$

где σ_{a_1} – среднее квадратическое отклонение регрессионного коэффициента a_1, которое определяется следующим образом:

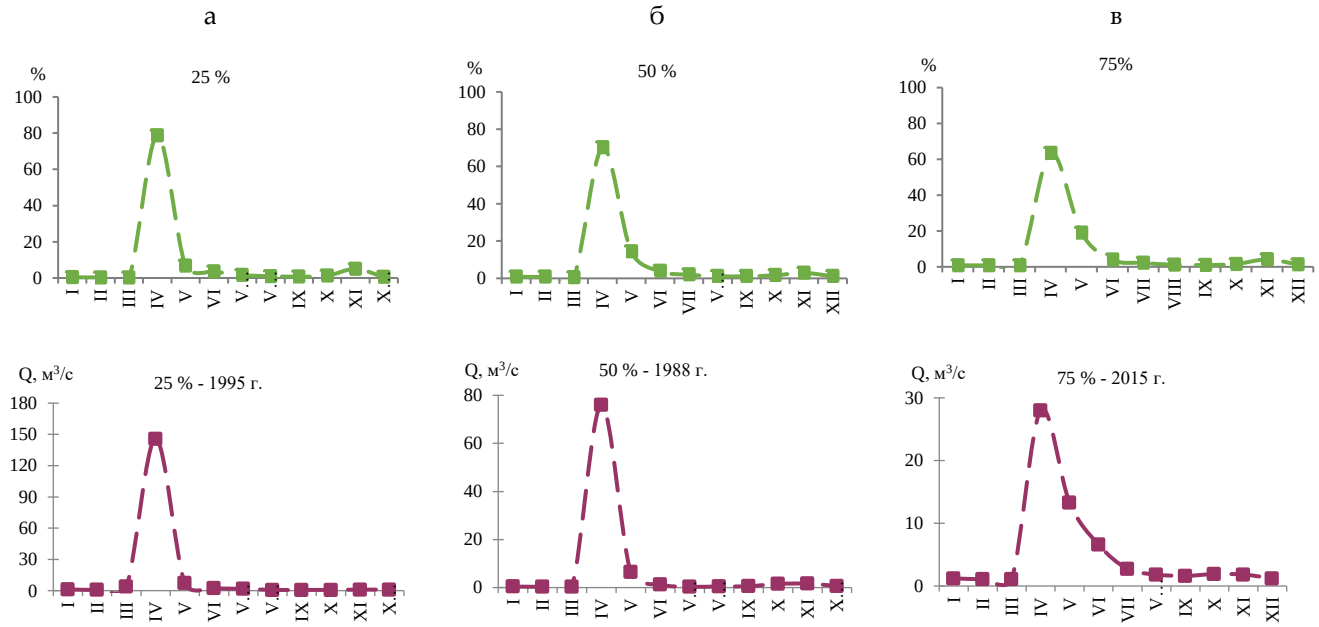
$$\sigma_{a_1} = \sqrt{\frac{12}{n(n-1)}\sigma} \quad (4)$$

Если условия (1) не выполняются, то линейный тренд является незначимым с вероятностью 5 %.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

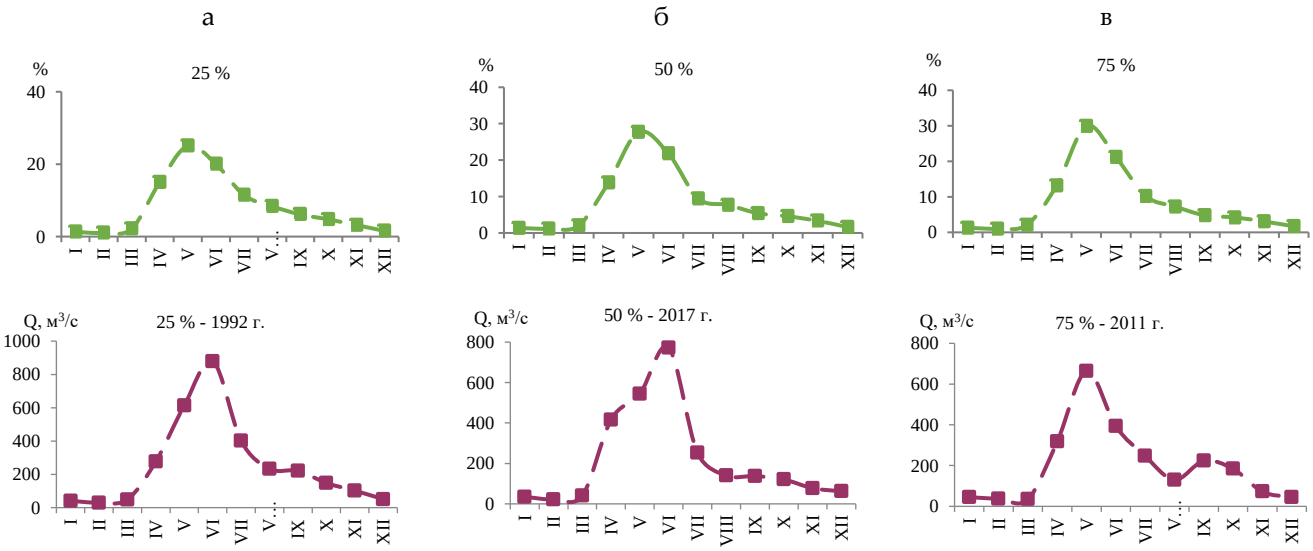
В данном разделе произведены расчеты внутригодового распределения стока по методу компоновки [6] и реального года. В обоих методах были выбраны три градации оценки водности: многоводный (25 %), средневодный (50 %), и маловодный (75 %).

Внутригодовое распределение стока по обоим методам показало (рисунок 2) что для гидрологического поста р. Жабай – с. Атбасар во всех трех градациях оценки водности максимальная водность наблюдается в апреле месяце (63,5…79,2 %), что присуще для рек равнинного типа. За исследуемый период, по методу реального года, самым многоводным годом считался 1995 г., с макисмальным расходом в этом году – 145,7 м^3/с.



а – многоводный год, б – средний по водности год, в – маловодный год
зеленая линия – метод компоновки (в % от годового стока), красная линия – метод реального года.

Рисунок 2. *Внутригодовое распределение стока на р. Жабай – г. Атбасар для лет различной водности за 1985…2022 гг.*

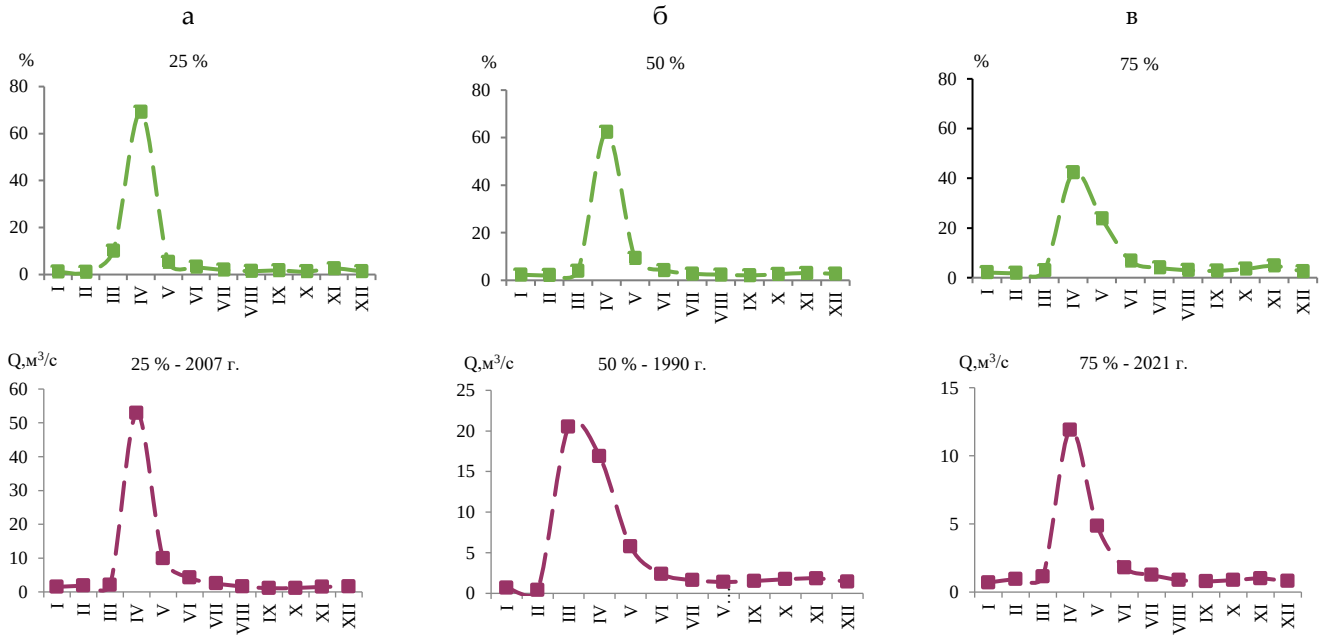


а – многоводный год, б – средний по водности год, в – маловодный год
зеленая линия – метод компоновки (в % от годового стока), красная линия – метод реального года

Рисунок 3. *Внутригодовое распределение стока на р. Буктырма – с. Лесная Пристань для лет различной водности за 1985…2022 гг.*

Водность на ГП р. Буктырма – с. Лесная Пристань в многоводный год длилась 4…5 месяцев. Река Буктырма характеризуется растянутым весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. За 4…6 месяцев полноводного периода проходит 60…80 % годового стока (рис. 3). В многоводный год – 1992 г., значение пика половодья составило 880 м^3/с.

Водность на реке Улкен Кобда в многоводные и средние по водности года характерна рекам равнинного типа, где около 80 % стока распределяются в течении 2…3 месяцев половодья. Наибольший месячный сток в основном наблюдается в апреле (рис. 4).



а – многоводный год, б – средний по водности год, в – маловодный год
зеленая линия – метод компоновки (в % от годового стока), красная линия – метод реального года.

Рисунок 4. *Внутригодовое распределение стока на р. Улкен Кобда – с. Кобда для лет различной водности за 1985…2022 гг.*

Оценка тенденций изменения внутригодового распределения стока рек Есиль, Буктырма и Жайык. Для ГП р. Жабай – г. Атбасар было рассчитано ВРС 1985…2022 и результаты распределения водности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Внутригодовое распределение стока р. Жабай – с. Атбасар для лет различной водности (в % от годового стока)

Обеспеченность года, %	Весна (IV…V)		Лето-осень (VI…X)					Зима (XI…III)					Сумма за год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
25	79,2	6,9	3,5	1,6	0,9	0,7	1,2	4,8	0,5	0,3	0,3	0,1	100
50	70,6	12,5	3,9	2,2	1,3	1,2	1,7	3,1	1,3	0,9	0,8	0,5	100
75	63,5	19,0	3,9	2,2	1,2	1,0	1,6	4,1	1,4	0,8	0,8	0,7	100

Для ГП р. Буктырма – с. Лесная Пристань было рассчитано ВРС 1985…2022 и результаты распределения водности представлены в таблице 2.

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока р. Буктырма – с. Лесная Пристань для лет различной водности (в % от годового стока)

Обеспеченность года, %	Весна-лето (IV…VII)				Осень (VIII…XI)				Зима (XII…III)				Сумма за год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
25	38,7	21,9	5,5	9,3	7,3	5,3	4,2	2,8	1,1	1,1	0,9	1,9	100
50	38,5	24,4	5,5	7,9	6,8	4,8	4,0	2,9	1,2	1,2	1,0	1,8	100
75	44,2	23,5	4,1	8,9	5,7	3,8	3,2	2,4	0,9	0,9	0,8	1,8	100

Для ГП р. Улкен Кобда – с. Кобда было рассчитано ВРС 1985…2022 и результаты распределения водности представлены в таблице 3.

Среди рассматриваемых рек горная река Буктырма характеризуется высоким весенне-летним половодьем, а равнинные реки высоким весенним половодьем и низкой зимней меженью.

Таблица 3

Внутригодовое распределение стока р. Улкен Кобда – с. Кобда для лет различной водности (в % от годового стока)

Обеспеченность года, %	Весна (IV…V)		Лето-осень (VI…XI)						Зима (XII…III)				Сумма за год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
25	71,6	5,4	2,8	1,7	1,3	1,1	1,5	2,3	1,2	1,0	0,9	9,1	100
50	62,9	10,2	2,4	1,6	1,4	1,2	1,5	1,8	4,0	3,5	3,3	6,4	100
75	38,4	21,6	4,1	2,4	1,8	1,7	2,1	2,9	6,7	5,5	5,0	7,7	100

В данной работе для оценки тенденций изменений месячных расходов воды по исследуемым бассейнам был проведен расчет коэффициентов линейного тренда (а, ºС/10 лет) за период с 1985...2022 гг. Результаты расчета коэффициентов линейного тренда речного стока приведены в таблице 4.

Таблица 4

Коэффициент линейного тренда (а, м^3/с/10 лет) месячных расходов воды по ГП

Пост	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
р. Улкен Кобда – с. Кобда	1985…2022	0,14	0,19	0,93	-6,88	0,45	0,04	-0,05	-0,08	-0,09	-0,09	0,03	0,08	-0,46
р. Жабай – с. Атбасар	1985…2022	0,13	0,08	-0,09	33,68	-2,89	0,02	0,08	0,41	0,16	0,14	0,23	0,16	2,62
р. Буктырма – с. Лесная Пристань	1985…2022	-1,92	-1,48	6,92	57,09	11,33	18,78	5,31	4,65	-2,10	4,13	5,62	-0,82	9,09

В целом, почти на всех исследуемых реках доля стока в зимние месяцы имеет тенденцию увеличения, лишь на Буктырме в январе и декабре наблюдаются отрицательные тренды. Но, несмотря на это, можно сказать, что сток зимних месяцев имеет положительную тенденцию. Сток весенне-летнего периода, когда в этих районах наблюдается сезон половодья, характеризуется в основном также положительными тенденциями, не считая отдельные месяцы с отрицательным трендом. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Проверка наличия линейного тренда в рядах речного стока

Пост	Период	Дисперсии		a_1	$2\sigma_{a_1}$	Значимость тренда
		$\overline{\sigma}^2$	σ^2			
р. Улкен Кобда – с. Кобда	1985…2022	0,39	0,41	0,01	0,15	-
р. Жабай – с. Атбасар	1985…2022	0,12	0,14	0,01	0,15	-
р. Буктырма – с. Лесная Пристань	1985…2022	172,27	176,85	-0,19	0,15	+

Условия формирования речного стока в рассматриваемых бассейнах отличаются значительным разнообразием климатических и орографических условий, рельефа местности, что отражается на неравномерности распределения как атмосферных осадков, так и температуры воздуха и как следствие речного стока.

Анализ показывает, что за современный период, на территории бассейнов наблюдается статистически значимое повышение температуры воздуха. Территория Казахстана, находящаяся в средних широтах Евразийского континента и удаленная от океанов на значительное расстояние, прогревается более значительными темпами, чем Земной шар в среднем. За период с 1976 г. скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составила для земного шара 0,18 ºС/10 лет, для территории Казахстана скорость оказалась значительно выше – 0,32 ºС/10 лет [34], наиболее заметное потепление отмечается в западном регионе на 0,47…0,54 ºС/10 лет.

Повышение температуры воздуха приводит к уменьшению накопления снега в зимний период, особенно в равнинных регионах, где температуры могут чаще превышать точку замерзания. Это напрямую влияет на объем талого стока, который формирует основной объем весеннего стока в реках с преимущественно снеговым питанием. Таким образом,

снижение доли весеннего стока в годовом балансе рек, отмеченное в исследовании, можно связать с уменьшением снежного покрова. Теплые зимы могут способствовать увеличению доли дождевого и грунтового питания в меженный период (зимние месяцы). Это объясняет положительную тенденцию меженного стока, отмеченную в работе, особенно для равнинных рек.

В среднем по территории Казахстана годовое количество осадков убывало в период с 1960 г. по 1970 г., в последний 46-летний период долгопериодные тенденции отсутствовали, наблюдалось лишь чередование коротких периодов с положительными и отрицательными аномалиями количества осадков [35]. Тенденция к чередованию периодов с положительными и отрицательными аномалиями осадков без долгосрочного тренда также влияет на внутригодовое распределение стока. Снижение весеннего стока может быть усилено за счет уменьшения зимних осадков в виде снега, тогда как осадки в летний и осенний периоды (чаще в виде дождя) увеличивают долю стока в эти сезоны. Как показала проверка наличия линейного тренда в рядах речного стока, тренд значим лишь для поста р. Буктырма – с. Лесная Пристань. Рассматриваемый метод эффективен при нормально распределенной выборке («белого шума»). Однако ряды стока этому условию, как правило, не отвечают, поэтому оценивание линейного тренда, а, следовательно, и вывод стационарности исходного ряда, является оправданным в той мере, насколько исходная информация отличается от нормального распределения.

Для ГП р. Жабай – г. Атбасар результаты распределения водности представлены на рисунке 5.

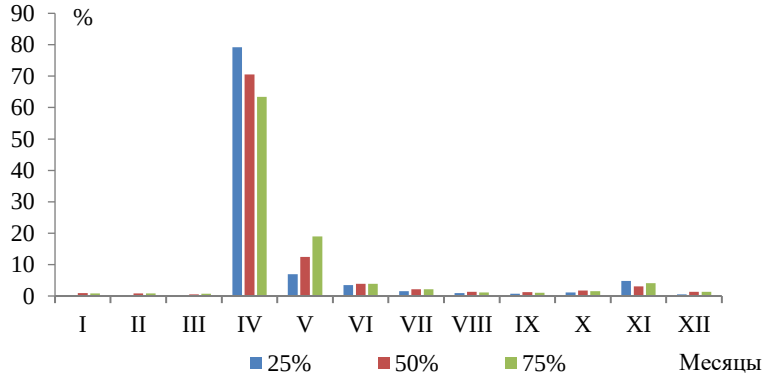


Рисунок 5. *Сравнение периодов внутригодового распределение стока в процентах от годового стока р. Жабай – с. Атбасар*

Проанализировав данные ВРС можно сделать вывод, что наибольший сток на реке Жабай проходит за время весеннего половодья от 63,5 до 79,2 % от годового стока, наименьший расход менее 1 % проходит в зимнюю межень.

Для ГП р. Буктырма – с. Лесная Пристань результаты распределения водности представлены на рисунке 6.

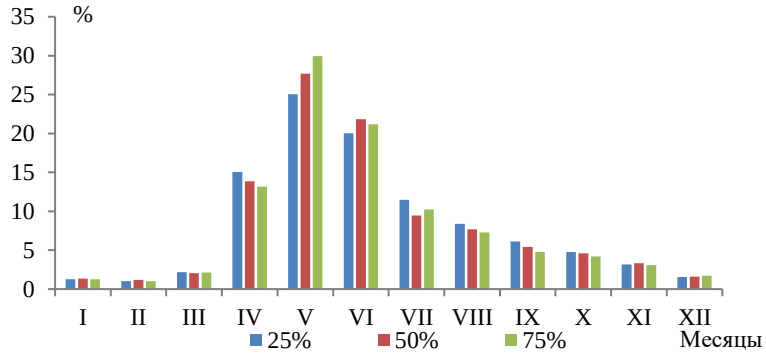


Рисунок 6. *Сравнение периодов внутригодового распределение стока в процентах от годового стока р. Буктырма – с. Лесная Пристань*

Для горной реки Буктырма период половодья простирается с апреля по август месяцы, а наибольший сток приходится на май месяц – от 25 до 30 %. Также вклад стока в апреле значителен и представляет от 20 до 21,2 %.

Для ГП р. Улкен Кобда – с. Кобда результаты распределения водности представлены на рисунке 7.

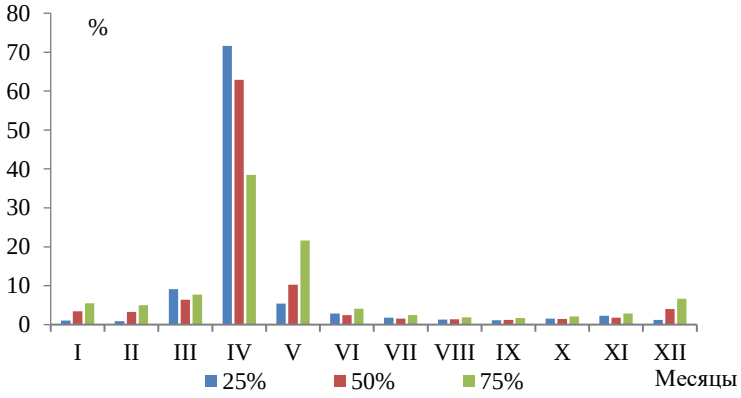


Рисунок 7. *Сравнение периодов внутригодового распределение стока в процентах от годового стока р. Улкен Кобда – с. Кобда*

По расчетным данным внутригодового распределения, наибольший сток на реке Улкен Кобда проходит за время весеннего половодья 38,4 % стока для маловодного года (75 % обеспеченности) и 71,6 % стока для многоводного года (25 % обеспеченности).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На всех исследуемых реках внутригодовое распределение стока весьма неравномерное, максимальный сток воды на реках проходит за весенний период, в момент таяния снега и попадания в реку талого стока. Горная река Буктырма имеет более распластанный период половодья, нежели равнинные реки Жабай и Улкен Кобда. Режим рек отражает влияние всего комплекса физико-географических и климатических факторов, свойственных данным природным зонам. Среди них главная роль принадлежит осадкам и их распределению в году, режиму температуры воздуха, испарению и инфильтрации.

Проведенное исследование внутригодового распределения стока рек Буктырма, Жабай и Улкен Кобда позволило выявить существенные изменения в динамике сезонного распределения стока, обусловленные влиянием глобальных климатических изменений и локальных гидрологических факторов. Доля весеннего стока, традиционно доминирующего для рек с преобладанием снегового питания, уменьшилась. Так, для реки Жабай доля весеннего стока снизилась до 63,5 % в маловодные годы, что значительно ниже, чем показатели многоводных периодов (до 79,2 %). Для реки Улкен Кобда весенний сток варьировался от 38,4 % (в маловодный год) до 71,6 % (в многоводный год), демонстрируя схожие тенденции снижения в маловодные годы. Уменьшение доли весеннего стока связано с сокращением снежного покрова в условиях потепления климата и увеличением доли дождевого и грунтового питания рек в другие сезоны. На всех исследуемых реках наблюдается положительная тенденция к увеличению доли меженного стока, особенно в зимние месяцы. Так, на реке Жабай сток в зимний период остался ниже 1 % в маловодные годы, но его доля растет, что подтверждается положительным трендом. Для реки Буктырма, несмотря на общий рост меженного стока, в декабре и январе наблюдаются отрицательные тренды. Однако общий вклад зимнего стока в годовой баланс растет, что может быть связано с изменениями температурного режима, снижением глубины промерзания грунтов и перераспределением водных ресурсов.

Полученные данные имеют важное значение для водохозяйственного планирования, особенно в условиях усиливающегося водного дефицита. Снижение доли весеннего стока требует корректировки систем управления водными ресурсами, включая оптимизацию водоснабжения, регулирование речных бассейнов и развитие технологий адаптации к изменению климата.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании получены авторами из открытых баз данных РГП «Казгидромет».

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ААН; управление данными –ЖТС; формальный анализ –ААТ, ЖТС; методология –ААН, ААТ; руководство - ААТ; визуализация –ЖТС; написание исходного текста – ААН, ЖТС; написание и редактирование окончательного текста –ААН.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование было финансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №AP 19678734 «Оценка современных и прогнозных гидрологических изменений бассейнов рек Казахстана на основе моделирования (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык)»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cui T., Tian F., Yang, T., Wen J., Khan M. Y. A. Development of a comprehensive framework for assessing the impacts of climate change and dam construction on flow regimes. Journal of Hydrology, 2020, Vol. 590, pp. 125358. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125358
2. Korneychuk N. N., Kirichuk G. Y. Structural and functional organization of phytomicroperiphyton of the transboundary stviga river. Hydrobiological Journal, 2018, Vol. 54, No. 1. https://doi.org/10.1615/hydrobj.v54.i1.10
3. Чигринец А.Г., Дускаев К.К., Сатмурзаев А.А., Инсигенова А.Е., Салаватова Ж.Т. Исследование основных характеристик и внутригодового распределения стока воды рек территории г. Алматы // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №. 3 (102). – С. 44-62.
4. СП 33-101-2003. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госсторой России, 2004. – 72 с.
5. СНиП 2.01.14-83. Определения расчетных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
6. Андреянов В.Г. Внутригодовое распределение стока. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 327 с.
7. Ling H., Xu H., Fu J. Changes in intra-annual runoff and its response to climate change and human activities in the headstream areas of the Tarim River Basin, China. Quaternary International, 2014, Vol. 336, pp. 158-170.
8. Ren K., Huang S., Huang Q., Wang H., Leng G. Environmental flow assessment considering inter-and intra-annual streamflow variability under the context of non-stationarity. Water, 2018, Vol. 10, No. 12, pp. 1737.
9. Tu X., Singh V. P., Chen X., Chen L., Zhang Q., Zhao Y. Intra-annual distribution of streamflow and individual impacts of climate change and human activities in the Dongijang River Basin, China . Water Resources Management, 2015, Vol. 29, pp. 2677-2695.
10. Alifujiang, Y., Abuduwaili J., Groll M., Issanova G., Maihemuti B. Changes in intra-annual runoff and its response to climate variability and anthropogenic activity in the Lake Issyk-Kul Basin, Kyrgyzstan. Catena, 2021, Vol. 198, pp. 104974.
11. Savichev O. G., Moiseeva Y. A. A model of intra-annual flow distribution with scanty observational data. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018, Vol. 211, No. 1, pp. 012040.
12. Кузин П.С. Режим рек Южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1953. – 538 с.
13. Скоцеляс Н.И. Расчет внутригодового распределения стока для неизученных рек Горного Алтая // Труды КазНИГМИ. – 1975. – С. 15-20.
14. Беркалиев З.Т. Гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана. – Алма-Ата: АН Каз ССР, 1959. – 278 с.
15. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного и Центрального и Восточного Казахстана / под науч. ред. Р.И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Т. VII. – Кн.1. – 684 с.
16. Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного и Центрального и Восточного Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. VII. – Кн.2. – 684 с.
17. Давлетгалиев С.К. Совокупная оценка нормы месячного стока рек Северной и Западной Джунгарии // Вестник КазГУ. Серия географическая. – 1996. – №3. – С. 99-109.
18. Чигринец А.Г. Внутригодовое распределение стока правобережных притоков реки Ертис в пределах Республики Казахстан // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2012. – №1(34). – С. 54-63.
19. Турсунова А.А., Мырзахметов А.Б., Куркебаев А.А. Внутригодовое распределение стока рек бассейна оз. Балкаш // Гидрометеорология и экология. – 2010. – №4 – С. 118-129.
20. Алимкулов С.К., Раймбекова Ж.Т., Исалдаева С.Ж. Оценка внутригодового распределения стока рек Северного склона Жетысу Алатау // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2022. – №1 (64). – С. 70-76.
21. Турсунова А.А., Аппазова Т.Б., Талипова Э.К. Оценка внутригодового распределения речного стока бассейна р.Ертис // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы развития современной науки», Иерусалим 4-6 мая 2016 г. – Израиль, 2016. – С. 262-269.
22. Кулебаев К.М. Внутригодовое распределение стока рек бассейна Шу, Талас // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, 2013. – №2 – С.52-55.
23. Давлетгалиев С.К., Достаева А.Д. Восстановление рядов весеннего стока рек Жайык-Каспийского бассейна // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2014. – №1. – С. 88-95.
24. Makhmudova L., Beisembin K., Moldakhmetov M., Mussina A. Intra-annual flow distribution of the rivers in the Yesil river basin. Water Conservation and Management, Vol. 8, No. 2, pp.241-250. https://doi:10.26480/wcm.02.2024.241.250
25. Шиварева С.П., Авезова А. Применение модели HBV для расчета стока р. Оба на перспективу с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2012. – №4. – С.66-77.
26. Кишкимбаева А.А., Смирнова Е.Е., Болатова А.А. Определение тенденции изменения стока р. Шарын на перспективу под влиянием климата // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». - Алматы, 2016. – Кн. 2. – С.343-347.

27. Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Казахская энциклопедия, 2004. – Т. I. – ISBN 9965-9389-9-7.
28. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
29. Нүсұпқызы М.Н., Бейсенбаева С.Ж. Применение программы MIKE-hydro для моделирования наводнения участка бассейна реки Жабай //Progress in Science. – 2023. – №. 4.
30. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район / под ред. З. Г. Марковой. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966. — 152 с.
31. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. [Электорнный ресурс] URL: https://www.kazhydromet.kz/ru/gidrologiya/ezhegodnye-dannye-o-rezhime-i-resursah-poverhnostnyh-vod-sushi-eds), дата обращения: 15.08.2024
32. Дружинин В.С., Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб: Издательство РГГМУ, 2001. – 170 с.
33. Поляк И. И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов / Труды ГГО. – Л.:ГМИ, 1975. – Вып. 364. – С.51-58.
34. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2022 год. – Нур-Султан, 2023.
35. Восьмое Национальное Сообщение и Пятый Двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2022. – 205 с.

REFERENCES

1. Cui T., Tian F., Yang, T., Wen J., Khan M. Y. A. (2020). Development of a comprehensive framework for assessing the impacts of climate change and dam construction on flow regimes. Journal of Hydrology, Vol. 590, p. 125358. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125358
2. Korneychuk N. N., Kirichuk G. Y. (2018). Structural and functional organization of phytomicroperiphyton of the transboundary Stviga river. Hydrobiological Journal, Vol. 54, No. 1. https://doi.org/10.1615/hydrobj.v54.i1.10
3. Chigrinets A. G., Duskaev K. K., Satmurzayev A. A., Insigenova A. E., Salavatova Zh. T. (2021). Issledovanie osnovnykh kharakteristik i vnutrigodovogo raspredeleniya stoka vody rek territorii g. Almaty [Study of the main characteristics and intra-annual distribution of river water flow in Almaty]. Gidrometeorologiya i ekologiya, No. 3(102), pp. 44-62 [in Russian].
4. SP 33-101-2003. (2004). Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [Determination of calculated hydrological characteristics]. Moscow: Gosstroy Rossii, 72 p. [in Russian].
5. SNiP 2.01.14-83. (1985). Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [Determination of calculated hydrological characteristics]. Moscow: Stroyizdat, 36 p. [in Russian].
6. Andreyanov V. G. Vnutrigodovoe raspredelenie stoka [Intra-annual distribution of runoff]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980, 327 p. [in Russian].
7. Ling H., Xu H., Fu J. (2014). Changes in intra-annual runoff and its response to climate change and human activities in the headstream areas of the Tarim River Basin, China. Quaternary International, Vol. 336, pp. 158-170.
8. Ren K., Huang S., Huang Q., Wang H., Leng G. (2018). Environmental flow assessment considering inter-and intra-annual streamflow variability under the context of non-stationarity. Water, Vol. 10, No. 12, p. 1737.
9. Tu X., Singh V. P., Chen X., Chen L., Zhang Q., Zhao Y. (2015). Intra-annual distribution of streamflow and individual impacts of climate change and human activities in the Dongijang River Basin, China. Water Resources Management, Vol. 29, pp. 2677-2695.
10. Alifujiang, Y., Abuduwaili J., Groll M., Issanova G., Maihemuti B. (2021). Changes in intra-annual runoff and its response to climate variability and anthropogenic activity in the Lake Issyk-Kul Basin, Kyrgyzstan. Catena, Vol. 198, p. 104974.
11. Savichev O. G., Moiseeva Y. A. (2018). A model of intra-annual flow distribution with scanty observational data. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, Vol. 211, No. 1, p. 012040.
12. Kuzin P. S. Rezhim rek Yuzhnykh raionov Zapadnoi Sibiri, Severnogo i Tsentral'nogo Kazakhstana [Regime of rivers in the southern regions of Western Siberia, Northern and Central Kazakhstan]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1953, 538 p. [in Russian].
13. Skotselyas N. I. (1975). Raschet vnutrigodovogo raspredeleniya stoka dlya neizuchennykh rek Gornogo Altaya [Calculation of intra-annual runoff distribution for unstudied rivers of Mountain Altai]. Trudy KazNIGMI, pp. 15-20 [in Russian].
14. Berkaliev Z. T. Gidrologicheskii rezhim rek Tsentral'nogo, Severnogo i Zapadnogo Kazakhstana [Hydrological regime of rivers in Central, Northern, and Western Kazakhstan]. Alma-Ata: AN Kaz SSR, 1959, 278 p. [in Russian].
15. Resursy rechnoho stoka [River flow resources]. Vol. VII, book 1. Edited by R. I. Galperin. Almaty, 2012, 684 p. [in Russian].
16. Dostay Zh. D., Alimkulov S. K., Saparova A. A. (2012). Resursy rechnoho stoka [River flow resources]. Vol. VII, book 2. Almaty, 684 p. [in Russian].
17. Davletgaliev S. K. (1996). Sotsial'naya otsenka normy mesyachnogo stoka rek Severnoi i Zapadnoi Dzhungarii [Comprehensive assessment of monthly runoff norms of rivers in Northern and Western Dzhungaria]. Vestnik KazGU, Geographical series, No. 3, pp. 99-109 [in Russian].
18. Chigrinets A. G. (2012). Vnutrigodovoe raspredelenie stoka pravoberezhnykh pritokov reki Ertis v predelakh Respubliki Kazakhstan [Intra-annual distribution of runoff of the right-bank tributaries of the Irtysh River in Kazakhstan]. Vestnik KazNU, Geographical series, No. 1(34), pp. 54-63 [in Russian].
19. Tursunova A. A., Myrzakhmetov A. B., Kurkebaev A. A. (2010). Vnutrigodovoe raspredelenie stoka rek basseina oz. Balkash [Intra-annual distribution of runoff in the Balkhash Lake Basin]. Gidrometeorologiya i ekologiya, No. 4, pp. 118-129 [in Russian].
20. Alimkulov S. K., Raimbekova Zh. T., Isaldaeva S. Zh. (2022). Otsenka vnutrigodovogo raspredeleniya stoka rek Severnogo sklona Zhetysu Alatau [Assessment of intra-annual runoff distribution of rivers on the northern slope of the Zhetysu Alatau]. Vestnik KazNU, Geographical series, No. 1(64), pp. 70-76 [in Russian].
21. Tursunova, A. A., Appazova, T. B., Talipova, E. K. (2016). Otsenka vnutrigodovogo raspredeleniya rechnogo stoka basseina r. Ertis [Assessment of intra-annual river flow distribution in the Irtysh River basin]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivy razvitiya sovremennoy nauki», May 4–6, 2016, Jerusalem, Israel, pp. 262–269 [in Russian].
22. Kulebaev, K. M. (2013). Vnutrigodovoe raspredelenie stoka rek basseina Shu, Talas [Intra-annual runoff distribution of the Shu-Talas river basin]. Voprosy geografii i geoekologii, No. 2, pp. 52–55 [in Russian].
23. Davletgaliev S. K., Dostaeva A. D. (2014). Vosstanovlenie ryadov vesennego stoka rek Zhaiyk-Kaspiyskogo basseina [Reconstruction of spring runoff series of the Zhaiyk-Caspian basin rivers]. Gidrometeorologiya i ekologiya, No. 1, pp. 88–95 [in Russian].
24. Makhmudova L., Beisembin K., Moldakhmetov M., Mussina A. (2024). Intra-annual flow distribution of the rivers in the Yesil river basin. Water Conservation and Management, Vol. 8, No. 2, pp. 241-250. https://doi:10.26480/wcm.02.2024.241.250
25. Shivareva S. P., Avezova A. (2012). Primenenie modeli HBV dlya rascheta stoka r. Oba na perspektivu s uchetom izmeneniya klimata [Application of the HBV model for future runoff calculation of the Oba River considering climate change]. Gidrometeorologiya i ekologiya, No. 4, pp. 66–77 [in Russian].

26. Kishkimbaeva A. A., Smirnova E. E., Bolatova A. A. (2016). Opredelenie tendentsii izmeneniya stoka r. Sharyn na perspektivu pod vliyaniem klimata [Determination of runoff change trends of the Sharyn River under climate influence]. Vodnye resursy Tsentralnoy Azii i ikh ispolzovanie: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy podvedeniyu itogov obyavlennogo OON desyatiletiya «Voda dlya zhizni», Vol. 2, pp. 343–347 [in Russian].
27. Kazakhstan. Natsionalnaya entsiklopediya [Kazakhstan. National Encyclopedia] (2004). Almaty: Kazakhskaya entsiklopediya, vol. I, ISBN 9965-9389-9-7 [in Russian].
28. Prokhorov A. M. (Ed.). (1969–1978). Bolshaya sovetskaya entsiklopediya: v 30 t. [Great Soviet Encyclopedia: in 30 volumes] (3rd ed.). Moscow: Sovetskaya entsiklopediya. [in Russian].
29. Nusupkyzy M. N., Beisenbaeva S. Zh. (2023). Primenenie programmy MIKE-hydro dlya modelirovaniya navodneniya uchastka basseina reki Zhabay [Application of MIKE-Hydro software for flood modeling of the Zhabay River basin section]. Progress in Science, No. 4 [in Russian].
30. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost [Surface Water Resources of the USSR: Hydrological Study]. Vol. 12. Nizhnee Povolzhye i Zapadnyy Kazakhstan. Issue 2. Uralo-Embinskiy rayon, edited by Z. G. Markova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966, 152 p. [in Russian].
31. Annual data on the regime and resources of surface waters of land. [Electronic resource] URL: https://www.kazhydromet.kz/ru/gidrologiya/ezhegodnye-dannye-o-rezhime-i-resursah-poverhnostnyh-vod-sushi-eds), date of access:, date of access: 15.08.2024
32. Druzhinin V. S., Sikan A. V. Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii [Methods of Statistical Processing of Hydrometeorological Information]. St. Petersburg: Izdatelstvo RGGMU, 2001,170 p. [in Russian].
33. Polyak I. I. (1975). Otsenivanie lineynogo trenda vremennykh meteorologicheskikh ryadov [Estimation of Linear Trend in Time Series of Meteorological Data]. Trudy GGO, Vol. 364, pp. 51–58 [in Russian].
34. Ezhegodnyy byulleten monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2022 god [Annual Bulletin of Monitoring the State and Climate Change of Kazakhstan: 2022], 2023, Nur-Sultan [in Russian].
35. Vosmoe Natsionalnoe Soobshchenie i Pyatyy Dvukhgodichnyy Doklad Respubliki Kazakhstan Ramochnoi Konventsii OON ob izmenenii klimata [Eighth National Communication and Fifth Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change], 2022, Astana, 205 p. [in Russian].

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТИПТІК ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНЫНЫҢ ЖЫЛ ІШІНДЕГІ ТАРАЛУЫ (БҰҚТЫРМА, ЕСІЛ, ЖАЙЫҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ МЫСАЛЫНДА)

Алия А. Нурбацина[1]*, Айсулу А. Турсунова[1] г.ғ.к., Жанат Т. Салаватова[1,2]

[1] «География және су қауіпсіздігі институты », Алматы, Қазақстан; aliya.nurbatsina@gmail.com, ais.tursun@bk.ru, salavatova.07@gmail.com
[2] әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, География және табиғатты пайдалану факультеті, Алматы, Қазақстан; salavatova.07@gmail.com
Автор корреспондент: Алия А. Нурбацина, aliya.nurbatsina@gmail.com

ТҮЙІН СӨЗДЕР

жылдық ағынды бөлу
су режимі
климаттың өзгеруі
маусымдық ағын
ағынның өзгеру тенденциясы

АБСТРАКТ

Климаттың жаһандық өзгеруі және экономикалық қызметтердің қарқындылығы өзендердің су режимін қайта реттеуді қажет етеді. Өзен ағынының жыл сайынғы таралу заңдылықтарын зерттеу су ресурстарын ұтымды және кешенді пайдаланудың маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Ұсынылған ғылыми зерттеуде Бұқтырма өзені – Лесная Пристань а., Жабай өзені-Атбасар қ., Үлкен-Қобда өзені – Қобда а. су алаптарының өзен ағынының жылдық таралуы көпжылдық өңірлік үрдістері 1985 жылдан 2022 жылға дейін талданды. Ғылыми зерттеулер өзендердің орташа айлық және орташа жылдық ағынының, орташа айлық ауа температурасы, жауын-шашынның орташа айлық мөлшерінің көпжылдық мәндерін пайдалана отырып, статистикалық талдау әдістері негізінде жүргізілді. Әр түрлі ағынды қалыптастырушы факторларды ескере отырып, ағынды құраушы фазалардың және ағын параметрлерінің ұзақ мерзімді динамикасы қарастырылады. Қаралып отырған бассейндер аумағында көктемгі ағын үлесінің азаюы сияқты ағынның жыл ішіндегі бөлінуінде елеулі өзгерістер орын алғаны анықталды, Жабай өзені үшін (Атбасар пункті) сәуір айында көктемгі ағын жылдық ағыннан 63,5 % - дан (суы аз жылы) 79,2 % - ға дейін (көп су жылы), Үлкен Қобда өзені үшін (үлкен Қобда пункті Қобда) көктемгі ағынның үлесі 38,4 %-дан (суы аз жылы) 71,6 % - ға дейін (көп су жылы) өзгерді, ал Бұқтырма өзені үшін (Орман айлағы пункті) сәуір мен шілде аралығында көктемгі-жазғы ағын жылдық ағынның шамамен 60…80 % -. құрады. Аралық ағынға келетін болсақ, Жабай және үлкен Қобда өзендерінде, атап айтқанда, қысқы кезеңде (желтоқсан–наурыз) аралық ағын үлесінің ұлғаюы байқалады. Мысалы, Жабай үшін қыс айларында аралық ағын су аз жылдарда 1 % - дан аз, бірақ оның үрдісі оң, бұл осы үлестің өсу тенденциясын көрсетеді. Бұқтырма өзені

Мақала жайында:
Жіберілді: 06.11.2024
Қайта қаралды: 11.02.2025
Қабылданды: 13.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

үшін қаңтар мен желтоқсан айларында трендтер теріс болса да, аралық ағын көбейеді.

INTRA-ANNUAL DISTRIBUTION OF RUNOFF OF TYPICAL RIVERS OF KAZAKHSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE BUKTYRMA, ESIL, ZHAYIK RIVERS)

Aliya Nurbatsina[1]*, Aisulu Tursunova[1] candidate of geographical sciences, Zhanat Salavatov[1,2]

[1] «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; aliya.nurbatsina@gmail.com, ais.tursun@bk.ru, salavatova.07@gmail.com
[2] al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Almaty, Kazakhstan; salavatova.07@gmail.com
Corresponding author: Aliya Nurbatsina, aliya.nurbatsina@gmail.com

KEY WORDS

intra-annual runoff distribution
water regime
climate change
seasonal runoff
runoff change trend

ABSTRACT

Global climate change and intensive economic activity lead to redistribution of the rivers water regime. The study of patterns of intra-annual distribution of river runoff is one of the most important issues of rational and integrated use of water resources. The presented research analyses long-term regional trends in the intra-annual distribution of river runoff in the catchments of the Bukhtyrma - Lesnaya Pristan, Zhabay - Atbasar, and the Ulken Kobda - Kobda from 1985 to 2022. Scientific research was carried out on the basis of statistical analysis methods using multiyear values of average monthly and average annual values of river runoff, average monthly values of air temperatures, average monthly sums of atmospheric precipitation. The multiyear dynamics of flow-forming factors and runoff parameters taking into account phases of different water availability is considered. It is revealed that on the territory of the basins under consideration there are significant changes in the intra-annual distribution of runoff, such as a decrease in the share of spring runoff, the spring runoff for the river Zhabay - Atbasar was from 63,5 % (in a low-water year) to 79,2 % (in a high-water year) in April of the annual flow, the proportion of spring flow for the Ulken Kobda - Kobda varied from 38,4 % (in a low-water year) to 71,6 % (in a high-water year), and the spring-summer flow for the period from April to July for the Buktyrma - Lesnaya Pristan was about 60…80 % of the annual flow. In terms of low-water flow, the Zhabay and Ulken Kobda rivers show an increase in the share of low-water flow, particularly during the winter period (December-March). For example, for the Zhabay, the low-water flow in winter months is less than 1 % in dry years, but its trend is positive, indicating a tendency to increase this share. The low-water flow is also increasing, for the Bukhtyrma river, although the trends are negative in January and December.

About article:
Received: 06.11.2024
Revised: 11.02.2025
Accepted: 13.03.2025
Published: 01.04.2025

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).

Гидрометеорология и экология

Научная статья

ПОСЛЕДСТВИЯ РЕЗКОГО ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Дильшад К. Сулейманлы

Сумгаитский Государственный Университет, диссертант НАНА, Баку, Азербайджан; dilshad8080@mail.ru
Автор корреспондент: Дильшад К. Сулейманлы, dilshad8080@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Каспийское море
прибрежные районы
подъем уровня моря
падение уровня моря
прогноз уровня
водный баланс

АБСТРАКТ

В статье рассматриваются изменения уровня Каспийского моря в период инструментальных наблюдений с 1837 по 2022 годы, особенно его регулярное понижение в последние годы 1995...2022 гг. Анализированы также влияние этого процесса на прибрежную зону Азербайджанской Республики. Выявлены, что в результате этого процесса море было подтянуто на разных местах на расстояние 100...1000 м от берега. Площадь территорий освобожденная от моря составляет около 38 тыс. га суши. Цель исследования: анализировать влияние изменения уровня Каспийского моря на прибрежные территории Азербайджанской Республики.

1. ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море – самое большое озеро на планете Земля, не имеющее прямого соединения с Мировым океаном. Важнейшей особенностью Каспийского моря является то, что его уровень постоянно изменяется то повышается и понижается. Исторические данные показывают, что за последние 4 тыс. лет амплитуда изменения уровня Каспия составляла 15 м, за последние 200 лет (рисунок 1) (в период инструментальных наблюдений) - 3,5 м [1...6].

По статье:
Получено: 24.02.2025
Пересмотрено: 17.03.2025
Принято: 27.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

Для цитирования:
Сулейманлы Д.. Последствия резкого понижения уровня Каспийского моря в прибрежной зоне Азербайджанской Республики// Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 38-44.

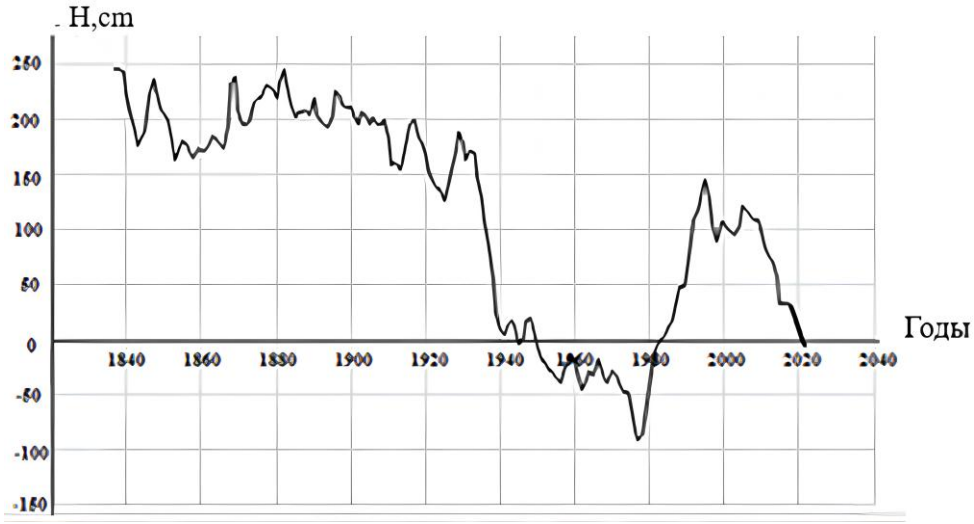


Рисунок 1. *Изменение уровня Каспийского моря в 1837-2040 гг. (по данным Бакинского футштока)*

МРНТИ 37.25.23 https://doi.org/10.54668/2789-6323-2025-116-1-38-44 УДК 551.466.7

Основной причиной изменения уровня Каспийского моря являются климатические процессы, происходящие непосредственно в его бассейне. В результате этих процессов меняется водный баланс моря, что вызывает повышение и понижение его уровня. Водный баланс состоит из двух частей – приходный и расходный. Водный баланс складывается из вод, поступающих в море (речные стоки, атмосферные осадки, грунтовые воды), и оттоков (испарение с поверхности моря и сток в залив Кара-Богаз-Гол). В годы, когда водный баланс положительный, его уровень повышается, а когда отрицательный, снижается (рисунок 2). Также определенную роль в колебаниях уровня моря играют изменения глобального климата (его недавнее потепление) и антропогенные воздействия [1, 4…5]. В годы, когда водный баланс положительный, его уровень повышается, а когда отрицательный – снижается.

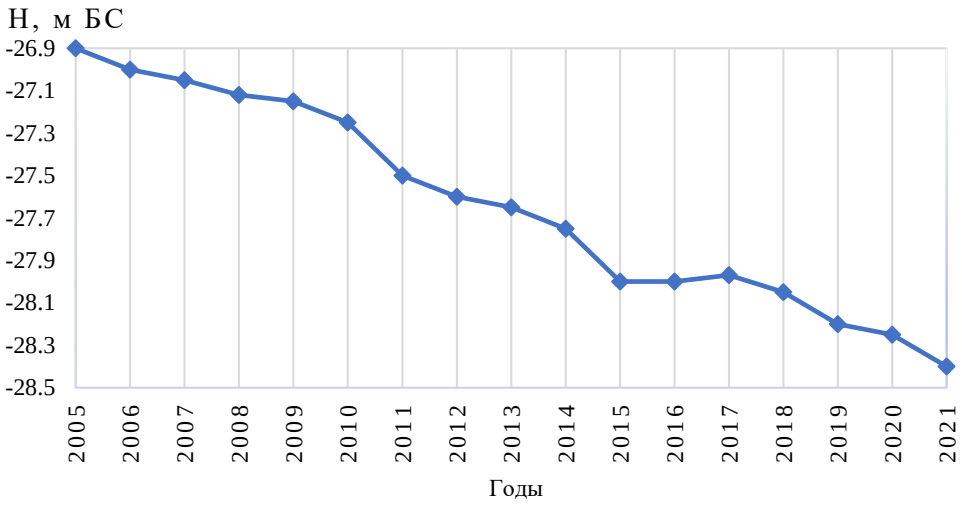


Рисунок 2. *Понижение уровня Каспийского моря (2005-2021 гг.).*

Негативные последствия изменения уровня Каспийского моря отчетливо проявляются в прибрежной зоне Азербайджанской Республики. В этой зоне наибольшее воздействие приходится на южную часть нашей территории – от дельты реки Куры до прибрежных зоны Ленкораньского и Астаринского районов. Основная причина этого – рельеф местности и геоморфологические особенности побережья. Оценка последствий изменения уровня Каспийского моря на эти регионы имеет большое практическое значение [7...10].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные об уровне моря НГМС Азербайджана.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период инструментальных наблюдений уровень Каспийского моря претерпел три резких изменения:

- в 1929...1977 годах уровень снизился на 320 см;
- в 1978...1995 годах он поднялся на 246 см;
- а с 1995 по 2022 год снизился на 190 см.

С 2005 года уровень моря непрерывно снижается со средней скоростью примерно10 - 15 см в год (рисунок 2)

На уровне (-28.96 м БС) длина береговой морской линии Азербайджанской Республики составляет около 750 км. В результате 18-летнего подъема уровня моря (1978...1995 гг.) было затоплено около 50 тыс. га земель в прибрежной зоне республики. В наибольшей степени от подъема уровня моря пострадала южная зона прибрежной зоны (южнее дельты реки Куры - 80 %). За этот период на всей прибрежной территории серьезно пострадали 50 населенных пунктов, 250 промышленных предприятий, 20 км

железнодорожных путей, 60 км автомобильных дорог, санаторно-курортных учреждений на 100 тыс. человек и др. По оценкам, сумма ущерба на экономику в результате этого процесса была в объёме 2 миллиарда долларов США [1, 3, 5, 11…12].

В таблице 1 приведены значения площадей затопленных территорий в 11 административных районов, расположенных в прибрежной зоне нашей Республики. На рисунке 3 представлены диаграммы, показывающие характеристики территории, подверженные затоплению. На рисунке 4 показаны площади территорий, освобожденные от моря в результате понижения уровня моря (за последние 26 лет) в 1996...2021 гг. (по административным районам Азербайджанской Республики, га).

Таблица 1

Затопленные и освобожденные от моря земельные участки по административным районам (га)

Район	Длина береговой линии, км	Затопленные территории 1977...1995	Территории освобожденный от моря 1996...2022
		Уровень -26,50 м БС	Уровень -28,40 м БС
Хачмас	66	2070	1573
Дивичи	20,7	1040	790
Сиазань	39,6	610	464
Хызы	26,1	510	388
Мэрия Баку	289,6	3820	2029
Сальян	11,7	60	46
Нефтечала	94,6	13270	10085
заповедник Кызыл-агач	102	23900	18164
Масаллы	31,5	2670	2903
Ленкорань	35,1	410	312
Астара	21,1	90	68
Итого	738,10	48450	36822

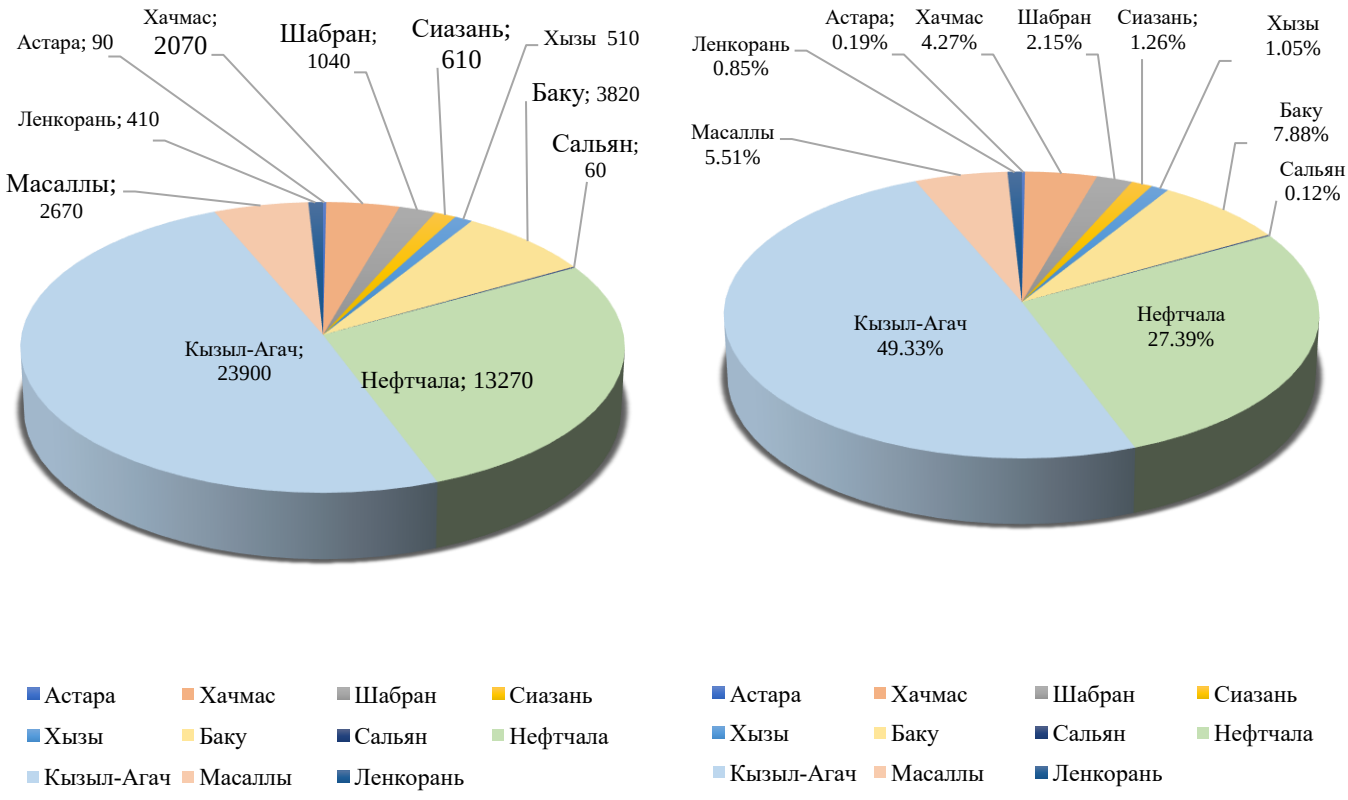


Рисунок 3. *Затопленные площади в результате резкого подъема уровня моря в 1978...1995 гг. (по административным районам Азербайджанской Республики): а) площади, га; б) ее доля в необрабатываемой площади, в процентах*

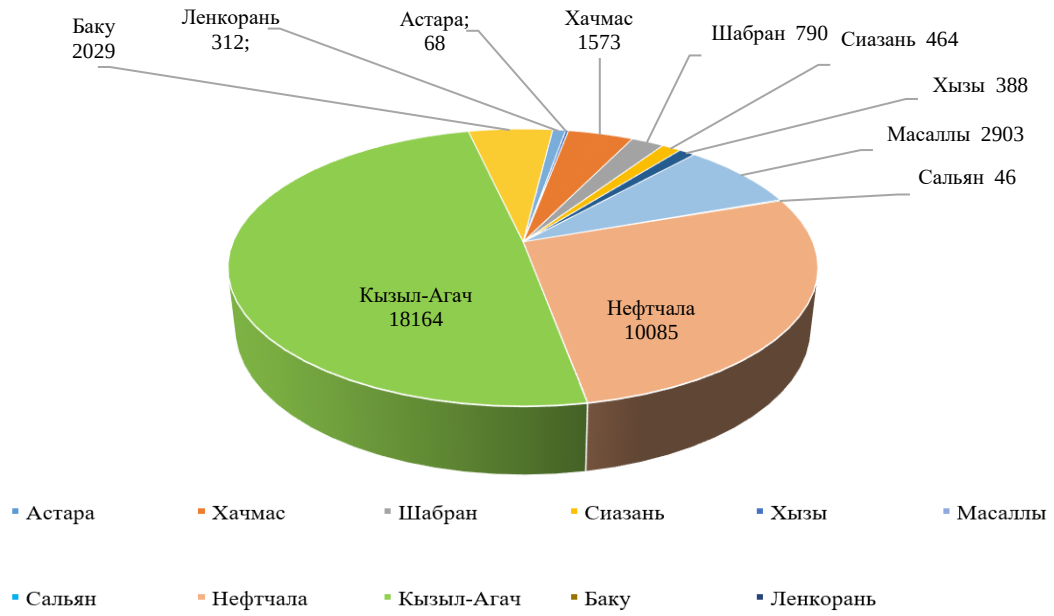


Рисунок 4. *Площадь территории, освобожденные от моря в результате понижения уровня моря в 1996...2021 гг. (по административным районам Азербайджанской Республики, га)* [2…3].

Природные условия Каспийского моря и его берегов тесно связаны с изменением уровня воды. Основной фактор этих изменений связан с изменениями регионального климата и носит циклический характер.

График среднегодового изменения уровня Каспийского моря (рисунок 1) за период инструментальных наблюдений (1837...2022 годы) показывает, что в этот период происходили несколько резкие падение уровня моря. Эти процессы оказали серьезное влияние на динамику и морфологию морских побережий. Резкое падение уровня моря вызвало важные изменения в ландшафте его северного и северо-восточного побережья. В результате этого процесса многие участки мелководий в упомянутых прибрежных зонах пересохли, некоторые заливы полностью исчезли, а на их месте образовались солончаки [9, 13…14]. В целом различные типы форм рельефа, сформировавшиеся в прибрежной зоне Каспия, напрямую связаны с влиянием моря. В результате понижения Каспийского моря на 2 м в 1929...1941 гг. его площадь по периметру моря уменьшилась на 50 тыс. км^2, береговая линия в северо-восточных районах местами отступила на 120...140 км, нанесла большой ущерб портовой инфраструктуре и морским путям, в результате чего значительно затруднился вход и выход судов в море и реки, значительно снизился уровень грунтовых вод, усилился процесс опустынивания и другие негативные процессы [4...6, 11].

Падение уровня моря в прикаспийских прибрежных районах Азербайджанской Республики в 1929...1967 годах привело к следующим негативным событиям:

- Береговая линия на участке от дельты реки Куры до залива Кызыл-Агач отделена от моря на 5...7 км;
- Площадь засушливой территории от острова Пираллахи до дельты реки Ленкорань – 77,1 км^2;
- На некоторых участках ландшафтная структура побережья существенно изменилась;
- В прибрежной зоне усилились процессы опустынивания;
- Уровень грунтовых вод значительно снизился [1, 5, 11].

В настоящее время (2023) уровень моря находится на абсолютной высоте минус 28,75 м. (относительно уровня Балтийского моря). Следует отметить, что уровень моря в 1977 году был на самом низком за последние 400 лет – минус 29,0 м БС.

Если уровень моря упадет до минус 30,0 м БС, на различных участках Каспийского побережья Республики могут произойти следующие негативные события:

- В Бакинской бухте: площадь и объём воды бухты уменьшатся до 2 раз (по сравнению с 1930 годом): площадь – 100...50 км^2; объем уменьшится – 0,8...0,4 км^3. Водообмен между заливом и морем может уменьшиться до 3 раз;
- Высота ветровых волн снизится с 3 м до 0,8 м, а высота волн приливов и отливов с 1 м до 0,5 м;
- На территории Апшеронского полуострова: ландшафт (конфигурация) северо-восточной и восточной частей полуострова существенно изменится;
- Северный и Южный Апшеронский заливы станут значительно мельче;
- Остров Чилов может быть соединен с островом Пираллахи (бывший Артем);
- Остров Песчаный может соединиться с мысом Султан;
- Мыс Шах может полностью пересохнуть;
- В юго-западном районе, в некоторых районах особенно между мысами Сангачал, Алат, Пирсаат, Бандован море отступит на 10...12 км;
- Море отступит на 2...3 км в районе мыса Ленкорань-Керганруд;
- Значительная территория (больше половины) залива Кызыл-Агач может пересохнуть;
- В дельте реки Куры будут созданы отмели и небольшие острова;
- В некоторых местах в прибрежной зоне Набрань-Шабрани море отступит на 4...5 км.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В периоды резких изменений уровня Каспийского моря: подъем (1978...1995 гг.) определены площади затопленные территории, остававшиеся под морем и падение (1996...2023 гг.) освобожденные от моря в прибрежных районах Азербайджанской Республики по административными районами. В результате падения уровня Каспийского моря до 2 м за последние 17 лет площадь территории освобожденные от моря составляет около 38 тысяч гектаров земли. В этот период основная часть земель, принадлежит южной прибрежной зоне нашей Республики – району Кызыл - Агачского залива, а также прибрежным участкам Нефтчалинского района.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании получены из Гидрометеорологической службы Азербайджана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев А.С. Колебания уровня Каспийского моря и их последствия прибрежной зоны Азербайджанской Республики: автореферат докт. диссертации. – Баку, 2004. – 47 с.
2. Алиев А.С. Подъем уровня Каспийского моря и затопление прибрежной зоны Азербайджанской Республики. – Баку: «Элм», 2001. – 145 с.
3. Алиев А.С., Мансимов М.Р. Оценка затопления береговой зоны Азербайджанской Республики при повышении уровня Каспийского моря в 1978–1995 гг. // Гидрометеорология и Экология. – 1999. - № 1. – С. 28–33.
4. Будагов Б.А., Мамедов Р.М. Социально-экономические последствия подъема уровня Каспийского моря на Азербайджанском побережье // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социальные и экономические последствия. – Москва: ГЕОС. – 2000. – С. 212–223.
5. Будыко М.И., Ефимова Н.А., Лобанов В.В. Будущий уровень Каспийского моря // Метеорология и гидрология. -1988. - №5. – С. 86–94.
6. Гаджиев Г.А. Экологическое состояние территории Азербайджанской Республики и системы его комплексного мониторинга // Тезисы докладов конференции «Азербайджан на пороге XXI века». – Баку, 1998. - С. 187–188.
7. Лебедев С.А., Костяной А.Г. Спутниковая альтиметрия Каспийского моря. – Москва, 2005. – 366 с.
8. Нестеров Е.С. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря: Моделирование и прогноз. – Москва, 2016. – 378 с.
9. Николаев Н.Г. Осадки на поверхности Каспийского моря. // Труды НИУ ГУГМС. – 1941. – Сер. VIII. – Вып. 1.
10. Осипов Ю.Б. Гидрометеорологическое обеспечение кораблевождения: Навигационная метеорология и океанография. – СПб, 1996. – 152 с.

11. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Трубуцкова М.Д., Филиппова И.А. Речной сток и вероятностный прогноз уровня Каспийского моря. // Метеорология и гидрология. – 2018. - № 10. – С. 17–26.
12. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. IV: Каспийское море. (Под ред. Ф.С. Терзиева и А.А. Керимова). – СПб, 1992. – 360 с.
13. Мехтиев А.Ш., Гюль А.Г. Техногенное загрязнение Каспийского моря. – Баку: Элм, 2006. – 180 с.
14. Панин Г.Н. Испарение и теплообмен Каспийского моря. – М.: Наука, 1987. – 89 с.
15. Алиев А.С., Гардашов Р.Г., Сулейманлы Д.Г. Особенности колебания уровня Каспийского моря за последние 180 лет. // Coğrafiya və Təbii Resurslar Jurnalı. – 2022. - №2.
16. Алиев А.С., Татлыева З.И., Ахмедова Р.Ю., Сулейманлы Д.Г. Изменения уровня Каспийского моря и их последствия в прибрежной зоне Азербайджанской Республики. // AMEA Yer elmləri seriyası, ANAS Trans. – 2021. - № 2.
17. Ежегодные гидрохимические данные о качестве вод Каспийского моря за 1978–2015 гг. – Азкомгидромет, Баку.
18. Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря. – Москва: Наука, 2005. – 356 с.

REFERENCES

1. Aliev A.S. Kolebanija urovnja Kaspijskogo morja i ih posledstvija pribrezhnoj zony Azerbajdzhanskoj Respubliki [Caspian Sea level fluctuations and their impact on the coastal zone of the Republic of Azerbaijan]: avtoreferat dokt. Dissertacii, Baku, 2004, 47 p. [in Russian]
2. Aliev A.S. Podem urovnja Kaspijskogo morja i zatoplenie pribrezhnoj zony Azerbajdzhanskoj Respubliki [Rise of the Caspian Sea level and flooding of the coastal zone of the Republic of Azerbaijan], Baku: «Jelm», 2001, 145 p. [in Russian]
3. Aliev A.S., Mansimov M.R. Ocenka zatoplenija beregovoj zony Azerbajdzhanskoj Respubliki pri povyshenii urovnja Kaspijskogo morja v 1978–1995 gg. [Assessment of flooding of the coastal zone of the Republic of Azerbaijan during the Caspian Sea level rise in 1978-1995]. Gidrometeorologija i Jekologija, 1999, No. 1, pp. 28–33. [in Russian]
4. Budagov B.A., Mamedov R.M. Social'no-jekonomicheskie posledstvija podema urovnja Kaspijskogo morja na Azerbajdzhanskom poberezh'e [Socio-economic consequences of the Caspian Sea level rise on the Azerbaijani coastline]. Global'nye i regional'nye izmenenija klimata i ih prirodnye i social'nye i jekonomicheskie posledstvija, Moskva: GEOS, 2000, pp. 212–223. [in Russian]
5. Budyko M.I., Efimova H.A., Lobanov V.V. Budushhij uroven' Kaspijskogo morja [Future level of the Caspian Sea]. Meteorologija i gidrologija, 1988, No.5, pp. 86–94 [in Russian]
6. Gadzhiev G.A. Jekologicheskoe sostojanie territorii Azerbajdzhanskoj Respubliki i sistemy ego kompleksnogo moni-toringa [Ecological state of the territory of the Republic of Azerbaijan and its complex monitoring systems]. Tezisy dokladov konferencii «Azerbajdzhan na poroge XXI veka», Baku, 1998, pp. 187–188. [in Russian]
7. Lebedev S.A., Kostjanoj A.G. Sputnikovaja al'timetrija Kaspijskogo morja [Satellite altimetry of the Caspian Sea], Moskva, 2005, 366 p. [in Russian]
8. Nesterov E.S. Vodnyj balans i kolebanija urovnja Kaspijskogo morja: Modelirovanie i prognoz [Caspian Sea Water Balance and Level Fluctuations: Modelling and Forecasting], Moskva, 2016, 378 p. [in Russian]
9. Nikolaev N.G. Osadki na poverhnosti Kaspijskogo morja [Precipitation on the surface of the Caspian Sea]. Trudy NIU GUGMS, 1941, Vol. VIII, No. 1. [in Russian]
10. Osipov Ju.B. Gidrometeorologicheskoe obespechenie korablevozhdenija: Navigacionnaja meteorologija i okeanografija [Hydrometeorological support of ship navigation: Navigational meteorology and oceanography], SPb, 1996, 152 p. [in Russian]
11. Bolgov M.V., Korobkina E.A., Trubuckova M.D., Filippova I.A. Rechnoj stok i verojatnostnyj prognoz urovnja Kaspij-skogo morja [River flow and probabilistic forecast of the Caspian Sea level]. Meteorologija i gidrologija, 2018, No. 10, pp. 17–26. [in Russian]
12. Gidrometeorologija i gidrohimija morej. T. IV: Kaspijskoe more [Hydrometeorology and Hydrochemistry of the Seas. Vol. IV: Caspian Sea]. (Pod red. F.S. Terzieva i A.A. Kerimova), SPb, 1992, 360 p. [in Russian]
13. Mehtiev A.Sh., Gjul' A.G. Tehnogennoe zagrjaznenie Kaspijskogo morja [Technogenic pollution of the Caspian Sea], Baku: Jelm, 2006, 180 p. [in Russian]
14. Panin G.N. Isparenie i teploobmen Kaspijskogo morja [Evaporation and heat exchange of the Caspian Sea], M.: Nauka, 1987, 89 p. [in Russian]
15. Aliev A.S., Gardashov R.G., Sulejmanly D.G. Osobennosti kolebanija urovnja Kaspijskogo morja za poslednie 180 let [Peculiarities of the Caspian Sea level fluctuations over the last 180 years]. Coğrafiya və Təbii Resurslar Jurnalı, 2022, No. 2. [in Russian]
16. Aliev A.S., Tatlyeva Z.I., Ahmedova R.Ju., Sulejmanly D.G. Izmenenija urovnja Kaspijskogo morja i ih posledstvija v pribrezhnoj zone Azerbajdzhanskoj Respubliki [Caspian Sea level changes and their consequences in the coastal zone of the Republic of Azerbaijan]. AMEA Yer elmləri seriyası, ANAS Trans, 2021, No. 2. [in Russian]
17. Ezhegodnye gidrohimicheskie dannye o kachestve vod Kaspijskogo morja za 1978–2015 gg. [Annual hydrochemical data on water quality of the Caspian Sea for 1978-2015], Azkomgidromet, Baku. [in Russian]
18. Panin G.N., Mamedov R.M., Mitrofanov I.V. Sovremennoe sostojanie Kaspijskogo morja [Current state of the Caspian Sea], Moskva: Nauka, 2005, 356 p. [in Russian]

КАСПИЙ ТЕҢІЗІ ДЕҢГЕЙІНІҢ КҮРТ ТӨМЕНДЕУІНІҢ ӘЗІРБАЙЖАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЖАҒАЛАУ АЙМАҒЫНА ӘСЕРІ

Дильшад К. Сулейманлы

Сумгайыт мемлекеттік университеті, ӘҰҒА диссертанты, Баку, Әзірбайжан; dilshad8080@mail.ru
Автор корреспондент: Дильшад К. Сулейманлы, dilshad8080@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

Каспий теңізі
жағалау аймақтары
теңіз деңгейінің көтерілуі
теңіз деңгейінің төмендеуі
деңгей болжамы
су балансы

Мақала жайында:
Жіберілді: 24.02.2025
Қайта қаралды: 17.03.2025
Қабылданды: 27.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Мақалада 1837...2022 жылдар аралығындағы аспаптық бақылау кезеңінде Каспий теңізі деңгейінің өзгерістері, әсіресе 1995...2022 жылдардағы тұрақты төмендеу үрдісі қарастырылады. Сондай-ақ, осы процестің Әзербайжан Республикасының жағалау аймағына әсері талданды. Зерттеу нәтижесінде теңіз деңгейінің төмендеуіне байланысты кейбір жерлерде теңіз жағалаудан 100...1000 м қашықтыққа шегінгені анықталды. Теңізден босатылған аумақтың ауданы шамамен 38 мың га құрлықты құрайды. Зерттеудің мақсаты – Каспий теңізі деңгейінің өзгеруінің Әзербайжан Республикасының жағалау аумақтарына әсерін талдау.

CONSEQUENCES OF THE SHARP LOWERING OF THE CASPIAN SEA LEVEL IN THE COASTAL ZONE OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Dilshad Suleymanli

Sumgait State University, PhD candidate at ANAS, Baku, Azerbaijan; dilshad8080@mail.ru
Corresponding author: Dilshad Suleymanli, dilshad8080@mail.ru

KEY WORDS

Caspian Sea
coastal areas
rise of the sea level
fall of the sea level
level forecast
water balance

About article:
Received: 24.02.2025
Revised: 17.03.2025
Accepted: 27.03.2025
Published: 01.04.2025

ABSTRACT

The article considers changes in the Caspian Sea level during the period of instrumental observations from 1837 to 2022, especially its regular lowering in the last years of 1995...2022. The impact of this process on the coastal zone of the Republic of Azerbaijan is also analysed. It was revealed that as a result of this process the sea was pulled up at different places at a distance of 100...1000 m from the coast. The area of territories freed from the sea is about 38 thousand hectares of land. Purpose of the study: to analyse the impact of the Caspian Sea level change on the coastal territories of the Republic of Azerbaijan.

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).

Гидрометеорология и экология

Scientific article

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF MINING ENTERPRISES IN THE AKTOBE REGION ON THE ENVIRONMENT (USING THE EXAMPLE OF CHROMIUM DEPOSITS)

Asima Koshim[1] doctor of sciences in geography, Aliya Aktymbayeva[1,2]* candidate of science in geography, Aigul Sergeyeva[3] candidate of science in geography, Damir Kanatkaliev[1], Murat Makhambetov[3] PhD, Aida Kaliyeva[1,2]

[1] al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; asima.koshim@gmail.com (AK), a.aktymbayeva@kaznu.edu.kz (AA), kanatkaliev01@gmail.com (DK), kaliyeva.aida@kaznu.kz (AK[2])
[2] Centre for Sustainable Development in Central Asia, al-Farabi Kazakh National University, in partnership with The Hong Kong Polytechnic University, Almaty, Kazakhstan; a.aktymbayeva@kaznu.edu.kz (AA), kaliyeva.aida@kaznu.kz (AK[2])
[3] K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan; sergeyeva.aigul@gmail.com (AS), zharatylystanu.arsu.edu@mail.ru (MM)
Corresponding author: Aliya Aktymbayeva, aliya.aktymbayeva@kaznu.edu.kz

KEY WORDS

mining industry
technogenic impact
remote sensing of the Earth (ERS)
interpretation methods
quarries
Khromtau

ABSTRACT

Remote sensing (ERS) is a powerful tool for exploring quarries and assessing their environmental impact. This method provides extensive capabilities for monitoring, mapping and analyzing changes caused by mining activities. The mining industry has a significant negative impact on the environment, especially quarrying, which leads to landscape changes, contamination of water sources and deterioration of soils. In the Aktobe region of Western Kazakhstan, the mining of chromite ores around the city of Khromtau causes serious environmental problems. The study is aimed at improving the methodology for assessing the technogenic impact of a deposit near the city of Khromtau using Earth remote sensing (ERS) data. The study was based on field research conducted in 2012…2020 and data from мен Landsat-5TM (1986 y) and Landsat-8 OLI (2023 y) satellite images. Analysis of satellite images made it possible to identify and map zones of technogenic impact, assess environmental risks and determine the scale of anthropogenic disturbances. For more than 30 years, the area of quarries and disturbed areas has increased significantly, which negatively affects the ecological state of the city of Khromtau and its environs. Heavy metals such as chromium tend to bioaccumulate, which is hazardous to human health and the environment. The use of remote sensing allows you to quickly obtain up-to-date information for monitoring and managing the environmental condition, which helps improve the quality of life and preserve natural resources. The use of remote sensing in the study of quarries of chromite deposits allows not only to identify the scale and nature of technogenic impact, but also to propose measures to mitigate negative consequences for the environment.

1. INTRODUCTION

The activities of the mining industry, engaged in the extraction and beneficiation of various types of ore raw materials, have a negative impact on the environment and human health. Mining is carried out by open and closed methods. More than 85 % of deposits are developed by the open pit method. In the open pit method, a large amount of rock is thrown out of the subsurface and large volumes of residual dumps – slag heaps – are formed. For example, in Germany, more than 400 thousand hectares were damaged by open-pit mining alone, and in the USA, dumps alone occupied developed economies, places that have become industrialized and technogenic landscapes - cause the most damage to the natural landscape, agriculture and forestry. The vast majority of mining sites are now completely closed, and even restoration work was completed many years ago, and there are now no signs of former mining waste left in their places. The Lausitz lignite basin of the 70 m high dump of the Espenhein open pit, where FRG mining operations were completed, is now used as a storage area for Creburn waste. Waste accompanying ore beneficiation, concentrated

About article:
Received: 22.08.2024
Revised: 10.01.2025
Accepted: 28.01.2025
Published: 01.04.2025

For citation :
Koshim A., Aktymbayeva A., Sergeyeva A., Kanatkaliev D., Makhambetov M., Kaliyeva A. Assessment of the impact of mining enterprises in the Aktobe region on the environment (using the example of Chromium deposits) // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 45-58.

in spoil heaps and artificial water bodies, leads to subsidence of the ground cover and changes in the landscape. And erosion of land and water spreads environmentally hazardous chemicals over long distances. In the process of production, the ecological situation that has developed in the territories of industrial facilities location (mines, mines, processing plants) is completely or partially disturbed [2]. These changes are manifested in a set of various reverse phenomena, the most important of which are the orientation of agricultural areas to mining operations, depletion and damage to ground and surface water, flooding and waterlogging of developed lands, desiccation and salinization of soils, air pollution with harmful substances, chemical elements, hydrogeological, geochemical and microclimatic changes can be stated [3].

Similarly, Sukinda (India) – One of the most polluted places in the world, home to one of the largest chromium quarries. The number of people affected there is 260,000. The chromium content in 60 % of the drinking water is twice the international standard allowed. 87 % of deaths in the area are related to diseases caused by chromium poisoning [4].

Chrome ore (chromites) is one of the most valuable metal ores in the world. Identified chromite resources are estimated in 47 countries of the world and are valued at $15 billion tons. South Africa ranks first in terms of reserves (accounting for 76 % of proven reserves). Kazakhstan ranks second in the world (accounting for 9 % of world reserves) and the share of commodity chromium in the world economy is 15...20 % (Figure 1). In addition, chromite resources are also found in the USA, India, Philippines, Turkey, Madagascar, Brazil, Zimbabwe and the countries of the Philippines [5].

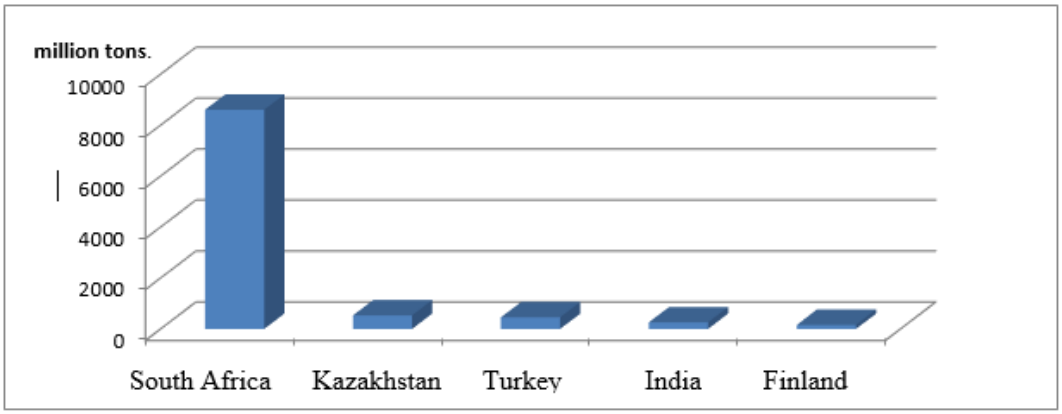


Figure 1. *Global chromium production*

Chromium mines and plants are major sources of environmental pollution. For example, Sukinda (India) – One of the dirtiest places in the world because it is home to one of the largest chrome mines. The number of people affected is 260,000, 60 % of the drinking water contains twice as much chromium as the international standard allows. 87 % of deaths in the area were caused by chromium poisoning [6].

With the development of new technologies that allow for the expansion of industrial development, modern machinery and equipment, the process of mining is constantly increasing, which in turn increases the anthropogenic-technogenic impact on ecosystems [7]. the main factor of environmental change is technogenic processes arising from the exploitation of various forms of mining. In this regard, the Law of RK “On Environmental Protection” stipulates: “local executive bodies of oblasts regulate nature management on issues of land protection from depletion, desertification, water and wind erosion, sedimentation, waterlogging, soil salinization” [8]. In addition, as of January 1, 2016, the world officially launched the Sustainable Development Agenda, an active reconstruction plan for 2030. The plan is based on the 17 Sustainable Development Goals, which are integrated and indivisible and balance the three pillars of sustainable development: economic, social and environmental. In this regard, this study is in line with the following Sustainable Development Goals: 3-health and well-being; 6-sanitation with clean water; 11-sustainable cities and towns; 12-production with responsible consumption and 15-conservation of terrestrial ecosystems [9].

In the mining industry, remote sensing of the Earth by satellite (RS) is becoming an increasingly necessary method due to the ability to cover large areas associated with mining, identify surface features, and monitor landscape changes [10]. In addition, the use of remote sensing technologies provides unique opportunities for comprehensive assessment of the environmental impact of mining. In addition, monitoring using remote sensing helps in the identification and digital assessment of environmental changes, development of effective measures related to the management of natural resources and reduction of negative environmental impact. The introduction of these technologies will also create conditions for sustainable development of the mining industry and protection of ecosystems [11].

One of such mining enterprises with a negative impact on the environment is the extraction of chromite ores located in the Aktobe region of Western Kazakhstan (Figure 2).



Figure 2. *Chrome deposits near the city of Khromtau*

The mining industry plays an important role in the economic development of Aktobe region, being one of the main sources of income and employment in the region. Chromium deposits, which have been mined for many years, are considered particularly important. Intensive extraction of natural resources and changes in environmental and social conditions occur in parallel, so it is very important to study and assess them accurately [12].

The world's largest reserves of chrome ore are located in Aktobe region, which is the reason for the high activity of mining enterprises. The development of chrome deposits has a significant impact on various components of the environment: air, water, soil, plants and animals. At the same time, on the one hand, the socio-economic situation of the local population improves: jobs are created, infrastructure is updated, on the other hand, due to environmental problems there are also negative consequences associated with the deterioration, reduction of living conditions of the population [13...14].

The research work will be devoted to the identification and analysis of environmental and social impacts of mining in the Aktobe region, based on space images, as well as assessment of the environmental impact of chrome mining enterprises, development of proposals to minimize the impact and ensure sustainable development of the region. They will be aimed at developing strategies and measures aimed at reducing environmental risks and ensuring harmonious development of the mining region. We hope that the studies will contribute to improving mineral management practices and promoting sustainable development of the Aktobe region, striking a balance between economic growth and environmental protection.

In this regard, the purpose of our study is to improve the methods for assessing the anthropogenic impact of deposits near Khromtau using remote sensing data.

2. MATERIALS AND METHODS

It is important for Kazakhstan to extract valuable raw materials, as it ranks 1st in the world in terms of ore quality and has a high value on the world market, which is set by counterparties [7]. Donskoy Mining and Processing Plant is a city-forming enterprise and contributes to the economic growth and development of the region and the country as a whole. In addition, the mining and processing of chrome ores provides jobs for thousands of Kazakhstani people. Kazakhstan is one of the world's leading chrome producers and actively cooperates with other countries in trade and technology. This will help strengthen international economic ties and enhance the country's standing on the world stage. The presence of large chrome deposits is a strategic advantage for Kazakhstan. It ensures the country's stability and independence in providing basic materials for various industries.

The object of the study is chrome ore deposits located near the town of Khromtau (Figure 1). Khromtau city is a city of district significance and the administrative center of Khromtau district. It is 95 kilometers from the city of Aktobe. The city is inhabited by 30,2 thousand people (2023). The area of the city is 97,7 km^2 [15].

There are 3 enterprises of state importance in the city: the main enterprise - Donskiy Mining and Processing Combine (hereinafter referred to as DMPC) – a branch of TNK Kazchrome JSC; the second – Aktobe Copper Company JSC for processing of copper-zinc ores and the third - Voskhod Oriel LLP, engaged in extraction and processing of chrome. The Geophysical IX deposit is located in Khromtau district of Aktobe region, in the South Kempirsay Ore Massif on the north-eastern border of Khromtau city.

The social and economic situation of the city is directly related to the prospects of development of the mining and processing plant, which produces almost all volumes of chrome ore in Kazakhstan.

Geomorphologically, the city and adjacent territories belong to parts of Mugalzhar Mountain, which is represented as an eluvial-deluvial sloping plain consisting of fine gravel of bedrock formed by loams, clayey sands. The relative elevation is 300…350 meters. In the southeast of the city there are hills 380...440 m high.

The city and adjacent territories are located in the dry steppe zone. The steppe zone consists of chestnut-brown soils, where sand and rocks are found. The climate of the region is sharply continental, with the Siberian anticyclone acting over the territory in winter and subtropical desert air blowing in summer. The temperature rises to 20...22 °C in winter and to +20 +25 °C in summer. The average amount of precipitation is 350...450 mm. The average wind speed is 8 m/s.

Tributaries of the Ilek River – Karagash, Akzhar, Sarymyrza, Zharly-bulak, etc. – flow through the study area.

The basis for the study of the deposit is 2012...2020. the results of field studies of the authors [16…18] were obtained. In addition, we analyzed the materials of researchers who considered the problem of the impact of mining on the environment, many of whom believe that the main sources of destruction and pollution of various components of the natural environment are technogenic massifs located near the enterprise, which have a significant ecological impact on the environment [2, 10, 19…23]. One thing should be noted here: open-pit mining, compared to underground mining, the surface of the land, the area of which reaches hundreds and even thousands of hectares (at large enterprises) [19], is significantly destroyed, which, in turn, is partially or completely destroyed in the process of mining [24…25].

There are different methodological approaches to the study of the territorial impact of the mining-industrial complex on ecosystems. In this regard, we reviewed some works on the methodology of using remote sensing data to identify the objects of study [26…27].

Nowadays, remote sensing techniques are widely used, as the development of this technique has made it possible to obtain high quality images of the Earth's surface with high capabilities and in different color spectra. The use of satellite imagery in the study of the impact of mining on ecosystems offers new opportunities related to the identification, mapping, monitoring of anthropogenic impact zones and environmental risk assessment. In addition, RS imagery can be viewed in conjunction with other cartographic sources, especially topographic maps and extensive material collected during field surveys.

Earth remote sensing data will help to consider the problems of localization of areas subject to anthropogenic impact when assessing the categories of environmental risks, i.e. identification of objects associated with the release and exchange of rock mass (quarry-fill formation, etc.), soil-soil and water channel impact, creation of artificial water bodies.

During the writing of the article, data on the indicators of the mining industry were obtained from the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan [28] and the website of the Committee on Statistics of the Republic of Kazakhstan [29]. High spatial resolution (30 m) images from the U.S. Geological Survey (USGS) [30] were used for mapping to assess the dynamics and development of the territories. The cloud-free Landsat-5 TM (13.07.1986) and Landsat-8 OLI (20.08.2023) satellite images were processed in ArcMap 10.8, resulting in the creation of maps. Based on the analysis of these satellite images, changes in the landscape and natural environment were identified. The primary focus of our research is to identify anthropogenic factors, their consequences, and to consider their impact on the ecological condition of the city of Khromtau.

The analysis of the geo-ecological state of the city of Khromtau based on various temporal satellite images is a significant study aimed at identifying environmental changes over the years. The informational content of images taken at different times varies not only depending on the issue being addressed but also on the region and season of the shooting. Since each type of landscape in a particular geographical zone is characterized by its own interconnections and patterns, natural objects also possess local decoding features [31…32]. The data and results obtained allowed for an assessment of the impact of anthropogenic factors on the landscape and resources of the city, identification of areas with specific environmental problems, and the proposal of measures to address them. The use of satellite images is an effective tool for monitoring and managing the environmental condition of the city and its surroundings, helping to improve the quality of life of its residents and preserve the environment.

The cartographic method, implemented through the ArcGIS program, allows for the integration of various types of information and the conduct of spatial analysis, taking into account numerous factors [33…35]. Maps created based on satellite images enable the visualization of disturbed landforms and the assessment of the environmental condition of an area [11].

The study of the geo-ecological condition of the city of Khromtau using periodic satellite images offers several advantages and methodological features compared to other known methods. Periodic satellite images provide highly accurate data with precise imagery, facilitating a more detailed analysis of changes in the landscape and natural environment.

The use of periodic images allows for the monitoring of environmental changes over extended periods, enabling the identification of trends and the prediction of possible future scenarios. This ability to track changes over time is critical for understanding long-term environmental impacts and developing strategies to mitigate negative effects.

Therefore, the application of satellite imagery and GIS technology for studying the geo-ecological condition of Khromtau offers high accuracy, broad coverage, and the ability to monitor changes over time. These methods, combined with cross-verification of results, ensure the reliability and validity of conclusions, contributing to effective environmental management and the improvement of the population's quality of life.

3. RESULTS AND DISCUSSION

All chromite resources in Kazakhstan are located in the Aktobe region, with reserves totaling 300 million tons in the Kempirsai Massif.

The history of the chromite industry in this region dates back to 1938, when the Donskoy Mining and Processing Plant began operating, coinciding with the development of the Kempirsai chromite deposit. During this time, the town of Khromtau and the Aktobe Ferroalloy Plant were established to support the mining workforce. By 1959, the mines “Vostochny” and “Komsomolsky” had produced over 1 million tons of ore. In 1968, the Ferak Ferroalloy Plant began operations, followed by the first processing plant at the Donskoy Processing Plant in 1973. The development of the “Molodezhnaya” mine started in 1974, and the “Central” mine in 1978 (Figure 3).

Industrial-scale chromite deposits are located in the Western Kazakhstan Complex (WKC), with over 20 of these deposits concentrated in the Kempirsai range, which stretches for 80 km in length and 30 km in width. This region contains more than 120 chromite deposits at depths of up to 1400 meters. Over the past 80 years, 226 million tons of ore have been extracted from more than 20 mines and quarries in this area. The annual production volume is approximately 6 million tons. The ore reserves are sufficient for several generations, as new deposits continue to be discovered and developed, making this an important focus for large companies.

In the Khromtau region, extensive geological work has been carried out, leading to the discovery of rich chromite ore deposits with chromium oxide content as high as 55 %. For instance, at the “Geological” deposit, 1 million tons of reserves have been identified, with an additional 3 million tons of ore planned for extraction. New ore bodies are currently being explored at the “Geological-2” and “Geophysical-7” sites. Intensive efforts are now underway to develop the secured reserves at these deposits, which has adversely affected the environmental situation in the city of Khromtau and quarries surround surrounding areas, as the city. In 2023 alone, 300,000 tons were extracted from the Dubersay quarry and 150,000 tons from the Mirny quarry [7].



Figure 3. *Chrome industry*

In the vicinity of Khromtau and the surrounding areas, there are several large deposits. One of the largest quarries is located to the south of the city, just 300 meters from residential areas and 50 meters from an abandoned sector (see Figure 2). The size of the quarry is 900×500 meters, with a depth of 150 meters (see Figure 4). In the southwestern part, approximately 800 meters from the city, there are two enormous quarries measuring 800…900×400…500 meters with a depth of 100…150 meters. In the northeastern part of the city, about three kilometers away, there are two more large quarries, each approximately 900 meters in length and over 1 kilometer in width, with widths ranging from 500 to 900 meters (see Figure 2). At the bottom of all the quarries, artificial lakes have formed, measuring 300…500×150…200 meters.

We focused exclusively on the quarries where chromite ore is extracted (see Figure 4). There are several large deposits located in the suburbs and surrounding areas.



Figure 4. *A large quarry near the city of Khromtau*

The terrain of the deposits and the surrounding areas is characterized by its location on the eastern slope of the Or-Ilek watershed, forming a ridge elongated in a submeridional direction. The slightly ridged surface is covered with numerous temporary water valleys. The land is dissected by erosional ravines with relative heights ranging from 5…10 meters to 15…50 meters. This region manifests as a denudation-accumulation plain, which has been significantly altered due to the industrial activities of the Donskoy Mining and Processing Plant. The average elevation of the area is approximately 400…450 meters, with the northwestern part reaching up to 480 meters in absolute height. The slopes behind the erosional ravines generally descend several meters over a distance of 1 kilometer. The steepest slopes, ranging from 50…100 %, are typical of riverbeds and ravines. In the upper reaches of the Oysylkara River basin, there are numerous depressions with an area of 300 square meters and a depth of 2,0 meters.

The slopes of the quarries are very steep, conical, and elongated, with gravity-driven sliding processes occurring in many places (see Figure 5). Near the quarries, waste dumps (slag heaps) have formed, consisting of the worked-out rock and soil excavated during the quarrying process. The height of the slopes in various quarries reaches 50…100 meters, with lengths ranging from 60 to 150 meters (see Figure 6).

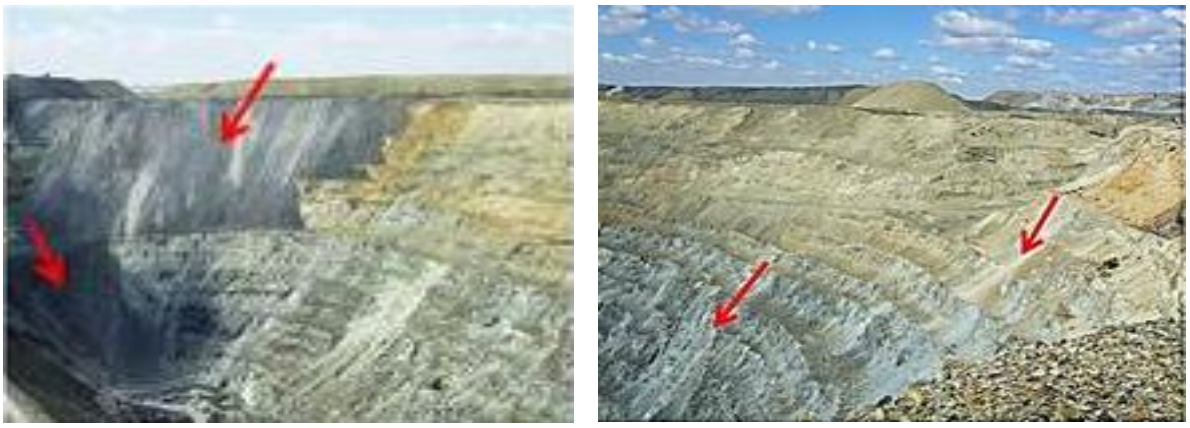


Figure 5. *Gravity-raw processes*

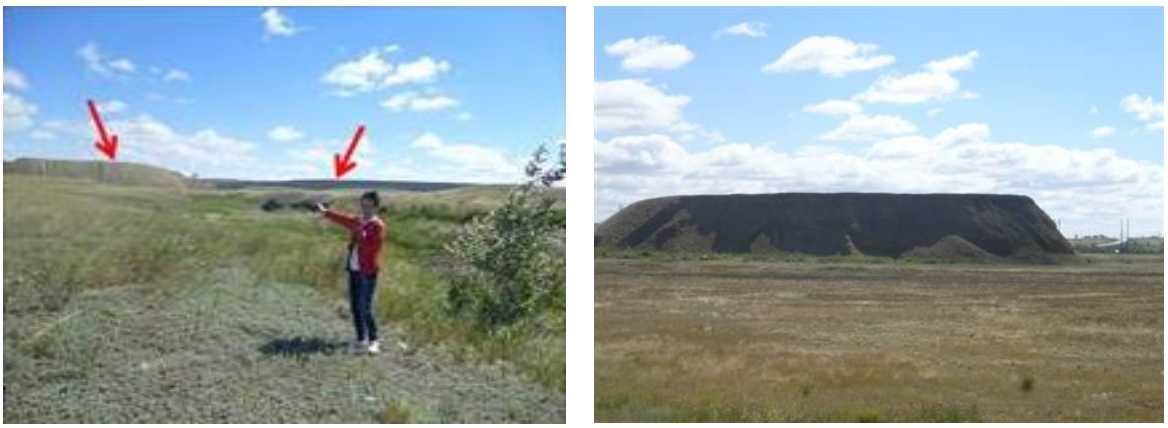


Figure 6. *Artificial dumps formed by chrome residue*

Open-pit mining processes involve drilling, blasting, crushing, and overburden removal using new technologies. Special drilling machines and specific quantities of explosives are used for blasting operations, which include:

– This is done with specialized equipment that uses circular motions to break up the soil layer and penetrate deeper into the ground (Loosening of soil layers).

– The ore is mixed with chemical reagents, and chromium is extracted from the mixtures as a result of the chemical reaction (Ore processing)

– These systems are used to collect and analyze data on the state of the deposits in real-time, ensuring precise and efficient management of the mining process (Automated monitoring systems).

Rock extraction operations are carried out using excavators, which have significant environmental impacts, necessitating measures to mitigate these effects. To address this, since 2019, the plants have undergone updates and implemented the new ERGW production system. The

modernization of equipment and the launch of the new ERG Green processing plant have made it possible to recycle all production slag [7].

The soil extracted from quarries (slag heaps: clay, loam, primarily gravel) is exposed to open air and undergoes various gravitational, sliding, and weathering processes. Chromium, classified as a heavy metal, poses significant environmental risks because heavy metals are prone to bioaccumulation. Bioaccumulation occurs when a chemical element concentrates in the environment and gradually builds up within a biological organism over time. These compounds accumulate in living organisms before they can be broken down or transformed, leading to absorption and storage in biological tissues. This accumulation poses long-term health risks to both the environment and living organisms, including humans, as heavy metals can have toxic effects on various biological systems.

Chromium waste heaps render the land unsuitable for agricultural use, contaminate the soil with harmful trace elements, and disperse dust into the air. These waste dumps have a significant anthropogenic impact on both the lithosphere and the atmosphere. When wind speeds reach 2 m/s over a period of 55 days, the amount of dust dispersed into the environment is approximately 5,3 tons per year. However, at wind speeds of 7 m/s (over 297 days), the amount of dispersed dust dramatically increases to 40 tons per year.

A significant environmental issue in the region is the contamination of the Ilek River and its tributaries with chromium compounds. The Ilek River is widely known as the “Chromium River” because the problem of contamination with hexavalent chromium has persisted for more than 60 years. The Aktobe Chromium Compounds Plant was launched without filtration systems in 1958, and within a year, chromium levels in the river had already exceeded permissible limits. In 1994, the maximum chromium concentration in the river's maximum allowable concentration (MAC) increased by 4,8 times, and four years later (in 1998), it increased by 18,4 times. To reduce chromium levels in the silt to acceptable levels, it is necessary to release a volume of water equal to that of the Aktobe Reservoir into the river annually. However, by 2005, the maximum chromium concentration in the silt had decreased to 8,6 times the MAC. Despite the decrease in concentration, chromium can still cause serious harm to human health.

It is known that chromium belongs to the group of heavy metals. Heavy metals are dangerous because they tend to bioaccumulate - increasing the concentration of chromium compounds in living organisms over time more rapidly than changes in the environmental concentration of the chemical element. These compounds are often collected in water along with industrial waste. It has been reported that the concentration of hexavalent chromium in 60 % of the drinking water in Khromtau exceeds the national standard by two times, affecting approximately 2,6 million people in the city [6].

To address this problem, industrial waste is being deposited into artificial depressions near the quarry (see Fig. 7), where nearby grazing cattle drink the water.



Figure 7. *Industrial waste cast into an artificial lake*

Local residents note that such occurrences happen quite often, and they have become accustomed to them, despite the fact that these conditions cause respiratory diseases, which are particularly common among children who drink cow's milk. Additionally, hexavalent chromium compounds, released into the environment through industrial waste, are part of a group of chemicals

with mutagenic and carcinogenic properties, which are potentially dangerous to reproductive health. In specific environmental conditions, humans are typically exposed to a complex mix of chemical substances that interact with adverse physical and biological factors.

To map the dynamics of changes in the natural components of the deposits and monitor the changes in relief due to anthropogenic impact, satellite images from 1986 and 2023 (spanning 37 years) were obtained. The interpretation of these satellite images revealed the areas of disturbed zones from open-pit chromite mining, as well as individual large forms of technogenic relief, such as quarries, waste dumps, and waste accumulation sites (see Figure 8). The interpretation indicators were corroborated by field research results. The city of Khromtau and its surroundings, as previously mentioned, are surrounded by dumps (mine dumps) formed from the rocks extracted from the deposits. As a result, a unique pit microrelief has developed in the city. The decoding data were confirmed by the results of field research.

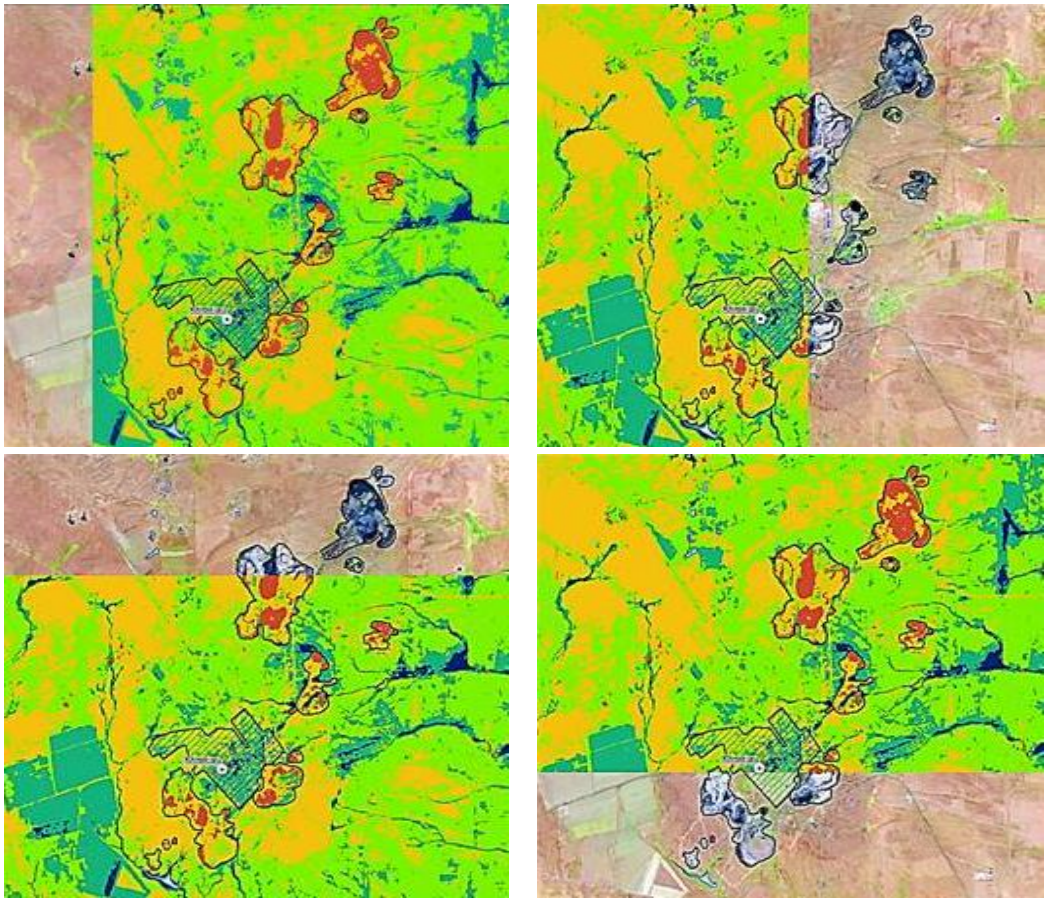


Figure 9. *The process of comparing relief shapes when decoding images*

The remote sensing method allowed for the determination of the area of technogenic disturbances, including waste dumps: the total area of disturbed land in 1986 was 115,8 square kilometers, and by 2023 it had increased to 298,3 square kilometers, an expansion of 2,5 times. The image interpretation results showed that over 37 years, the area of the city increased by 2,6 times, while the area of quarries expanded by 3 times (see Table 1).

Table 1

Dynamics of land changes in the city of Khromtau and its surroundings

Objects	1986 (sq. km)	2023 (sq. km)	Dynamics
Careers	154,2	476,4	3 >
Khromtau city square	3,6	9,4	2,6 >
The Barren lands	115,8	298,3	2,5 >
Areas with sparse vegetation	415,6	398,3	0,9 <
Dense thickets	77,5	16,0	4,8 <
Farm lands	219,3	116,2	1,9 <
Water forms	1,5	0,5	3,0 <

4. CONCLUSION

Thus, the environmental situation in the city of Khromtau and the surrounding areas is considered unfavorable. This is due to the fact that a stable chromium biogeochemical province has formed in these regions, including the city and adjacent territories, which leads to an increased movement of chromium within the biosphere along the path: soil-plants-animals-humans.

Heavy metals, including chromium, are considered hazardous compounds because they have the ability to bioaccumulate, meaning that this chemical element accumulates in a biological organism faster than it can be broken down or altered. Additionally, the soil and vegetation cover and agricultural lands are altered, with areas reduced by 1,0…4,8 times, water bodies decreasing by 3,0 times, and many small rivers being destroyed or dried up (see Figure 9).

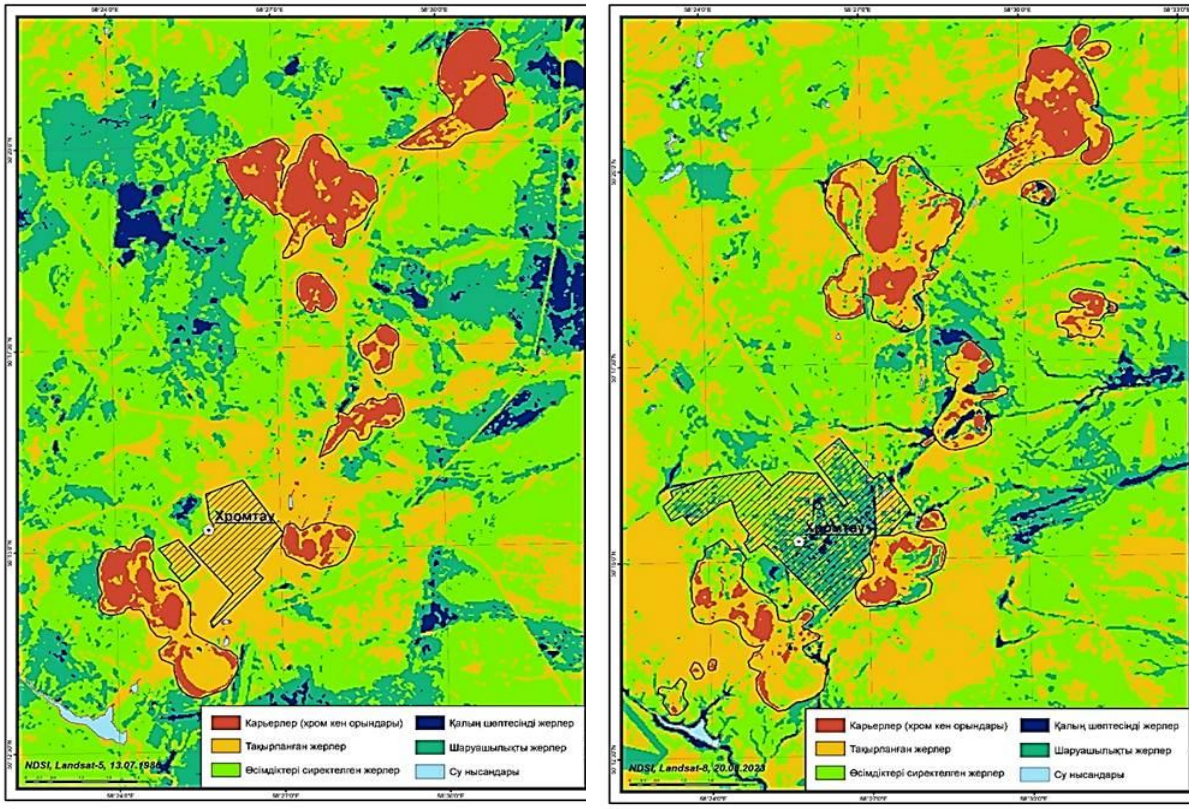


Figure 9. *Anthropogenic disturbance of the terrain in the area of the city of Khromtau*

The impact of chromite mining is evident in the depletion of land, contamination of soil with harmful trace elements, and the excessive release of dust into the atmosphere, leading to an imbalance in natural components and environmental pollution.

Satellite imagery plays a significant role in assessing changes in the environmental conditions and topography resulting from mineral extraction. Through the interpretation of these images, maps showing the changes (dynamics) in the topography of the mining area have been created (see Figure 7), and the extent of disturbed lands has been determined (see Table 1).

All of the aforementioned points necessitate qualified intervention, ranging from environmental assessments to direct impacts on the entire natural complex. The application of rapid Earth remote sensing methods has enabled the acquisition of precise and up-to-date information on the environmental conditions of natural and mountain-technical systems. The effective integration of information obtained from remote ssing data and other sources, including field expedition data, demonstrates efficient mechanisms for addressing a wide range of both practical tasks and theoretical research.

The data and research findings can be utilized to provide informational support for decision-making in the fields of environmental protection and sustainable development. The results of the study contribute to improving the quality of life for the population in the city of Khromtau and other regions by providing measures to enhance the environmental situation.

Thus, the following general conclusions can be drawn from the above:

1)The extraction and processing of ore materials, particularly chromite ore, in mining and processing plants are the primary sources of environmental pollution and pose significant risks to human health.

2) The development of chromite ore extraction processes, including gravitational, landslide, wind, and water erosion, as well as the collapse of the earth's surface, destruction of soil and vegetation cover, soil salinization, and intensification of desertification processes, leads to anthropogenic and technogenic changes in the natural landscape.

3) The remote sensing method allows for the identification and determination of zones of anthropogenic impact, the mapping of technogenic relief zones, and the identification of areas of environmental threats.

4) The total area of disturbed land in the chromite ore mining region reached 77,470 hectares, meaning that over 37 years, this area has increased by six times.

Currently, the chromite and ferrochrome market is growing after a temporary decline during the pandemic. Large-scale projects for the development of chromium production include the construction of new mines and plants, which require strict control over production and its environmental impact. Therefore, in the coming decades, the mining industry, including chromite ore extraction, will remain an environmental risk factor not only for the living population but also for the natural components of the entire region's environment.

DATA AVAILABILITY

The data used in this study are the result of an independent analysis conducted by the authors using remote sensing technology (RS).

AUTHORS' CONTRIBUTION

Conceptualization –AK, AA, AS; resources - AK, DK, MM, AK[2]; formal analysis – AA, AK; methodology - AK, AA, AS; software - AK, AA, AS, DK, MM; supervision - AK, AA, AS, DK, MM; visualization –AK, AA, AS, DK, MM; writing—original draft preparation – AK, AA, AS; writing—review and editing - AK, AA, AK[2].

FUNDING

This research has been funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR21882122" Sustainable Development of Natural-Industrial and Socio-Economic Systems of the West Kazakhstan Region in the Context of Green Growth: A Comprehensive Analysis, Concept, Forecast Estimates and Scenarios").

REFERENCES

1. Dprom.online. The territory of subsurface use. 2021. Waste heaps. Dangerous "traces" of quarries and mines. Received from https://dprom.online/mtindustry/terrikony-opasnye-sledy-karerov-i-shaht/
2. Bazarova S. B. (2007). The impact of mining enterprises on the ecosystem of the region and the assessment of the effectiveness of their environmental activities. Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal, Vol. 10, pp. 60-70.
3. Kazachenko G. V., Prushak V. Ya., Basalai G. A. (2018). Mining machines. At 2h. h. 2. Machines and complexes for mining. Minsk: Higher school, 2018, 228 p.
4. Nedradv business portal. The mineral resource complex of the world. Chrome ores. [Electronic resources] URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/msr?obj=ca79a46078f5785d6a24f2c3830ce1ec, data of access: 10.07.2024
5. Project Engineering group. The global and Kazakhstani chromium market. [Electronic resources] URL: https://pe-group.kz/market-chrome/, data of access: 10.07.2024
6. Infolesson. The effect of chromium ore on the environment and the human body. [Electronic resources] URL: https://infolesson.kz/statya-na-temu-vliyanie-hromovoy-rudi-na-okruzhayuschuyu-sredu-i-organizm-cheloveka-2189343.html, data of access: 10.07.2024
7. 2023 Chrome ore in Kazakhstan: fundamentals of mining, modern methods and development prospects. [Electronic resources] URL: https://factories.kz/news/khromovaya-ruda-v-kazakhstane-osnovy-dobychi-sovremennye-metody-i-perspektivy-razvitiya, data of access: 10.07.2024
8. Adilet zan."On amendments and additions to the Law of the Republic of Kazakhstan "On Environmental Protection" on 31.01.2006). [Electronic resources] URL: https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z010000205, data of access: 1.07.2024.
9. Egov.kz . Sustainable Development Goals. [Electronic resources] URL: https://egov.kz/cms/kk/zurElektrondyq resurs, data of access: 5.07.2024
10. Bubnova M. B., Ozaryan YU. A. (2016). Comprehensive assessment of the environmental impact of mining enterprises. Physical and technical problems of mining, Vol.2, pp. 188-198.
11. Belenko V. V. (2009). Analysis of remote sensing data used for landscape and ecological mapping. Young Scientist, Vol. 10, pp. 34-36.
12. Dauletbaeva M. M., Tanybayeva A. K., Ismagulova L. N., Mukanova G. A., Rysmagambetova A. A. (2022). Environmental assessment of the impact of chromium on the soil and vegetation of Aktobe. Bulletin of kaznu, geography series, Vol.65, No. 2, pp. 86-94.
13. Berdenov J. G., Mendybaeva G. E., Ataeva G. M., Kazangapova N. B. (2018). Ecological and geochemical analysis of the soil cover of the Khromtau-Don industrial hub. Hydrometeorology and ecology, Vol. 89, No. 2, pp. 145-154.

14. Rybakova V. V., Berdysheva G. A. (2022). Health indicators of the population of Khromtau district of Aktobe region. Journal of Health Development, Vol.46, No.2, pp. 42-48.
15. Monitoring “On the draft Program of territorial development of the Khromtau district for 2016-2020”. [Electronic resources] URL: https://www.gov.kz/memleket/entities/aktobe-hromtau/documents/details/158374?lang=ru, data of access: 10.07.2024
16. Koshim A. G., Sergeeva A.M. (2014). Zoning of the territory of the city of Aktobe according to the degree of environmental pollution.Bulletin of the Treasury. Geographical Series, Vol. 39, No. 2, pp. 28-32.
17. Sergeyeva A.M., Koshim A. G., Imashev E. Z., Balgalyev A. N. (2015).The economic and geographical position of small towns in the regional development system of Aktobe region. The economic and geographical condition of small towns of Aktobe region in the system of regional development. Bulletin of the Treasury. Geographical series, Vol. 40, No. 1.
18. Koshim A.G., Sergeeva A.M., Umirzakova Zh., Baidrakhmanova G. (2015). Geoecological condition of the Khromtau deposit and its mapping using LANDSAT satellite images of different times.Bulletin of KazNU, Geographical series, Vol. 41, No. 2, pp. 308-314.
19. Russkyi A.V. Reclamation taking into account the main factors of geomorphology. Problems of theory and practice in engineering research. Proceedings of the XXXIII scientific conference of RUDN. -M.: RUDY, 1997, p. 388.
20. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Burtsev L. I. (2003). Environmental problems of subsurface development in the sustainable development of nature and society. Limited Liability Company Publishing House Nauktehlitizdat.
21. Lyapunov M. Y. (2015). Assessment of the environmental impact of mining on the example of the Pokrovsky gold deposit. Bulletin of the Amur State University. Series: Natural and Economic Sciences, Vol. 71, pp. 123-132.
22. Bekseitova R. T., Koshim A. G. (2017). The problem of security of the Tauken production zone (central Kazakhstan). Bulletin of kaznu, geography series, Vol. 44, No. 1, pp. 164-171.
23. Mesyats S. P., Ostapenko S. P. (2018). Methodological approach to monitoring restoration of disturbed lands in the mining industry based on satellite observations. Mining Industry, Vol. 142, No. 6, pp. 72
24. Kalabin G. V., Moiseenko T. I., Gorny V. I., Kritsuk S. G., Soromotin A.V. (2013). Satellite monitoring of the natural environment during the open-pit mining of the Olympiadinsky gold deposit. Physical and technical problems of mining, No. 1, pp. 177-184.
25. Oparin V. N., Potapov V. P., Giniyatullina,O. L., Andreeva N. V., Shchastyantsev E. L., Bykov A. A. (2014). Assessment of dust pollution of the atmosphere of the Kuzbass coal mining regions in winter according to remote sensing data. Physical and technical problems of mining, No. 3, pp. 126-137.
26. Yücer E., Erener A. (2018). GIS based urban area spatiotemporal change evaluation using landsat and night time temporal satellite data. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 46, pp. 263-273.
27. Silva M., Hermosilla G., Villavicencio G., Breul P. (2023). Automated Detection and Analysis of Massive Mining Waste Deposits Using Sentinel-2 Satellite Imagery and Artificial Intelligence. Remote Sensing, Vol.15, No. 20, pp. 4949.
28. The official website of the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan. [Electronic resources] URL: http://energo.gov.kz, data of access: 10.07.2024
29. Statistics of the Republic of Kazakhstan on the website of the Committee of the National Rope. [Electronic resources] URL: http://stat.gov.kz, data of access: 10.07.2024
30. The official website of the United States Geological Survey. [Electronic resources] URL: https://glovis.usgs.gov, data of access: 10.07.2024
31. Prasad S., Yadav K., Kumar S., Gupta N., Cabral-Pinto M., Rezania S., Radwan N., Alam J. (2021). Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approaches. Journal of Environmental Management, Vol.285, pp. 112174.
32. Wang Y., Cai G., Yang L., Zhang N., Du M. (2022). Monitoring of urban ecological environment including air quality using satellite imagery. Plos one, Vol. 17, No.8, pp.e0266759.17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266759.
33. Khosravi V., Ardejani F. D., Gholizadeh A., Saberioon M. (2021). Satellite imagery for monitoring and mapping soil chromium pollution in a mine waste dump. Remote Sensing, Vol. 13, No. 7, pp. 1277.
34. Kravtsova V. I. (2019). Satellite images as visual source of ecological information (at example of Russia's Ecological atlas). Geodesy and Cartography, Vol. 943, No.1, pp. 84-93.
35. Gao Z., Geng Y., Xiao S., Zhuang M. (2022). Mapping the global anthropogenic chromium cycle: implications for resource efficiency and potential supply risk. Environmental Science and Technology, Vol. 56, No. 15, pp. 10904-10915.

АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН ӨНДІРІСІ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІН БАҒАЛАУ (ХРОМ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА)

Асима Ғ. Көшім[1] г.ғ.д., Алия С. Актымбаева[1,2*] г.ғ.к., Айгул М. Сергеева[3] г.ғ.к., Дамир А. Канаткалиев[1], Мурат Ж. Махамбетов[3] PhD, Аида Б. Қалиева[1,2]

[1] әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; asima.koshim@gmail.com, a.aktymbayeva@kaznu.edu.kz, kanatkaliev01@gmail.com, kaliyeva.aida@kaznu.kz

[2] Орталық Азиядағы Тұрақты Даму Орталығы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Гонконг Политехникалық университетімен серіктестікте, Алматы, Қазақстан; a.aktymbayeva@kaznu.edu.kz, kaliyeva.aida@kaznu.kz

[3] Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан; sergeyeva.aigul@gmail.com, zharatylystanu.arsu.edu@mail.ru

Автор корреспондент: Алия С. Актымбаева, aliya.aktymbayeva@kaznu.edu.kz

ТҮЙІН СӨЗДЕР

АБСТРАКТ

тау-кен өнеркәсібі
техногендік әсер
Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ)
экологиялық қауіп-қатерлер
қоршаған орта
Хромтау

Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) аумақтың экологиялық жағдайын бақылаудың қуатты құралы болып табылады, әсіресе, тау-кен өнеркәсібі аймағында. Тау-кен өнеркәсібі қоршаған ортаға айтарлықтай кері әсер етеді, әсіресе ашық әдіспен өндіру кезінде: ландшафттың өзгеруіне, су көздерінің ластануына және топырақтың нашарлауына әкеледі Батыс Қазақстанның Ақтөбе облысында Хромтау қаласының маңында хромит кендерін өндіру күрделі экологиялық проблемалар туғызуда Ұсынылып отырған зерттеу Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректерін пайдалана отырып, Хромтау қаласы маңындағы кен орнының техногендік әсерін бағалау әдістемесін жетілдіруге бағытталған. Зерттеу 2012…2020 жылдары жүргізілген далалық зерттеулер мен Landsat-5TM (1986 ж.) және Landsat-8 OLI (2023 ж.) спутниктерінің деректеріне негізделген. ArcGIS бағдарламаларын пайдалана отырып, спутниктік суреттерді талдау техногендік әсер ету аймақтарын анықтауға және картаға түсіруге, экологиялық қауіптерді бағалауға және антропогендік жерлердің ауқымын анықтауға мүмкіндік берді. ЖҚЗ мәліметтерді талдау техногендік әсер ету аймақтарын анықтауға және картографиялауға, экологиялық қауіп-қатерлерді бағалауға, антропогендік әсердің масштабын есептеуге мүмкіндік берді. Соңғы 30 жылда карьерлердің және бұзылған жерлердің ауданы айтарлықтай өсті, бұл Хромтау қаласы мен оның маңындағы экологиялық жағдайға теріс әсер етті. Хром сияқты ауыр металдар биоаккумуляция процесіне бейім, ол адам денсаулығы мен қоршаған ортаға қауіпті. Бұл жағдайда қашықтан зондтауды қолдану қоршаған ортаның жағдайын бақылау және басқару үшін өзекті ақпаратты жылдам алуға мүмкіндік береді, табиғи ресурстарды сақтауға көмектеседі. Хром кен орындарының карьерлерін зерттеуде қашықтан зондтау әдісін қолдану техногендік әсердің масштабы мен ерекшеліктерін анықтауға ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаға тигізетін жағымсыз салдарды азайту шараларын ұсынуға мүмкіндік береді.

Мақала жайында:
Жіберілді: 22.08.2024
Қайта қаралды: 10.01.2025
Қабылданды: 28.01.2025
Жарияланды: 01.04.2025

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ ХРОМОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ)

Асима Ғ. Көшім[1] д.г.н., Алия С. Актымбаева[1,2*] к.г.н., Айгул М. Сергеева[3] к.г.н., Дамир А. Канаткалиев[1], Мурат Ж. Махамбетов[3] PhD, Аида Б. Қалиева[1,2]

[1] Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; asima.koshim@gmail.com, a.aktymbayeva@kaznu.edu.kz, kanatkaliev01@gmail.com, kaliyeva.aida@kaznu.kz
[2] Центр устойчивого развития в Центральной Азии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, в партнерстве с Гонконгским политехническим университетом, Алматы, Казахстан; a.aktymbayeva@kaznu.edu.kz, kaliyeva.aida@kaznu.kz
[3] Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан; sergeyeva.aigul@gmail.com, zharatylystanu.arsu.edu@mail.ru
Автор корреспондент: Алия С. Актымбаева, aliya.aktymbayeva@kaznu.edu.kz

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

горнодобывающая промышленность
техногенное воздействие
дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ)
экологические риски
окружающая среда
Хромтау

По статье:
Получено: 22.08.2024
Пересмотрено: 10.01.2025
Принято: 28.01.2025
Опубликовано: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) представляет собой мощный инструмент для исследования карьеров и оценки их воздействия на окружающую среду. Этот метод предоставляет широкие возможности для мониторинга, картографирования и анализа изменений, вызванных горнодобывающей деятельностью. Горнодобывающая промышленность оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду, особенно при карьерной добыче, что приводит к изменению ландшафта, загрязнению водных источников и ухудшению состояния почв. В Актюбинской области Западного Казахстана добыча хромитовых руд вокруг города Хромтау вызывает серьёзные экологические проблемы. Исследование направлено на совершенствование методики оценки техногенного воздействия месторождения около г. Хромтау с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Основой исследования послужили полевые исследования, проведённые в 2012…2020 годах, и данные спутниковых снимков мен Landsat-5TM (1986 г) и Landsat-8 OLI (2023 г) Анализ космических снимков позволил выявить и картографировать зоны техногенного воздействия, оценить экологические риски и определить масштабы антропогенных нарушений. За более чем 30 лет площадь карьерных и нарушенных территорий значительно возросла, что негативно сказывается на

экологическом состоянии города Хромтау и его окрестностей. Тяжелые металлы, такие как хром, имеют тенденцию к биоаккумуляции, что опасно для здоровья человека и окружающей среды. Использование ДЗЗ позволяет оперативно получать актуальную информацию для мониторинга и управления экологическим состоянием, что способствует улучшению качества жизни и сохранению природных ресурсов. Применение ДЗЗ в исследовании карьеров хромитовых месторождений позволяет не только выявить масштабы и характер техногенного воздействия, но и предложить меры по смягчению негативных последствий для окружающей среды.

Publisher's Note: Statements, opinions, and data in all publications are those of the author(s) alone and not those of the Journal of Hydrometeorology and Ecology and/or the editor(s).

Гидрометеорология и экология

Научная статья

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА

Виталий Г. Сальников[1] д.г.н, Тамара Л. Тажибаева[1] к.б.н., Светлана Е. Полякова[1]* к.г.н., Зуфар Р. Токпаев[1,2], Гульнур Т. Мусралинова[1], Ирина А. Миськив[3]

[1] НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан; vitali.salnikov@kaznu.edu.kz (ВГС), tazhiba@list.ru (ТЛТ), svetlana.polyakova@kaznu.edu.kz (СЕП), zufartokpayev@gmail.com (ЗРТ), gulnur.musralynova@kaznu.edu.kz (ГТМ)
[2] АО «Жасыл Даму», Астана, Казахстан; zufartokpayev@gmail.com (ЗРТ)
[3] АО «Национальные информационные технологии», Астана, Казахстан; iro4ka_26_@mail.ru (ИАМ)
Автор корреспондент: Светлана Е. Полякова, svetlana.polyakova@kaznu.edu.kz

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

инвентаризация
источники загрязнения
атмосферный воздух
загрязняющие вещества
Западно-Казахстанский регион

АБСТРАКТ

Для эффективного управления качеством атмосферного воздуха необходима полная инвентаризация источников загрязнения. В статье рассмотрена динамика выбросов загрязняющих веществ по 4 областям Западно-Казахстанского региона за 2018…2022 гг. от стационарных и передвижных источников, а также от автономных источников тепла. Отмечается тенденция на понижение выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, за исключением Мангистауской области. В разрезе областей проведена инвентаризация источников загрязнения I категории, наносящих наибольший вред окружающей среде. Наиболее крупные предприятия, с количеством источников более 1000, расположены в Атырауской и Мангистауской областях. Спектр деятельности предприятий сфокусирован в основном на нефтегазодобывающем комплексе, а также сельскохозяйственном производстве, строительстве и некоторых других сферах деятельности. Наибольшая плотность размещения предприятий отмечается в Мангистауской области, а наименьшая – в Западно-Казахстанской. Приведена динамика основных загрязняющих веществ, поступивших от предприятий в атмосферный воздух: сернистого ангидрида, окиси углерода, оксида и диоксида азота, метана, углерода (сажа), сероводорода, углеводородов предельных С12...С19, толуола, бензола, ксилола, формальдегида. Показано, что использование газового отопления и автономных источников тепла стало популярной альтернативой применению угля в регионе, уровень газификации которого составляет 98,2 %. Передвижные источники загрязнения представлены легковым, грузовым транспортом и автобусами, основными видами топлива которых является бензин, газ или дизельное топливо. На долю легковых автомобилей приходится 78 % от общего числа транспортных средств. Оксид углерода, неметановые летучие органические соединения и оксиды азота являются наиболее вредными загрязняющими веществами, выбрасываемые дорожным транспортом. Для разработки целевых мероприятий по снижению загрязнения целесообразно использовать информацию о структуре и объемах выбросов от каждого типа источников.

По статье:
Получено: 21.09.2024
Пересмотрено:28.02.2025
Принято: 29.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

1. ВВЕДЕНИЕ

Атмосферный воздух, жизненно важный компонент природной среды, в соответствии с экологическим законодательством Республики Казахстан подлежит охране от загрязнения. Под загрязнением атмосферного воздуха понимается наличие в атмосферном воздухе загрязняющих веществ в концентрациях или физических воздействий на уровнях, превышающих установленные государством экологические нормативы качества атмосферного воздуха, оказывающее негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем. Источниками загрязнения атмосферного воздуха признаются поступления загрязняющих веществ, физических воздействий в атмосферный воздух в результате антропогенных и природных (естественных) факторов, а

Для цитирования:
Сальников В., Тажибаева Т., Полякова С., Токпаев З., Мусралинова Г., Миськив И. Инвентаризация источников загрязнения атмосферного воздуха западно-Казахстанского региона // Гидрометеорология и экология, 116 (1), 2025, 59-76.

также образование загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в результате происходящих в нем химических, физических и биологических процессов.

Естественное загрязнение воздуха вызвано вулканической деятельностью, выветриванием горных пород, ветровой эрозией, массовым цветением растений, дымом от лесных и степных пожаров. Антропогенное загрязнение связано с выбросами различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека, например, промышленные предприятия, теплоэлектростанции, теплоэлектроцентрали, автономные источники тепла и др. По своим масштабам оно значительно превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха [1].

В зависимости от масштабов распространения, т.е. по степени воздействия на окружающую среду, выделяют различные типы загрязнения атмосферы: местное, региональное и глобальное.

В одном из последних исследований иранских ученых представлена инновационная методология анализа концентраций различных загрязнителей воздуха путем категоризации и кластеризации крупных промышленных предприятий, что предлагает уникальный взгляд на сложное явление загрязнения воздуха в контексте промышленной деятельности [2].

Под выбросом загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух понимается поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса [3]. Промышленное предприятие или любой другой объект, от которого выбросы попадают в окружающую среду, является источником загрязнения. Источниками выбросов являются и дымовые трубы заводов и котельных, и технологические установки и дефлекторы, тепловозы и самолеты, транспортные потоки автодорог.

Существуют разные подходы к классификации источников выбросов загрязняющих веществ [4…8], которые делятся по признакам: происхождению – производственные, бытовые, транспортные; отраслям производственной деятельности – энергетика, промышленность, транспорт, строительство, сельское хозяйство, лесное хозяйство, легкая промышленность, включая пищевую; организации выбросов – организованные, неорганизованные; степени подвижности – стационарные, передвижные; геометрическим параметрам – точечные, площадные, линейные; агрегатному состоянию – газообразные, жидкие, твердые; высоте выбросов – высокие, средней высоты, низкие, наземные; мощности выброса – мощные, крупные, мелкие [9].

Согласно статье 10 Экологического кодекса Республики Казахстан [3] основным антропогенным фактором, оказывающим воздействие на окружающую среду, являются эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников.

Инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ – это определение перечня выбрасываемых на объекте производства веществ, их источников, оборудования, от которого выделяются данные вещества, их количества в секунду и в год, а также параметры выброса газовой смеси [10].

Инвентаризацию необходимо регулярно проводить для того, чтобы иметь актуальные данные для осуществления полной оценки влияния на атмосферный воздух загрязняющих веществ. Исходя из этих данных впоследствии устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов парниковых газов в атмосферный воздух (как в целом по предприятию, так и по отдельным их источникам) и осуществляется их государственный учет. Кроме того, инвентаризация помогает определить характеристики (как количественные, так и качественные) загрязняющих веществ, правильно оценивать эффективность использования сырьевых ресурсов и утилизации отходов, планировать охранные мероприятия по защите атмосферного воздуха.

Инвентаризация источников загрязнения атмосферного воздуха является актуальной для Западного-Казахстанского региона, т.к. здесь сосредоточено значительное количество нефтедобывающих предприятий и других отраслей промышленного производства, строительной индустрии, сельскохозяйственного сектора экономики. В связи с этим предметом исследования является изучение качества атмосферного воздуха, а объектом –

источники загрязнения атмосферного воздуха Актюбинской, Атырауской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областей Западно-Казахстанского региона.

Цель данного исследования – проведение инвентаризации источников загрязнения атмосферного воздуха Западно-Казахстанского региона (ЗКР).

Для реализации цели, необходимо решить ряд задач: провести анализ загрязнения атмосферного воздуха ЗКР; определить объекты ЗКР, загрязняющие атмосферный воздух; показать динамику выбросов в атмосферу ЗКР основных загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, включая автономные источники тепла (АИТ).

Данное исследование перспективно с точки зрения разработки мероприятий по низкоуглеродному развитию региона.

Низкоуглеродное развитие является необходимым условием устойчивого развития и нацелено на предотвращение катастрофических последствий глобального изменения климата [11], одновременно существенно улучшая качество воздуха. Традиционные методы производства энергии и промышленные процессы, основанные на сжигании ископаемого топлива, являются основными источниками выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, таких как диоксид углерода, оксиды азота и серы и мелкие частицы (PM2.5 и PM10). Снижение выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ за счет использования возобновляемых источников энергии и внедрения энергоэффективных технологий способствует не только стабилизации климата, но и уменьшению уровня загрязнения атмосферного воздуха. Этот двойной эффект позволяет улучшить здоровье населения и состояние экосистем, что является важным шагом на пути к устойчивому развитию.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ответственным государственным органом по формированию данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух является Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (БНС АСПИР РК). Информация формируется по итогам общегосударственного статистического наблюдения по форме 2-ТП воздух (годовая) – специализированный статистический отчет, в котором отражаются сведения о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух (Бюро национальной статистики, 2024). Динамика выбросов загрязняющих веществ в Республике Казахстан и по областям Западно-Казахстанского региона рассматривалась за период с 2018 по 2022 гг. [12]. Показатели оценивались в соответствии с «Методикой формирования показателей статистики окружающей среды», утвержденной Приказом и.о. председателя Комитета по статистике МНЭ РК №223 от 25 декабря 2015 года [13].

Казахстан на ежегодной основе с 2000 г. отчитывается по выбросам загрязняющих веществ в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния [14]. Техническое руководство по подготовке национальных кадастров выбросов EMEP/EEA [15] содержит описание подходов к сбору данных, коэффициенты выбросов и сам порядок расчета выбросов загрязняющих веществ. Методы основаны на массовом расходе топлива либо на других количественных характеристиках на национальном уровне и охватывают такие сектора экономики: энергетика, промышленные процессы и использование продуктов, сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования, отходы, т.е. соответствуют секторам, принятым в рамках отчетности по парниковым газам по Парижскому соглашению.

Для выполнения расчетов выбросов загрязняющих веществ при сжигании природного газа от автономных источников тепла использовалась следующая формула:

$$E = V \text{x} EF, \tag{1}$$

где E – общие выбросы загрязняющего вещества (г), V – объем сожженного природного газа (м³), EF – коэффициент эмиссии для конкретного вещества (г/м³).

Коэффициенты эмиссий для некоторых загрязняющих веществ при сжигании природного газа взяты из Руководства EMEP/EEA по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [15].

Основным источником информации для расчета эмиссий от транспорта послужили статистические сборники БНС АСПИР РК: топливно-энергетический баланс Республики Казахстан [16] и Транспорт Республики Казахстан [17] (https://stat.gov.kz). Формула для расчета, следующая:

$$E_i = \sum_j \sum_m \left(FC_{j,m} \text{x} E_{i\ j.m}\right), \quad (2)$$

где Ei – выбросы загрязняющего вещества, г; $\boldsymbol{FC_{j,m}}$ – потребление топлива для категории транспорта, кг; $\boldsymbol{E_{i\,j.m}}$ – коэффициент выбросов, г/кг.

Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ регламентируются Приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан [18].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным Бюро национальной статистики Республика Казахстан из общего объема выброшенных в атмосферный воздух Республики Казахстан загрязняющих веществ 79,6 % составили газообразные и жидкие, 20,4 % – твердые. В 2022 году выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников составили 2 314,7 тыс. тонн и их уровень по сравнению с предыдущим годом снизился на 3,8 %. Предприятиями уловлено и обезврежено 93,4 % загрязняющих веществ из общего количества, отходящих от всех стационарных источников загрязнения [12]. На рисунке 1 представлена динамика выбросов загрязняющих веществ в Республике Казахстан и по областям Западно-Казахстанского региона за период с 2018 по 2022 гг. Среди изучаемых областей устойчивые показатели загрязнения атмосферы от стационарных источников наблюдаются в Актюбинской и Атырауской, которые разделяют третье и четвертые места в республике по уровню загрязнения после Павлодарской и Карагандинской областей.

Показатели загрязнения от стационарных объектов в Мангистауской и Западно-Казахстанской областях значительно ниже, однако в Мангистауской области уровень загрязнения в 3 раза выше по региону. Наблюдается выраженная тенденция на понижение выбросов ЗВ как в целом по республике на 33,96 тыс. тонн ежегодно, так и в областях: Атырауская – 8,46 тыс. тонн за год, Актюбинска – 4,24 тыс. тонн за год, Западно-Казахстанская – 6,0 тыс. тонн за год. Однако в Мангистауской области прослеживается тенденция к росту выбросов ЗВ на 3,71 тыс. тонн ежегодно.

Для территории Казахстана за исследуемый период наибольшее количество выбросов ЗВ отмечалось в 2019 г. и составило 2483,1 тыс. тонн, наименьшее зафиксировано в 2022 г. (2314,7 тыс. тонн).

Для Атырауской области свойственно максимальное количество выбросов ЗВ за исследуемый период для территории Западно-Казахстанского региона, которое колеблется от 172,3 тыс. тонн в 2018 г. до 132,1 тыс. тонн в 2022 г. Актюбинская область занимает второе место по выбросам ЗВ, здесь максимум зафиксирован в 2018 г. и составил 158,1тыс.тонн, а в последующие годы количество выбросов снизилось до 136,5…137,4 тыс. тонн.

Западно-Казахстанская и Мангистауская области имеют наименьший вклад в загрязнение воздушного бассейна Западно-Казахстанского региона, что составляет 26 % от общего количества выбросов ЗВ региона (рисунок 2). Количество выбросов ЗВ данных областей в 3 раза ниже, чем в Атырауской и Актюбинской областях и колеблется в диапазоне 25,8…78,7 тыс. тонн.

В Западно-Казахстанской области тенденция на понижение выбросов ЗВ сохраняется, наибольшее количество выбросов зафиксировано в 2018 г. - 48,2 тыс. тонн, наименьшее – в 2022 г. (25,8 тыс. тонн). В Мангистауской области отмечается увеличение количества выбросов за тот же период. Здесь минимальное значение пришлось на 2019 г. и составило

64,5 тыс. тонн, максимальное в 2022 г. – 78,7 тыс. тонн. Согласно данным Национальной палаты предпринимателей «Атамекен» Мангистауская область является регионом, который обеспечивает 6,0 % ВВП страны [19].



Рисунок 1. *Динамика выбросов загрязняющих веществ в Республике Казахстан*



Рисунок 2. *Вклад областей в общее загрязнение Западно-Казахстанского региона осредненный за период 2018…2022 гг.*

В соответствии со статьей 12 Экологического Кодекса РК и на основании Инструкции по определению категории объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду все объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, в

зависимости от уровня и риска такого воздействия подразделяются на четыре категории. Разрешение на эмиссии в окружающую среду обязаны получить предприятия I и II категории, оказывающих значительное и умеренное негативное воздействие на окружающую среду [3].

В Западно-Казахстанском регионе в 2022 г. насчитывается 87783 стационарных источников выбросов ЗВ I категории, что составляет 35 % от общего по республике. Количество стационарных источников Западно-Казахстанского региона имеет динамику на уменьшение в период с 2018 г. по 2022 г. на 7240 единиц, что соответствует 7,6 %. Предприятий с установленными нормами ПДВ в регионе большинство, количество их увеличивается от 85 % (2018 г.) до 93 % (2022 г.). Организованные источники ЗВ в регионе составляют 47,7…52,8 % от стационарных за период исследования (рисунок 3). Однако, лишь 2 % из них оборудовано очистными сооружениями. При этом выбросы в атмосферу от стационарных источников не превышают установленные предельно-допустимые или декларируемые выбросы загрязняющих веществ и насчитывают не более 46 % [20].

При условии дальнейшего развития предприятия целесообразно использовать современные экологически чистых технологии и инновационные методы улавливания и обезвреживания эмиссионных выбросов в окружающую среду, что подтверждают китайские ученые [21], которые с помощью регрессионных моделей оценивали влияние производственных ограничений на экологические и экономические показатели предприятий за период 2016…2019 гг. Результаты исследования показали, что производственные ограничения значительно снижают концентрации SO_2 и NO_x, выбрасываемых предприятиями. Прогресс достигается за счет увеличения количества экологических патентов и повышения общей производительности факторов производства.

За период исследования число стационарных источников по областям региона изменяется в широких пределах. Наибольшее их количество отмечается в Атырауской (34245 единиц в 2018 г.) и Мангистауской (28304 единиц в 2022 г.) областях, в Актюбинской области насчитывается в среднем 22489 единиц, а в Западно-Казахстанской области – наименьшее число источников 11619 единиц в 2019 г.

Целесообразно провести классификацию предприятий по числу источников выбросов, для этого использовалась шкала: 20 и менее, 21…50, 51…100, 101…200, 201…500, 501…1000, более 1000 источников. На рисунке 4 представлена классификация предприятий (категория I) по количеству источников, эмиссии ЗВ которых наносят существенный вред окружающей среде Западно-Казахстанского региона в разрезе областей.

Предприятия Западно-Казахстанского региона значительно различаются по объемам производства, разрабатываемым месторождениям, видам осуществляемой деятельности, а следовательно, и по количеству источников выбросов ЗВ. В регионе выделяются крупные предприятия, имеющие более 500 источников выбросов ЗВ (таблица 1). Однако, доля их не превышает 15 % от общего количества предприятий категории I в ЗКР. На долю предприятий имеющих количество источников от 20 до 100 и от 101 до 500 приходится по 30,6 %, что составляет наибольшее значение по региону. Предприятий с количеством источников 20 и менее составляют 24 %.

При проведении инвентаризации выбросов выявляются и учитываются все стационарные источники, устанавливаются их характеристики, а также определяются количественные и качественные показатели выбросов из всех стационарных источников выбросов, систематизируются и документируются полученные результаты, в соответствии с утвержденными Правилами осуществления инвентаризации стационарных источников выбросов [22].

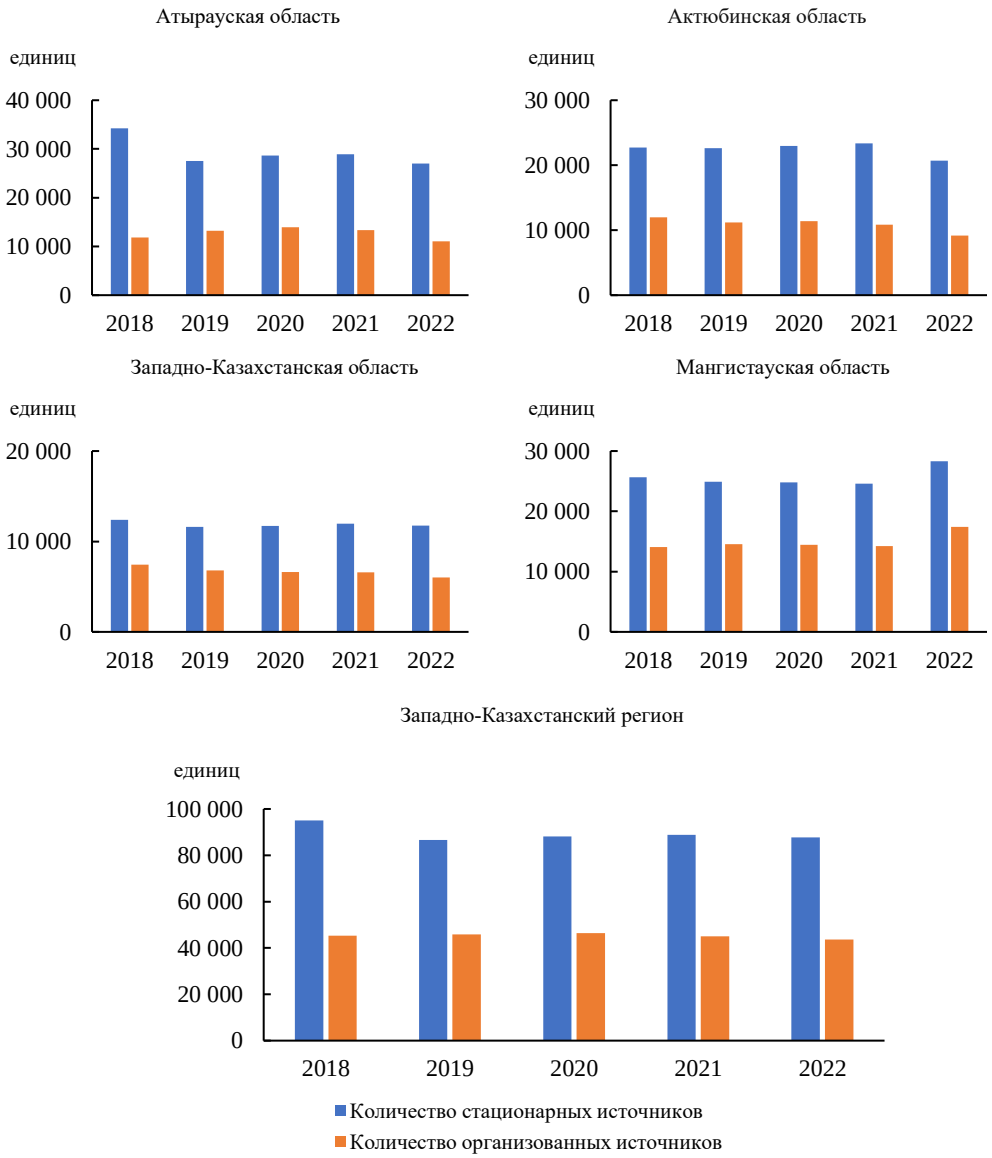


Рисунок 3. *Динамика количества стационарных источников загрязняющих веществ Западно-Казахстанского региона в разрезе областей*

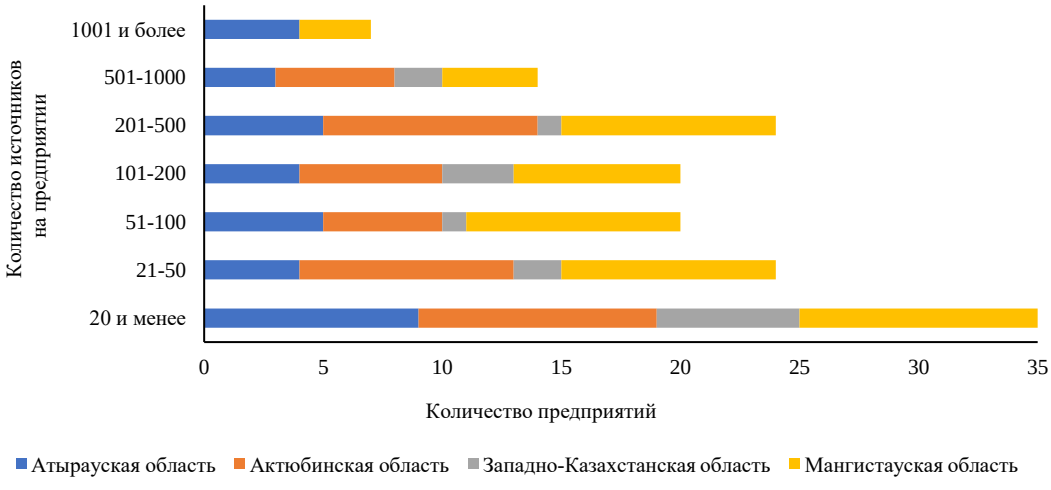


Рисунок 4. *Классификация предприятий (категория I) Западно-Казахстанского региона в разрезе областей по состоянию на 2023 г.*

Таблица 1

Предприятия ЗКР с количеством источников ЗВ более 500

Область	Предприятие, количество источников ЗВ	
	501…1000	**более 1000**
Атырауская	Филиал «НОРТ КАСПИАН ОПЕРЕЙТИНГ КОМПАНИ»; АО «Матен Петролеум»; АО «КоЖан»	ТОО «Тенгизшевроил»; АО «Эмбамунайгаз» НГДУ «Жайыкмунайгаз», НГДУ «Кайнармунайгаз», НГДУ «Доссормунайгаз»
Актюбинская	НГДУ «Октябрьскнефть»; АО «КМК Мунай»; АО «СНПС- Актобемунайгаз»; ТОО «Сагиз Петролеум Компани»; ДГОК-Филиал АО «ТНК «Казхром»; ТОО «Казахтуркменмунай» по Актюбинской области	-
Западно-Казахстанская	АОЗЕ «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В.» Казахстанский филиал КНГКМ; ТОО «Жаикмунай»	-
Мангистауская	Филиал АО «КазАзот» - «Шагылы Шомышты»; ТОО «Каракудукмунай»; ТОО «Ком-Мунай»; Филиал Компании «Buzachi Operating Ltd»	АО «Озенмунайгаз»; АО «Каражанбасмунай»; АО «Мангистаумунайгаз»

Для оценки плотности распределения предприятий в регионе, рассчитали их количество на тыс. км^2. Установлено, что для ЗКР частота расположений предприятий составляет в среднем 2,1 единиц / тыс. км^2. При этом по областям предприятия распределяются не равномерно: в Мангистауской и Атырауской областях плотность распределения предприятий наибольшая и составляет 3,1 единиц / тыс. км^2 и 2,9 единиц / тыс. км^2 соответственно, а наименьшая плотность отмечается в Актюбинской (1,5 единиц / тыс. км^2) и Западно-Казахстанской (1 единиц / тыс. км^2) областях.

Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ от промышленных предприятий и других источников, в том числе на основе анализа неопределенностей; разработка реестра загрязнителей воздуха, ухудшающих его качество; прогноз неблагоприятных метеорологических условий и разработка моделей качества воздуха имеют жизненно важное значение для смягчения последствий антропогенного загрязнения атмосферного воздуха [23…26].

Спектр выбрасываемых в атмосферу ЗВ предприятиями Республики Казахстан, так и ЗКР, в частности, чрезвычайно широк и включает представителей всех четырех классов опасности [27…28].

Анализ динамики выбросов сернистого ангидрида, окиси углерода, оксидов азота за период с 2018 по 2022 гг., представленных на рисунке 5 убедительно свидетельствует, что в Атырауской и Актюбинской областях объемы выбросов значительно превышают другие области ЗКР: по сернистому ангидриду в 5…8 раз, угарному газу в 3…5 раз. Данный факт подтверждает установленные ранее различия в плотности предприятий на единицу площади по областям и спецификой предприятий. Наименьшие значения выбросов оксидов азота соответствуют Западно-Казахстанской области, наибольшие – Атырауской. Относительно высокие значения выбросов оксидов азота зафиксированы в Мангистауской области.

Временной ход выбросов метана, углерода, углеводородов предельных С12…С19 и сероводорода показан на рисунке 5. Наблюдаются максимальные значения сажи и сероводорода в Актюбинской области, в 1,5…2 раза этих веществ меньше в Атырауской области. По эмиссиям метана лидирует Атырауская область. Минимальные значения эмиссий алканов (углеводороды предельные С12…С19) зафиксированы в воздухе Западно-Казахстанской области. Летучие органические соединения (ЛОС) создаются человеком в ходе промышленных и бытовых процессов. Например, при факельном сжигании газа образуется метан и неметановые ЛОС (НМЛОС). Они широко используются в производстве растворителей, лакокрасочных материалов, пестицидов, фармацевтических препаратов и

других продуктов. Их испарение в атмосферу приводит к загрязнению окружающей среды и негативным последствиям для здоровья человека.

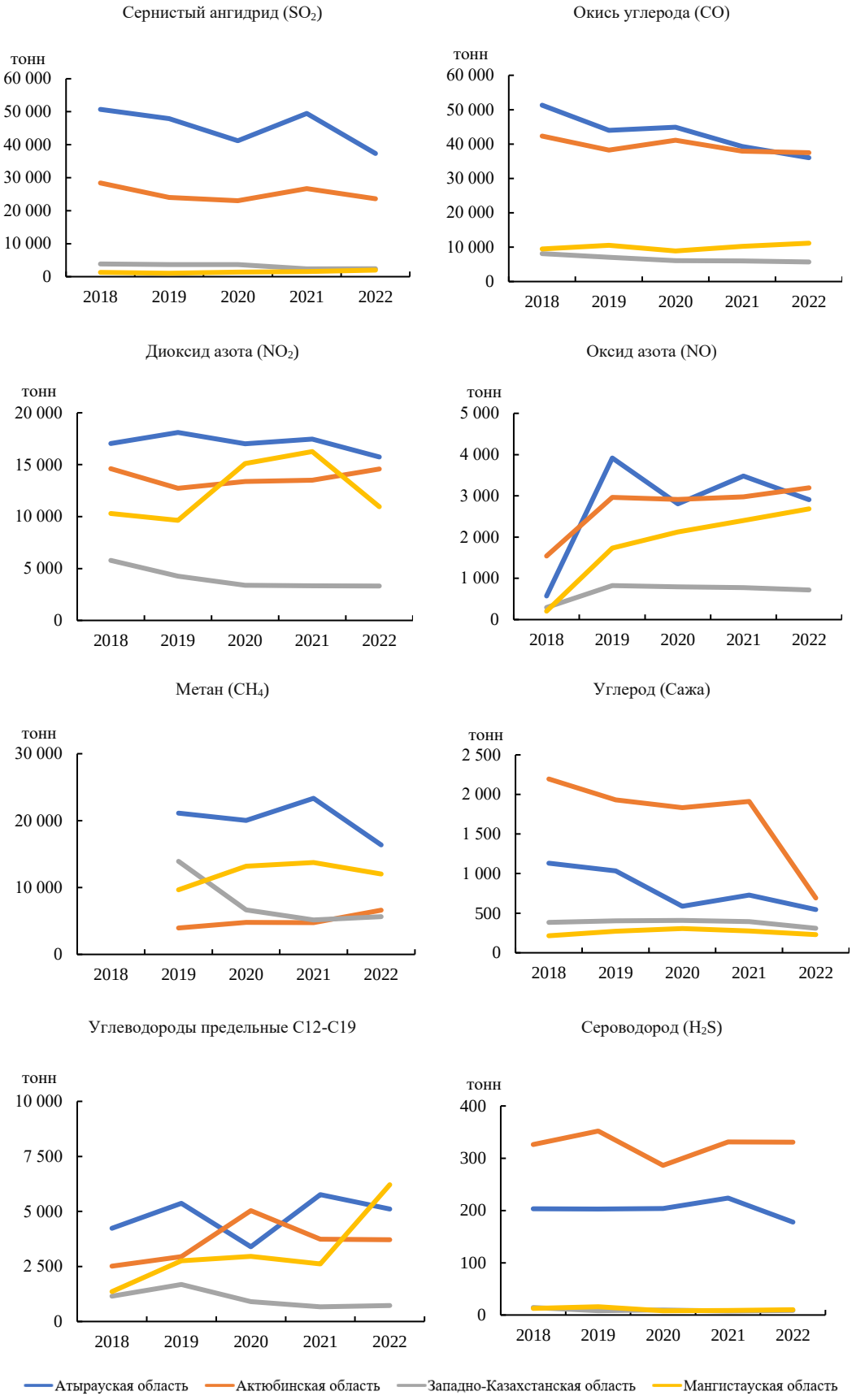


Рисунок 5. *Динамика выбросов загрязняющих веществ по областям ЗКР*

В рассматриваемую группу летучих органических соединений вошли толуол, бензол, ксилол, формальдегид динамика которых представлена на рисунке 6. Наивысшие значения толуола и бензола характерны для Атырауской области, ксилола – для Атырауской и

Западно-Казахстанской, формальдегида – для Мангистауской области. Эмиссии формальдегида колеблются от 20 до 50 тонн в год, однако минимальные значения наблюдаются в Западно-Казахстанской области.

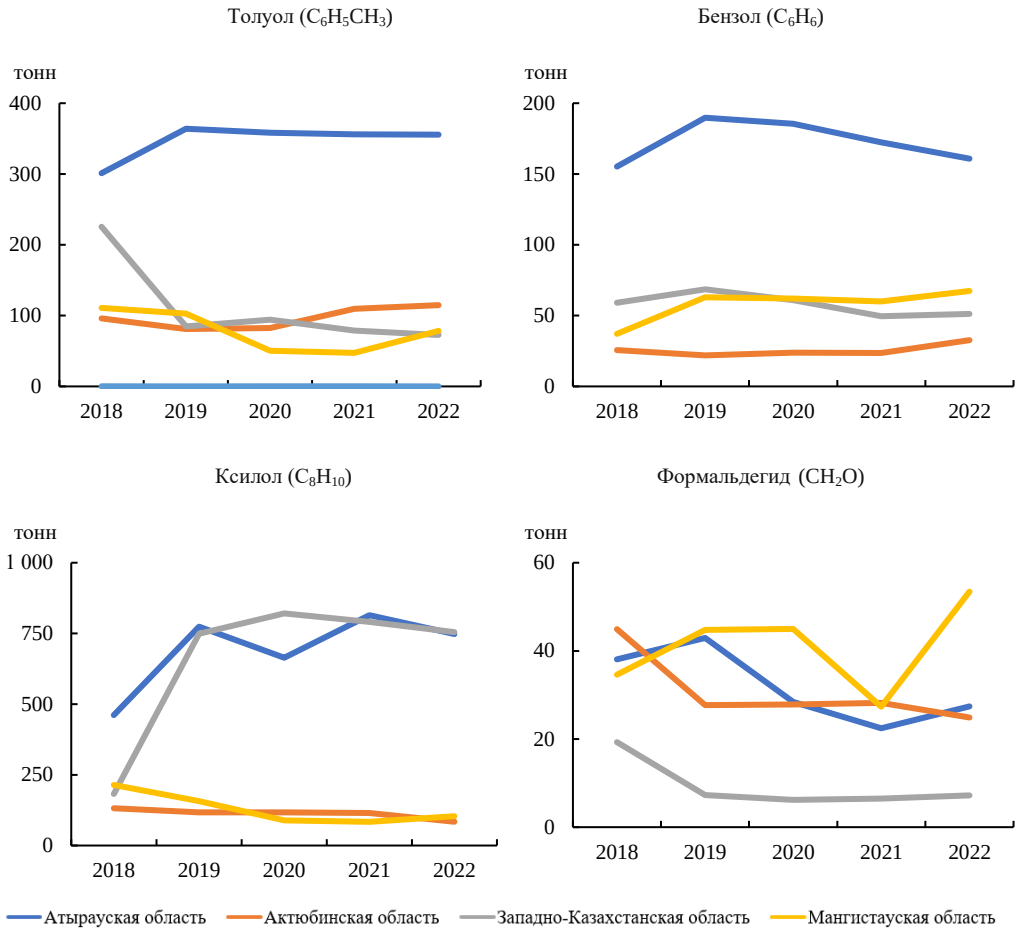


Рисунок 6. *Динамика выбросов основных летучих органических соединений по областям ЗКР*

В Актюбинской области неорганической пыли, содержащей двуокись кремния от 20 до 70 % (шамот, цемент, пыль, цементного производства-глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем, зола углей казахстанских месторождений) в 5…6 раз больше, чем в других областях ЗКР, что может быть связано с деятельностью горнорудной промышленности по добыче и переработке меди, хрома такими предприятиями как ТОО «Актюбинская медная компания», АО «ТНК «Казхром», а также ТОО «Хромтауский кирпичный завод» и др. Аммиака в 2,5…3 раза больше в Мангистауской области относительно областей ЗКР, что может быть следствием функционирования АО «КазАзот».

Взвешенные вещества в период с 2018…2020 гг. преобладали в атмосферном воздухе над территорией Актюбинской области. Однако к 2021…2022 гг. их количество уменьшилось в 2,5…3 раза, что привело к выравниванию данного показателя по всем рассматриваемым областям. По основному продукту переработки нефти бензину динамика показывает широкий диапазон изменчивости за период исследования. Наибольшие его значения в воздухе зафиксированы до 2020 года, особенно в Мангистауской области. Данная тенденция не характерна для Атырауской области.

В целом анализ специфических загрязняющих веществ атмосферного воздуха показал, что наблюдается снижение выбросов в период пандемии COVID-19, обусловленное сокращением объемов производства.

АИТ не связанные с централизованными системами теплоснабжения и единой энергетической системой страны, предназначенные для получения тепловой и/или электрической энергии [29]. Они используются для обогрева жилых помещений,

коммерческих помещений или промышленных объектов в случаях, когда доступ к централизованному отоплению невозможен или экономически нецелесообразен.

Жителями Западно-Казахстанского региона АИТ используется как в городских (63 %), так и с сельских (37 %) населенных пунктах. Однако, в Мангистауской области количество АИТ в городе и сельской местности приблизительно одинаково (54 % и 46 % соответственно). В Атырауской и Западно-Казахстанской областях количество городских АИТ в 1,5 раза преобладает над использованием в сельской местности, а в Актюбинской области – почти в 3 раза. В Западно-Казахстанском регионе находятся основные газовые месторождения страны, поэтому основной вид топлива АИТ является газ (уровень газификации составляет 98,2 % населения по состоянию на январь 2023 г.).

При сжигании природного газа от АИТ в атмосферу выбрасывается большое количество диоксида углерода, так наибольшее его количество отмечается в Атырауской (1295549 кг/год) и Западно-Казахстанской (1136433 кг/год) областях, чуть меньше в Мангистауской (1048966 кг/год) и наименьшее количество в Актюбинской области (911872 кг/год). В аналогичном ранжировании выбрасываются окись углерода и оксиды азота, их количество составляет 1,5 % и 3,6 % от выбросов CO_2. НМЛОС и метана выбрасывается на порядок меньше, чем окиси углерода и оксидов азота. Лидирующее место сохраняется за Атырауской областью. Взвешенных частиц в воздухе наблюдается наименьшее количество, которое колеблется в ЗКР от 166 кг/год в Актюбинской области до 236 кг/год в Атырауской области (таблица 2).

Таблица 2

Выбросы ЗВ от АИТ при сжигании природного газа (кг/год)

ЗВ	Западно-Казахстанский регион	Атырауская область	Актюбинская область	Западно-Казахстанская область	Мангистауская область
Диоксид углерода (CO_2)	4 392 820	1 295 549	911 872	1 136 433	1 048 966
Метан (CH_4)	7 987	2 356	1 658	2 066	1 907
Оксиды азота (NO_x)	159 739	47 111	33 159	41 325	38 144
Взвешенные частицы (PM)	799	236	166	207	191
Окись углерода (CO)	63 896	18 844	13 264	16 530	15 258
НМЛОС	11 182	3 298	2 321	2 893	2 670
Оксиды серы (SO_x)	1 597	471	332	413	381

Транспортная система ЗКР играет ключевую роль в обеспечении экономической активности региона и удовлетворении потребностей населения в мобильности. Виды дорожного транспорта включают легковой транспорт, грузовые автомобили и автобусы, каждый из которых имеет свои особенности и использует различные виды топлива: бензин, газ и дизельное топливо. Основная часть автопарка составляют легковые автомобили и автобусы, работающие на бензине (70 % и 58 % соответственно), а также грузовой транспорт, использующий дизельное топливо, составляет 58 % (таблица 3).

Количество единиц транспорта в целом по областям региона распределено равномерно. Легковой транспорт занимает около 85 % автопарка региона, на втором месте находится грузовой транспорт. В регионе наблюдается общий тренд на уменьшение количества транспорта, в связи с утилизацией не вышедших из строя и устаревших автомобилей.

Среднее потребление бензина дорожным транспортом в Казахстане согласно топливно-энергетическому балансу РК за 2022 год составило 4699,0 тыс. тонн бензина моторного, 1526,8 тыс. тонн дизельного топлива, 539,1 тыс. тонн сжиженного газа. Согласно Руководства [15] рассчитаны выбросы загрязняющих веществ для ЗКР (таблица 4).

Основной объем выбросов в результате сжигания бензина приходится на оксид углерода (CO); при сжигания дизельного топлива – на оксиды азота (NO_x), в целом эмиссия имеет некоторую тенденцию к снижению за счет уменьшения количества легкового автотранспорта. Наибольшее количество выбросов в результате сжигания газового топлива приходится на оксид углерода (CO), эмиссия загрязняющих веществ возрастает за счет увеличения количества транспорта на газовом и смешанном виде топлива.

Таким образом основной объем выбросов загрязняющих веществ от дорожного транспорта приходится на оксид углерода (CO), неметановые летучие органические

соединения (НМЛОС) и оксиды азота (NO_x), которые относятся к числу наиболее вредных загрязнителей для здоровья человека и окружающей среды.

Таблица 3

Состав автопарка по областям Западно-Казахстанского региона (количество единиц транспорта)

Вид транспорта	Год				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Западно-Казахстанский регион					
легковой транспорт	520438	503863	483327	458974	470192
грузовой транспорт	67 514	76 496	77 935	82 702	68 872
автобусы	17 799	16 973	16 326	16 263	16 619
Атырауская область					
легковой транспорт	114484	110439	104819	97360	98227
грузовой транспорт	16 878	18 817	19 075	20 098	16 219
автобусы	5 751	5 535	5 481	5 516	4 997
Актюбинская область					
легковой транспорт	149229	142850	135700	128504	132833
грузовой транспорт	19 132	22 423	23 127	24 572	19 695
автобусы	3 567	3 400	3 226	3 237	3 405
Западно-Казахстанская область					
легковой транспорт	116470	114092	111770	107461	111300
грузовой транспорт	12 524	14 537	15 161	16 252	13 284
автобусы	3 791	3 582	3 422	3 393	3 820
Мангистауская область					
легковой транспорт	140255	136482	131038	125649	127832
грузовой транспорт	18 980	20 719	20 572	21 780	19 674
автобусы	4 690	4 456	4 197	4 117	4 397

Транспортная система ЗКР представляет собой разнообразный и динамичный сектор, включающий легковые автомобили, грузовые транспортные средства и автобусы, использующие различные виды топлива. Каждое из этих направлений имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения эффективности и экологичности. Развитие транспортной инфраструктуры, модернизация автопарка и переход на более экологически чистые виды топлива могут значительно улучшить ситуацию, способствуя устойчивому развитию региона.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен всесторонний анализ выбросов загрязняющих веществ в Западно-Казахстанском регионе за период с 2018 по 2022 годы от стационарных источников, АИТ и транспортных средств. Наблюдается выраженная тенденция на понижение выбросов ЗВ от стационарных источников как в целом по республике, так и в областях ЗКР, за исключением Мангистауской области. Отмечается изменчивость количества выбросов ЗВ по годам.

Для Западно-Казахстанского региона характерно незначительное уменьшение количества стационарных источников, лишь в Мангистауской области наблюдается их увеличение за счет интенсивного освоение ресурсов нефтегазового комплекса страны.

Проведена инвентаризация предприятий по количеству стационарных источников загрязнения воздуха в разрезе областей. Результаты классификации предприятий I категории по количеству стационарных источников показали, что во всех областях ЗКР активно работают предприятия с количеством источников 501…1000. Однако в Атырауской и Мангистауской областях имеются более крупные предприятия с количеством источников более 1000, к ним относятся ТОО «Тенгизшевроил»; АО «Эмбамунайгаз», НГДУ «Жайыкмунайгаз», НГДУ «Кайнармунайгаз», НГДУ «Доссормунайгаз»,

АО «Озенмунайгаз», АО «Каражанбасмунай», АО «Мангистаумунайгаз» и др. Большинство предприятий сфокусировано на добыче, переработке и транспортировки нефтегазодобывающих энергоносителей, а также строительных работах и производстве продуктов сельскохозяйственного производства и др. Расчетным путем установлена плотность предприятий по областям ЗКР на тыс. км^2, наибольшая плотность характерна для Мангистауской области, а наименьшая – Западно-Казахстанской.

Таблица 4

Объем выбросов загрязняющих веществ от дорожного транспорта ЗКР, тыс. тонн

Годы	CO	НМЛОС	NOx	PM	N_2O	NH_3
			Общий объем			
2018	60,90	7,49	9,07	0,29	0,16	0,74
2019	55,12	6,78	8,21	0,27	0,14	0,67
2020	58,62	7,21	8,73	0,28	0,15	0,71
2021	55,40	6,78	8,38	0,27	0,15	0,69
2022	53,83	6,67	8,06	0,27	0,14	0,64
			Бензин			
2018	55,48	6,58	5,72	0,02	0,13	0,72
2019	50,21	5,96	5,18	0,02	0,12	0,66
2020	53,40	6,34	5,50	0,02	0,13	0,70
2021	51,33	6,09	5,29	0,02	0,12	0,67
2022	47,76	5,67	4,92	0,02	0,12	0,62
			Дизельное топливо			
2018	0,64	0,13	2,49	0,21	0,02	0,01
2019	0,58	0,12	2,26	0,19	0,02	0,01
2020	0,62	0,13	2,40	0,20	0,02	0,01
2021	0,64	0,13	2,47	0,21	0,02	0,01
2022	0,55	0,12	2,15	0,18	0,01	0,01
			Газ сжиженный			
2018	4,78	0,77	0,86	0,06	0,01	0,00
2019	4,33	0,70	0,78	0,06	0,00	0,00
2020	4,60	0,74	0,83	0,06	0,00	0,00
2021	3,43	0,55	0,61	0,04	0,00	0,00
2022	5,52	0,89	0,99	0,07	0,01	0,01

Основными загрязняющими веществами, поступившими от предприятий в атмосферный воздух, являются диоксид серы, окислы азота, окислы углерода, ЛОС, аммиак, сероводород. За период 2018…2022 гг. показана динамика изменения выбросов сернистого ангидрида (SO_2), окиси углерода (CO), оксида и диоксида азота (NO, NO_2), метана (CH_4), углерода (сажа), сероводорода (H_2S), углеводородов предельных C12-C19, толуола ($C_6H_5CH_3$), бензола (C_6H_6), ксилола (C_8H_{10}), формальдегида (CH_2O).

К преимуществам автономного теплоснабжения можно отнести гибкость графика использования, что позволяет регулировать теплоснабжение отдельно взятого здания не только в разные сезоны, но и в разное время суток отопительного сезона, что позволяет существенно сократить расходы на теплоснабжение. АИТ и их обслуживание дешевле, чем центральные системы и экологически более выгодны. Использование газового отопления и АИТ стало популярной альтернативой применению угля в ЗКР и других странах. Уровень газификации ЗКР составляет 98,2 %, что является самым высоким в Казахстане.

Автопарк ЗКР представлен легковым, грузовым транспортом и автобусами, на долю легковых автомобилей приходится 78%. Вид топлива зависит от типа транспортного средства: бензин, газ или дизельное топливо. Инвентаризация парка транспортных средств

необходима для оценки загрязнения ими атмосферного воздуха в зависимости от типа используемого топлива, что позволяет выяснить временные и пространственные закономерности выбросов и детализировать нагрузку от транспорта на окружающую среду. Оксид углерода (CO), неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) и оксиды азота (NO_x) являются одними из наиболее вредных загрязняющих веществ, выбрасываемых дорожным транспортом. Вред от этих веществ многогранен и затрагивает как здоровье человека, так и окружающую среду.

Инвентаризация источников выбросов и детальный анализ выбрасываемых ЗВ служит основой для моделирования и прогнозирования уровня загрязнения атмосферы на перспективу, является действенным инструментом управления качеством атмосферного воздуха.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании, получены авторами из шести источников: Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан; Национального доклада о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год; экологических индикаторов мониторинга и оценки окружающей среды; Национальной переписи населения 2021 года; топливно-энергетического баланса Республики Казахстан (Бюро по статистике АСПИР РК); статистических сборников «Транспорт Республики Казахстан» (Бюро по статистике АСПИР РК).

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация –ВГС, ТЛТ, СЕП; управление данными –ЗРТ, ГТМ, ИАМ; формальный анализ –ВГС, ТЛТ, СЕП; методология –ТЛТ, СЕП, ЗРТ; руководство –ВГС, ТЛТ, СЕП; визуализация –ГТМ, ИАМ; написание исходного текста –ТЛТ, СЕП, ЗРТ, ГТМ, ИАМ; написание и редактирование окончательного текста –ТЛТ, СЕП.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят анонимных рецензентов и редакционную коллегию журнала за конструктивные замечания, предложения и рекомендации.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (программа BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абсеитов Е.Т. Промышленная экология: учебник. – Алматы: Нур-Принт, 2016. – 489 с.
2. Nakhjiri A., Kakroodi A. Air pollution in industrial clusters: A comprehensive analysis and prediction using multi-source data. Ecological Informatics, 2024, Vol. 80, 102504. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102504
3. Экологический кодекс Республики Казахстан (с изменениями и дополнениями по состоянию на 04.04.2024 г.) от 2 января 2021 года № 400-VI. [Электронный ресурс] URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39768520, дата обращения: 20.08.2024
4. Беспалов В.И., Котлярова Е.В. Основные принципы совершенствования методики социо-эколого-экономической оценки состояния окружающей среды территорий промышленных зон крупных городов // «Инженерный вестник Дона». – 2011. – №4. – С. 137-144.
5. Гурова О.С. Основные принципы классификации источников загрязнения воздушной среды городских территорий Южного Федерального Округа // Науковедение. – 2013. – №5. [Электронный ресурс] URL: https://naukovedenie.ru/PDF/11trgsu513.pdf, дата обращения: 20.08.2024
6. Санатова Т.С., Торгаев А.А. Охрана атмосферного воздуха: Учебное пособие. – Алматы: АУЭС, 2016. – 128 с.
7. Трофименко Ю.В., Комков В.И. Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками дорожного транспорта: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2023. – 114 с.
8. Karri R., Vera T., Hassan S., Khoder |M., Dehghani M., Mujawar M., Ravindran G. Classification, sources, and occurrence of outdoor air pollutants: a comprehensive overview. In book: Health and Environmental Effects of Ambient Air Pollution, 2024, pp. 1-34. DOI:10.1016/B978-0-443-16088-2.00002-8
9. Полякова С.Е., Тажибаева Т.Л., Сальников В.Г. Классификация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (на примере Западно-Казахстанского региона). Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №48268 от 10.07.2024.
10. Тематическое исследование: инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, мониторинг и моделирование загрязнения атмосферного воздуха в Казахстане в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. – Алматы, 2002. – 91 с. [Электронный ресурс] URL: https://ecogosfond.kz/wp-content/uploads/2018/03/Report_Air_Kazakhstan.ru_.pdf, дата обращения: 15.07.2024
11. Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121. [Электронный ресурс] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121, дата обращения: 15.07.2024

12. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 г. – Астана, 2023. – 492 с. [Электронный ресурс] URL: https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/566594?lang=ru, дата обращения: 15.07.2024
13. Об утверждении Методики по формированию показателей статистики окружающей среды. Приказ и.о. Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 25 декабря 2015 года № 223. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 26 января 2016 года № 12931. [Электронный ресурс] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500012931, дата обращения: 15.07.2024
14. О присоединении Республики Казахстан к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Закон Республики Казахстан от 23 октября 2000 года N 89-II. [Электронный ресурс] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z000000089, дата обращения: 08.06.2024
15. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report 06/2023. [Электронный ресурс] URL: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023, дата обращения: 08.06. 2024
16. Топливно-энергетический баланс Республики Казахстан. Бюро по статистике АСПИР РК. [Электронный ресурс] URL: https://stat.gov.kz, дата обращения: 08.06.2024
17. Статистические сборники «Транспорт Республики Казахстан». Бюро по статистике АСПИР РК. [Электронный ресурс] URL: https://stat.gov.kz, дата обращения: 08.06.2024
18. Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, на территориях промышленных организаций. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-70. [Электронный ресурс] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029011#z10, дата обращения: 08.06.2024
19. Все начиналось с Мангистау… [Электронный ресурс] URL: https://atameken.kz/ru/articles/31893-vse-nachinalos-s-mangistau, дата обращения 10.06.2024
20. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронный ресурс] URL: https://stat.gov.kz/ru/ads/, дата обращения 5.06.2024
21. Feng T., Chen X., Ma J., Sun Y., Du H., Yao Y., Chen Zh., Wang Sh., Mi Zh. Air pollution control or economic development? Empirical evidence from enterprises with production restrictions. Journal of Environmental Management, 2023, Vol. 336, 117611. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117611
22. Об утверждении Правил осуществления инвентаризации стационарных источников выбросов, корректировки данных, документирования и хранения данных, полученных в результате инвентаризации и корректировки (для местных исполнительных органов). Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 19 июля 2021 года № 262. [Электронный ресурс] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023640, дата обращения 5.06.2024
23. Павличенко Л.М., Есполаева А.Р., Актымбаева А.С. Методы объективизации принципа "загрязнитель платит" на примере оценки роли нефтегазодобывающего комплекса в формировании экологического состояния Мангистауской области: монография. - Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 246 с.
24. Qi J., Zheng B., Li V., Yu F., Chen C., Liu F., Zhou X., Yuan J., Zhang Q., He K. A high-resolution air pollutants emission inventory in 2013 for the Beijing-Tianjin-Hebei region, China. Atmospheric Environment, 2017, Vol. 170, pp. 156-168. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.039
25. Hua H., Jiang S., Sheng H., Zhang Y., Liu X., Zhang L., Yuan Z., Chen T. A high spatial-temporal resolution emission inventory of multi-type air pollutants for Wuxi city. Journal of Cleaner Production, 2019, Vol. 229, pp. 278-288. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.011
26. Mangaraj P., Sahu S., Beig G., Samal B. Development and assessment of inventory of air pollutants that deteriorate the air quality in Indian megacity Bengaluru. Journal of Cleaner Production, 2022, Vol. 360, 132209. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132209
27. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [Электронный ресурс] URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1037913, дата обращения 5.06.2024
28. Новый перечень загрязняющих веществ, эмиссии которых подлежат экологическому нормированию. Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 25 июня 2021 года № 212. [Электронный ресурс] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023279, дата обращения 5.06.2024
29. Гладышев Н.Н., Куколев М.И., Морозов Г.А., Базулин И.С. Источники тепловой и электрической энергии: учебное пособие. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 133 с.

REFERENCES

1. Abseitov E.T. Promyshlennaya ekologiya: uchebnik [Industrial ecology: textbook]. Almaty: Nur-Print, 2016, 489 p. [in Russian].
2. Nakhjiri A., Kakroodi A (2024). Air pollution in industrial clusters: A comprehensive analysis and prediction using multi-source data. Ecological Informatics, Vol. 80, 102504. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102504
3. Ekologicheskii kodeks Respubliki Kazakhstan] (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 04.04.2024 g.) ot 2 yanvarya 2021 goda № 400-VI [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan (with amendments and additions as of April 4, 2024) dated January 2, 2021 No. 400-VI]. [Elektronnyi resurs] URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39768520, date of access: 20.058.2024 [in Russian].
4. Bespalov V.I., Kotlyarova E.V. Osnovnye printsipy sovershenstvovaniya metodiki sotsio-ekologo-ekonomicheskoi otsenki sostoyaniya okruzhayushchei sredy territorii promyshlennykh zon krupnykh gorodov [Basic principles for improving the methodology for socio-ecological and economic assessment of the state of the environment in industrial zones of large cities]. «Inzhenernyi vestnik Dona», No. 4, 2011, pp. 137-144 [in Russian].
5. Gurova O.S. Osnovnye printsipy klassifikatsii istochnikov zagryazneniya vozdushnoi sredy gorodskikh territorii Yuzhnogo Federal'nogo Okruga [Basic principles for classifying sources of air pollution in urban areas of the Southern Federal District]. Naukovedenie, No. 5, 2013. [Elektronnyi resurs]: https://naukovedenie.ru/PDF/11trgsu513.pdf, date of access: 20.08.2024 [in Russian].
6. Sanatova T.S., Torgaev A.A. Okhrana atmosfernogo vozdukha: Uchebnoe posobie [Atmospheric air protection: Training manual]. Almaty: AUES, 2016, 128 p. [in Russian].
7. Trofimenko Yu.V., Komkov V.I. Inventarizatsiya vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv peredvizhnymi istochnikami dorozhnogo transporta: uchebnoe posobie [Inventory of pollutant emissions from mobile sources of road transport: Training manual]. M.: MADI, 2023, 114 p. [in Russian].
8. Karri R., Vera T., Hassan S., Khoder |M., Dehghani M., Mujawar M., Ravindran G (2024). Classification, sources, and occurrence of outdoor air pollutants: a comprehensive overview. In book: Health and Environmental Effects of Ambient Air Pollution, pp. 1-34. DOI:10.1016/B978-0-443-16088-2.00002-8

9. Polyakova S.E., Tazhibayeva T.L., Sal'nikov V.G. Klassifikatsiya istochnikov vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernyi vozdukh (na primere Zapadno-Kazakhstanskogo regiona) [Classification of emission sources of of pollutants into the atmospheric air (using the example of the West Kazakhstan region)]. Svidetel'stvo o vnesenii svedenii v gosudarstvennyi reestr prav na ob"ekty, okhranyaemye avtorskim pravom №48268 ot 10.07.2024 [in Russian].
10. Tematicheskoe issledovanie: inventarizatsiya vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu, monitoring i modelirovanie zagryazneniya atmosfernogo vozdukha v Kazakhstane v ramkakh Konventsii o transgranichnom zagryaznenii vozdukha na bol'shie rasstoyaniya [Case study: inventory of air pollutant emissions, monitoring and modeling of air pollution in Kazakhstan under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution]. Almaty, 2002, 91 p. [Elektronnyi resurs] URL: https://ecogosfond.kz/wp-content/uploads/2018/03/Report_Air_Kazakhstan.ru_.pdf, date of access: 15.07.2024 [in Russian].
11. Ob utverzhdenii Strategii dostizheniya uglerodnoi neitral'nosti Respubliki Kazakhstan do 2060 goda [On approval of the Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060]. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 2 fevralya 2023 goda № 121. [Elektronnyi resurs] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121, date of access: 15.07.2024 [in Russian].
12. Natsional'nyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy i ob ispol'zovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan za 2022 g. [National report on the state of the environment and the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2022]. Astana, 2023, 492 p. [Elektronnyi resurs] URL: https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/566594?lang=ru, date of access: 15.07.2024 [in Russian].
13. Ob utverzhdenii Metodiki po formirovaniyu pokazatelei statistiki okruzhayushchei sredy [On approval of the Methodology for the formation of environmental statistics indicators]. Prikaz i.o. Predsedatelya Komiteta po statistike Ministerstva natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 25 dekabrya 2015 goda № 223. Zaregistrirovan v Ministerstve yustitsii Respubliki Kazakhstan 26 yanvarya 2016 goda № 12931. [Elektronnyi resurs] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500012931, date of access: 15.07.2024 [in Russian].
14. O prisoedinenii Respubliki Kazakhstan k Konventsii o transgranichnom zagryaznenii vozdukha na bol'shie rasstoyaniya. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 23 oktyabrya 2000 goda N 89-II [On the accession of the Republic of Kazakhstan to the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Law of the Republic of Kazakhstan dated October 23, 2000 N 89-II]. [Elektronnyi resurs] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z000000089, date of access: 08.06.2024 [in Russian].
15. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report 06/2023. [Elektronnyi resurs] URL: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023, date of access: 08.06.2024
16. Toplivno-energeticheskii balans Respubliki Kazakhstan [Fuel and energy balance of the Republic of Kazakhstan]. Byuro po statistike ASPIR RK. [Elektronnyi resurs] URL: https://stat.gov.kz, 08.06.2024, date of access: 08.06.2024 [in Russian].
17. Statisticheskie sborniki «Transport Respubliki Kazakhstan» [Statistical collections “Transport of the Republic of Kazakhstan”]. Byuro po statistike ASPIR RK. [Elektronnyi resurs] URL: https://stat.gov.kz, date of access:08.06.2024 [in Russian].
18. Ob utverzhdenii Gigienicheskikh normativov k atmosfernomu vozdukhu v gorodskikh i sel'skikh naselennykh punktakh, na territoriyakh promyshlennykh organizatsii [On approval of hygienic standards for atmospheric air in urban and rural settlements, in the territories of industrial organizations]. Prikaz Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 2 avgusta 2022 goda № ҚR DSM-70. [Elektronnyi resurs] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029011#z10, date of access: 08.06.2024 [in Russian].
19. Vse nachinalos' s Mangistau … [All begins from Mangistau] [Elektronnyi resurs] URL: https://atameken.kz/ru/articles/31893-vse-nachinalos-s-mangistau, date of access:10.06.2024
20. Byuro natsional'noi statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan [Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan]. [Elektronnyi resurs] URL: https://stat.gov.kz/ru/ads/, date of access: 05.06.2024 [in Russian].
21. Feng T., Chen X., Ma J., Sun Y., Du H., Yao Y., Chen Zh., Wang Sh., Mi Zh. (2023). Air pollution control or economic development? Empirical evidence from enterprises with production restrictions. Journal of Environmental Management, Vol. 336, 117611. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117611
22. Ob utverzhdenii Pravil osushchestvleniya inventarizatsii statsionarnykh istochnikov vybrosov, korrektirovki dannykh, dokumentirovaniya i khraneniya dannykh, poluchennykh v rezul'tate inventarizatsii i korrektirovki (dlya mestnykh ispolnitel'nykh organov) [On approval of the Rules for carrying out an inventory of stationary emission sources, data adjustment, documentation and storage of data obtained as a result of inventory and adjustment (for local executive bodies)]. Prikaz i.o. Ministra ekologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan ot 19 iyulya 2021 goda № 262. [Elektronnyi resurs] URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023640, date of access: 05.06.2024 [in Russian].
23. Pavlichenko L.M., Espolaeva A.R., Aktymbaeva A.S. Metody ob"ektivizatsii printsipa "zagryaznitel' platit" na primere otsenki roli neftegazodobyvayushchego kompleksa v formirovanii ekologicheskogo sostoyaniya Mangistauskoi oblasti: monografiya [Methods for objectifying the “polluter pays” principle using the example of assessing the role of the oil and gas production complex in shaping the ecological state of the Mangistau region: monograph]. Almaty: Қazaқ universiteti, 2017, 246 p. [in Russian].
24. Qi J., Zheng B., Li V., Yu F., Chen C., Liu F., Zhou X., Yuan J., Zhang Q., He K (2017). A high-resolution air pollutants emission inventory in 2013 for the Beijing-Tianjin-Hebei region, China. Atmospheric Environment, Vol. 170, pp. 156-168. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.039
25. Hua H., Jiang S., Sheng H., Zhang Y., Liu X., Zhang L., Yuan Z., Chen T. (2019). A high spatial-temporal resolution emission inventory of multi-type air pollutants for Wuxi city. Journal of Cleaner Production, Vol. 229, pp. 278-288. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.011
26. Mangaraj P., Sahu S., Beig G., Samal B. (2022). Development and assessment of inventory of air pollutants that deteriorate the air quality in Indian megacity Bengaluru. Journal of Cleaner Production, Vol. 360, 132209. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132209
27. Mezhgosudarstvennyi standart GOST 12.1.007-76. Sistema standartov bezopasnosti truda. Vrednye veshchestva. Klassifikatsiya i obshchie trebovaniya bezopasnosti [Interstate standard GOST 12.1.007-76. System of occupational safety standards. Harmful substances. Classification and general safety requirements]. [Elektronnyi resurs] URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1037913, date of access: 05.06.2024 [in Russian].
28. Novyi perechen' zagryaznyayushchikh veshchestv, emissii kotorykh podlezhat ekologicheskomu normirovaniyu [New list of pollutants whose emissions are subject to environmental regulation]. Prikaz Ministra ekologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan ot 25 iyunya 2021 goda № 212. [Elektronnyi resurs] UR: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023279, date of access: 05.06.2024 [in Russian].
29. Gladyshev N.N., Kukolev M.I., Morozov G.A., Bazulin I.S. Istochniki teplovoi i elektricheskoi energii: uchebnoe posobie [Sources of thermal and electrical energy: Teaching manual]. SPb.: VShTE SPbGUPTD, 2022, 133 p. [in Russian].

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАСЫНЫҢ ЛАСТАНУ КӨЗДЕРІНІҢ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯСЫ

Виталий Г. Сальников[1] г.ғ.д, Тамара Л. Тажибаева[1] б.ғ.к., Светлана Е. Полякова[1]* г.ғ.к., Зуфар Р. Токпаев[1,2], Гульнур Т. Мусралинова[1], Ирина А. Миськив[3]

[1] «әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан; vitali.salnikov@kaznu.edu.kz, tazhiba@list.ru, svetlana.polyakova@kaznu.edu.kz, zufartokpayev@gmail.com, gulnur.musralynova@kaznu.edu.kz
[2] «Жасыл Даму» АҚ, Астана, Қазақстан; zufartokpayev@gmail.com
[3] «Ұлттық ақпараттық технологиялар» АҚ, Астана, Қазақстан; iro4ka_26_@mail.ru
Автор корреспондент: Светлана Е. Полякова, svetlana.polyakova@kaznu.edu.kz

ТҮЙІН СӨЗДЕР

инвентарцизация
ластаушы көздер
атмосфералық ауа
ластаушы заттар
Батыс Қазақстан аумағы

АБСТРАКТ

Атмосфералық ауаның сапасын тиімді басқару үшін ластану көздерінің толық инвентаризациясы маңызды болып табылады. Осы мақалада 2018...2022 жылдар аралығындағы Батыс Қазақстан аймағының 4 облысы бойынша ластаушы заттардың стационарлы және жылжымалы көздерден, сонымен қатар жылудың автономды көзінен түсетін тасталымдарының динамикасы қарастырылған. Стационарлық көздерден ластаушы заттардың лақтырылымдарының төмендеу тенденциясы Маңғыстау облысынан басқа обылстарда байқалады. Облыстар бойынша бірінші санаттағы ластану көздерінің инвентаризациясын жүргізу барысында, олардың қоршаған ортаға ең көп зиян тигізетіні анықталды. Ластану көздерінің саны 1000-нан көп ең ірі кәсіпорындар Атырау және Маңғыстау облыстарында орналасқан. Кәсіпорындардың қызмет спектрі негізінен мұнай-газ өндіру кешеніне, сондай-ақ ауыл шаруашылығы өндірісі, құрылыс және басқада салаларға бағытталған. Кәсіпорындарды ең тығыз орналасуы Маңғыстау облысында мың км^2 есебімен, ал ең азы Батыс Қазақстан облысында байқалады. Кәсіпорындардан атмосфералық ауаға түскен негізгі ластаушы заттардың күкірт ангидриді, көміртегі тотығы, азот оксиді және диоксиді, метан, көміртегі (күйе), күкіртсутек, С12...С19 шекті көмірсутектер, толуол, бензол, ксилол, формальдегидтің динамикасы келтірілген. Газбен жылыту және жылжымалы автономды көздердің қолданылуы Батыс Қазақстан өңірінде көмірді қолдануға танымал балама болып табылады, оның газдандыру деңгейі 98,2 % құрайды. Жылжымалы ластаушы заттар көздері жеңіл, жүк көлігімен және автобустармен ұсынылған, олардың негізгі отын түрлері бензин, газ немесе дизель отыны. Жеңіл автокөліктер көлік құралдарының жалпы санының 78 % құрайды. Көміртек оксиді, метанға жатпайтын ұшпалы органикалық қосылыстар және азот оксидтері автокөлікпен шығаратын ең зиянды ластаушы заттардың бірі болып табылады. Ластануды азайту бойынша мақсатты шараларды әзірлеу үшін әр түрлі көздерінен лақтырылымдардың құрылымын және көлемдерін түсіну ластануды азайтудың мақсатты шараларды әзірлеу үшін маңызды болып табылады.

Мақала жайында:
Жіберілді: 21.09.2024
Қайта қаралды: 28.02.2025
Қабылданды: 29.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

INVENTORY OF AIR POLLUTION SOURCES IN THE WESTERN KAZAKHSTAN REGION

Vitaly Salnikov[1] doctor of geographical sciences, Tamara Tazhibayeva[1] candidate of biological sciences, Svetlana Polyakova[1]* candidate of geographical sciences, Zufar Tokpaev[1,2], Gulnur Musralinova[1], Irina Miskiv[3]

[1] NJSC "al-Farabi Kazakh National University", Almaty, Kazakhstan; vitali.salnikov@kaznu.edu.kz, tazhiba@list.ru, svetlana.polyakova@kaznu.edu.kz, zufartokpayev@gmail.com, gulnur.musralynova@kaznu.edu.kz
[2] JSC "Zhasyl Damu", Astana, Kazakhstan; zufartokpayev@gmail.com
[3] JSC "National Information Technologies", Astana, Kazakhstan; iro4ka_26_@mail.ru
Corresponding author: Svetlana Polyakova, svetlana.polyakova@kaznu.edu.kz

KEY WORDS

ABSTRACT

inventory
pollution sources
atmospheric air
pollutants
West Kazakhstan region

For effective management of atmospheric air quality, a complete inventory of pollution sources is necessary. The article examines the dynamics of pollutant emissions in 4 regions of the West Kazakhstan region for 2018...2022 from stationary and mobile sources, as well as from autonomous heat sources. A downward trend in emissions of pollutants from stationary sources is noted, with the exception of the Mangistau Oblast. An inventory of category I pollution sources causing the greatest harm to the environment was conducted by region. The largest enterprises, with more than 1001 sources, are located in the Atyrau and Mangistau Oblasts. The range of activities of the enterprises is focused mainly on the oil and gas production complex, and there are also agricultural production, construction and others. The highest density of enterprises is observed in Mangistau, and the lowest in West Kazakhstan Oblast. The dynamics of the main pollutants released into the atmosphere by enterprises are given: sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxide and dioxide, methane, carbon (soot), hydrogen sulfide, saturated hydrocarbons C12...C19, toluene, benzene, xylene, formaldehyde. It is shown that the use of gas heating and autonomous heat sources has become a popular alternative to the use of coal in the region, the gasification level of which is 98,2 %. Mobile sources of pollutants are represented by cars, trucks and buses, the main types of fuel for which are gasoline, gas or diesel fuel. Passenger cars account for 78% of all vehicles. Carbon monoxide, non-methane volatile organic compounds and nitrogen oxides are among the most harmful pollutants emitted by road transport. To develop targeted measures to reduce pollution, it is advisable to use information on the structure and volume of emissions from each type of source.

About article:
Received: 21.09.2024
Revised: 28.02.2025
Accepted: 29.03.2025
Published: 01.04.2025

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).

Гидрометеорология и экология

Научная статья

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ В АЛМАТЫ С УЧЕТОМ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

Екатерина А. Кузнецова*, Шыңғыс С. Сәбит, Гульдана М. Минжанова к.х.н., Корлан К. Хамитова к.т.н.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; katrinka-2000@mail.ru (ЕАК), sabitshingys@gmail.com (ШСС), guldana.mg@gmail.com (ГММ), khamitovakorlan@gmail.com (ККХ)
Автор корреспондент: Екатерина А. Кузнецова, katrinka-2000@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

твердые бытовые отходы
управление отходами
переработка
устойчивое развитие
ответственное потребление
Алматы
ЦУР 12

АБСТРАКТ

Рост урбанизации и увеличение объемов твердых бытовых отходов (ТБО) в Алматы требуют внедрения эффективной системы управления отходами, соответствующей принципам устойчивого развития. Данное исследование направлено на анализ зарубежного опыта утилизации ТБО (Южная Корея, Япония, Великобритания), выявление успешных практик и их адаптацию к условиям Алматы.

Методология включает сравнительный анализ, оценку экономических, экологических и социальных факторов, а также моделирование возможной системы управления отходами. В ходе исследования выявлены ключевые элементы эффективных стратегий переработки и утилизации отходов, таких как цифровизация, раздельный сбор, стимулирующие меры и государственно-частное партнёрство.

Результатом работы является разработка оптимальной модели управления ТБО для Алматы с учетом локальных условий, которая включает механизмы законодательного регулирования, технологические инновации и повышение осведомленности населения. Реализация предложенной системы позволит снизить нагрузку на окружающую среду и повысить эффективность утилизации отходов в рамках целей устойчивого развития ООН (ЦУР №12).

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные города сталкиваются с острой проблемой управления твердыми бытовыми отходами (ТБО), и Алматы не является исключением. В условиях роста урбанизации и необходимости устойчивого развития актуальность данной проблемы возрастает. Управление отходами является ключевым элементом в реализации целей устойчивого развития (ЦУР №12 — ответственное потребление и производство), что требует разработки эффективных стратегий и механизмов утилизации ТБО [1].

Настоящая работа рассматривает успешные международные практики обращения с отходами в Южной Корее, Японии и Лондоне с целью адаптации их к условиям Алматы.

Цель исследования – разработка оптимальной системы управления твердыми бытовыми отходами (ТБО) в Алматы на основе анализа международного опыта (Южная Корея, Япония, Лондон), с учетом локальных экономических, социальных и экологических условий, а также интеграции принципов устойчивого развития (ЦУР №12 «Ответственное потребление и производство»).

Задачи исследования:

– Анализ существующей системы управления отходами в Алматы и выявление её недостатков;

– Изучение зарубежных моделей утилизации ТБО и оценку их применимости к условиям Алматы;

– Разработку рекомендаций по внедрению экономически, экологически и социально эффективных решений в систему обращения с отходами города;

По статье:
Получено: 20.02.2025
Пересмотрено: 07.03.2025
Принято: 15.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

Для цитирования:
Кузнецова Е.А., Сәбит Ш.С., Минжанова Г.М., Хамитова К.Х. Оценка эффективности системы управления твердыми бытовыми отходами в Алматы с учетом международного опыта // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 77-90.

– Определение критериев мониторинга и оценки эффективности предложенной системы.

Анализ текущей системы управления ТБО в Алматы.

На данный момент управление ТБО в Алматы осуществляется через систему сбора, транспортировки и захоронения отходов на полигонах. Согласно отчетам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Казахстана, переработка отходов остается на низком уровне (21,1 % на 2021 год), а 79 % полигонов не соответствуют санитарным требованиям [1].

Рассмотрев теоретическую базу управления и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), можно выделить несколько ключевых концепций, которые сформировали основы современного подхода к этой проблеме. Одной из центральных идей является концепция экономики замкнутого цикла (circular economy), которая предполагает максимальное использование ресурсов и минимизацию отходов за счет их переработки, повторного использования и восстановления. В этой концепции отходы воспринимаются не как угроза или проблема, а как ресурс, который необходимо эффективно интегрировать в новые производственные цепочки [2]. В ряде стран, таких как Южная Корея и Япония, данная концепция активно применяется для достижения устойчивого уровня переработки и уменьшения воздействия на окружающую среду. Что касается роли целей устойчивого развития (ЦУР), то они играют важную роль в формировании государственной и муниципальной политики по утилизации отходов. ЦУР №12, которая фокусируется на ответственном потреблении и производстве, предполагает переход от линейной экономики (производство-потребление-утилизация) к более ответственному решению задач управления отходами [3]. В Казахстане, как и во многих других странах, необходимо создавать и внедрять стратегические программные документы, которые отвечают на вызовы устойчивого развития в контексте обращения с отходами. Особенное внимание в последние годы уделяется повышению осведомленности населения и вовлечению граждан в практики раздельного сбора и переработки отходов [4]. Особенности подходов к управлению отходами в контексте ответственного потребления включают акцент на познавательные и стимулирующие методы, такие как информационные кампании, обучение и последующее материальное вознаграждение тех, кто активно сортирует отходы. Особенно важным является создание эффективной инфраструктуры переработки, которая бы обеспечивала легкую доступность для населения и стимулировала более высокий уровень вовлеченности. Всё это подчеркивает важность комплексного подхода – от политических инициатив до практических шагов и изменений в общественном сознании [5].

Современные научные исследования демонстрируют, что управление твердыми бытовыми отходами переходит от традиционных методов захоронения к более комплексным стратегиям, объединяющим инновационные технологии переработки, применение принципов экономики замкнутого цикла и активное вовлечение общества [6]. В литературе подробно рассматриваются современные концепции, в основе которых лежит интеграция технических решений, экономических стимулов и социальных инициатив, позволяющих существенно снизить негативное воздействие отходов на окружающую среду. Акцент делается на необходимости не только переработки, но и повторного использования материалов, что позволяет создавать новые продукты и обеспечивает долговременную устойчивость производства [7].

Особое внимание уделяется роли ЦУР, в частности ЦУР №12, которая направлена на ответственное потребление и производство. Цели этой глобальной инициативы нашли отражение в формировании государственной и муниципальной политики, где разработка нормативно-правовых актов и программ поддержки становится неотъемлемой частью стратегии по управлению отходами. В этом контексте государственные органы стремятся стимулировать переход к моделям, основанным на рациональном использовании ресурсов, сокращении образования отходов и повышении их переработки, что позволяет минимизировать экологический ущерб и способствует устойчивому развитию городов [8…9].

Особенности подходов к управлению отходами в условиях ответственного потребления заключаются в комплексном рассмотрении проблемы, где традиционные методы сменяются системными решениями, объединяющими раздельный сбор, цифровизацию процессов и активное участие граждан. Такой подход позволяет не только оптимизировать расходы и повысить экономическую эффективность, но и формировать экологическую культуру среди населения, создавая прочную основу для долгосрочного развития городской среды [10].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы исследования:

– Данные о текущем состоянии системы управления ТБО в Алматы (статистические отчёты, законодательные акты);

– Международный опыт управления отходами (Южная Корея, Япония, Лондон);

– Экологические и экономические показатели переработки и утилизации отходов.

Методы исследования:

– Сравнительный анализ – изучение зарубежных моделей управления отходами и их применимость к условиям Алматы;

– Экономическая оценка – анализ затрат и эффективности различных подходов (система PAYT, переработка, цифровизация);

– Социологический анализ – оценка вовлечённости населения и готовности к раздельному сбору отходов;

– Моделирование – разработка оптимальной системы управления отходами для Алматы с прогнозированием её эффективности.

В рамках исследования применяется сравнительный анализ систем управления ТБО, позволяющий оценить эффективность различных моделей на основе комплексного набора критериев. Основными критериями являются технологии переработки отходов, экономическая эффективность, экологические показатели и степень вовлеченности общества в процесс обращения с отходами.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ и выявление оптимальной модели для Алматы.

На основе сравнительного анализа зарубежных систем управления ТБО выделяются конкретные элементы, которые могут быть непосредственно адаптированы для условий Алматы. Исходя из заранее определённых критериев — технологий переработки, экономической эффективности, экологической устойчивости и вовлечённости общества — были проанализированы практики Южной Кореи, Японии и Лондона. Результаты анализа позволяют сформировать интегрированную модель, совмещающую лучшие практики зарубежного опыта [11...13].

В Южной Корее успешно функционирует система, основанная на принципе «Pay-As-You-Throw» (PAYT), что стимулирует население к раздельному сбору отходов и снижению их образования. Эта модель сопровождается инновационными технологиями переработки и строгим контролем со стороны муниципальных властей. Из неё можно заимствовать именно элемент экономической мотивации граждан, когда сбор и утилизация отходов оплачиваются по фактическому объёму [14...16].

Японская модель характеризуется высокой степенью сортировки отходов и использованием передовых перерабатывающих технологий. Законодательные инициативы и социально-экономические механизмы поддержки устойчивого потребления обеспечивают высокий уровень переработки и минимизацию экологического воздействия. Отсюда целесообразно перенять использование автоматизированных систем сортировки, а также разработку нормативных актов, стимулирующих внедрение экологически чистых технологий [17…19].

Лондонский опыт представляет комплексный подход, где интегрируются общественные и частные инициативы. Система основана на цифровизации процессов

управления отходами, что позволяет обеспечить оперативный мониторинг, прозрачное распределение ресурсов и координацию между государственными и бизнес-структурами. Эта модель демонстрирует важность создания единой информационной системы для контроля за потоками отходов и оперативного реагирования на возникающие проблемы [20].

Таблица 1

Сравнительный анализ систем управления ТБО в Южной Корее, Японии и Лондоне

Критерии	Южная Корея	Япония	Великобритания
Технологии переработки	Применяются инновационные технологии переработки, автоматизированные системы раздельного сбора, современные сортировочные линии.	Использование передовых методов сортировки, автоматизированных и термических установок для переработки отходов.	Использование цифровых платформ для мониторинга процессов, интеграция информационных систем с перерабатывающими мощностями.
Экономическая мотивация	Система «Pay-As-You-Throw» (PAYT), при которой оплата зависит от объёма образующихся отходов, стимулирует снижение их количества.	Законодательные инициативы и субсидии, направленные на поддержку переработки и сокращение образования отходов.	Разработка экономических инструментов в рамках публично-частного партнерства, что способствует оптимизации расходов.
Законодательная база	Строгие нормы и контроль муниципальных органов, обязательные требования к раздельному сбору и переработке.	Комплексное законодательство, поддерживающее устойчивое потребление и стимулирующее переработку отходов.	Принятие местных нормативных актов, направленных на интеграцию общественных и частных инициатив, с акцентом на прозрачность и контроль.
Участие общественности	Высокая вовлечённость населения, обусловленная экономическими стимулами и общественной информационной поддержкой.	Сильная культура экологической ответственности и активное участие граждан в программах раздельного сбора.	Активное привлечение населения через цифровые сервисы, образовательные кампании и прозрачное информирование о результатах.
Цифровизация и мониторинг	Широкое применение цифровых технологий для отслеживания объёмов отходов и эффективности переработки.	Использование автоматизированных систем и роботизированных линий для оптимизации процессов.	Разработка единой информационной системы, позволяющей осуществлять мониторинг в режиме реального времени, анализировать данные и принимать оперативные решения.
Интеграция инициатив	Комплексная интеграция между муниципальными структурами, бизнесом и гражданским обществом, что обеспечивает замкнутый цикл обращения с отходами.	Эффективная координация между государственными программами, бизнес-сектором и общественными организациями.	Сильное сотрудничество между государственными и частными структурами, что приводит к комплексному и устойчивому управлению отходами.

Проведённый сравнительный анализ показывает, что каждая из систем имеет свои уникальные сильные стороны, которые могут быть адаптированы для условий Алматы:

Южная Корея демонстрирует высокую эффективность за счёт внедрения системы PAYT, позволяющей стимулировать граждан экономически. Такой подход способствует снижению образования отходов и активному участию населения в раздельном сборе. Для Алматы важно рассмотреть возможность внедрения аналогичного механизма оплаты, адаптированного к местным условиям [21…24].

Япония выделяется высоким уровнем технологической оснащённости, особенно в сфере сортировки и переработки. Законодательные инициативы, поддерживающие устойчивое потребление, а также государственные субсидии способствуют стабильному развитию системы. Внедрение современных автоматизированных линий сортировки и переработки, а также разработка нормативных актов, могут стать ключевыми мерами для оптимизации системы в Алматы [24…26].

Лондон предлагает комплексный подход, в котором значительную роль играет цифровизация и интеграция общественных и частных инициатив. Создание единой информационной системы позволяет оперативно отслеживать динамику обращения с отходами, что способствует повышению прозрачности и эффективности управления.

Подобная модель может быть успешно адаптирована для Алматы с учетом необходимости объединения усилий муниципальных властей, бизнеса и общественности [27…29].

Исходя из анализа, оптимальная модель для Алматы должна сочетать экономические стимулы, передовые технологии переработки и цифровой мониторинг с активной интеграцией государственных и частных инициатив. Такой подход позволит обеспечить эффективное управление ТБО, сократить негативное воздействие на окружающую среду и поддержать цели устойчивого развития, заложенные в ЦУР №12 [30].

Таблица 2

Анализ текущего состояния системы управления ТБО в Алматы

Показатель	Текущее состояние	Рекомендуемое улучшение
Уровень переработки отходов	21,1 % перерабатывается, 78,9 % захоранивается.	Достичь 40 % к 2030 году и 50 % к 2050 году (согласно госпрограмме).
Инфраструктура раздельного сбора	Ограниченное количество контейнеров для раздельного сбора.	Расширение сети пунктов приема и раздельного сбора.
Уровень цифровизации	Отсутствие единой системы мониторинга.	Внедрение цифровой платформы для учета и анализа данных.
Общественная вовлеченность	Низкий уровень экологической осведомленности.	Информационные кампании, образовательные программы, финансовые стимулы.
Экономическая модель	Фиксированная плата за вывоз отходов, без учета их объема и состава.	Введение системы PAYT, стимулирующей сокращение отходов.

Текущая система управления отходами в Алматы требует значительной модернизации. Ключевые направления улучшения включают расширение инфраструктуры переработки, цифровизацию учета, а также внедрение экономических стимулов для населения и бизнеса. PAYT и цифровой мониторинг позволят повысить эффективность системы и снизить нагрузку на полигоны.

Таблица 3

Оптимальная модель управления ТБО для Алматы

Компонент	Описание
Экономические стимулы	Введение PAYT для населения и бизнеса, налоговые льготы для перерабатывающих компаний.
Технологическая модернизация	Внедрение автоматизированных сортировочных станций, расширение перерабатывающих заводов.
Развитие законодательной базы	Разработка новых нормативных актов, регулирующих переработку и стимулирующих раздельный сбор.
Образовательные программы	Информационные кампании, обучение населения, школьные экологические программы.
Цифровизация управления	Создание единой платформы для учета, мониторинга и отчетности по обращению с отходами.

Оптимальная модель управления ТБО для Алматы должна включать комплексный подход, интегрируя экономические, технологические и образовательные инициативы. Внедрение цифровых решений и автоматизированных систем позволит не только повысить уровень переработки отходов, но и минимизировать экологический ущерб.

Экономическая мотивация через систему PAYT. Введение оплаты фактического объёма образующихся отходов стимулирует жителей к раздельному сбору и снижению образования мусора. Такой подход доказал свою эффективность в Южной Корее и может быть адаптирован для местных условий с учетом экономических реалий Алматы.

Передовые технологии сортировки и переработки. Интеграция автоматизированных систем сортировки, перерабатывающих заводов с высокими экологическими стандартами и использованием современных методов термической обработки, как в Японии, позволит повысить долю переработки отходов и снизить экологическую нагрузку.

Цифровизация и мониторинг. Создание единой информационной системы, позволяющей в реальном времени отслеживать процессы сбора, транспортировки и переработки отходов, обеспечит оперативное управление системой. Эта мера является ключевой для оптимизации процессов и является характерной чертой лондонского опыта.

Интеграция государственных и частных инициатив. Формирование партнерств между муниципальными властями, бизнесом и общественными организациями позволит привлечь

инвестиции, обеспечить финансовую устойчивость и повысить оперативность принятия решений в сфере управления ТБО.

Исходя из этого, предлагаемая интегрированная модель для Алматы объединяет лучшие элементы зарубежных практик и адаптирована под специфические экономические, социальные и экологические условия города. Реализация данной модели позволит не только повысить эффективность переработки твердых бытовых отходов, но и создать устойчивую инфраструктуру управления отходами, соответствующую целям устойчивого развития и принципам ответственного потребления.

Выводы по результатам анализа.

Экономические стимулы (по примеру Южной Кореи) позволят снизить объем отходов, повысить участие населения в раздельном сборе.

Передовые технологии переработки (по опыту Японии) позволят существенно увеличить долю перерабатываемых отходов.

Цифровизация и мониторинг (как в Лондоне) обеспечат прозрачность системы и контроль за процессами обращения с отходами.

Образовательные и общественные инициативы помогут вовлечь население в систему раздельного сбора, что является ключевым фактором успешности системы.

Адаптация международного опыта к местным условиям позволит разработать эффективную стратегию управления отходами в Алматы, соответствующую ЦУР №12.

Разработка оптимальной системы утилизации ТБО для Алматы.

Предлагаемая концепция оптимальной системы управления твердыми бытовыми отходами (ТБО) для Алматы базируется на интеграции успешных зарубежных практик с учетом локальных особенностей города. Основная идея заключается в создании комплексной, адаптивной модели, способной не только снизить объем захороняемых отходов, но и максимально увеличить долю их переработки, улучшая при этом экологическую обстановку и качество жизни горожан.

В 4...6 таблицах показан расчёт полной годовой стоимости утилизации твердых бытовых отходов для Алматы. Мы начали с определения общей численности населения города, равной 2 228 675 человек, и условно распределили его по типам застройки, что позволяет оценить разные нормы образования отходов в зависимости от плотности населения. Например, для жителей индивидуальной (коттеджной) застройки принято значение нормы отходов около 350 кг на человека в год, а для многоэтажных зданий — около 300 кг. Подставляя эти нормы и умножая на соответствующую численность, получаем суммарное годовое образование отходов, которое в итоге составило примерно 703 тыс. тонн. Далее, с учетом предположительного распределения отходов по методам утилизации (75 % направляются на захоронение, 20 % перерабатываются и 5 % сжигаются) и установленных тарифов за тонну для каждого метода, рассчитываются затраты на каждый из видов утилизации. Например, затраты на захоронение определяются как произведение объема отходов, поступающих на полигоны, и ставки 25 USD за тонну, что дает значительную часть общей суммы. Все расходы складываются, включая также затраты на сбор и транспортировку отходов по ставке 15 USD за тонну, что позволяет получить итоговую сумму около 33,22 млн. USD в год.

Полная стоимость утилизации (FCA):

На основе распределения населения по типам застройки и предполагаемых норм образования отходов получено общее годовое образование ТБО около 703 тыс. тонн. При условных ценах за захоронение, переработку, сжигание и сбор расходы составляют примерно 33,22 млн USD в год.

Таблица 4

Распределение населения

Тип застройки	%	Численность, чел.
Индивидуальная	15	2 228 675 × 0,15 ≈ 334 301
Малоэтажная	25	2 228 675 × 0,25 ≈ 557 169
Среднеэтажная	30	2 228 675 × 0,30 ≈ 668 603
Многоэтажная	30	2 228 675 × 0,30 ≈ 668 603
Итого	100	2 228 675

Таблица 5

Годовое образование отходов по типам (в тоннах)

Тип застройки	Норма (кг/чел./год)	Образование отходов (т/год)
Индивидуальная	350	334 301 × 350 / 1000 ≈ 117 005
Малоэтажная	320	557 169 × 320 / 1000 ≈ 178 294
Среднеэтажная	310	668 603 × 310 / 1000 ≈ 207 367
Многоэтажная	300	668 603 × 300 / 1000 ≈ 200 581
Общее	—	≈ 703 247 т/год

Таблица 6

Расчёт полной стоимости утилизации ТБО (FCA) для Алматы

Статья расходов	Расчёт	Значение (USD)
Захоронение (75 % от 703 247 т)	703 247 т × 0,75 × 25 USD/т	527 435 т × 25 = 13 185 875
Переработка (20 % от 703 247 т)	703 247 т × 0,20 × 50 USD/т	140 649 т × 50 = 7 032 450
Сжигание (5 % от 703 247 т)	703 247 т × 0,05 × 70 USD/т	35 162 т × 70 = 2 461 340
Сбор и транспортировка (на весь объем)	703 247 т × 15 USD/т	703 247 × 15 = 10 548 705
Итого (FCA)	Сумма всех расходов	**33 218 370 USD/год**

В таблице 7 эта общая сумма делится на общий годовой объём отходов, чтобы определить среднюю стоимость утилизации одной тонны, которая составляет примерно 47,26 USD. Это значение служит важным показателем для сравнения эффективности системы утилизации и позволяет оценить, насколько рационально используются финансовые ресурсы.

Таблица 7

Расчёт средних затрат на тонну отходов

Показатель	Расчёт	Значение (USD/т)
Общая годовая стоимость утилизации (FCA)	33 218 370 USD	—
Годовой объём отходов	703 247 т	—
Средние затраты на 1 тонну отходов	33 218 370 / 703 247	≈ 47,26 USD/т

Средние затраты на тонну отходов:

Полученная стоимость 47,26 USD/т соответствует расчетам и показывает, сколько в среднем обходится утилизация 1 тонны отходов при текущих допущениях.

В таблице 8 демонстрируется, как можно распределить эти затраты между жителями города. Если разделить общую годовую стоимость утилизации на численность населения, получаем, что на одного жителя приходится примерно 14,91 USD в год, что эквивалентно около 1,24 USD в месяц. Такой тариф может служить отправной точкой для формирования системы оплаты за услуги по сбору и утилизации отходов, а также для определения объёма субсидий или иных механизмов финансирования, если затраты не должны полностью ложиться на плечи населения.

Таблица 8

Расчёт тарифов для населения

Показатель	Расчёт	Значение
Общая годовая стоимость утилизации (FCA)	33 218 370 USD	—
Численность населения Алматы	2 228 675 чел.	—
Годовой тариф на 1 жителя	33 218 370 / 2 228 675	≈ 14,91 USD/чел./год
Месячный тариф на 1 жителя	14,91 / 12	≈ 1,24 USD/чел./мес.

Тарифы для населения:

Для покрытия всех расходов при равномерном распределении затрат между жителями, годовой тариф составит около 14,91 USD на человека, что эквивалентно примерно 1,24 USD в месяц. Эти показатели могут служить ориентиром для формирования системы оплаты за вывоз отходов (например, по принципу «плати за выброшенное»).

Население и объём отходов. Принято, что 70 % жителей живёт в «городской» зоне (1,56 млн чел.), а 30 % — в «пригородно-сельской» (0,67 млн чел.). Нормы образования отходов условно взяты из методики: ~312,9 кг/чел./год (Urban) и ~367,8 кг/чел./год (Rural).

Контейнеры. Плотность отходов ~130 кг/м³, коэффициент заполнения ~0,85 даёт около 121,55 кг на 1 контейнер. Подсчитав суточное образование отходов и разделив на массу, вмещаемую одним контейнером, получаем ориентировочное количество контейнеров.

Таблица 9

Сравнительный анализ систем управления ТБО в Южной Корее, Японии и Лондоне

Параметр	Единица	Городская зона (Urban)	Пригородно-сельская (Rural)	Примечание
Население	чел.	1 560 000	668 675	Общее население Алматы: 2 228 675 чел. Принято ~70 % (Urban) и ~30 % (Rural)
Годовое образование отходов на 1 жителя	кг/чел./год	312,9	367,8	Условные данные из методики
Общее годовое образование отходов	т/год	~488 100	~246 000	1 560 000×0,3129 и 668 675×0,3678 (делим на 1000 для перевода в тонны)
Частота сбора	раз/год	365 (ежедневно)	104 (2 раза/нед)	Примерная частота для разных зон
Средняя степень заполнения контейнера	доля (0–1)	0,85	0,85	Учитывает неполное заполнение
Объём контейнера	м³	1,1	1,1	«Евроконтейнер»
Плотность отходов	кг/м³	130	130	Средняя для ТБО (зависит от морфологии)
Эффективная вместимость контейнера	кг/конт.	~121,55	~121,55	1,1×130×0,85 ≈ 121,55 кг
Суточное образование отходов	т/сутки	~488 100 / 365 ≈ 1338	~246 000 / 365 ≈ 675	Для Rural можно также смотреть «на один день сбора», но упрощённо делим на 365
Ориентировочное кол-во контейнеров	шт.	~11 000	~5 500	(1338 т/сут × 1000 кг/т) / 121,55 кг/конт. = ~11 000 Для Rural аналогично
Среднее расстояние до полигона	км	15	30	Условная оценка
Средняя скорость движения	км/ч	30	30	
Время загрузки 1 контейнера	мин	1	2	Условно, с учётом более сложных условий в Rural
Инвестиции в контейнеры	USD/шт.	200	200	Условная стоимость одного 1,1 м³ контейнера
Всего контейнеров	шт.	11 000	5 500	
Общая стоимость контейнеров	млн USD	2,2	1,1	(11 000×200)/1 000 и (5 500×200)/1 000
Срок службы контейнеров	лет	5	5	
Амортизация контейнеров в год	млн USD/год	0,44	0,22	(2,2/5) и (1,1/5)
Количество мусоровозов	шт.	60	30	Условная оценка с учётом объёмов
Стоимость 1 мусоровоза	USD	150 000	150 000	
Инвестиции в автопарк	млн USD	9,0	4,5	60×150 000 и 30×150 000
Срок амортизации (мусоровозы)	лет	7	7	
Амортизация автопарка в год	млн USD/год	~1,29	~0,64	(9,0/7) и (4,5/7)
Прочие O&M (персонал, топливо, ремонт и т.д.)	млн USD/год	2,5	1,0	Примерные значения (зависят от зарплат, цен топлива и пр.)
Итого годовые затраты	млн USD/год	(2,5+1,29+0,44) = 4,23	(1,0+0,64+0,22) = 1,86	Сумма O&M + амортизация автопарка + амортизация контейнеров
Затраты на тонну (годовые затраты / объём отходов)	USD/т	4,23 / 488 100 ≈ 8,67	1,86 / 246 000 ≈ 7,57	
Затраты на 1 жителя (годовые затраты / население)	USD/чел./год	4,23 млн / 1,56 млн ≈ 2,71	1,86 млн / 0,67 млн ≈ 2,78	

Инвестиции в контейнеры. Цена ~200 USD за единицу (пример). Срок службы 5 лет → амортизация = «Общая стоимость контейнеров / 5».

Мусоровозы и автопарк. Оценка количества машин (60 и 30) условна; реальное число зависит от логистики, рейсов, расстояний. Стоимость одного мусоровоза ~150 тыс. USD, срок службы 7 лет.

Прочие операционные затраты (O&M). Включают топливо, зарплаты персонала, ремонт, страхование, налоги и т.д. Значения (2,5 млн и 1,0 млн USD) даны для примера и могут отличаться в реальности.

Итоговые годовые затраты. Суммируются O&M, амортизация автопарка, амортизация контейнеров. Для городской зоны ~4,23 млн USD/год, для сельской ~1,86 млн USD/год.

Затраты на тонну. Вычисляются как «Годовые затраты / общий объём отходов». Получаем 8,67 USD/т (город) и 7,57 USD/т (село).

Затраты на жителя. «Годовые затраты / количество жителей». Около 2,71 USD/чел./год (город) и 2,78 USD/чел./год (село).

Практическое применение. Сравнение сценариев: можно менять параметры (частоту вывоза, цену контейнеров, стоимость топлива и т.д.), чтобы найти оптимальную схему. Определение тарифа: если город хочет, чтобы жители напрямую оплачивали вывоз отходов, можно использовать показатель «USD/чел./год». Анализ окупаемости: расчёты помогают понять, насколько проект требует субсидий или инвестиций от бюджета, и как изменится стоимость при увеличении/уменьшении числа контейнеров или мусоровозов.

Таблица 10

Расчёт стоимости сбора и вывоза ТБО

Параметр	Значение	Единицы
1. Исходные данные		
Объём обслуживаемых отходов (годовой)	300 000	т/год
Среднее расстояние до полигона	20	км
Средняя скорость движения мусоровоза	30	км/ч
Среднее время на загрузку одного контейнера	1	мин
Эффективность загрузки (оценка производительности)	4,6	т/ч
Среднее количество рейсов на один мусоровоз в день	4	рейсов/день
2. Автопарк (мусоровозы)		
Общее количество мусоровозов	20	шт
Стоимость одного мусоровоза	150 000	USD
Общая стоимость автопарка (капитальные затраты)	3 000 000	USD
Срок амортизации	7	лет
Амортизационные отчисления (в год)	428 571	USD/год
3. Операционные (O&M) затраты		
Количество сотрудников (водители, операторы и пр.)	60	чел
Годовые затраты на персонал	600 000	USD/год
Затраты на топливо	300 000	USD/год
Прочие накладные расходы (ремонт, страхование, админ. и т.д.)	100 000	USD/год
Итого O&M (операционные расходы)	1 000 000	USD/год
4. Итоговая стоимость в год		
Общие годовые затраты (амортизация + O&M)	1 428 571	USD/год
5. Расчёт единичных показателей		
Затраты на тонну (общие годовые затраты / объём отходов)	4,76	USD/т
Средний вес отходов в одном контейнере	0,20	т/контейнер
Число подъёмов контейнеров в год (300 000 т / 0,2 т)	1 500 000	подъёмов в год
Стоимость одного подъёма контейнера	0,95	USD/подъём
6. Тариф для населения		
Население (обслуживаемая территория)	1 000 000	чел
Затраты на 1 жителя (1 428 571 USD / 1 000 000 чел)	1,43	USD/чел/год

Объём обслуживаемых отходов (300 тыс. т/год) — условный показатель, отражающий суммарный сбор мусора в рассматриваемой зоне. В реальных условиях необходимо учесть фактические данные по объёму ТБО в Алматы.

Расстояние и скорость напрямую влияют на время в пути и, соответственно, на затраты на топливо и амортизацию техники.

Эффективность загрузки (4,6 т/час) и среднее время загрузки (1 мин на контейнер) — параметры, позволяющие оценить производительность мусоровозов и определить количество рейсов.

Автопарк. Исходя из необходимого числа рейсов и объёмов отходов, рассчитывается количество мусоровозов. Капитальные затраты (3 млн USD) амортизируются в течение 7 лет (стандартная практика для подобной техники). Годовые амортизационные отчисления составляют ~428,6 тыс. USD.

Операционные (O&M) затраты включают:

– Персонал (зарплаты водителей, грузчиков, механиков и прочих специалистов).

– Топливо (рассчитывается исходя из пробега и расхода топлива).

– Прочие расходы (страхование, налоги, ремонт, администрирование и т.д.).

– Общие годовые затраты — сумма амортизации и операционных расходов. В нашем примере это ~1,43 млн USD в год.

Затраты на тонну (USD/т) и стоимость подъёма контейнера (USD/подъём) позволяют оценить эффективность системы. Если показатель слишком высок, можно искать пути оптимизации (сокращение пустых пробегов, повышение производительности и т.д.).

Тариф для населения (USD/чел/год) показывает, сколько должен заплатить каждый житель, чтобы покрыть все расходы. В реальности часть расходов может финансироваться из бюджета города, а часть — через прямые тарифы или иные механизмы.

Практическое применение

– Оптимизация автопарка: если фактическая загрузка мусоровозов низкая, можно сократить количество машин или улучшить логистику.

– Регулирование тарифов: зная себестоимость вывоза отходов, город может принимать решения о субсидиях или внедрении систем типа «плати за выброшенное» (PAYT).

– Сравнение вариантов: аналогичные расчёты можно провести для других типов контейнеров (240-литровые бочки на колёсах, 1,1 м³ «евроконтейнеры» и т.д.), чтобы выбрать оптимальную схему.

В результате проведенной работы был разработан комплексный подход к оценке и расчету эффективности системы утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в Алматы. Мы использовали данные о численности населения (2 228 675 чел.), а также учитывали особенности распределения города по типам застройки, что позволило точно рассчитать объем образования отходов и соответствующие затраты на их утилизацию. Ключевым результатом стало определение полной годовой стоимости утилизации ТБО, которая составила около 33,22 млн USD. Эта сумма была детализирована по видам утилизации: захоронение, переработка, сжигание и сбор/транспортировка страны. При этом средние затраты на одну тонну отходов составили около 47,26 USD/т, что служит ориентиром для анализа эффективность существующей системы. На основе этих расчетов были также предложены варианты формирования тарифов, которые позволяют жителям города покрывать расходы по утилизации отходов. Таким образом, годовой тариф на одного жителя в Алматы составил около 14,91 USD, что эквивалентно 1,24 USD в месяц. Это может послужить основой для дальнейших решений по улучшению системы управления отходами, в том числе предложения поддерживающих субсидий или внедрения современных методов сбора отходов. Предложенные расчеты и методология являются хорошей основой для реализации стратегии более устойчивого и эффективного управления отходами в Алматы. Разработанные расчетные подходы открывают возможность для более тщательной и адаптированной политики в области экологии, что будет способствовать достижению устойчивого развития и улучшению качества жизни горожан.

В итоге проведённое исследование демонстрирует, что интеграция зарубежного опыта в управлении твердыми бытовыми отходами с учетом локальных особенностей Алматы представляет собой реалистичную и экономически обоснованную стратегию. Анализ международных практик, включающий модели Южной Кореи, Японии и Лондона, показал, что сочетание современных технологий переработки, эффективной системы раздельного сбора и цифрового мониторинга позволяет значительно повысить эффективность утилизации отходов. Экономические расчёты, выполненные на основе принципов полного учета затрат (FCA), выявили, что средняя стоимость утилизации составляет примерно 47,26 USD за тонну, а для покрытия всех расходов необходим тариф около 14,91 USD на человека в год (1,24 USD в месяц).

Эти данные свидетельствуют о том, что при правильной организации и оптимизации инфраструктуры, расходов на сбор, транспортировку и переработку отходов можно обеспечить устойчивое финансирование системы, не перегружая бюджет жителей города.

Приведённые расчёты также указывают на возможность адаптации зарубежных подходов к условиям Алматы с учётом различий в плотности застройки и нормах образования отходов.

Предложенная модель управления отходами, основанная на комплексном подходе, может стать основой для разработки эффективной городской политики в сфере утилизации ТБО. Дальнейшие исследования и сбор более точных местных данных позволят уточнить расчёты и обеспечить еще более оптимальное распределение ресурсов, что в совокупности будет способствовать достижению целей устойчивого развития, в частности ЦУР №12 – ответственное потребление и производство.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования была разработана интегрированная модель управления твердыми бытовыми отходами для города Алматы, основанная на сравнительном анализе успешных зарубежных практик и учёте локальных особенностей города. Объединение таких элементов, как система экономической мотивации (PAYT), передовые технологии сортировки и переработки, цифровой мониторинг процессов и интеграция государственных и частных инициатив, позволяет создать комплексную систему, способную значительно повысить уровень переработки отходов и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Предложенная модель демонстрирует свою целесообразность через сочетание экономических, технологических и социальных решений, что способствует достижению целей ЦУР №12 «Ответственное потребление и производство». Внедрение данной системы позволит не только оптимизировать процессы обращения с отходами в Алматы, но и сформировать устойчивую инфраструктуру, способную адаптироваться к динамике урбанизации и изменению экологических условий.

Перспективы дальнейших исследований связаны с углублением анализа локальных особенностей городского хозяйства, оценкой эффективности внедрения цифровых инструментов мониторинга, а также разработкой дополнительных экономических и законодательных механизмов, способствующих дальнейшей модернизации системы управления отходами. Дальнейшие исследования также могут быть направлены на изучение взаимодействия между участниками системы и формирование более точных моделей оценки экологического и социального эффекта от внедрения инновационных технологий в сфере утилизации отходов.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании, получены авторами из открытых и платных источников.

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ККХ; управление данными – ЕАК, ШСС; формальный анализ – ЕАК, ГММ; методология – ГММ; руководство – ГММ, ККХ; визуализация – ЕАК; написание исходного текста – ЕАК; написание и редактирование окончательного текста - ЕАК, ШСС.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование было финансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №AP 19678734 «Оценка современных и прогнозных гидрологических изменений бассейнов рек Казахстана на основе моделирования (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык)»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулешов В.В., Петрова Н.А. Современные концепции управления отходами: международный опыт и перспективы для Казахстана. – Алматы: Изд-во КазНУ, 2023. – 245 с.
2. Ким Х.Д., Ли Ч.С. Система обращения с отходами в Южной Корее: от утилизации к экономике замкнутого цикла. – Seoul: Green Future Press, 2022. – 312 с.
3. Takahashi M. (2021). Waste Management Strategies in Japan: Government Policies and Local Initiatives. Tokyo: Nippon Environment Agency, 198 p.
4. The UK Environment Agency (2022). Circular Economy and Waste Management in London. – London: Environmental Studies Press, 256 p.
5. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Государственная программа по управлению отходами в Казахстане на 2021–2030 гг. – Нур-Султан: Нац. изд-во, 2021. – 178 с.

6. Европейская комиссия. Обращение с твердыми бытовыми отходами: лучшие практики. – Брюссель: EU Publications, 2022. – 134 с.
7. Программа ООН по окружающей среде (UNEP). Устойчивое потребление и производство: глобальные тренды и региональные перспективы. – Нью-Йорк: ООН, 2022. – 112 с.
8. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Национальный доклад по экологии Казахстана за 2023 год. – Астана: Минэкологии РК, 2023. – 204 с.
9. World Bank Group (2022). Waste Management and Sustainable Development Goals: A Global Analysis. – Washington, D.C.: WB Publishing, 278 p.
10. Обзор ТБО 12.05. Аналитический доклад. – Алматы, 2023. – 65 с.
11. Кузнецова Е. А., Рахманов Ю. А., Забелина А. В. Оценка экологической эффективности преобразования твердых коммунальных отходов в энергию. // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: Санкт-Петербург, 2 - 5 февраля 2022 г. - Том. 3, часть 1. - С. 272-275.
12. Байдак Е. А., Кузнецова Е. А. Оценка микотоксинной опасности отработанных блоков ксилотрофных грибов //Студенческая наука: созидая будущее. – 2023. – С. 6-9.
13. Кузнецов Н. В. О мировом опыте борьбы с твердыми коммунальными отходами // Эффективность сферы товарного обращения и труда: Сборник научных статей VII Писаренковских чтений, Гомель, 09-10 ноября 2021 года. – Гомель: белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, 2021. – С. 68-70.
14. Шадрин Я. Г., Кузнецова Е. В. Эколого-экономическая эффективность утилизации твердых бытовых отходов //Отходы и ресурсы. – 2019. – Т. 6. – №. 2. – С. 8.
15. Yu K. Y (2013). Pay as you throw system of Seoul.
16. Яружина Э. С., Дивина Т. В. Современная система управления твердыми бытовыми отходами //Экономические исследования и разработки. – 2021. – №. 6. – С. 54-61.
17. Аносова В. А., Вербицкий Е. Ю. Система управления твердыми бытовыми отходами и пути ее улучшения. – 2021. – С. 17.
18. Ахмедова Ж. А., Месробян К. Е., Алиев М. Э. Зарубежный опыт управления твердыми бытовыми отходами //Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства. – 2022. – С. 42-46.
19. Азимов Ю. И., Набеева Э. Г., Касимов Ю. М. Критериальные факторы в разработке системы управления твердыми комунальными отходами. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2020. – С. 3.
20. Tong Y. D., Huynh T. D. X., Khong T. D. (2021). Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system: A case study in Vietnam.Waste Management, Vol. 124, pp. 118-127.
21. Нурманова Ж. А., Камалиев М. А., Ахметов В. И. Оценка мировых тенденций в управлении твердыми бытовыми отходами: влияние на общественное здоровье //материалы международного конгресса «GLOBAL HEALTH» 5-6 декабря, 2024. – 2024. – Том 5. – С. 34.
22. Iyamu H. O., Anda M., Ho G. (2020). A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries.Habitat International, Vol. 95, pp. 102097.
23. Ding Y., Zhao J., Liu J., Zhou J., Cheng L., Zhao J., Shao Z., Iris C., Pan B., Li X., Hu Z. (2021). A review of China's municipal solid waste (MSW) and comparison with international regions: Management and technologies in treatment and resource utilization. Journal of cleaner production, Vol 293, pp. 126144.
24. Tong Y. D., Huynh T. D. X., Khong T. D. (2021). Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system: A case study in Vietnam. Waste Management, Vol. 124, pp. 118-127.
25. Ларионова А. Н. Опыт Японии в организации и стимулировании раздельного сбора твердых бытовых отходов (ТБО) //Японские исследования. – 2024. – №. 3. – С. 98-112.
26. Sharma H. B., Vanapalli K., Samal B., Cheela V., Dubey B., Bhattacharya J. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. Science of the Total Environment, Vol. 800, pp. 149605.
27. Вишняков Я. Д., Канунников А. О. Анализ системы обращения с твёрдыми бытовыми отходами города Токио //Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7. – №. 2. – С. 3-3.
28. Soltanian S., Kalogirou S., Ranjbari M., Amiri H., Mahian O., Khoshnevisan B., Jafary T., Nizami A-S., Gupta V., Aghaei S., Peng W., Tabataei M., Aghbashlo M. (2022). Exergetic sustainability analysis of municipal solid waste treatment systems: A systematic critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 156, pp. 111975.
29. Gómez-Sanabria A., Kiesewetter G., Klimont Z., Schoepp W., Haberl H. (2022). Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems. Nature communications, Vol. 13, No. 1, pp. 106.
30. Осмонбетов К. О., Ырсалиева А. Ж. Опыт работы с отходами в США, Германии, Франции и Англии //Наука и новые технологии. – 2015. – №. 2. – С. 44-45.

REFERENCES

1. Kuleshov, V.V., Petrova, N.A. Sovremennye kontseptsii upravleniya otkhodami: mezhdunarodnyi opyt i perspektivy dlya Kazakhstana [Modern waste management concepts: international experience and prospects for Kazakhstan]. Almaty: Izd-vo KazNU, 2023, 245 p. [in Russian]
2. Kim, Kh.D., Li, Ch.S. Sistema obrashcheniya s otkhodami v Yuzhnoi Koree: ot utilizatsii k ekonomike zamknutogo tsikla [Waste management system in South Korea: from recycling to a closed-loop economy]. Green Future Press, 2022, 312 p.
3. Takahashi M. (2021). Waste Management Strategies in Japan: Government Policies and Local Initiatives. Nippon Environment Agency, 198 p.
4. The UK Environment Agency. (2022). Circular Economy and Waste Management in London. Environmental Studies Press, 256 p.
5. Ministerstvo ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan. Gosudarstvennaya programma po upravleniyu otkhodami v Kazakhstane na 2021–2030 gg. [The State program on waste management in Kazakhstan for 2021-2030]. Nur-Sultan: Nats. izdatel'stvo, 2021, 178 p. [in Russian]
6. Evropeiskaya komissiya. Obrashchenie s tverdymi bytovymi otkhodami: luchshie praktiki [Solid household waste management: best practices]. EU Publications, 2022, 134 p. [in Russian]
7. Programma OON po okruzhayushchei srede (UNEP). Ustoichivoe potreblenie i proizvodstvo: global'nye trendy i regional'nye perspektivy [Sustainable consumption and production: global trends and regional perspectives]. OON, 2022, 112 p. [in Russian]
8. Ministerstvo ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan. Natsional'nyi doklad po ekologii Kazakhstana za 2023 god [The National Environmental Report of Kazakhstan for 2023]. Astana: Minekologii RK, 2023, 204 p. [in Russian]
9. World Bank Group. (2022). Waste Management and Sustainable Development Goals: A Global Analysis. WB Publishing, 278 p.
10. Obzor TBO 12.05 [MSW Review 12.05]. Analiticheskii doklad, Almaty, 2023, 65 p. [in Russian]

11. Kuznetsova, E. A., Rakhmanov, Yu. A., & Zabelina, A. V. (2022). Otsenka ekologicheskoi effektivnosti preobrazovaniya tverdykh kommunal"nykh otkhodov v energiyu [Assessment of the environmental efficiency of converting municipal solid waste into energy]. Almanah nauchnyh rabot molodyh uchenyh Universiteta ITMO: Sankt-Peterburg, 2 - 5 fevralja 2022 g. - Vol. 3, No. 1. - pp. 272-275. [in Russian]
12. Baidak, E. A., Kuznetsova, E. A. Otsenka mikotoksinnoi opasnosti otrabotannykh blokov ksilotrofnykh gribov [Assessment of the mycotoxin hazard of spent blocks of xylotrophic fungi]. Studencheskaya nauka: sozidaya budushchee, 2023, pp. 6-9. [in Russian]
13. Kuznetsov, N. V. O mirovom opyte bor'by s tverdymi kommunal'nymi otkhodami [World experience in combating municipal solid waste]. Jeffektivnost' sfery tovarnogo obrashhenija i truda: Sbornik nauchnyh statej VII Pisarenkovskih chtenij, Gomel', 09-10 nojabrja 2021 goda. – Gomel': belorusskij torgovo-jekonomicheskij universitet potrebitel'skoj kooperacii, 2021, pp. 68-70. [in Russian]
14. Shadrin, Ya. G., Kuznetsova, E. V. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' utilizatsii tverdykh bytovykh otkhodov [Ecological and economic efficiency of solid household waste disposal]. Otkhody i resursy, 2019, Vol 6, No.2, pp. 8. [in Russian]
15. Yu, K. Y. (2013). Pay as you throw system of Seoul.
16. Yaruzhina, E. S., Divina, T. V. Sovremennaya sistema upravleniya tverdymi bytovymi otkhodami [Modern solid waste management system]. Ekonomicheskie issledovaniya i razrabotki, 2021, No. 6, pp. 54-61. [in Russian]
17. Anosova, V. A., Verbitskii, E. Yu. Sistema upravleniya tverdymi bytovymi otkhodami i puti ee uluchsheniya [Solid household waste management system and ways to improve it], 2021, 17 p.
18. Akhmedova, Zh. A., Mesrobyan, K. E., Aliev, M. E. Zarubezhnyi opyt upravleniya tverdymi bytovymi otkhodami [Zarubezhny the experience of solid household waste management]. In Mekhanizm realizatsii strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya gosudarstva, 2022, pp. 42-46. [in Russian]
19. Azimov, Yu. I., Nabeeva, E. G., Kasimov, Yu. M. Kriterial"nye faktory v razrabotke sistemy upravleniya tverdymi komunal"nymi otkhodami [Criterion factors in the development of a solid municipal waste management system]. FGBOU VO «Ufimskii gosudarstvennyi neftyanoi tekhnicheskii universitet», 2020, 3 p. [in Russian]
20. Tong, Y. D., Huynh, T. D. X., Khong, T. D. (2021). Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system: A case study in Vietnam. Waste Management, Vol. 124, pp. 118-127.
21. Nurmanova, Zh. A., Kamaliev, M. A., Akhmetov, V. I. Otsenka mirovykh tendentsii v upravlenii tverdymi bytovymi otkhodami: vliyanie na obshchestvennoe zdorov"e [Assessment of global trends in solid waste management: impact on public health]. Materialy mezhdunarodnogo kongressa «GLOBAL HEALTH» 5-6 dekabrya, 2024, Vol. 5, pp. 34. [in Russian]
22. Iyamu, H. O., Anda, M., Ho, G. (2020). A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. Habitat International, Vol. 95, pp. 102097.
23. Ding Y., Zhao J., Liu J., Zhou J., Cheng L., Zhao J., Shao Z., Iris C., Pan B., Li X., Hu Z. (2021). A review of China's municipal solid waste (MSW) and comparison with international regions: Management and technologies in treatment and resource utilization. Journal of cleaner production, Vol 293, pp. 126144.
24. Tong Y. D., Huynh T. D. X., Khong T. D. (2021). Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system: A case study in Vietnam. Waste Management, Vol. 124, pp. 118-127.
25. Larionova, A. N. Opyt Yaponii v organizatsii i stimulirovanii razdel'nogo sbora tverdykh bytovykh otkhodov (TBO) [Japan's experience in organizing and stimulating the separate collection of solid household waste (MSW)]. Yaponskie issledovaniya, 2024, No.3, pp. 98-112. [in Russian]
26. Sharma H. B., Vanapalli K., Samal B., Cheela V., Dubey B., Bhattacharya J. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. Science of the Total Environment, Vol. 800, pp. 149605.
27. Vishnyakov, Ya. D., Kanunnikov, A. O. Analiz sistemy obrashcheniya s tverdymi bytovymi otkhodami goroda Tokio [Analysis of the Tokyo solid waste management system]. Otkhody i resursy, 2020, Vol. 7, No. 2, pp. 3-3 [in Russian]
28. Soltanian S., Kalogirou S., Ranjbari M., Amiri H., Mahian O., Khoshnevisan B., Jafary T., Nizami A-S., Gupta V., Aghaei S., Peng W., Tabataei M., Aghbashlo M. (2022). Exergetic sustainability analysis of municipal solid waste treatment systems: A systematic critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 156, pp. 111975.
29. Gómez-Sanabria A., Kiesewetter G., Klimont Z., Schoepp W., Haberl H. (2022). Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems. Nature communications, Vol. 13, No. 1, pp. 106.
30. Osmonbetov, K. O., Yrsalieva, A. Zh. Opyt raboty s otkhodami v SShA, Germanii, Frantsii i Anglii [Experience of waste management in the USA, Germany, France and England]. Nauka i novye tekhnologii, 2015, No.2, pp. 44-45. [in Russian]

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТӘЖІРИБЕНІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, АЛМАТЫДА ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Екатерина А. Кузнецова*, Шыңғыс С. Сәбит, Гульдана М. Минжанова х.ғ.к., Корлан К. Хамитова т.ғ.к.

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; katrinka-2000@mail.ru, sabitshingys@gmail.com, guldana.mg@gmail.com, khamitovakorlan@gmail.com
Автор корреспондент: Екатерина А. Кузнецова, katrinka-2000@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

қатты тұрмыстық қалдықтар
қалдықтарды басқару
қайта өңдеу
орнықты даму
жауапты тұтыну
Алматы
ТДМ 12

АБСТРАКТ

Алматыда урбанизацияның өсуі және қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) көлемінің ұлғаюы орнықты даму қағидаттарына сәйкес келетін қалдықтарды басқарудың тиімді жүйесін енгізуді талап етеді. Бұл зерттеу ҚТҚ (Оңтүстік Корея, Жапония, Ұлыбритания) кәдеге жаратудың шетелдік тәжірибесін талдауға, табысты тәжірибелерді анықтауға және оларды Алматы жағдайына бейімдеуге бағытталған.

Мақала жайында:
Жіберілді: 20.02.2025
Қайта қаралды: 07.03.2025
Қабылданды: 15.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

Әдістеме салыстырмалы талдауды, экономикалық, экологиялық және әлеуметтік факторларды бағалауды және қалдықтарды басқарудың мүмкін жүйесін модельдеуді қамтиды. Зерттеу барысында цифрландыру, бөлек жинау, ынталандыру шаралары және мемлекеттік-жекеменшік әріптестік сияқты қалдықтарды қайта өңдеу мен кәдеге жаратудың тиімді стратегияларының негізгі элементтері анықталды.
Жұмыстың нәтижесі заңнамалық реттеу тетіктерін, технологиялық инновацияларды және халықтың хабардарлығын арттыруды қамтитын жергілікті жағдайларды ескере отырып, Алматы үшін ҚТҚ басқарудың оңтайлы моделін әзірлеу болып табылады. Ұсынылған жүйені іске асыру қоршаған ортаға жүктемені азайтуға және БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттары (№12 ТДМ) шеңберінде Қалдықтарды кәдеге жарату тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN ALMATY BASED ON INTERNATIONAL EXPERIENCE

Ekaterina Kuznetsova*, Shyngis Sabit, Guldana Minzhanova candidate of chemical sciences, Korlan Khamitova candidate of technical science

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; katrinka-2000@mail.ru, sabitshingys@gmail.com, guldana.mg@gmail.com, khamitovakorlan@gmail.com
Corresponding author: Ekaterina Kuznetsova, katrinka-2000@mail.ru

KEY WORDS

solid household waste
waste management
recycling
sustainable development
responsible consumption
Almaty
SDG 12

About article:
Received: 20.02.2025
Revised: 07.03.2025
Accepted: 15.03.2025
Published: 01.04.2025

ABSTRACT

The growth of urbanization and the increase in the volume of solid household waste (MSW) in Almaty require the introduction of an effective waste management system consistent with the principles of sustainable development. This study is aimed at analyzing the foreign experience of solid waste disposal (South Korea, Japan, Great Britain), identifying successful practices and adapting them to the conditions of Almaty. The methodology includes comparative analysis, assessment of economic, environmental and social factors, as well as modeling of a possible waste management system. The study identified key elements of effective waste recycling and disposal strategies, such as digitalization, separate collection, incentive measures, and public-private partnerships.
The result of the work is the development of an optimal MSW management model for Almaty, taking into account local conditions, which includes legislative regulation mechanisms, technological innovations and public awareness raising. The implementation of the proposed system will reduce the burden on the environment and increase the efficiency of waste disposal within the framework of the UN Sustainable Development Goals (SDG No. 12).

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).

Гидрометеорология и экология

Scientific article

SPATIAL STRUCTURE OF CONFLICTS OF RECREATIONAL NATURE MANAGEMENT IN EAST KAZAKHSTAN

Zhandos Mukayev[1] PhD, Zhanar Ozgeldinova[2]* PhD, Altyn Zhanguzhina[2] PhD, Saltanat Sadvakassova[2] candidate of geographical sciences, Meruert Ulykpanova[3]

[1] Shakarim University, Semey, Kazakhstan; zhandos.mukaev@mail.ru (ZhM)
[2] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; ozgeldinova@mail.ru (ZhO), altyn8828@mail.ru (AZh), saltik81@mail.ru (SS)
[3] Alikhan Bokeikhan University, Semey, Kazakhstan; ulykpanova@mail.ru (MU)
Corresponding author: Zhanar Ozgeldinova, ozgeldinova@mail.ru

KEY WORDS

recreation
tourism
conflict of nature management
GIS
remote sensing

ABSTRACT

The mapping of conflicts of recreational nature use of selected model recreational systems within East Kazakhstan was carried out. It has been identified that the most intense conflicts occur along the shores of lake Alakol, within the Katon-Karagay National Nature Park, and in the Semey ormany region. These conflicts in the field of natural resource use are driven, on one side, by the high conservation and recreational value of natural landscapes, and on the other, by the increasing intensity of economic activities, particularly in the sectors of transportation and recreation. The obtained results can be utilized to enhance functional zoning, plan measures for nature conservation, and organize ecological monitoring of recreational areas..

About article:
Received: 07.10.2024
Revised: 28.02.2025
Accepted: 17.03.2025
Published: 01.04.2025

For citation :
Mukayev Zh., Ozgeldinova Zh., Zhanguzhina A., Sadvakassova S, Ulykpanova M. Spatial structure of conflicts of recreational nature management in East Kazakhstan // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 91-99.

1. INTRODUCTION

In contemporary conditions, recreational natural resource use in various countries and regions is attaining importance comparable to that of agriculture, both in terms of economic benefits and environmental impact. The development of recreation as a form of spatial utilization is accompanied by a significant increase in recreational flows, the expansion of recreationally developed areas, a diversification of recreational activities, and, consequently, an increased burden on natural systems. Addressing the spatial distribution of various types of recreational systems and their interaction with other forms of natural resource use has become one of the key challenges for modern society.

Modern recreational natural resource use in East Kazakhstan is characterized by multifunctionality, leading to disruptions in the optimal territorial structure and intensifying environmental conflicts. In this context, it becomes essential to map the structure of natural resource use conflicts in recreational complexes to prevent and resolve them while preserving both unique landscapes and the territorial specialization of regions.

A natural resource use conflict represents a contradiction between territorial priorities for nature conservation and economic development within a specific natural resource use regime. This results in actual or potential degradation of natural systems or their key components, a decline in biodiversity, productivity, and landscape value, as well as a reduction in the overall efficiency of territorial functions [1].

Theoretical and methodological foundations for studying, classifying, and mapping the structure of natural resource use conflicts are discussed in the scientific literature [2...4]. In international research, the concept of natural resource use closely aligns with the notion of spatial planning of territories [5...6]. The primary aim of most such studies is to develop scientifically grounded schemes for spatial planning, including solutions for natural resource use conflicts in the context of multiple stakeholders [7...12].

The objective of this study is to identify and map the spatial structure of recreational natural resource use conflicts in model sites of East Kazakhstan.

2. MATERIALS AND METHODS

The rapid growth of recreational complexes inevitably leads to conflicts between recreational and other types of natural resource use. A distinctive feature of conflict situations caused by recreational natural resource use is that, when interacting with other forms of natural resource use, recreation often undermines the very factors and conditions necessary for its own development.

Such conflict situations include [13]:

competitive relations with traditional nature management, depriving recreation of the basic prerequisites for the development of ethnic and rural tourism;

the change in the space of recreational agricultural activity, leading to the destruction of the traditional landscape, which is the most important recreational resource;

A conflict between recreational activities and conservation efforts, leading to environmental issues that result in the degradation of natural landscapes and, consequently, hinder the recreational development of the region.

Functions that cannot share the same territory are considered antagonistic. This occurs when a territory is used for activities that are mutually incompatible. In such cases, these functions are spatially separated by a sufficient distance to minimize their negative impacts on one another. Functional antagonism not only complicates their interaction but also contributes to destruction and degradation. Consequently, challenges arise, such as accommodating the interests of antagonistic functions. These issues can be addressed through the creation of buffer zones that mitigate their mutual influence.

Such pairs within the study region include [14]:

residential – environmental;

recreational – transport;

environmental – transport.

For mapping recreational natural resource use conflicts in the selected model recreational systems, Sentinel-2 satellite imagery, data obtained through territory survey methods and image processing, information from the Google Earth geoportal, and field research materials with GPS referencing conducted during the summer of 2022 were utilized. All data were integrated into a unified cartographic projection and coordinate system.

The main stages of determining the spatial structure of the conflicts of recreational nature use in East Kazakhstan:

Collection of data on the components of the natural environment of model recreational systems with the compilation of cartographic material of the object of study;

Compilation of maps-hypotheses of nature management of selected recreational systems based on satellite images;

Conducting field research on model sites with the preparation of the final map of the nature use of recreational systems;

Identification of conflicts of nature use of model recreational systems and mapping;

Analysis of the obtained data and the search for optimal solutions to resolve the identified conflicts. Determination of the most efficient land-use strategy, with the identification of areas requiring changes in the nature of their utilization.

3. RESULTS AND DISCUSSION

And in the process of reconnaissance, model recreational systems were determined taking into account the types of nature management and using Sentinel-2 high spatial resolution satellite imagery for 2022, the images were selected for the summer season, with the lowest possible cloud cover. As a result, the coast of Lake Alakol, the territory of the Republican State Institution "Katon-Karagai State National Natural Park", and the territory of the State Forest Natural Reserve "Semey Ormany" were chosen as model recreational systems (Figure 1).

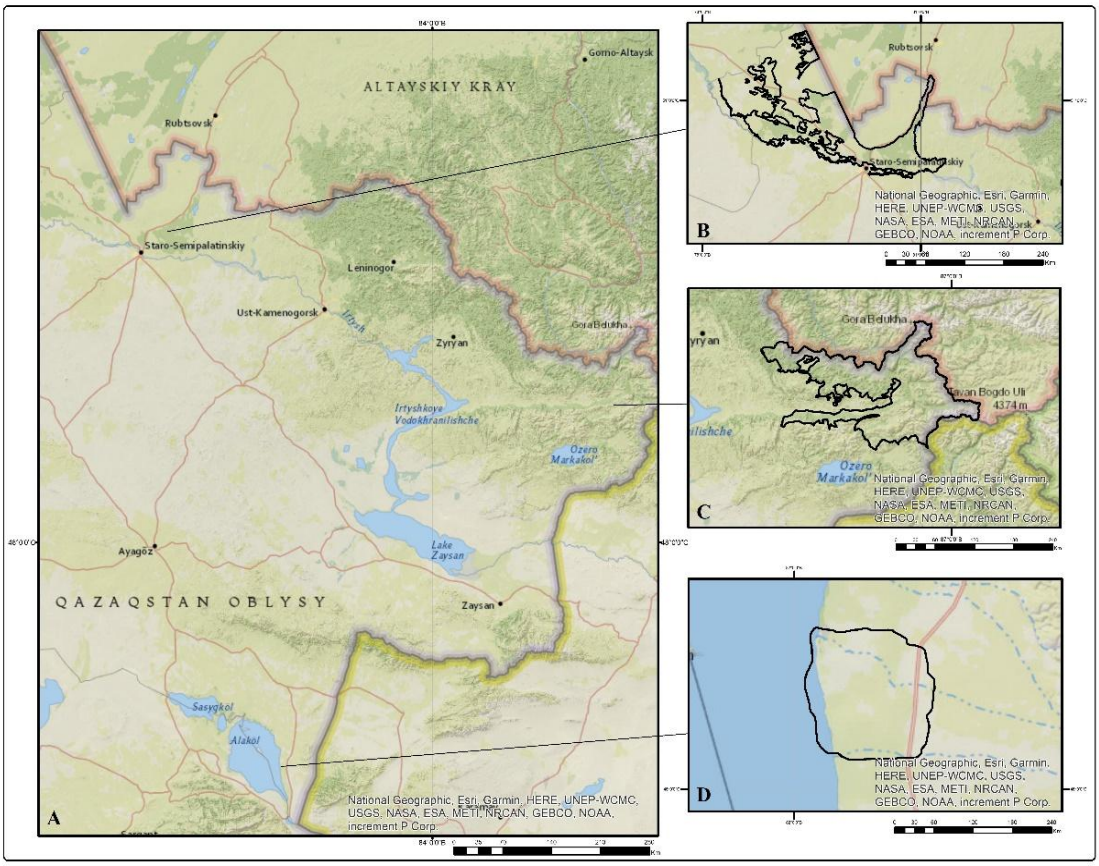


Figure 1. *Selected model recreational systems within East Kazakhstan (Source: Author, created in the program ArcGIS.10.4 using the "National Geographic World Map") A) East Kazakhstan; B) State Forest Nature Reserve "Semey-Ormany"; C) "Katon-Karagai State National Nature Park"; D) East coast of Lake Alakol.*

The main purpose of the formation of the "Semey Ormany" Reserve is to protect and carry out environmental measures to restore the ribbon forests of the Irtysh region, which perform irreplaceable protection functions and have important geoecological, scientific, environmental, and recreational significance. In this region, there are various types of vegetation: steppe, forest, desert, shrubs, and meadows. The protected area in the study area is 251 km^2.

The Katon-Karagay State National Nature Park is one of the largest national parks in Kazakhstan. Its primary mission is the preservation and restoration of the natural landscapes of Southern Altai, which hold significant conservation, scientific, and recreational value. The park's main objectives include: protecting the state natural reserve fund, biodiversity, and unique natural and historical-cultural complexes and sites of particular recreational, ecological, and scientific importance; studying natural processes in their undisturbed state and conducting ecological monitoring; purposeful and rational use of the park's territory to advance science, culture, and education; restoring degraded natural and historical-cultural sites based on recommendations from scientific organizations. The total area of the park is 6,435 km².

On the territory of the eastern coast of Lake Alakol, the following conditions contribute to the development of the tourist and recreational sphere: microclimatic conditions and the chemical composition of the water attract recreants to improve health, as well as to create a beach area; certain groups of recreants create an opportunity to develop water sports and recreation and ecological tourism on the lake shore; attractiveness for tourists due to the location of the region under study in the vicinity of a large transport highway, which is of international importance.

Residential – environmental conflict. In the modern world, the relationship between natural and man-made landscapes is a form of the increasing pressure of the anthropogenic factor on the natural system. Under the influence of recreational and economic transformations, nature protection

zones are experiencing significant changes. At the same time, the natural environment transformed under the influence of economic, industrial, and recreational needs is subject to a violation of the ecological balance, which results in an increase in air and water pollution, changes in climatic indicators, degradation of soil cover, destruction and change of vegetation species.

The residential–environmental conflict of nature management is a consequence of the antagonistic contradictions between the residential and environmental types of nature management. This type of conflict of nature management arises as a result of the construction of residential facilities in protected areas or the neighborhood of residential construction with environmental protection in the area's territorial aspect. Residential objects include anthropogenic impact in the form of a residential factor that negatively affects specially protected natural areas. It should be noted that long-term residential influence leads to a decrease in the quality of the state of the natural environment in the nature protection zone.

Conflicts of nature management in certain areas of the Katon-Karagai National Park and the "Semey Ormany" Forest Reserve were formed as a result of the simultaneous manifestation of residential and environmental antagonistic functions.

On the territory of the Katon-Karagai National Park, a multifunctional residential-environmental conflict forms the village of Arshaty (Katon-Karagai district), located in the central part of the nature protection zone, with an area of 0, 91 km^2. The main type of nature use of the village of Arshaty with a population of more than a thousand people is agriculture and animal husbandry (Figure 2).

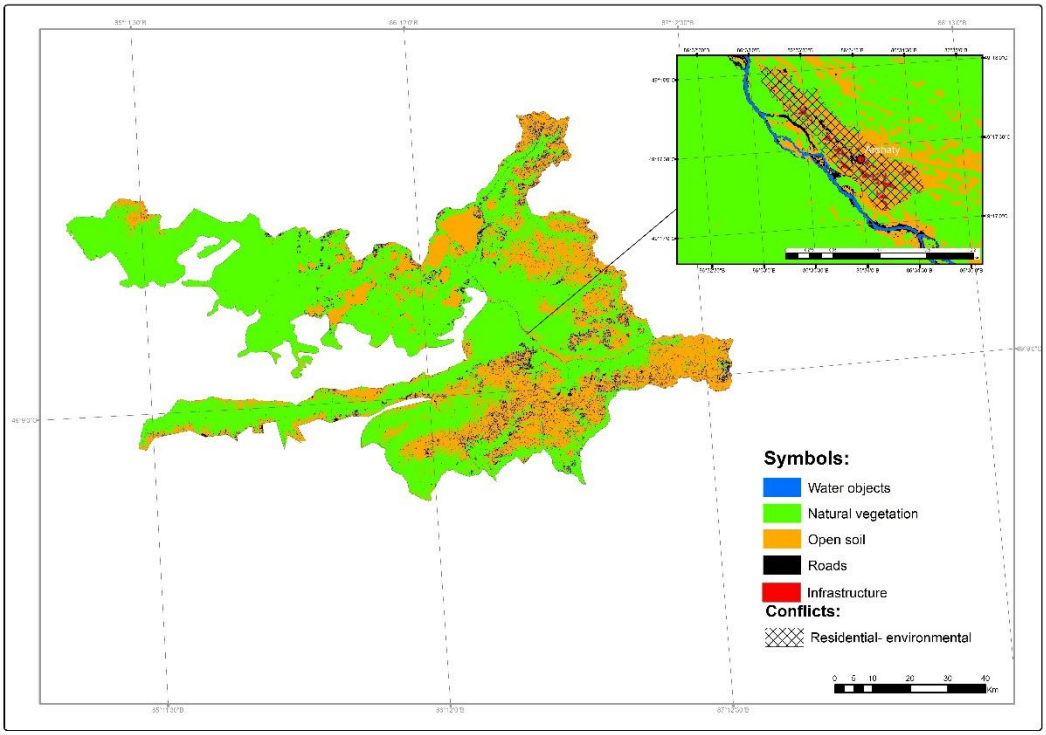


Figure 2. *Map of conflicts of nature management "Katon-Karagai State National Natural Park" (Source: Author, created in the program ArcGIS.10.4)*

Residential – environmental conflict a type of conflict, as in the Katon-Karagai National Park, was formed in the forest reserve of the “Semey Ormany” between the residential function, which is represented by the village of Gunboat, and environmental protection. The village of Kanonerka with an area of 2, 169 km^2 in the Beskaragai district of the East Kazakhstan region. The main type of nature use of the village of Kanonerka with a population of 1892 people is agriculture and animal husbandry.

Further expansion of residential nature management on the territory of specially protected areas will lead to a noticeable violation of the ecological condition of sites subject to a multifunctional conflict of nature management. In particular, this is related to the development of

settlements, residential and industrial facilities in areas of specially protected natural zones, or the placement of residential structures near (less than 1 km from) protected natural areas.

The residential factor hurts nature conservation areas. Long-term anthropogenic impact, in this case residential, leads to a gradual deterioration of the state of the natural environment of the nature protection zone.

Recreational – transport. A conflict zone has emerged between recreational and transportation types of natural resource use in the recreational area of the village of Kabanbay, located on the eastern shore of lake Alakol. This type of conflict of nature management combines the clash of antagonistic recreational and transport functions.

As already noted, one of the indicators of the attractiveness of the eastern shore of Lake Alakol is its proximity to a major transport highway of international importance. It should be noted that the radius of the zone of influence for objects of the transport function is, in our case, a distance of one-kilometer-long, which is characteristic of the zone of the maximum negative influence of the transport and industrial enterprises by the current sanitary and hygienic standards of environmental safety of the Republic of Kazakhstan.

In the zones of mass organized and unorganized recreation of the recreational zone of the Kabanbai village, this type of conflict of nature management is acutely felt. The uncontrolled development of organized and unorganized recreation of tourists and recreants in the studied region leads to a violation of the ecological balance of the natural system. And not everywhere, but only around recreational centers, such as recreation centers, health centers, sanatoriums, suburban areas, as well as along highways. Especially the increase in recreational impact is noted in the areas of Kabanbai village most visited by recreants and tourists, such as the recreation area "Orange", the family recreation center "Alakol East Kazakhstan region", "Inzhu Alkol", the family recreation center "Dawn", etc. The low level of the landscaping of these territories, the absence of a road and path network in some areas of the studied territory, and the location of recreation areas in remote areas significantly limit the free movement of recreants and residents over long distances. Transformation, burning, and trampling of vegetation cover, compaction of soil cover, unauthorized felling of trees, and contamination of the territory with solid household waste occur in such territories (Figure 3).

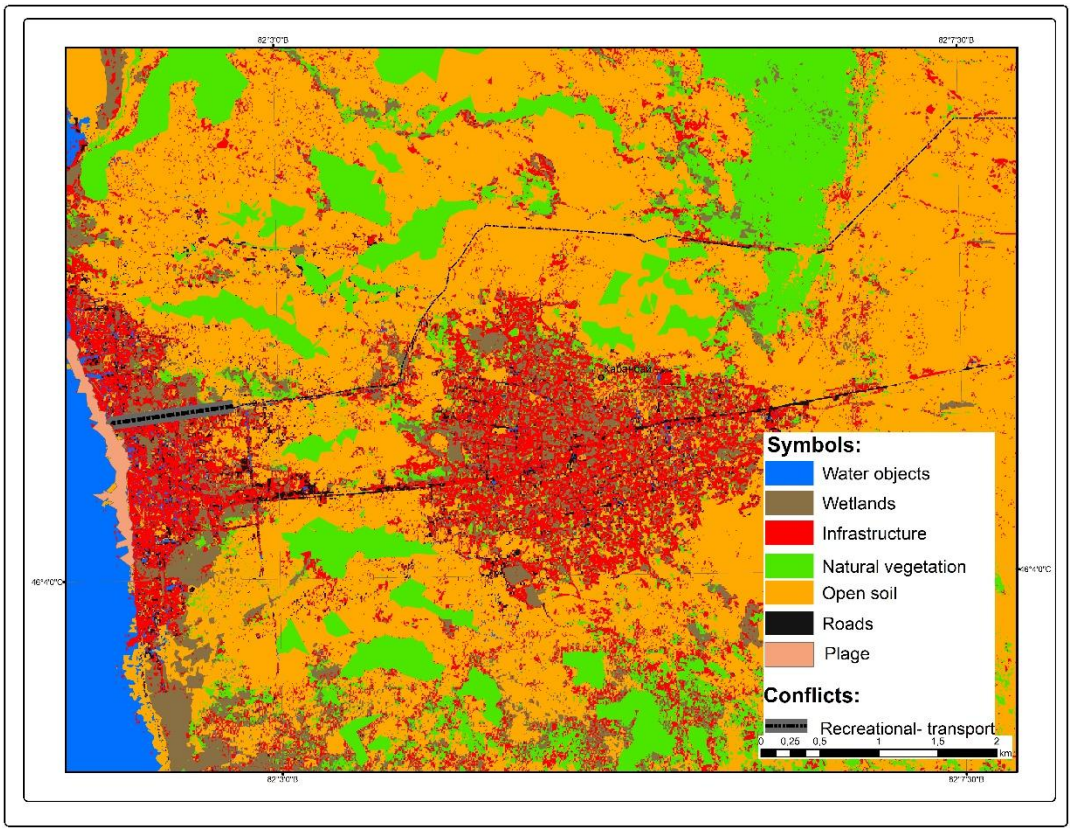


Figure 3. *Map of environmental management conflicts on the eastern shore of Lake Alakol (Source: Author, created in the program ArcGIS.10.4)*

The objects of transport infrastructure harm the state of the coast of Lake Alakol, creating a transport load. The result of the transport impact on recreational areas is the development of road digression of soils (destruction, compaction of soils, etc.), which leads to the development of processes of water and wind erosion of the soil cover and vegetation transformation. Road transport along the busy main line pollutes the air and soil with lead and other chemical compounds.

Environmental – transport. Conflicts of nature management have formed on the territory of the "Semey Ormany" Forest Reserve in the form of an antagonistic form of relations between environmental and transport nature management. Transport facilities, as noted above, exhibit a negative anthropogenic impact, being located within a radius of less than 1 km to nature-protected areas, according to sanitary and epidemiological requirements for sanitary protection zones of objects of the Republic of Kazakhstan (Figure 4).

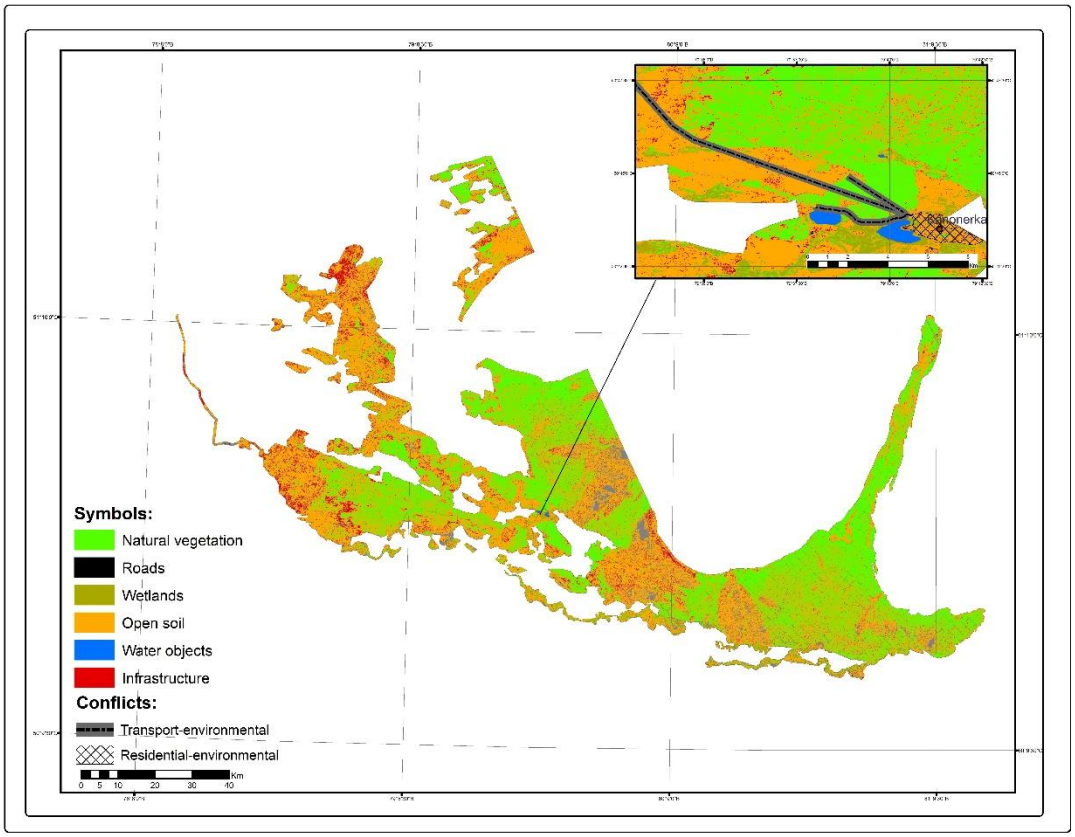


Figure 4. *Map of conflicts of nature use of the state forest nature Reserve "Semey-Ormany" (Source: Author, created in the program ArcGIS.10.4)*

In this territory, any economic, industrial, and recreational activities are prohibited, except environmental and scientific activities. The territory of the protected regime is represented by the least ecologically disturbed part of the studied region with a protected conservation regime, the purpose of which is to preserve landscape and biological diversity. The buffer zone is 284 km^2. A buffer zone is formed around the protected regime, which has a custom-made protection regime. This zone is aimed at reducing the impact of the recreational and economic functions of nature management in the protected area.

There is also a zone for the restoration of disturbed natural systems and a zone of sustainable development in the study area. The zone of restoration of disturbed natural systems is represented by heavily destroyed areas with reduced natural restorative properties and is intended for the implementation of measures to restore landscape and biological diversity, as well as the restoration of their economic significance.

The Sustainable Development Zone does not have a special nature conservation regime. However, all types of economic activities are prohibited in this territory, as a result of which adverse changes in the natural environment may occur in the zone of the protected regime and the buffer zone of the "Semey Ormany" Reserve [15].

In the studied region, the area of the conflict of nature management has developed in the north-western part of the territory, where the highway of the international transport corridor "Omsk-Pavlodar-Semey-Maykapchagai" passes. The development of transport routes in the studied region gradually leads to the degradation and destruction of the upper horizon of the soil cover and a decrease in the productive properties of meadows and pastures. The transport factor often causes dust and pollution of vegetation with chemical elements. Road embankments, in turn, often become the causes of waterlogging of areas of a certain territory. As a result of the transport impact in the studied region, partial destruction of herbaceous vegetation cover is observed in places areas located near (less than 1 km) with transport routes.

The result of road digression is the developing processes of water and wind erosion of soils and the modification of vegetation, in the direction of increasing the area of weeds. Grader and asphalt roads are often the causes of increased road digression with a significant deterioration of the natural environment in the studied region.

Thus, the impact of the transportation factor on conservation areas leads to the deterioration of the geoecological condition of the environmental components in the natural resource use conflict zone. This is manifested in the gradual degradation of vegetation and soil cover (destruction and transformation of certain plant species due to the "concentration" of roadways and the destruction of the topsoil), as well as the pollution of natural components in general.

4. CONCLUSION

1. Theoretical and methodological approaches and methods of identifying and analyzing conflicts of recreational nature management are investigated and analyzed.

2. Collection of data on model recreational systems with the compilation of cartographic material of research objects based on satellite images.

3. Compilation of maps-hypotheses of nature management of selected recreational systems based on satellite images. Based on Sentinel-2 satellite images and field research data, the mapping of conflicts of recreational nature management of selected model recreational systems within Eastern Kazakhstan was carried out. The following classes are allocated: water bodies, natural vegetation, open soil, roads, infrastructure, wetlands, beaches.

4. The identified natural resource use conflicts are driven, on one side, by the high conservation and recreational value of the natural landscapes, and on the other, by the increasing anthropogenic activity, particularly in the transportation and recreation sectors. Two types of conflicts were identified within the "Semey ormany" reserve.

A) Residential – environmental conflict: Katon-Karagai State National Nature Park, "Semey Ormany" State Forest Nature Reserve;

B) Recreational – transport: the coast of Lake Alakol;

C) Nature protection and transport: State Forest Nature Reserve "Semey Ormany".

The main modifications associated with modern conflicts of recreational nature management are analyzed.

5. The analysis of the obtained data and the search for optimal solutions to resolve the identified conflicts. Determination of the most effective land-use options, considering various types of activities and identifying areas that require changes in the nature of their utilization. The results of the study can be used to improve functional zoning, develop plans for conservation measures, and organize geoecological monitoring of recreational systems.

DATA AVAILABILITY

Sentinel-2 satellite imagery, data obtained through territory survey methods and image processing, information from the Google Earth geoportal, as well as field research materials with GPS referencing conducted in the summer of 2022.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Conceptualization – ZhO, ZM; resources- AZ; formal analysis – SS; methodology - ZhO, ZM; software - MU.; supervision - ZM; visualization - MU; writing—original draft preparation – AZ, ZhO; writing—review and editing -SS, MU.

FUNDING

This study was conducted within the framework of grant funding for young scientists on scientific and (or) scientific and technical projects for 2022...2024 by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (IRN № AP13068020).

REFERENCES

1. Shuvaev N. S., Kolchin E. A., Barmin A. N. (2011). Experience of mapping conflicts of nature management on the example of the Astrakhan region. Arid Ecosystems, 4, pp. 115–124.
2. Kim I., Arnhold,S. (2018). Mapping environmental land use conflict potentials and ecosystem services in agricultural watersheds. Science of the Total Environment, Vol. 630, pp. 827–838.
3. Walker G. B., Daniels S. E. (2019). Collaboration in Environmental Conflict Management and Decision-Making: Comparing Best Practices With Insights From Collaborative Learning Work. Frontiers in Communication, Vol. 4, No. 2, pp. 1–12. https://doi.org/10.3389/fcomm.2019.00002
4. JingW. L., Yu K. H., Wu L., Luo P. P. (2021). Potential land use conflict identification based on improved multi-objective suitability evaluation. *Remote Sensing,Remote Sensing, Vol. 13, 2416. https://doi.org/10.3390/rs13122416
5. Henriquez C., Morales M., Quense J., Hidalgo R (2020). Future land use conflicts: Comparing spatial scenarios for urban-regional planning. Environment and planning. B, urban analytics and city science, No. 50, pp. 332–349.
6. Bao M., Shaoyao Z., Wei D., Li P., Peng Z., Hao Z. (2023). Identification and analysis of territorial spatial utilization conflicts in Yibin based on a multidimensional perspective. Land, Vol. 12, No.5, 1008. https://doi.org/10.3390/land12051008
7. Atantayeva B., Zhanbossinova A., Abdyrakhmanov T., Kulshanova A., Akhmetova R., Abenova G. (2024). Issues of ecosystem conservation and safety (using the example of the “Semey Ormany” of the Republic of Kazakhstan). E3S Web of Conferences, 524, 02015. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452402015
8. Khoroshev A. (2020). Landscape-ecological approach to spatial planning as a tool to minimize socio-ecological conflicts: Case study of agrolandscape in the Taiga Zone of Russia. Land, 9, 192. https://doi.org/10.3390/land9060192
9. Tekletsadik S., Degefa S., Kebede F. (2023). Natural resource use conflict and its management in Babile Elephant Sanctuary, Eastern Ethiopia. Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences, Vol. 11, No.1, pp. 1–9.
10. Novoselov A., Potravnii I., Novoselova I., Gassiy V. (2016). Conflicts management in natural resources use and environment protection on the regional level. Journal of Environmental Management & Tourism, 7(3[15]), pp. 407–415.
11. Hersperger A., Ioja C., Hossu C. A., Steiner F. (2015). Comprehensive consideration of conflicts in the land-use planning process: A conceptual contribution. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 10(4), pp. 5–13.
12. Chlachula J., Zhensikbayeva N. Z., Yegorina A. V., Kabdrakhmanova N. K., Czerniawska J., Kumarbekuly S. (2021). Territorial Assessment of the East Kazakhstan Geo/Ecotourism: Sustainable Travel Prospects in the Southern Altai Area. Geosciences, 11(4), 156. https://doi.org/10.3390/geosciences11040156
13. Isachenko N. E., Kosarev A. V. Tourist and recreational resource studies (Textbook for secondary vocational education). Yurayt Publishing House. Moscow, 2023. – 115 p.
14. Chukanova O. A. Functional zoning of the Black Sea coast of Russia for rational nature management: abstract of dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences. – Moscow, 2024. – 247 p.
15. Chernetsky V. E. (2008). Specially protected natural territories of East Kazakhstan. Environmental Education in Kazakhstan, 4, pp. 17–22.

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ТАБИҒАТ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ҚАҚТЫҒЫСТАРЫНЫҢ КЕҢІСТІКТІК ҚҰРЫЛЫМЫ

Жандос Т. Мукаев[1] PhD, Жанар О. Озгелдинова*[2] PhD, Алтын А. Жангужина[2] PhD, Салтанат Р. Садвакасова[2] г.ғ.к., Меруерт М. Улыкпанова[3]

[1] Шәкәрім Университеті, Семей, Қазақстан; zhandos.mukaev@mail.ru (ZhM)
[2] Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; ozgeldinova@mail.ru (ZhO), altyn8828@mail.ru (AZh), saltik81@mail.ru (SS)
[3] Әлихан Бөкейхан университеті, Семей, Қазақстан; ulykpanova@mail.ru (MU)
Автор корреспондент: Жанар О. Озгелдинова, ozgeldinova@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

рекреация
туризм
табиғат пайдаланудағы қақтығыс
ГАЖ
қашықтықтан зондтау

Мақала жайында:
Жіберілді: 07.10.2024
Қайта қаралды: 28.02.2025
Қабылданды: 17.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Шығыс Қазақстандағы таңдап алынған модельдік рекреациялық жүйелерде рекреациялық табиғат пайдаланудың қақтығыстарын картографиялау жүргізілді. Ең өткір қақтығыстар Алакөл жағалауында, Катонқарағай ұлттық паркінде және Семей орманында қалыптасқаны анықталды. Табиғат пайдаланудағы анықталған қақтығыстар бір жағынан табиғи ландшафттардың жоғары экологиялық және рекреациялық құндылығымен, екінші жағынан экономикалық белсенділіктің, әсіресе көлік пен демалыс саласының артуымен байланысты. Жүргізілген жұмыстың нәтижелері функционалдық аймақтарды жетілдіруде, қоршаған ортаны қорғау шараларын жоспарлауда, рекреациялық жүйелердің геоэкологиялық мониторингін ұйымдастыруда қолданылуы мүмкін.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА КОНФЛИКТОВ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Жандос Т. Мукаев[1] PhD, Жанар О. Озгелдинова*[2] PhD, Алтын А. Жангужина[2] PhD, Салтанат Р. Садвакасова[2] к.г.н., Меруерт М. Улыкпанова[3]

[1] Университета Шакарима, Семей, Казахстан; zhandos.mukaev@mail.ru (ZhM)
[2] Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан; ozgeldinova@mail.ru (ZhO), altyn8828@mail.ru (AZh), saltik81@mail.ru (SS)
[3] Университет им. Алихана Бокейханова, Семей, Казахстан; ulykpanova@mail.ru (MU)
Автор корреспондент: Жанар О. Озгелдинова, ozgeldinova@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

рекреация
туризм
конфликт природопользования
ГИС
дистанционное зондирование

По статье:
Получено: 07.10.2024
Пересмотрено: 28.02.2025
Принято: 17.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

ABSTRACT

Проведено картографирование конфликтов рекреационного природопользования выбранных модельных рекреационных систем в пределах Восточного Казахстана. Установлено, что наиболее острый конфликт сложился на побережье озера Алаколь, Катон-Карагайского национального природного парка и Семей Орманы. Выявленные конфликты природопользования обусловлены с одной стороны, высокой природоохранной и рекреационной ценностью естественных ландшафтов, с другой – возрастающей хозяйственной деятельностью, особенно транспортной и рекреационной. Результаты выполненной работы могут быть применены для совершенствования функционального зонирования, планирования природоохранных мероприятий, организации геоэкологического мониторинга рекреационных систем.

Publisher's Note: Statements, opinions, and data in all publications are those of the author(s) alone and not those of the Journal of Hydrometeorology and Ecology and/or the editor(s).

Гидрометеорология и экология

Scientific article

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE LANDSCAPE DYNAMICS OF TURKESTAN REGION: SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS

Dana Akhmetova[1*], Zhanar Ozgeldinova[1] PhD, Nurgul Ramazanova [1] PhD, Aigul Yeginbayeva[1] PhD, Rabiga Kenzhebay[2] candidate of pedagogical sciences

[1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; akhmetovadanaaa@mail.ru (DA), ozgeldinova@mail.ru (ZhO), nurgulram@gmail.com (NR), aeginbaeva@mail.ru (AYe)
[2]Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan; mega.rabiga@list.ru (RK)
Corresponding author: Dana Akhmetova, akhmetovadanaaa@mail.ru

KEY WORDS

climate change
spatiotemporal analysis
palynological analysis
plant communities
climate adaptation
paleoclimatic research
stratigraphic data
historical transformation of vegetation
Turkestan region

ABSTRACT

This study focuses on analyzing the long-term development of landscapes in the Turkestan region and the impact of climate change on regional landscapes. Through palynological and stratigraphic analyses, the influence of climatic fluctuations on plant communities and landscape structure from the Oligocene to the Holocene was identified. The research revealed that the vegetation cover in the Turkestan region has developed adaptation mechanisms to cope with climatic changes. It was determined that the current landscapes of the Turkestan region were shaped as a result of historical climatic instabilities, forming the foundation for the resilience of the region's vegetation. The findings enhance our understanding of the evolution of regional landscapes and provide insights into developing strategies for sustainable adaptation to climate change. It has been established that the present-day landscapes of the Turkestan region formed as a result of adaptation to historical climatic changes. These findings are essential for devising strategies for preserving regional vegetation cover and ensuring sustainable adaptation to climate change. The results obtained deepen our understanding of the landscape evolution and resilience mechanisms in the Turkestan region, providing a basis for assessing the region's future ecological stability.

About article:
Received: 10.11.2024
Revised: 21.03.2025
Accepted: 28.03.2025
Published: 31.03.2025

For citation :
Akhmetova D., Ozgeldinova Zh., Ramazanova N., Yeginbayeva A, Kenzhebay R. The impact of climate change on the landscape dynamics of Turkestan region // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 100-115.

1. INTRODUCTION

In the present era, global climate change has emerged as one of the foremost ecological threats, adversely affecting the stability of natural environments and the preservation of biodiversity. The persistent rise in temperatures, shifts in the geographical distribution of atmospheric precipitation, and intensifying water scarcity are particularly evident in arid and semi-arid regions. These ecosystems exhibit heightened sensitivity to climatic fluctuations due to their dependency on water resources and the reduced ecological stability of natural systems, which is further exacerbated under anthropogenic pressure. In this context, the desert and semi-desert landscapes of the Turkestan region are of particular significance for research, as they serve as a clear example of the impact of climate change [1].

The landscapes of the Turkestan region are complex systems that have evolved over millennia through adaptation to climatic changes. Studying these landscapes is significant not only for reconstructing historical geoecological conditions but also for predicting how current ecosystems might respond to changing climatic factors [2]. Paleoclimatic and paleobotanical research serve as essential tools for understanding the dynamics of landscape formation and assessing the impact of past climatic conditions. In particular, historical records of plant communities act as reliable indicators capable of accurately reflecting long-term climatic changes [3].

The significance of this study lies in its ability to reconstruct the landscape structure of the Turkestan region by analyzing paleobotanical remains to investigate changes in vegetation cover during past geological epochs [4]. These studies aim to evaluate the landscape evolution of the region within the context of climatic fluctuations and to predict potential scenarios of future ecological changes. Establishing a scientific basis for ensuring the stability of natural systems in the desert and semi-desert areas of the Turkestan region represents the core scientific and practical relevance of this research [5].

The primary objective of this study is to scientifically substantiate the leading role of climatic factors in the formation and long-term evolution of landscapes in the Turkestan region.

To achieve this goal, the following scientific and methodological tasks were defined:

Conduct an in-depth analysis of the paleoclimatic conditions that influenced the formation of landscapes in the Turkestan region;

Determine the historical transformation of plant communities and their interrelation with climatic factors;

Perform a comprehensive analysis of the evolutionary changes in landscapes based on stratigraphic and paleobotanical data.

The chosen research object is the landscapes of the Turkestan region (Figure 1), as this area directly experiences the impact of climatic changes and serves as a critical zone for assessing geosystem stability.

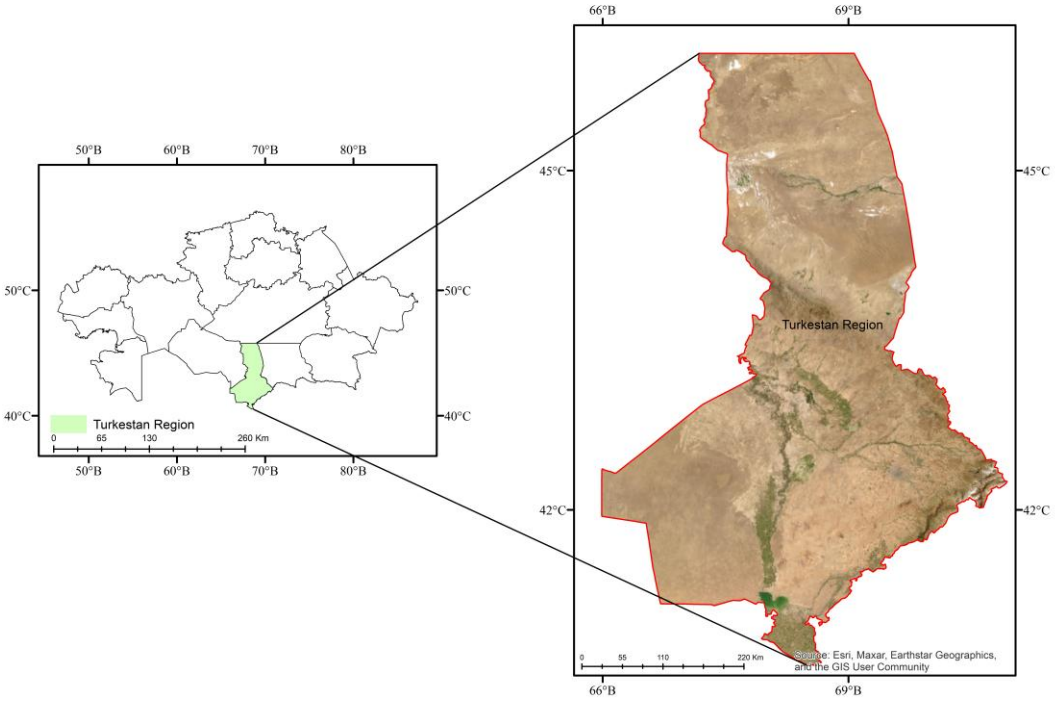


Figure 1. *Map of the Study Area*

The research focus is on the patterns and mechanisms by which climatic factors influence the composition, structure, and spatial distribution of vegetation in the Turkestan region. The selection of this area as the research subject is justified by the high sensitivity of its ecosystems to climatic fluctuations and the critical role of vegetation cover in determining the stability of regional ecosystems.

The results of the study demonstrated that climatic factors played a decisive role in the formation and long-term evolution of landscapes in the Turkestan region. A comprehensive analysis of paleobotanical and stratigraphic data revealed that changes in plant communities were closely linked to climatic fluctuations during past geological periods. Based on this data, the paleoclimatic dynamics of the region were reconstructed, allowing for an assessment of the long-term impacts of climate on regional landscapes.

The obtained data illustrate how the landscapes of the present-day Turkestan region have adapted to climatic fluctuations and highlight that these adaptation mechanisms are closely tied to long-term evolutionary processes. Within the scope of the study, the analysis of the historical evolutionary changes in the landscapes of the Turkestan region provided deeper insights into the impact of climate on regional ecosystems.

Overall, this research was aimed at scientifically evaluating the long-term effects of climatic factors on regional landscapes. The findings significantly contribute to understanding the historical changes in the landscapes of the Turkestan region and the patterns of their adaptation to climatic factors.

2. MATERIALS AND METHODS

The Turkestan region was selected as the study area due to its diverse landscape complexes formed under continental climatic conditions. The natural features of the region include various geomorphological structures such as plains, river valleys, and foothills. The climate in this area is characterized by aridity, with long, hot summers and mild winters, which directly influence the dynamics of its landscapes. The plant communities of the Turkestan region exhibit high sensitivity to climatic changes, providing a favorable context for studying their ecological adaptation mechanisms. The geographical and climatic characteristics of the area hold significant scientific value for exploring the long-term landscape evolution through paleoclimatic analysis.

Palynological analysis was utilized as the primary source of data for this study, as it enables a deeper understanding of the historical evolution of landscapes and the climatic changes in the region. During the research, pollen samples were collected from various ecosystems across the Turkestan region. These samples were used to examine the changes in plant communities and their adaptation to climatic factors [6].

Methods of Palynological Analysis: The palynological data employed in this study were sourced from previously published scientific works [7]. These data sets included processed pollen samples that were prepared for analysis, ensuring that the results obtained in this research were directly based on information validated by the scientific community. During the palynological studies, pollen grains were identified using microscopy to determine their species composition and quantitative proportions. This method enabled the reconstruction of climatic conditions and the distribution of vegetation in ancient geological periods, providing critical data for understanding the historical evolution of landscapes in the Turkestan region [8].

Statistical Modeling Based on Probability Theory: To evaluate the adaptation of plant communities in the Turkestan region to climatic factors (temperature and precipitation), a statistical model grounded in probability theory was applied [9]. A normal distribution function was employed to describe the survival probability of plants, modeling how variations in climatic parameters influence the survival rates of different plant species (Equation 1).

The model's formula is as follows:

$$P(T,R) = \exp\left(-\frac{(T-T_{opt})^2}{2\sigma_T^2} - \frac{(R-R_{opt})^2}{2\sigma_R^2}\right) \quad (1)$$

Description of variables:

P(T,R) — probability of plant survival under given temperature (T) and precipitation (R) conditions;

T — actual temperature;

R — actual precipitation amount;

T_{opt} and $\boldsymbol{R_{opt}}$Ropt — optimal temperature and precipitation levels for the plant species;

$\boldsymbol{\sigma_T}$ және $\boldsymbol{\sigma_R}$ — mean deviations of temperature and precipitation.

Data Processing and Analysis Methods: The data collected in the study were processed and incorporated into the model. The effects of temperature and precipitation levels on the survival probabilities of plant species were quantitatively evaluated. The results obtained provided insights into the paleoclimatic evolution of the landscapes in the Turkestan region and the adaptation of current ecosystems to climatic changes.

Interpretation of Results: The model-derived data were analyzed to draw conclusions on how climate changes influence the structure of plant communities. The results established a scientific basis for predicting the long-term effects of climatic fluctuations on regional landscapes and for understanding mechanisms of ecological adaptation.

This study provided an understanding of how plant communities in the Turkestan region adapt to climate change and helped identify the long-term stability of ecosystems. By integrating palynological and statistical methods, it was possible to reconstruct the ecological history of the region and forecast the potential impacts of future climate changes.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The study results revealed that climate changes during the Oligocene significantly impacted the vegetation cover in the Turkestan region. Drawing on data from various scholars [11], palynological research conducted in the Bosaga area of the Tamdytau region demonstrated that the climate during the Oligocene was characterized as dry and continental.

During this period, the uplift of the Himalayas, Tibet, and Tien Shan mountains, along with the recession of the Tethys Sea, restricted the spread of moisture-bearing air masses into the region, leading to a more continental and arid climate [12]. The annual precipitation was approximately 200…300 mm, decreasing to below 200 mm towards the end of the period. The average annual temperature was around 16,5°C, forcing the vegetation cover to adapt to these changes.

The probability of survival for various plant species was calculated using a probabilistic model during the study. The results enabled a quantitative assessment of the adaptability of plant species to changing climatic factors.

Juglans sp.: This species requires a temperate and humid climate. However, due to low precipitation levels during the Oligocene, its survival probability decreased to 0,37 %. These data indicate that walnut had a limited distribution in dry climates.

Quercus sp.: Oaks exhibited high drought tolerance, with a survival probability of 12,94 %, indicating their adaptability to the arid climate of the Turkestan region.

Betula sp.: The survival probability for birch was 7,19 %, suggesting that although birches were present in dry climatic conditions, they were limited to specific areas.

Palmae sp.: Being dependent on tropical and subtropical climates, palms had a survival probability of only 0,02 %. This indicates that palms were rare in the region during the Oligocene, surviving only in microclimatic niches.

Pinaceae: Pines were identified as species well-adapted to cold and dry climates, with a survival probability of 21,38 %. This reflects their ability to withstand seasonal droughts, allowing them to become widespread in the region.

According to data by I.S. Suleimanov (1967), the spore-pollen spectra collected from the Bosaga area revealed the composition of vegetation during the Oligocene period. The high proportion of angiosperm pollen (60…71 %) indicates their dominance during this time. Gymnosperms (9…24,5 %) and spores (0.5…6 %) accounted for lower shares. These findings highlight the degree of plant cover adaptation to the prevailing climate. The study results indicate that during the Oligocene, the climate of the Turkestan region was significantly drier and more continental than it is today. Low precipitation levels and high temperatures had a substantial impact on the structure of the vegetation cover. Drought-resistant species such as pines and oaks became widespread, while moisture-loving species like walnuts and palms were confined to limited microclimatic areas.

The climatic changes during the Oligocene had a profound effect on the landscapes of the Turkestan region. The reduction in precipitation and increase in temperatures contributed to the development of an arid climate, favoring the spread of only drought-adapted plant species. The uplift of mountain ranges and the recession of the Tethys Sea restricted the influx of moisture-bearing air masses, which further intensified the continental climate. These changes reshaped the vegetation structure, leading to the dominance of drought-tolerant species in the region's landscapes.

The assessment of climatic conditions in the Turkestan region during the Oligocene and their impact on vegetation using paleoclimatic and probabilistic modeling methods has provided deeper

insights into the region's ecological history. Palynological data demonstrated how plant communities adapted to climatic changes. Literature sources and study findings confirm the increase in continentality of the climate due to the recession of the Tethys Sea and the uplift of mountain ranges [12].

Overall, this research has laid the foundation for a scientific re-evaluation of the historical development of landscapes in the Turkestan region and the climatic adaptation of its vegetation cover.

During the Early to Middle Miocene, the climatic conditions in the Turkestan region underwent significant changes, which also impacted the vegetation cover. The climate at that time was hotter and drier than it is today. The average annual temperature was estimated to be around +5°C, with annual precipitation levels at approximately 400 mm [13]. These climatic conditions significantly limited the survival of various plant species. The dominance of semi-desert and desert landscapes, along with the spread of drought-tolerant plants, led to the development of an ecosystem that was well-adapted to harsh, arid conditions.

The study results have revealed the adaptation mechanisms of plants in response to climatic changes. Drought-resistant species such as the Chenopodiaceae, as well as Labiatae and Geraniaceae common in semi-arid landscapes, demonstrated resilience to climatic fluctuations. The survival probability of the Chenopodiaceae was 1,81 %, indicating its limited distribution in cold and dry climates. Labiatae had a survival probability of 2,07 %, suggesting their presence only in regions closer to temperate climates.

The survival probabilities of temperate-climate-preferring trees, such as Juglans and Quercus, were notably low. The walnut's survival probability was merely 0,01%, while that of the oak was 1,83 %. This indicates their minimal distribution or confinement to small areas during the cold and arid Miocene climate.

The cold and dry climate of the Miocene exerted substantial ecological pressure on the vegetation cover in the Turkestan region. The distribution of forest plants was significantly restricted, while drought-resistant species became dominant. The predominance of semi-desert and desert plants during this period reflects the development of ecosystems adapted to the region's harsh climatic conditions.

The cold and dry climate of the Miocene had a profound impact on the landscapes of the Turkestan region. Decreasing precipitation and lower temperatures led to the expansion of semi-desert and desert ecosystems. Drought-resistant species dominated, while the distribution of temperate-climate trees became limited. During this period, forested landscapes were replaced by semi-desert and arid landscapes. Climate change significantly altered the structure of the region’s ecosystems, favoring the survival of only drought-adapted species.

The cold and dry climatic conditions of the Miocene period significantly altered the structure of the vegetation cover in the Turkestan region. Drought-tolerant plants, particularly species such as Chenopodiaceae, Labiatae, and Geraniaceae, became dominant, while temperate-climate trees like Juglans and Quercus survived only in limited areas. These climatic changes provide insights into the ecological adaptation mechanisms of plants and the historical development of regional landscapes.

By the end of the Pliocene, climatic conditions in the Turkestan region underwent significant changes. The southward shift of the subtropical zone, along with a cooling trend, led to the establishment of a cold and dry climate in the region. The average annual temperature dropped to about 2…3°C, with precipitation levels around 300 mm [13]. These climatic shifts had a substantial impact on the vegetation cover, as the cold and arid conditions imposed limitations on plant adaptation during this period.

The study results indicate that the cold and dry climatic conditions during the Pliocene had a significant impact on the distribution of plant species. Coniferous trees such as Alnus and Pinus were relatively well-adapted, with survival probabilities of 10,54 % for alder and 15,97 % for pine. This suggests that these trees were well-suited to cold and arid climates and played an important role in the region's ecosystems.

However, the cold and dry climate restricted the distribution of some plants. For instance, Betula had a survival probability of only 0,17 %, indicating that despite its drought tolerance, it

struggled to thrive in extremely cold conditions. Additionally, xerophytes like Chenopodiaceae and Artemisia were adapted to drought but were still limited by the cold climate. The survival probability for Chenopodiaceae was 0,86 %, and for Artemisia, it was 4,39 %.

The cooling climate of the Pliocene and the dominance of drought-resistant plants shaped the region's landscape structure. Drought-tolerant species such as Chenopodiaceae and Artemisia were widespread during this period, while temperate-climate-preferring species like Betula and Juglans had a much more restricted presence. Semi-desert and desert landscapes became dominant, with forested areas shrinking significantly.

The cold and arid climate of the Pliocene had a profound impact on the landscapes of the Turkestan region. The dominance of drought-tolerant species contributed to the expansion of semi-desert and desert landscapes. The distribution of forest plants was limited, with only temperate-adapted species persisting in small isolated areas. These climatic changes not only influenced the formation of desert landscapes but also shaped the structure of present-day ecosystems.

During the Pliocene period, the cooling climate in the Turkestan region significantly influenced the distribution of drought-adapted plants. Coniferous trees such as Pinus and Alnus demonstrated high adaptability, while drought-resistant species like Chenopodiaceae and Artemisia exhibited lower survival probabilities. This period was marked by the expansion of semi-desert landscapes and structural changes in the vegetation cover driven by climatic shifts.

In the mid-altitude zones of Central Asia, glacial periods intensified drought conditions, promoting the expansion of desert areas. The gradual enlargement of the Karakum and Kyzylkum deserts is evidenced by the increase in loess deposits. The frequent glacial-interglacial cycles during the Middle Pleistocene became a key factor driving overall aridification in Central Asia.

Climatic Changes During the Holocene: According to I. I. Borzenkova [14], during the warming phases of the Holocene, improved moisture conditions were observed in regions such as the Aral and Balkhash areas of Central Asia. In contrast, periods of global cooling led to increased aridification in the region. The study of Holocene climatic conditions in the Turkestan region revealed conflicting perspectives among researchers.

These studies provide deeper insights into how climatic changes influenced the development of the natural environment in the Turkestan region and highlight how human activities adapted to these changing conditions. The analysis of scientific research indicates that the climatic conditions of the Holocene underwent several phases: cooling, warming, increased moisture, and alternating cool-humid and warm-humid phases. Such fluctuating climatic conditions had a pronounced impact on relatively small areas like the Turkestan region.

During the pre-Holocene and its initial phases, a sharp increase in birch (Betula) pollen was observed in the spore-pollen spectra (SPS). This surge is associated with glaciation, abundant meltwater, and elevated soil moisture levels. Around 12,000 to 10,000 years ago, following the intensive degradation of glaciers, xerothermic conditions in the region were restored. Factors contributing to this included the absence of competition with other tree species and the substantial accumulation of morainic substrates enriched by glacial and meltwater.

According to K.S. Afanasyev [15], birch trees formed distinctive forest patches at elevations above 2700 meters near glaciers in the Aksu area. The spread of birch forests in the pre-Holocene period was driven not directly by climatic changes but by the abundant soil moisture resulting from glacier melt. Spruce (Picea) forests were located at higher elevations, primarily on north-facing slopes.

At the beginning of the Holocene, a decline in birch forests was observed. Xerophytic plants – such as Artemisia (wormwood), Chenopodium (goosefoot), and Ephedra – became dominant on southern slopes. Semi-deserts and dry steppes expanded across foothills and plains. In the high mountain zones, moist meadows and Kobresia grasslands were prevalent on north-facing slopes and in the lower sections of valleys.

The melting of glaciers in the Tien Shan Mountains was largely completed around 12,000 to 10,000 years ago, leading to the formation of the last morainic complexes. In the mountainous areas of southern Turkestan, glacier retreat coincided with the re-establishment of woodlands. Initially, these forests were dominated by birch and moisture-loving herbaceous plants. Spore-pollen data

from the Kainar Bog indicate that birch pollen made up to 30 % of the samples during this period, reflecting abundant moisture in the region (see Figure 2).

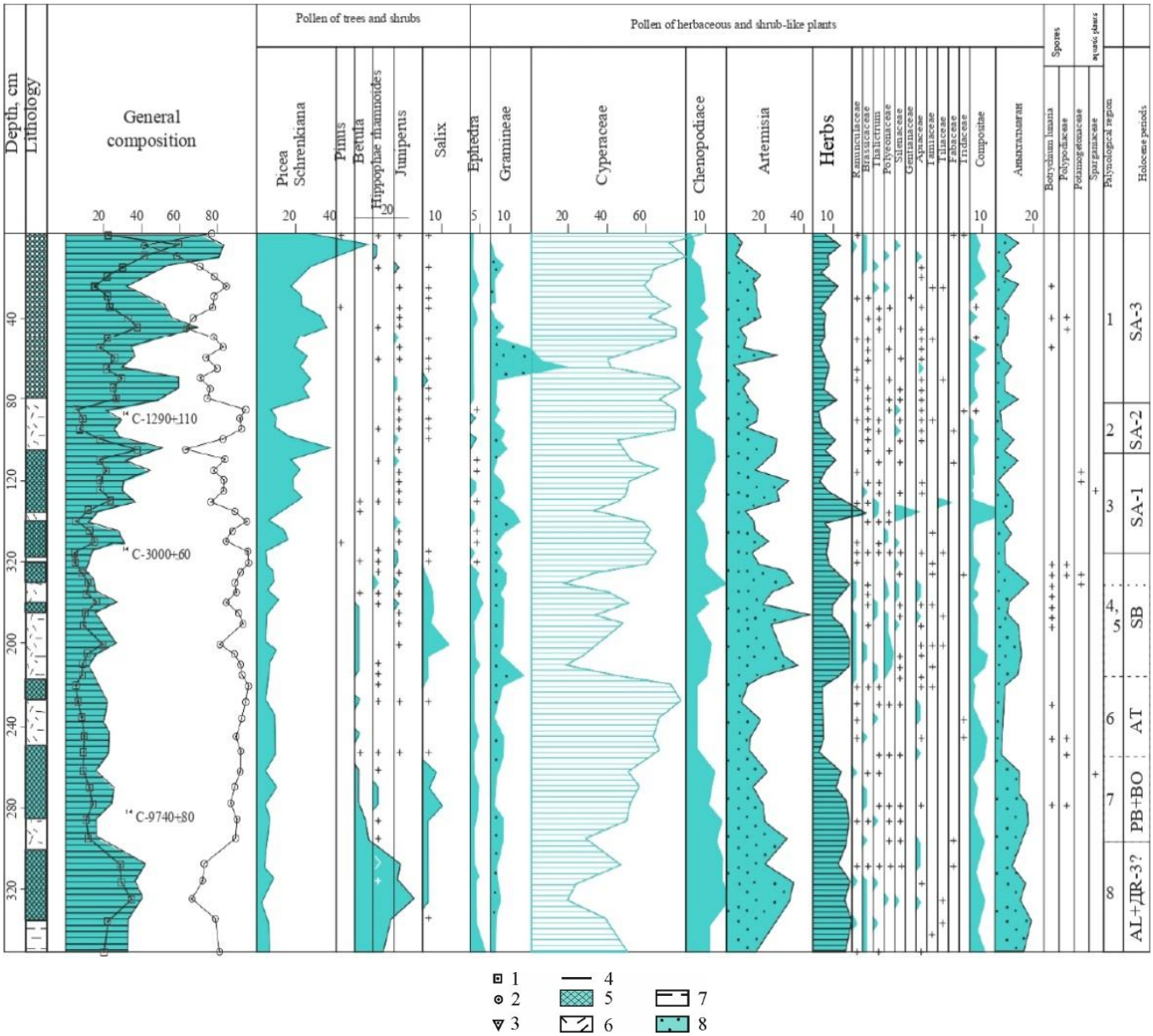


Figure 2. *Spore-pollen diagram of the Kainar Bog [16] (Northern slope of the Terskey Alatau Range, at an altitude of 2350 m above sea level)*

Legend: 1 – pollen of trees and shrub-like plants, 2 – pollen of herbaceous plants and subshrubs, 3 – spores, 4 – pollen of sedges (excluding tree pollen), 5 – peat, 6 – clays with plant remains, 7 – clays, 8 – sand and gravel

In the Middle Holocene (approximately 7,500 to 5,000 years ago), the climate became drier, leading to an increase in the xerophytization of vegetation (see Figure 3). Research conducted in the Aylama Bog indicates an increase in the prevalence of Ephedra (joint-pine), Artemisia (wormwood), and grasses. During this period, drought-resistant plants became dominant. In the foothills of the Turkestan region, Ephedra, Artemisia, and grasses also spread widely. In the lower zones, semi-desert and dry steppe landscapes became established.The current semi-deserts and steppes are considered a continuation of the climatic and vegetation patterns from this period. The widespread distribution of birch forests in the foothills of the Turkestan region during the Early Holocene suggests the occurrence of short-term humid phases. These conditions play a crucial role in understanding the climatic characteristics of the region, as the close relationship between plant communities and climate during the Early Holocene highlights their interdependence.

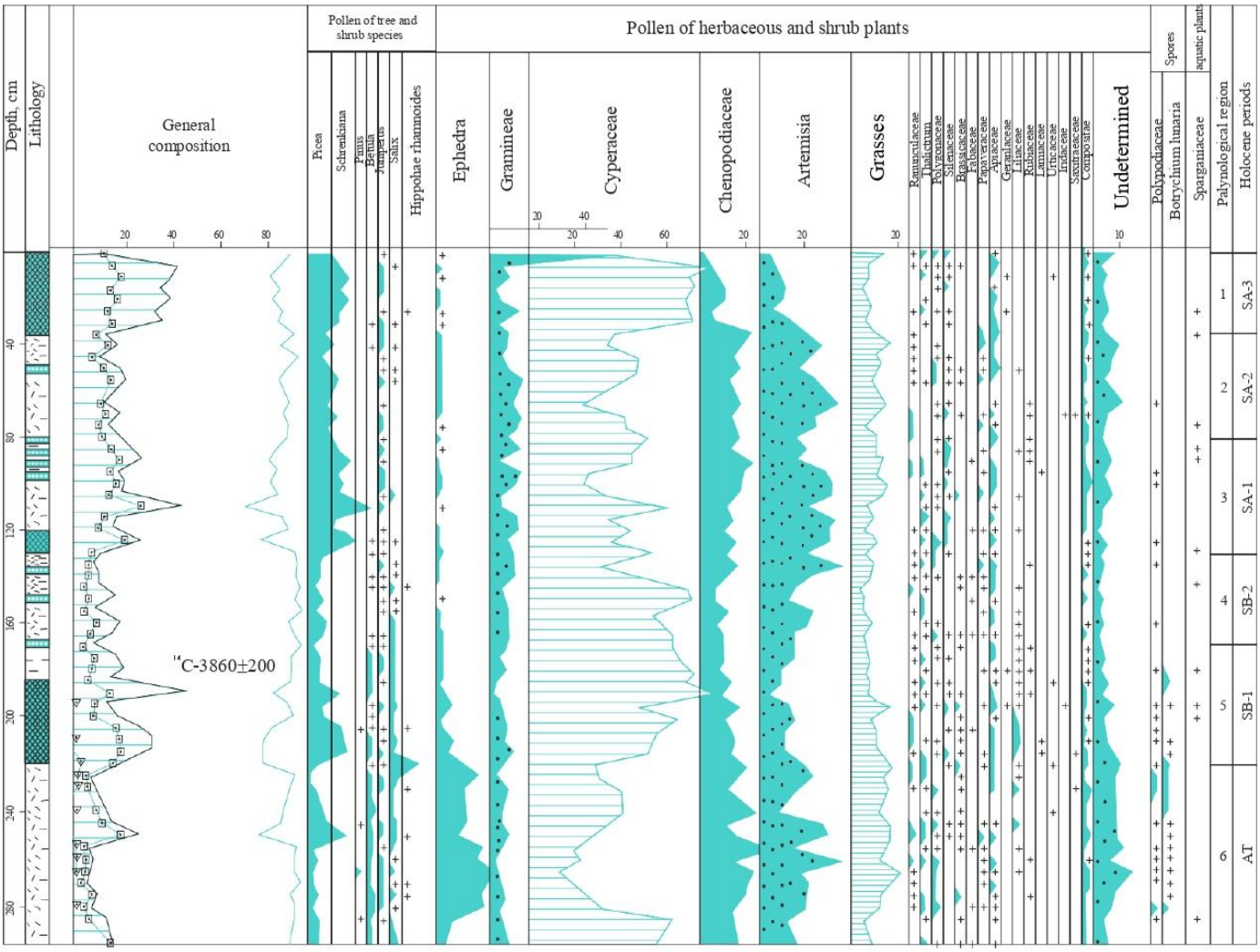


Figure 3. *Spore-pollen diagram of the Aylama Bog [16] (Northern slope of the Terskey Alatau Range, Chon-Kyzylsu River valley, at an altitude of 3250 m above sea level, subalpine belt) Legend: as in Figure 1.*

The Early Holocene Period (12…8 thousand years ago) was characterized by glacial melting, resulting in abundant meltwater, which significantly increased soil moisture. This created favorable conditions for the development of forest communities. Spore-pollen data indicate that during this period, the proportion of birch pollen was particularly high. For instance, studies at the Kainar Bog show that birch pollen accounted for up to 30 %, indicating a relatively moist climate. The soils nourished by meltwater supported the growth of forest stands.However, in subsequent periods, a trend toward drier climate conditions began, leading to a decline in birch forests and their replacement by xerophytic plants. This transition laid the foundation for the current desertification processes observed in the mountainous regions of the Turkestan area. The transformation of forest landscapes was directly linked to the degradation of glaciers and increasing aridification.

In the Middle Holocene, climatic changes had a significant impact on the region's landscape. According to paleoclimatic studies, glaciers receded substantially during this time, and new forests may have formed at elevations between 2,200…2,400 meters above sea level. These changes coincided with the retreat of glaciers in the Tien Shan ranges.

The initial composition of these forests included birch and moisture-loving herbaceous plants. However, around 6…5 thousand years ago, a drying trend became evident. This resulted in a decrease in the proportion of spruce and birch pollen, while xerophytic plants like Artemisia (wormwood), Ephedra, and grasses became more widespread. The formation of xerophytic communities in the foothills of the Turkestan region was a significant outcome of this period (see Figure 4).

During this phase, the increasing prevalence of Ephedra, Artemisia, and grasses indicates the dominance of drought-resistant species. This marks a gradual trend toward aridification in the region's climatic conditions.

In the Late Holocene (around 3,000 years ago), a significant increase in arid conditions was observed in the Turkestan region (see Figure 5). During this period, glaciers were restricted to higher elevations, situated significantly above their current levels. The decline of forested areas was accompanied by the establishment of xerophytic plant communities on south-facing slopes. This transition underscores the persistence of drier conditions and the adaptation of vegetation to increasingly harsh environments.

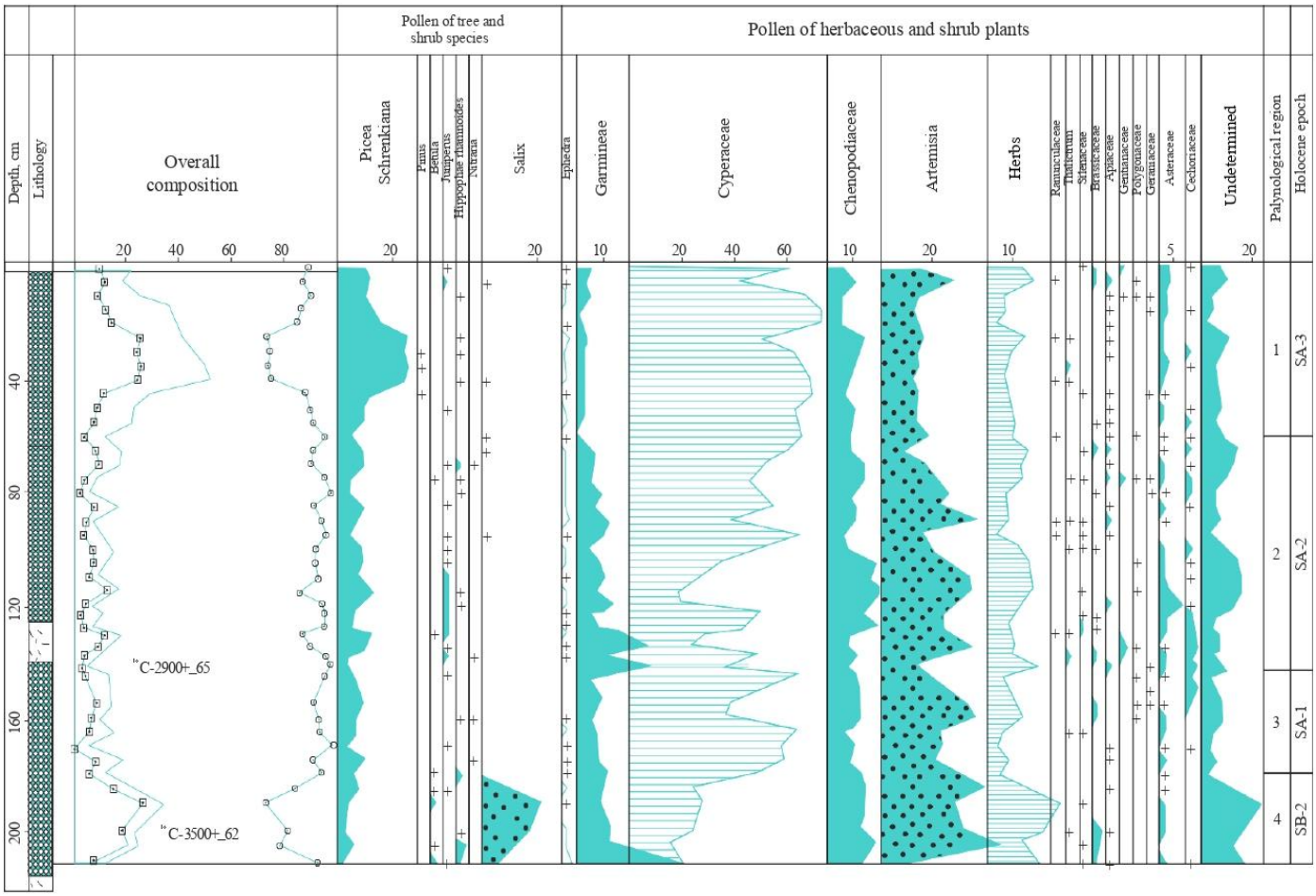


Figure 4. *Spore-pollen diagram of the Sharkratma Peat Bog [16] (Northern slope of the Terskey Alatau Range, at an altitude of 3560 m above sea level, alpine belt)*
Legend: as in Figure 1.

The loss of forested areas accelerated the adaptation of the region's natural environment to arid conditions. Only a few moist meadows remained on north-facing slopes, while semi-desert and dry steppe landscapes became established in the lower plains. The late Holocene sub-Atlantic phases (SA-1, SA-2, SA-3) reflect climatic variability and laid the foundation for the formation of the current natural landscapes in the Turkestan region.

Analysis of paleoclimatic and spore-pollen data demonstrates that climatic changes played a significant role in the landscape development of the Turkestan region. Climatic fluctuations during different phases of the Holocene influenced the shifts in vegetation cover and the formation of natural landscapes. These studies provide insights into the historical dynamics of the region's natural environment and offer a basis for predicting the effects of adaptation to ongoing climatic changes in the present day.

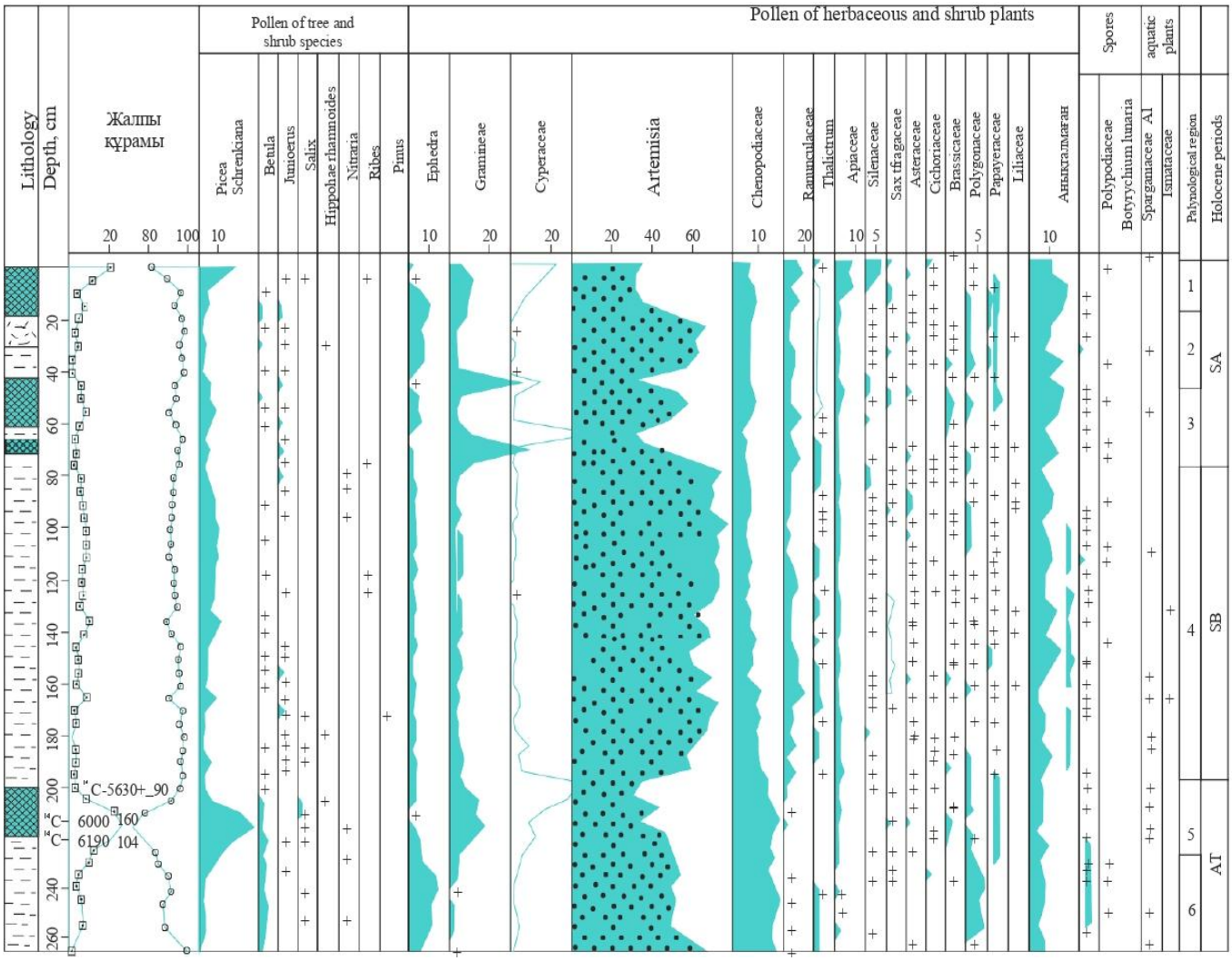


Figure 5. *Spore-pollen diagram of the Chichkan Peat Bog [16] (Northern slope of the Terskey Alatau Range, at an altitude of 2000 m above sea level, dry steppe belt)*
Legend: as in Figure 1.

In the foothills of the Turkestan region, a similar vegetation cover likely developed. Around the middle of the Mid-Subatlantic period (approximately 1,000 years ago), the climate became drier again, with rising summer temperatures. This led to the thinning of forests and the transition of meadows into steppe communities. However, in the past 1,000 years, the climate began to cool again, accompanied by glacier expansion. This glaciation phase corresponds to the "Little Ice Age."

During the warming period in Central Asia between the 7th and 12th centuries, annual precipitation increased to at least 150 mm, with most precipitation occurring in winter. The final significant cooling of the "Little Ice Age" led to the complete desertification of the Karakum and Kyzylkum regions.

According to E.V. Glushko, a prolonged dry phase lasting from 1750 BCE to 900 CE and a semi-arid phase ending around 600 CE were identified. During the first dry phase, average July temperatures rose from approximately 26 °C to 29 °C, and annual precipitation decreased from 170 mm to as low as 90 mm. These conditions led to the spread of desert and semi-desert landscapes. Subsequently, a period of increased moisture occurred in the mid-1st millennium BCE, with July temperatures dropping to 25…28°C and precipitation increasing to 140…250 mm/year. During this period, forest and woodland communities developed on alluvial plains, while fertile chestnut soils with shallow groundwater supported meadow and steppe communities.

In the later phases, as July temperatures once again increased to 26…29 °C and precipitation dropped to 100…200 mm/year, the landscape underwent significant restructuring.

The region between the Karatau Mountains and the Syr Darya River is notable for its close association between archaeological sites from various eras and the valleys of these geographic features. The Karatau mountain formations began to be utilized during the Neolithic period, coinciding with the early stages of human cultural development. As tools advanced, the expansive alluvial plains between Karatau and the Syr Darya became increasingly exploited. These plains consist of various layers of gravel, sand, and sandy loam, with elevations ranging from 200 to 300 meters above sea level. The accumulation plains are intersected by the valleys of small rivers flowing down from the Karatau Mountains.

A significant example of studies in the northern foothills of Karatau is the research conducted at the Bronze Age site of Arpauzen (Figure 6) [17].

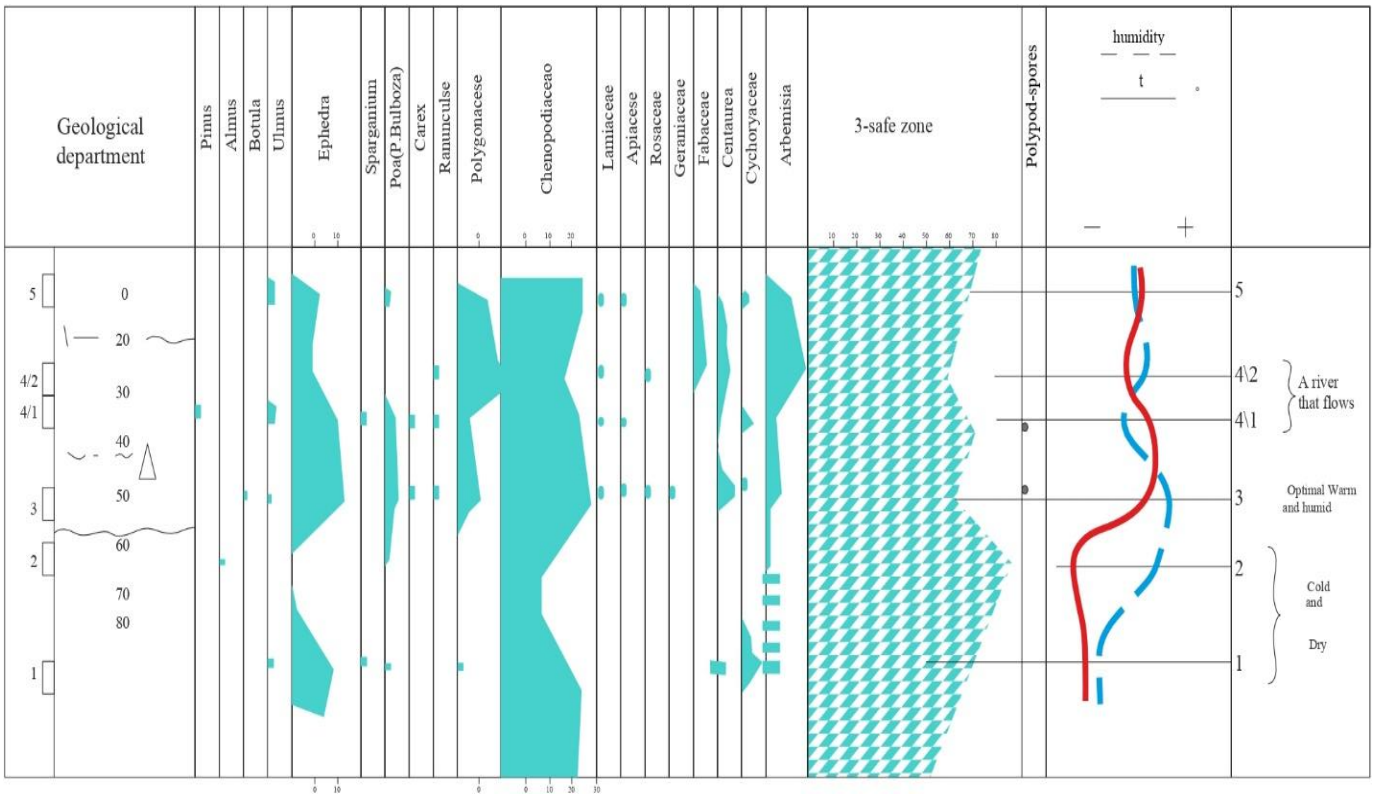


Figure 6. *Palynological diagram of Holocene deposits in the Karatau Mountains at the Arpauzen site [17]*

The Arpauzen site is located on the northeastern slopes of the Karatau Range. These slopes are generally convex or straight, with exposed rock formations visible in certain areas. To the northeast, steep slopes descend into valleys, where tectonically uplifted blocks featuring Devonian red sandstones are prominent.

Palynological data indicate that cold deserts dominated this area at the beginning of the Holocene. The Syr Darya River, spanning over 3,000 km, forms an extensive delta at its entry into the Aral Sea (see Figure 7) [18].

These findings suggest that the early Holocene landscape in the Karatau region was significantly different from today, with colder and more arid conditions prevailing. The study of the Arpauzen site provides insights into how tectonic activity and climatic changes shaped the region's topography and vegetation cover over time.

The development of the Syr Darya Valley is closely linked to the gradual shift of the river channel toward the right bank. The river’s flow depended heavily on the glacial reserves in the mountains, as well as the year-round precipitation in the form of rain and snow.

Spore-pollen spectra from the Otyrar Oasis have revealed pollen from plants typical of a humid and temperate climate, which are no longer found in the region today. These include trees

such as linden (Tilia sp.), birch (Betula sp.), and alder (Alnus sp.). In comparison to Holocene sediments, ancient deposits are evident in samples 1 and 2 (see Figure 8) [17].

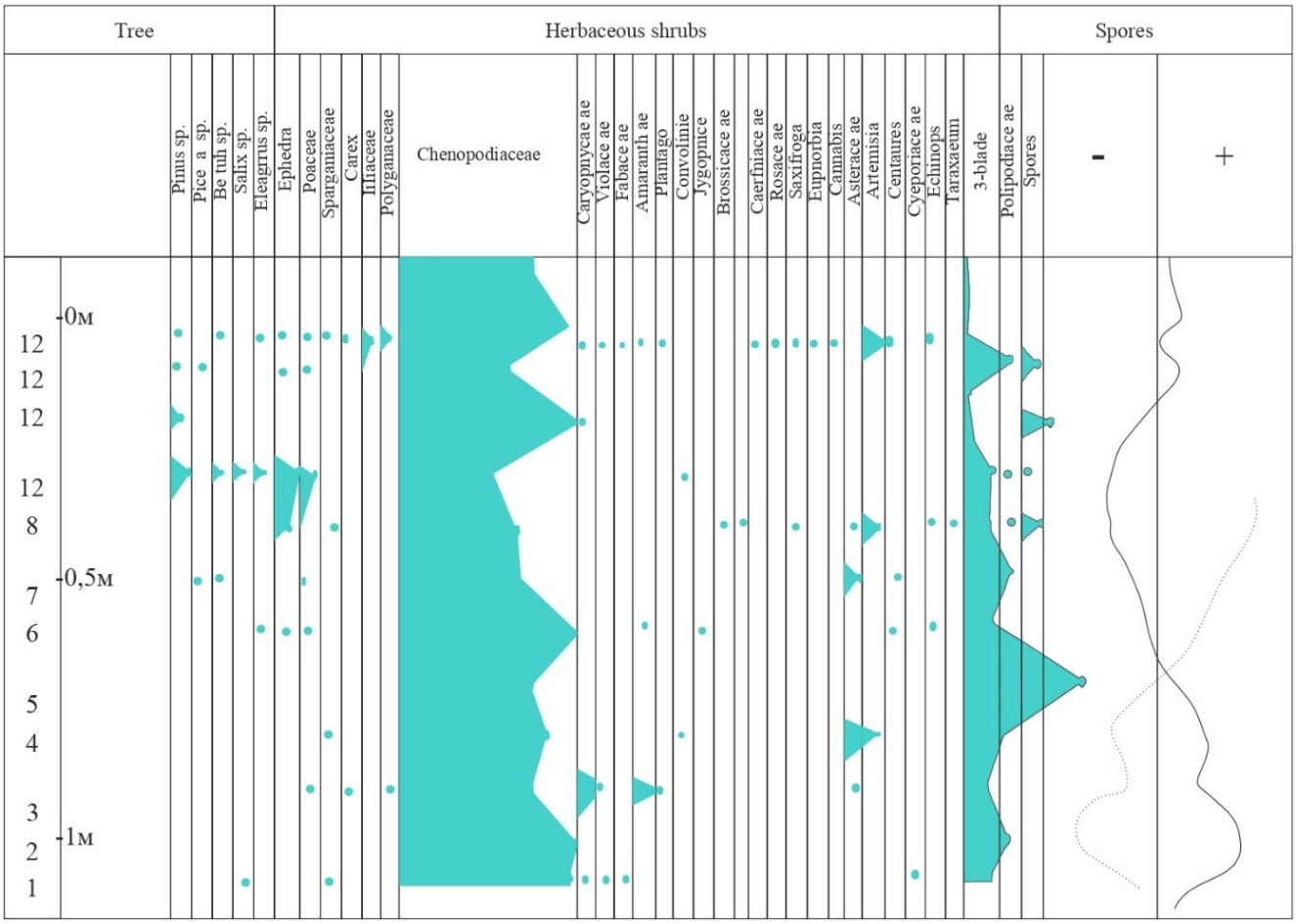


Figure 7. *Palynological diagram of Holocene deposits along the Syr Darya River [18]*

Palynological research was conducted using trench materials, which demonstrated significant climatic changes during the medieval period. Over the past 6,000 years, there have been alternating phases of optimal, moderate, and sharply dry ecological conditions. Moreover, the occurrence of dry and pluvial periods was consistent across different areas of this region [17].

Studying the evolution of the vegetation cover and climate in the Turkestan region has provided insights into the adaptation of natural systems to climate change and their long-term instability.

The results of paleoclimatic reconstruction have led to several key conclusions. During the periods studied (Oligocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene, and Holocene), climatic changes had a direct impact on the structure and distribution of plant communities. These findings underscore the crucial role of climate in shaping the region's ecological history and provide a foundation for understanding how current and future climatic shifts may continue to influence the natural environment.

Glacial fluctuations and changes in sea levels intensified climatic instability, contributing to the formation of semi-desert and desert landscapes (see Figure 6) [18]. During the Middle Miocene and Pliocene epochs, the climatic conditions in the Turkestan region became significantly drier, leading to the expansion of deserts and semi-desert areas. In the Middle Miocene, the drying up of water bodies and the intensification of wind activity contributed to the formation of desert landscapes. In the Pliocene, the further drying of the climate resulted in the development of desert ecosystems and the adaptation of new species of flora and fauna. The natural changes during these periods laid the foundation for the formation of the current desert landscapes and ecosystems.

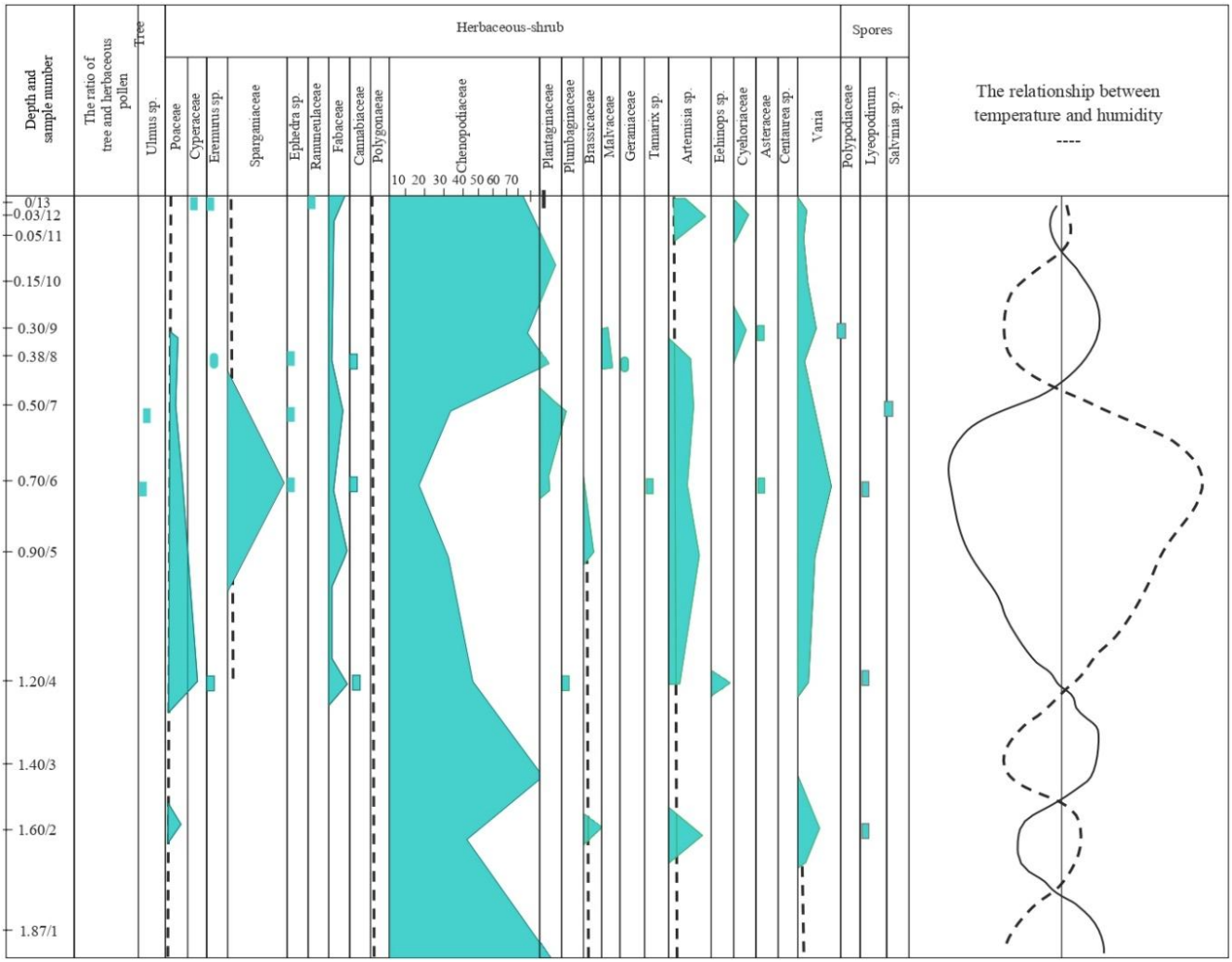


Figure 8. *Palynological diagram of Holocene deposits from Otyrar, trench 181 (upper section) [17]*

Additionally, in the Middle to Late Holocene, the melting of glaciers led to an increase in river water levels and the re-expansion of forest and woodland areas (see Figure 7) [17]. Drought-resistant species like Pinus and members of the Chenopodiaceae family became widespread, contributing to the stability of plant communities. In contrast, species like Juglans and Palmae had weak adaptability and survived only in favorable microclimatic niches.

The current natural conditions of the Turkestan region are the result of historical climatic fluctuations. The forests, woodlands, and river systems not only shaped the region's ecological landscape but also influenced early human activities and economic development. The existing semi-deserts and steppes are a continuation of the long-term paleo-climatic changes that have shaped the region over millennia. The geographical and climatic conditions of the region provided the early inhabitants with the opportunity to efficiently utilize natural resources such as forests and rivers. These resources significantly influenced their survival strategies, especially in agriculture, animal husbandry, and handicrafts. Forests provided timber, firewood, and construction materials, while rivers were crucial for water supply and irrigation. Such conditions played a decisive role in the economic development of early societies, as well as in shaping their culture and way of life.

In contrast, the current deserts and steppe areas are the result of long-term paleoclimatic changes that shaped the landscapes of the Turkestan region. These changes occurred over millions of years through various climatic periods and fluctuations, leading to the present state of the region's natural environment and landscapes. As a result of paleoclimatic changes, deserts and steppes emerged, plants and animals adapted to these conditions, and a dry climate became prominent.

4. CONCLUSION

The conducted research has provided a comprehensive assessment of the long-term evolution of landscapes in the Turkestan region and the impact of climatic changes on regional ecosystems. Through the integrated analysis of palynological and stratigraphic data, the study has elucidated the influence of climatic fluctuations on plant communities and landscape structures from the Oligocene to the Holocene periods. Specifically, the dominance of drought-resistant plants during dry and cold phases, and the spread of forest vegetation during more humid phases, was clearly identified.

The results demonstrate that the current natural conditions of the Turkestan region are a direct consequence of prolonged historical climatic changes. For instance, the intensification of arid conditions during the Pliocene and Pleistocene led to desertification, whereas increased precipitation during the Holocene facilitated the recovery of plant communities and boosted biodiversity. Thus, the natural systems of the Turkestan region have demonstrated adaptive resilience to climatic changes, establishing a complex ecological equilibrium.

The data obtained through this study provide a foundation for understanding long-term adaptation mechanisms to climatic factors, allowing for an evaluation of the region's resilience to future climatic shifts. These findings contribute to the development of strategic measures aimed at enhancing the stability of desert and semi-desert areas. Additionally, the results hold significant scientific and practical value for predicting the landscape development of the region and the adaptation of its current ecosystems to climate change.

In summary, studying the historical evolution of landscapes in the Turkestan region is not only theoretically significant but also crucial for developing strategies for the protection of regional ecosystems and sustainable development.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Conceptualization – DA; resources - RK ; formal analysis – AYe ; methodology - ZhO; software - NR.; supervision – DA, ZhO ; visualization – AYe, RK; writing—review and editing - AYe, RK .

REFERENCES

1. Jackson J., Sunshine J. (2007). Public confidence in policing: A neo-Durkheimian perspective. The British Journal of Criminology, Vol. 47. No. 2, pp. 214–233. URL: https://doi.org/10.1093/bjc/azl031
2. Seddon A. W. R. Mackay, A. W. Baker, A. G. Birks, H. J. B. Breman, E., Willis K. J. (2014). Climate change and the future of biodiversity in the 21st century. Nature, Vol. 512, No.7515, pp. 412-415. URL: https://doi.org/10.1038/nature13440
3. Berg, L. S. Climate and life. Moscow: State Publishing House (Gosizdat/GIZ), 1922.
4. Mykleby P. M., Snyder P. K., Twine T. E. (2017). Quantifying the trade-off between carbon sequestration and albedo in midlatitude and high-latitude North American forests. Geophysical Research Letters, Vol. 44, No. 5, pp. 2493–2501. URL: https://doi.org/10.1002/2016gl071459
5. Zhou W., Yu S., Burr G. S., Kukla G. J., Jull A. J. T., Xian F., Xiao J., Colman S. M., Yu H., Liu H., Liu Z., Kong X. (2010). Postglacial changes in the Asian summer monsoon system: A pollen record from the eastern margin of the Tibetan Plateau. Boreas, Vol. 39, No. 3, pp. 528–539. URL: https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2010.00150.x
6. Muratova M. V., Boyarskaya T. D., Liberman A. A. Application of probability theory to reconstruct paleoclimatic conditions based on palynological analysis. In: Recent tectonics, modern deposits, and humans. Moscow: Moscow University Press, 1972, pp. 239–246.
7. Kurganskiy A., Skjøth C. A., Baklanov A., Sofiev M., Saarto A., Severova E., Smyshlyaev S., Kaas E. (2020). Incorporation of pollen data in source maps is vital for pollen dispersion models. Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 20, No. 4, pp. 2099–2119. URL: https://doi.org/10.5194/acp-20-2099-2020
8. Halbritter H., Ulrich S., Grímsson F., Weber M., Zetter R., Hesse M., Buchner R., Svojtka M., Frosch-Radivo A. (2018). Illustrated Pollen Terminology. In: Methods in Palynology, Springer, pp. 97–127. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77315-5_5
9. Alshanbari H.M., Odhah O.H., Ahmad Z., Khan F., El-Bagoury A.A.-A.H. (2023). A New Probability Distribution: Model, Theory and Analyzing the Recovery Time Data. Axioms, 12, 477. URL: https://doi.org/10.3390/axioms12050477
10. Geology of the USSR. Volume XL. Southern Kazakhstan. Geological description. Volume 1. Collective authors. Moscow: Nedra Publishing House, 1971, 536 p.
11. Sinitsyn V. M. Paleogeography of Asia. Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1962.
12. Bayshashov B. U., Kazenas V. L. Geological history and faunogenesis of Kazakhstan and adjacent territories during the development of mammals and anthophilous insects. Almaty, 1999.
13. Caves J. K., Bayshashov B. U., Zhamangara A., Ritch A. J., Ibarra D. E., Sjostrom D. J., Mix H. T., Winnick M. J., Chamberlain C. P. (2016). Late Miocene uplift of the Tian Shan and Altai and reorganization of Central Asia climate. GSA Today, Vol. 27, No. 2. URL: https://doi.org/10.1130/GSATG305A.1
14. Borzenkova I. I. (1990). Moistening of arid regions of the Northern Hemisphere during the Late Glacial-Holocene period. Izvestiya of the USSR Academy of Sciences. Geographical Series, (2), pp. 28-38.
15. Afanasyev K. S. Vegetation of the Turkestan Range. Moscow-Leningrad: Botanical Institute named after V.L. Komarov, 1956, 278 p.
16. Melnikova A. P. (2015). Evolution of natural systems, climate change in the Tien Shan during the Holocene, and the use of spore-pollen spectra in the mountains of Central Asia. Izvestiya RAN, Geographical Series, (5), pp. 83–98.
17. Nigmatova S. A. Stratigraphy, paleogeography, and climates of the Quaternary period in the arid regions of Central Asia (based on palynological data): doctoral dissertation. Almaty: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, 2010, 271 p.

18. Borovsky V. M., Pogrebinsky M. A. (1958). The ancient delta of the Syr Darya and the Northern Kyzylkum. Proceedings of the Soil Science Institute of the Kazakh SSR Academy of Sciences, Vol. 1, pp. 395–425.

КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІҢ ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ЛАНДШАФТТЫҚ ДИНАМИКАСЫНА ӘСЕРІ: КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ТАЛДАУ

Дана С. Ахметова [1*], Жанар О. Озгелдинова [1] PhD, Нургуль Е. Рамазанова [1] PhD, Айгуль Е. Егінбаева [1] PhD, Рабига Н. Кенжебай [2] п.ғ.к.

[1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; akhmetovadanaaa@mail.ru, ozgeldinova@mail.ru, nurgulram@gmail.com, aeginbaeva@mail.ru
[2]Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан; mega.rabiga@list.ru
Автор корреспондент: Дана С. Ахметова, akhmetovadanaaa@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

климаттық өзгерістер
кеңістіктік-уақыттық талдау
палинологиялық талдау
өсімдік қауымдастығы
климаттық бейімделу
палеоклиматтық зерттеу
стратиграфиялық деректер
өсімдіктердің
тарихи трансформациясы
Түркістан облысы

АБСТРАКТ

Бұл зерттеу Түркістан облысының ландшафттарының ұзақ мерзімді дамуы мен климаттық өзгерістердің аймақтық ландшафтарға әсерін талдауға бағытталған. Палинологиялық және стратиграфиялық талдаулар арқылы олигоценнен голоценге дейінгі аралықта климаттық ауытқулардың өсімдік қауымдастықтарына және ландшафт құрылымына ықпал ету заңдылықтары анықталды. Түркістан облысы ландшафттарының өсімдік жамылғысының климаттық өзгерістерге икемделу механизмдерінің дамығанын көрсетті. Түркістан облысының қазіргі ландшафттардың тарихи климаттық тұрақсыздықтарға бейімделу нәтижесінде қалыптасқаны анықталды, бұл аймақтың өсімдік жамылғысынның тұрақтылығын сақтаудың негізін құрайды. Алынған мәліметтер аймақтық ландшафттардың эволюциясын түсінуге және климаттық өзгерістерге тұрақты бейімделу стратегияларын әзірлеуге мүмкіндік береді. Түркістан облысының қазіргі ландшафттар тарихи климаттық өзгерістерге икемделу нәтижесінде қалыптасқаны белгілі болды. Бұл деректер аймақтық өсімдік жамылғысының сақтау және климаттық өзгерістерге тұрақты бейімделу стратегияларын әзірлеу үшін маңызды. Алынған нәтижелер Түркістан облысының ландшафттық эволюциясын және климаттық өзгерістерге төзімділік механизмдерін тереңірек түсінуге мүмкіндік беріп, аймақтың болашақтағы экологиялық тұрақтылығын бағалауға негіз болады.

Мақала жайында:
Жіберілді: 10.11.2024
Қайта қаралды: 21.03.2025
Қабылданды: 28.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ЛАНДШАФТОВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ

Дана С. Ахметова [1*], Жанар О. Озгелдинова [1] PhD, Нургуль Е. Рамазанова [1] PhD, Айгуль Е. Егінбаева [1] PhD, Рабига Н. Кенжебай [2] к.п.н.

[1]Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан; akhmetovadanaaa@mail.ru, ozgeldinova@mail.ru, nurgulram@gmail.com, aeginbaeva@mail.ru
[2] Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова, Шымкент, Казахстан;·mega.rabiga@list.ru
Автор корреспондент: Дана С. Ахметова, akhmetovadanaaa@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

климатические изменения
пространственно-временной анализ
палинологический анализ
растительные сообщества
климатическая адаптация
палеоклиматическое исследование
стратиграфические данные

АБСТРАКТ

Это исследование направлено на анализ долгосрочного развития ландшафтов Туркестанской области и влияния климатических изменений на региональные ландшафты. Палинологический и стратиграфический анализ позволил выявить закономерности воздействия климатических колебаний на растительные сообщества и структуру ландшафтов в период от олигоцена до голоцена. Было показано, что ландшафты Туркестанской области развили механизмы адаптации растительного покрова к климатическим изменениям. Установлено, что современные ландшафты Туркестанской области сформировались в результате

историческая трансформация растительности
Туркестанская область

По статье:
Получено: 10.11.2024
Пересмотрено: 21.03.2025
Принято: 28.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

приспособления к исторической климатической нестабильности, что составляет основу для сохранения стабильности растительного покрова региона. Полученные данные позволяют лучше понять эволюцию региональных ландшафтов и разработать стратегии устойчивой адаптации к климатическим изменениям. Современные ландшафты Туркестанской области, как было выяснено, являются результатом адаптации к историческим климатическим изменениям. Эти данные имеют важное значение для разработки стратегий по сохранению регионального растительного покрова и его устойчивой адаптации к климатическим изменениям. Полученные результаты позволяют глубже понять эволюцию ландшафтов Туркестанской области и механизмы устойчивости к изменениям климата, что станет основой для оценки экологической стабильности региона в будущем.

Publisher's Note: Statements, opinions, and data in all publications are those of the author(s) alone and not those of the Journal of Hydrometeorology and Ecology and/or the editor(s).

Гидрометеорология и экология

Ғылыми мақала

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ АУАСЫН ЛАСТАУШЫ ЗАТТАРДЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІН КАРТОГРАФИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Ырысжан Жакыпбек* PhD, Еркежан Е. Бегимжанова, Гульмира Б. Кезембаева PhD,
Серик В. Турсбеков т.ғ.к., Женис Т. Кожаев PhD

Satbayev University, Алматы, Қазақстан; y.zhakypbek@satbayev.university (ЫЖ), y.begimzhanova@stud.satbayev.university (ЕЕБ), g.kezembayeva@gmail.com (ГБК), s.tursbekov@satbayev.university (СВТ), zh.kozhayev@satbayev.university (ЖТК)
Автор корреспондент: Ырысжан Жакыпбек, y.zhakypbek@satbayev.university

ТҮЙІН СӨЗДЕР:

экология
қалалық аумақтар
экологиялық әсер
ЖЭО
халық денсаулығы
ластану
карта

АБСТРАКТ

Біздің заманымызда ең үлкен қасіреттердің бірі ауаның жаппай ластануы болып табылады, ол климаттың өзгеруіне әкеліп соғады, сонымен қатар аурушаңдық пен өлім-жітімнің артуын жылдамдатып халықтың денсаулығына кері әсер етеді. Ғылыми мақалада соңғы жылдардағы Алматы қаласындағы халық санының артуы, автокөлік, ЖЭО және жеке сектордағы үйлердің сапасыз көмір жағуына байланысты Алматы қаласы ауасының ластануы мен тұрғындарының денсаулығына кері әсер еткендігі туралы мәселелер қарастырылған. Сондай-ақ көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының шығарындылары атмосфераға көтерілетін және планетаны жылытуға көмектесетін парниктік газдардың пайда болуына ықпал етіп, қала халқының өмір сүруіне қиындықтар тудыруда. Сонымен қатар экологиялық ластанудан атмосфералық ауада SO_2, CO_2, NO_2, $PM_{2,5}$ және PM_{10} сияқты қауіпті классқа жататын элементтерінің шектен тыс артуы, халық ортасында бронхит, инфекциялық бронхит, пневмония және өкпенің созылмалы ауруларының жиіленуіне алып келетіндігі келтірілген. Автокөліктің пайдаланылған газдары мен ЖЭО шығарындыларының атмосфералық ауаға әсер ету деңгейлері талданып зерделенді. Алматы қаласының атмосфералық ауаның сапасын, қалалық экожүйелерді қорғау мен қалпына келтіру, урбанизацияланған аумақтарда адам үшін жайлы, экологиялық қауіпсіз өмір сүру ортасын құру және қолдау жөніндегі іс-шараны енгізуде ластану дәрежесін дәл картаға түсіру мен әсерін нақты бағалауда қаланың 2016...2024 жылдардағы статистикалық деректер негізінде экологиялық карталар құрастырылды. Бұл карталар урбанизацияның табиғи ортаға антропогендік әсерін төмендету жөніндегі шешімдерді әзірлеу мен экологиялық тепе-теңдікті сақтауда жылдам, әрі нақты жобаларды дайындауға мүмкіндік береді.

Мақала жайында:
Жіберілді: 27.01.2025
Қайта қаралды: 16.03.2025
Қабылданды: 27.03.2025
Жарияланды: 31.03.2025

Дәйексөз үшін:
Жакыпбек Ы., Бегимжанова Е., Кезембаева Г., Турсбеков С., Кожаев Ж. Алматы қаласы ауасын ластаушы заттардың кеңістік-уақыттық өзгерістерін картографиялық талдау // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 116-131.

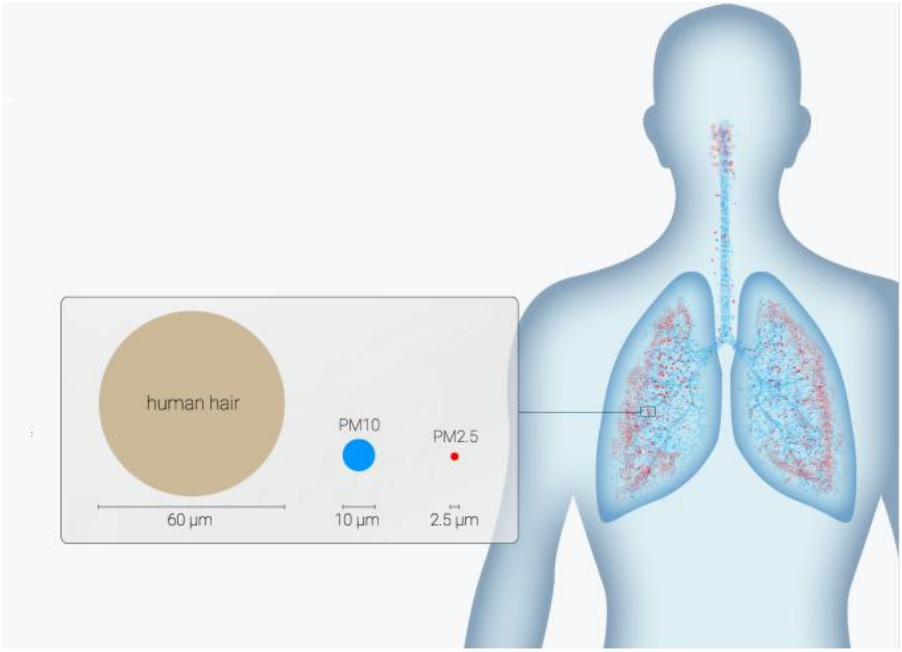
1. КІРІСПЕ

Ауаға, құрлыққа және планетаның су жүйесіне шығарылатын қалдықтар қоршаған орта мен ауаны ластап, адам денсаулығына айқын және шұғыл экзистенциалды қауіп төндіреді. Әсіресе қалалық жерлерде қоршаған орта ауасының ластануының артуы әлемнің көптеген елдерін қатты алаңдатуда және денсаулыққа үлкен жаһандық қауіп ретінде танылуда. Сол сияқты, Алматыда соңғы жылдары индустрияландыру мен қалалардағы энергияны тұтынудың артуына байланысты, ауаның ластануының өсуі айқын көрініс табуда. Бұл денсаулыққа, экономикаға, қоршаған ортаға және климатқа байланысты маңызды проблемаларды тудырды. Ал Дүниежүзілік Денсаулық сақтау Ұйымының мәліметі бойынша, 2012 жылы дүние жүзінде 3,7 миллион адам атмосфераны ластаушы заттармен тыныс алудың созылмалы немесе өткір аурулары әсерінен қайтыс болды деп есептелінді. Бұл өлімнің басым көпшілігі (88 %) дамушы елдерде болған [1].

Атмосфералық ластаушы заттар негізгі және қосалқы компоненттерден тұрады. Негізгі ластаушы заттар көліктер, өндірістік зауыттар және тұрмыстық қалдықтардан шығарылады да, ұсақ бөлшектері көлемі мен химиялық құрамы жағынан әр түрлі

ластаушы заттардың жиынтығы, әсіресе $PM_{2,5}$, көміртегі тотығы (CO), азот оксиді (NO_2), азот оксиді (NO) және күкірт оксиді (SO_3) қамтиды. Ал қосалқы ластаушылар жерді қоршаған атмосфераның төменгі қабаттарында пайда болатын және жердегі озон мен қазбалы отынды жағу нәтижесіндегі аэрозольдерді қамтитын бастапқы ластағыштар арасындағы химиялық реакциялар кезінде пайда болады. Сондықтан ауаның ластануы бүкіл әлемде халықтың денсаулығына кері әсер ететін ең үлкен экологиялық қауіп болып табылады. Нақты уақыт режимінде өлшенетін ластаушы заттардың критерийлерінің ішінде таралуы мен денсаулыққа үлкен қауіп төндіруіне байланысты ұсақ бөлшектер ($PM_{2,5}$) қазіргі уақытта адам денсаулығына ең зиянды болып саналады (Сурет-1). $PM_{2,5}$ әсерінен жүрек-қан тамырлары аурулары, респираторлық аурулар және мезгілсіз өлім көптеп таралуда. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДСҰ) бағалауы бойынша атмосфералық ауаның ұсақ бөлшектерінің ластануынан ($PM_{2,5}$), жыл сайын бүкіл әлемдегі адамдардың 4,2 миллион мезгілсіз өлімі және 90 %-дан астамы уланады [2].

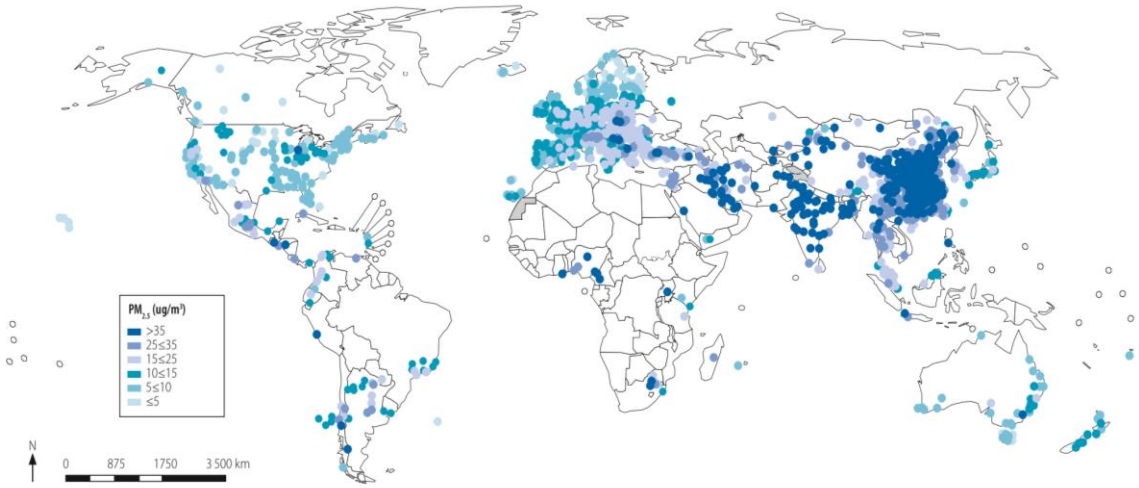
$PM_{2,5}$ өлшемі 2,5 микронға дейінгі ауадағы қоршаған орта бөлшектері ретінде анықталады. Бұл бөлшектер әртүрлі химиялық құрамдарды қамтиды және әртүрлі көздерден алынады. Адам өндірісінің ең көп тараған көздеріне қазба отынымен жұмыс істейтін автомобильдер, электр энергиясын өндіру, өнеркәсіптік қызмет, ауыл шаруашылығы және биомассаны жағу жатады. $PM_{2,5}$ микроскопиялық мөлшері бұл бөлшектердің ингаляция кезінде қанға терең сіңуіне мүмкіндік береді, бұл демікпе, өкпе рагы және жүрек ауруы сияқты денсаулыққа үлкен әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар төмен салмақпен, жедел респираторлық инфекциялардың жоғарылауымен және инсультқа жеткізуімен қауіпті болып табылады. Біз тыныс алатын ауаның сапасы дүнижүзі бойынша айтарлықтай өзгерген, көптеген төмен және орташа табысы бар елдердің тұрғындары көп зардап шеккен, ал кейбіреулері $PM_{2,5}$ деңгейлері ДДСҰ-ның ауа сапасы жөніндегі нұсқаулықтарынан бес есе артып кеткендігі дәлелденді [3].



Сурет 1. *$PM_{2,5}$ – нің адам денесінде таралу сұлбасы*

ДДСҰ деректер базасында жинақталған $PM_{2,5}$ жерүсті өлшемдерін қамту бүкіл әлемде біркелкі емес және жоғары және орташа кірісі бар елдерде және негізінен Қытайда, Еуропада, Үндістанда және Солтүстік Америкада шоғырланған (Сурет-2) [4]. Осы суретте 2010…2019 жылдар аралығындағы $PM_{2,5}$ деректері бар елді мекендердің орналасқан жері мен өлшеулер саны бойынша картасы көрсетілген. Дерекқордың 2022 жылғы нұсқасында елді мекендердің 58 % кірісі жоғары елдерде, 34 % табысы орташадан жоғары елдерде, 7,7 % табысы орташадан төмен елдерде және табысы төмен елдерде тек

0,3 % тіркелген. Мұнда NO_2 көрсеткіші тура сондай нәтиже көрсеткен [5]. Ауа сапасын монитернигтеу жиі жүргізілмейтін, халықтар тығыз қоныстанған елді мекендерде аурулардың санын зерттеу барысында, себепсіз өлім жітім және ауру түрлері әлде қайда жоғары екендігін көрсеткен [6]. Жалпы, қолда бар деректер ауаның ластану деңгейінің жоғары екенін көрсетеді; 94 % елді мекендерде $PM_{2,5}$ және PM_{10} ДДСҰ бекіткен ауа сапасы бойынша нұсқаулықтағы концентрациясымен мүлдем сәйкес келмейті дәлелденіп отыр.



Сурет 2. *PM2,5 – нің адам денесінде таралу сұлбасы [4]*

Ауа сапасын бақылау және зерттеу жұмыстарын негізінен дамыған елдер мен қалаларда жиі және үздіксіз жүргізді [7]. Токио (Жапония) сияқты ірі қала бойынша 2002 жылдың қаңтары мен 2013 жылдың желтоқсаны аралығында Токио Митрополитінің 23 урбанизацияланған бөлімшесінде қайтыс болған 2086 нәрестеге зерттеу жұмыстары жүргізілген. Нәтижесінде бір күндік $PM_{2,5}$ тыныс алу себептеріне байланысты нәрестелер мен постнеонатальды өлім қаупін жоғарылататындығы дәлелденді. Мұнда $PM_{2,5}$-тің 10 мкг/м(3) болса нәресте өлімі үшін ықтималдық коэффициенттері 1,06 (95 %, сенімділік интервалы: 1,01…1,12) және постнеонаталдық өлім үшін 1,10 (1,02…1,19) болғандығы айқындалған. Осы зерттеу нәтижесіне сүйене отырып күнделікті орташа $PM_{2,5}$ және одан да үлкен бөлшектер бөліп шығаруда ауа сапасын нұсқаулықтар негізінде қатаң бақылау жүргізу ұсынылған [8]. Лос-Анджелес округі, Калифорния Құрама Штаттардағы ең ірі қалалық мұнай кен орны орналасқан аумақ болып табылады. Аталмыш қаланың негізгі қоршаған ортасын ластаушысы мұнай. Сол аумақтағы топырықтан, судан және ауасынан сынама алғанда құрамында кадмий (Cd), қорғасын (Pb), марганец (Mn), никель (Ni), ванадий (V), хром (Cr), мырыш (Zn), алюминий (Al), мышьяк (As), темір (Fe) және Mn сияқты ауыр металдар бар екені анықталған. Соған сәйкес ғалымдар адам денсаулығына әсерін зерттеу мақсатында 239 қатысушыдан аяқ және қол тырнақ үлгілерін алып сынама жасаған. Мұнда жас ерекшеліктері әр түрлі мұнай бұрғылау алаңынан ең аз қашықтығы 113 м және максималды қашықтығы 970 м тұрғындарға жүргізілген. Нәтижесінде кейбір металдар стандартты ауытқудан 3 есе жоғары және кейбірі орташа мәннен асатындығы дәлелденген [9]. Парижде (Франция) метро мамандарының газбен улану барсын [10], Тайвань (Қытай) көмір кенорнын игерудегі ластануын [11] және Сан-Паулу (Бразилия) қаласының 30 жылдағы ластануын қарастырған [12]. Ауа сапасын мен адам денсаулығына әсерін тұрақты мониторингтеу, бағалау, қадағалау және онымен күресу өте маңызды болып саналады [13].

Қазақстанда 2024 жылғы қаңтардағы сататистикалық мәліметтер бойынша 70 елді мекеннің ішінен атмосфералық ауаның төмен ластану дәрежесіне 32, орташа ластану дәрежесіне 27, жоғары ластану дәрежесіне 8 және өте жоғары ластану дәрежесіне 3 елді

мекен анықталған. Ал 2020...2024 жылдардың соңғы 5 жылында атмосфералық ауаның ластануының тұрақты жоғары деңгейі Қарағанды, Астана, Алматы және Теміртау қалаларында байқалады. Алматы қаласында $PM_{2,5}$ аспалы бөлшектері, көміртегі оксиді және азот диоксиді негізгі ластаушы екендігі көрсетілген. Сондық еліміз бойынша ауа ластануы алғашқы қатарда тұратын Алматы қаласының негізгі ластаушыларын мониторнигтеу және экологиялық жағдайды уақтылы бақылау өте өзекті мәселе болып табылады. Аумақтардың жай-күйін мониторингілеу жүйесінің ажырамас бөлігі экологиялық карта болып табылады. Экологиялық карта өз кезегінде ақпараттық қамтамасыз етуде тиімді болып саналады. Мазмұны мен практикалық қолданылуы жағынан әр түрлі, олар белгілі бір тұтынушыға жеткізілетін соңғы мәліметтер массивін құрайды (статистикалық мәліметтер базасымен бірге) [14]. Экологиялық карталар мониторингте екі жақты рөл атқарады: бір жағынан, экологиялық карталар жазылған деректерді тіркеудің тиімді құралы болып табылады; екінші жағынан, картографиялық зерттеу әдісін тарта отырып, талдау процесінде осы карталардан алынған ақпарат жаңа бақылауларды жоспарлаудың бастапқы нүктесі болып табылады [15].

2. МӘЛІМЕТТЕР МЕН ӘДІСТЕР

Жалпы атмосфералық ауаның ластану сапасын бағалау үшін екі көрсеткіш қолданылады: СИ (стандартты индекс) – ластаушы заттардың ең үлкен өлшенген концентрациясы ШРКм-ге және БРК-ШРК оның бір реттік концентрациясынан асып кетудің ең көп қайталануы (% түрінде көрсетілген) болып бөлінеді. Тәулігіне ауаның ластану сапасын бағалау үшін СИ көрсеткіші қолданылады. Ауаның ластану деңгейі СИ және БРК мәндері бойынша 4 санат бойынша бағаланады. Кесте-1 атмосфераның ауаның ластану индексі бойынша дәрежесінің жіктелуі келтірілген.

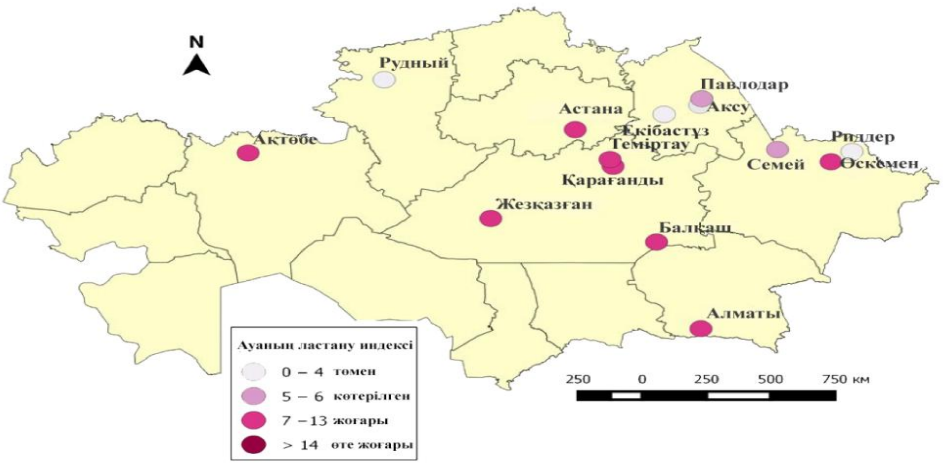
Кесте 1

Атмосфераның ластану индексінің дәрежесін бағалау

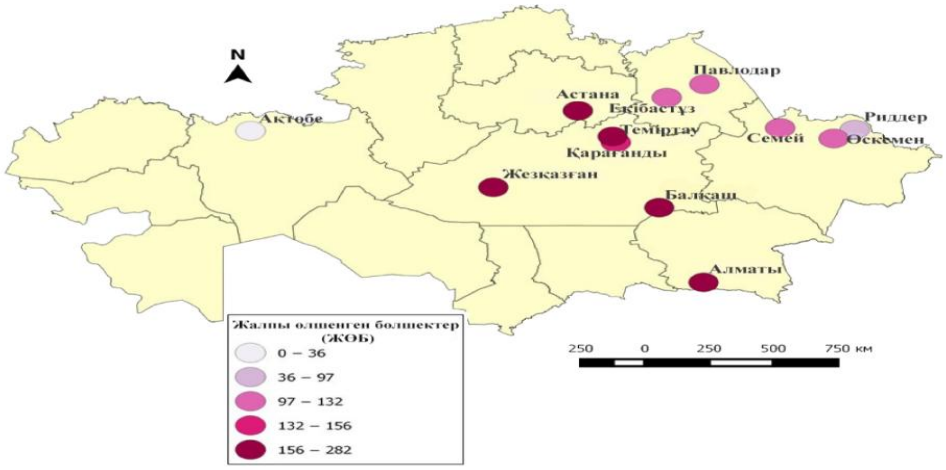
Санаттар	Ластануы	Көрсеткіш	Бір айға бағалау
I	Төмен	СИ	0…1
		НП,%	0
II	Жоғарылаған	СИ	2…4
		НП,%	1…19
III	Жоғары	СИ	5…10
		НП,%	20…49
IV	Өте жоғары	СИ	›10
		НП,%	›50

Осы аталмыш көрсеткішке сәйкес елімізде 2019 жылы ауаның ластану индексінің деректері бойынша Астана (Нұр-Сұлтан), Қарағанды, Теміртау, Ақтөбе, Балқаш, Өскемен, Жезқазған және Алматы сияқты сегіз қалада ауаның ластану деңгейі «жоғары» болған (жетіден көп немесе оған тең) (Сурет-3). Қазақстанның халқы ең көп қоныстанған Астана (Нұр-Сұлтан) мен Алматы қалаларында қатты ластанған. Ал Павлодар және Семейде ауаның ластану деңгейі «жоғарылаған». Сонымен қатар зерттелген басқа төрт қалада ауаның ластану деңгейі «төмен» көрсеткішті көрсеткен [16…17].

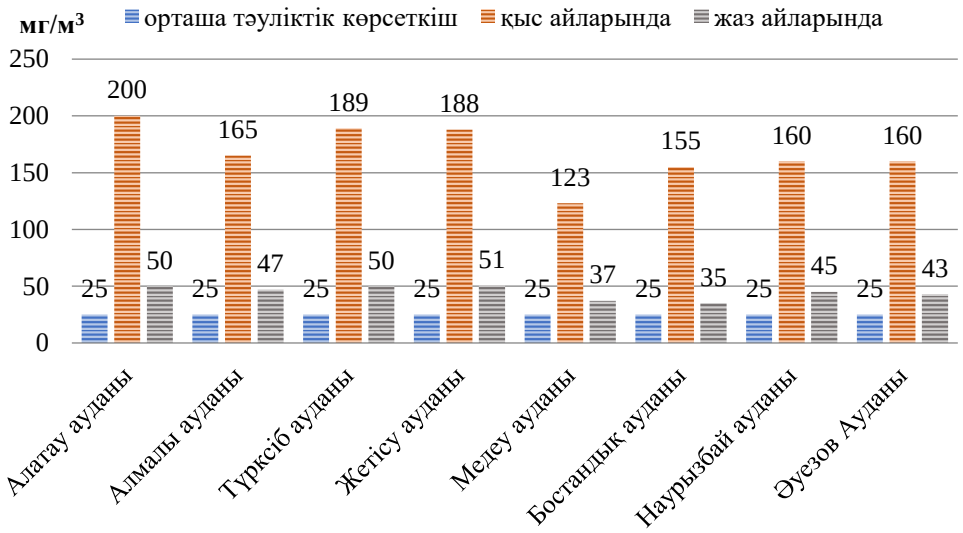
Осы зерттеу нәтижесіне сәйкес жалпы тоқтатылған бөлшектер (TSP) көрсеткіші бойынша таңдалған қалалар 2019 жылы қатты ластанған. Жалпы тоқтатылған бөлшектер концентрациясы он (он екі қаланың ішінде) 100 мкг $м^{-3}$- тен асқан, ал SO_2 концентрациясы жеті (он төрт қаланың ішінде) 20 мкг $м^{-3}$-тен асты. SO_2 орташа жылдық концентрациясы Алматыда (128 мкг $м^{-3}$), Өскеменде (90 мкг $м^{-3}$) және Теміртауда (58 мкг $м^{-3}$) өте жоғары болған. Сегіз қала (он төрт қаладан) ауаның ластану индексі (API) бойынша ауаның ластануының «жоғары» деңгейін көрсеткен (Сурет-4). Қыс пен жаз арасындағы ластануы бойынша айырмашылықтар көп, бұл өзгерістер қалалар мен ластаушы заттарға байланысты болып табылады. Мұндағы маусымдық өзгерістерді түсіндіру қиын, өйткені өнеркәсіптік белсенділік туралы нақты деректер жоқ [16…17]. Сурет-5 көрсетілгендей 2022 жылда Алматы қаласы бойынша барлық аудандарда қыс және жаз айларының арасындағы айқын айрмашылық көрсетілген.



Сурет 3. *$PM_{2,5}$ – нің адам денесінде таралу сұлбасы*



Сурет 4. *2019 жылы Қазақстан қалаларында жалпы тоқтатылған бөлшектердің орташа жылдық концентрациясы, мкг м$^{-3}$*



Сурет 5. *$PM_{2.5}$ орташа тәуліктік көрсеткіш 2022 жыл бойынша*

Екі миллионнан астам халқы бар Алматыда көлік саны күн сайын артуда. Қазір қалада 600 мыңнан астам темір тұлпар ресми тіркелген болса, 300 мыңға жуық көлік күн

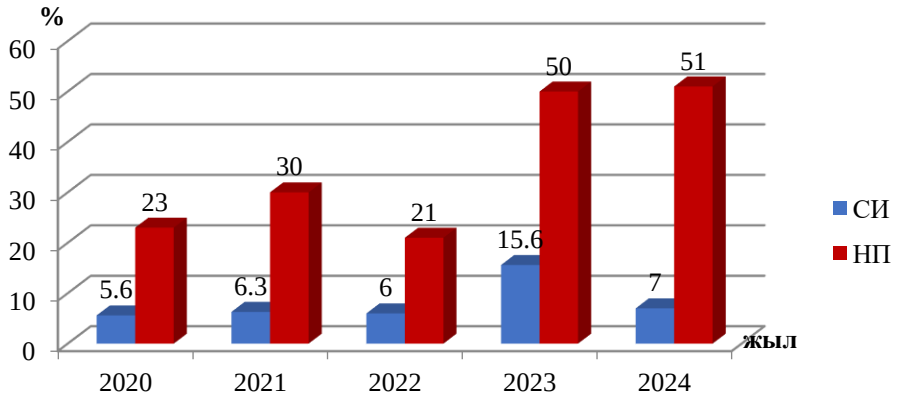
сайын қала аумағына кіріп-шығады екен. Алматы әкімдігінің тапсырысы бойынша зерттеу жасаған «ЭкоСервис-С» ЖШС мәліметінше, қала ауасын ластауда ең үлкен үлеске ие – дәл осы автокөліктер. Олар атмосфера құрамындағы зиянды заттардың 65 пайызын құрайды делінген. Одан кейінгі орынға ЖЭО жатқызылған. Әсіресе ЖЭО 2 толығымен көмірмен жұмыс істейді, оның үстіне Республиканың энергия көздерінде отын ретінде негізінен арзан Екібастұз көмірі пайдаланылады, оның құрамында күл мөлшері 40...45 % құрайды. Әлемдік нарықтың сапалы көміріндегі күлдің мөлшері 10 % - дан аспайды. Сондықтада қаланың ең бір ластаушы көзі ретінде Екібастұз көмірін айтуға болады. Онда бір тонна көмірді жаққанда ауаға жарты тонна ластаушы заттектер шығарады. Ал тәулігіне Алматы ЖЭО 270,3 мың тонна көмір тұтынады. Сондықтан жылу электр орталықтарынан ауаға өте жоғарғы мөлшерде азот қышқылын, магний, темір, кальций бөледі және ауаны ластаушы негізгі көздерінің бірі болып табылады [18]. Мұндағы ауаны ластаушы заттардың шекті мәндерін бағалау стандарттары Қазақстан мен ДДСҰ-да өзіндік айырмашылықтар бар [19]: ДДСҰ ауаның сапасын бағалау үшін PM_{10}, $PM_{2,5}$ және NO_2 үшін күнделікті және жылдық орташа шекті мәндерді пайдаланады, ал Қазақстанда ең жоғары бір реттік мәндермен бағаланады. Қазақстандағы қолданылатын $PM_{2,5}$ үшін бір реттік максималды ШРК орташа жылдық ДДСҰ стандартынан он алты есе жоғары (Кесте-2).

Кесте 2

ДДСҰ мен Қазақстанның ауадағы ластаушы заттардың деңгейінің шекті мәндері

Ластаушы	Бір реттік МАС, мкг м$^{-3}$		Орташа тәуліктік МАС, мкг м$^{-3}$		Орташа жылдық ШРК, мкг м$^{-3}$	
	Қазақстан	ДДСҰ	Қазақстан	ДДСҰ	Қазақстан	ДДСҰ
TSP	500	-	150	-	-	-
PM_{10}	300	-	60	50	-	20
$PM_{2,5}$	160	-	35	25	-	10
SO_2	500	-	50	20	-	-
NO_2	200	-	40	-	-	40

Ауаның ластану деңгейін бағалау үшін Қазақстанда ШРК мәндеріне сәйкес келетін индекстер қолданылады. Ең маңыздысы - ауаның ластану индексі (API). Оны есептеу үшін әртүрлі ластаушы заттардың концентрацияларының орташа мәндеріне сәйкес ШРК-ға бөлінеді және SO_2 ШРК мәніне қатысты коэффициентпен салыстырылады . Бұл зерттеуде Қазақстан қалалары үшін API мәндері Қазақстан қалалары үшін Қазақстан Республикасының 2020 жылға арналған қоршаған ортаның жай-күйі туралы ақпараттық бюллетеньден алынды [18]. Қазақстан Республикасының табиғи ресурстарын пайдалану туралы мәліметтеріне сәйкес 1-ші тоқсандағы ластану деңгейі 2020, 2021, 2022 жылдары жоғары және 2023, 2024 жылдары өте жоғары көрсеткішті көрсеткен (Сурет-6).



Сурет 6. *2020…2024 жылдардағы 1-ші тоқсандағы ластану деңгейінің көрсеткіші*

Зерттеу көрсеткендей Қазақстанның ауадағы ластаушы заттардың деңгейінің шекті мәндері мен ауаның ластану индексі өте жоғары көрсеткіштерді көрсетіп отыр. Нәижесінде еліміздегі экономикалық орталығы Алматы ластанған қалалар қатарына

жатқызылып отыр. Осы себепті Алматы қаласы тұрғындарының тыныс алу органдары ауруларымен соңғы 5 жыл ішінде тіркелуі жиілене бастаған. Мұнда 79,7 %-ы бронхит, 5,9 %-ы инфекциялық бронхит, 6,4 %-ы пневмония, 3,4 %-ы астма, 3,2 %-ы өкпенің созылмалы аурулары және 1,4 %-ы инфекциялық емес бронхит. Ал бұл көрсеткіштер жас ерекшелігіне байланыстыда әр түрі көрсетіштерді көрсетуде (Кесте-3).

Кесте 3

ДДСҰ мен Қазақстанның ауадағы ластаушы заттардың деңгейінің шекті мәндері

№	Ауру атауы	Жас кезеңдері, %		
		Балалар 0…14 жас	Жасөспірімдер 14…18 жас	Ересектер 18-ден жоғары
1	Жедел бронхит	55,8	4,1	40,2
2	Инфекциялық бронхит	48,6	4,7	46,7
3	Инфекциялық емес бронхит	44,9	4,4	50,6
4	Өкпенің созылмалы аурулары	17,6	2,7	76,5
5	Астма	38,4	5,1	56,4
6	Өкпе қабынуы	47,3	3,9	64,6

Жоғарыда көрсетілген көрсеткіштерге негізделе отырып, адам денсаулығына әсерін азайту мақсатында, тұрақты түрде мониторнигтеу өте маңызды жаһандық мәселелерге айналып отыр. Ал бұл мақалада біз Алматы қаласы ауасын ластаушы заттардің кеңістік-уақыттық таралу өзгерістерін бақылау жүгізіу мақсатында негізгі ластаушы көздерге талдау жасадық. Экологиялық жағдайын бағалау үшін біріншіден, қаланың атмосфералық ластаушы заттар $PM_{2,5}$, PM_{10}, көміртегі тотығы (CO), азот оксиді (NO_2), азот оксиді (NO) және күкірт оксиді (SO_3) мөлшерінің шектік дәрежеден арту көрсеткіші зерделенді. Екіншіден, 2 концентрация деңгейлері 2016...2024 жылдардағы РМК «Казгидромет», AirKAZ ақпараттық база, IQAir нақты уақыт режимінде ауа сапасы туралы индекс деректері, Қазақстан Республикасының табиғи ресурстарын пайдалану туралы мәліметтерге, ай және жыл сайын шығарылатын Қазақстанның Ұлттық гидрометеорологиялық қызметінің Қазақстан Республикасы қоршаған ортасының жай-күйі туралы ақпараттық бюллетеннен алынып талдау жасалынды. Үшіншіден, қаланың экологиялық жағдайын бақылау үшін экологиялық атластар мен динамикалық карталарды құруда ArcGIS-ті бағдарламасы, ал интерактивті экологиялық карталарды құруда интернет-ресурстар Google My Maps немесе ArcGIS Online түріндегі карталарды қолдану барысы қарастырылады.

3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

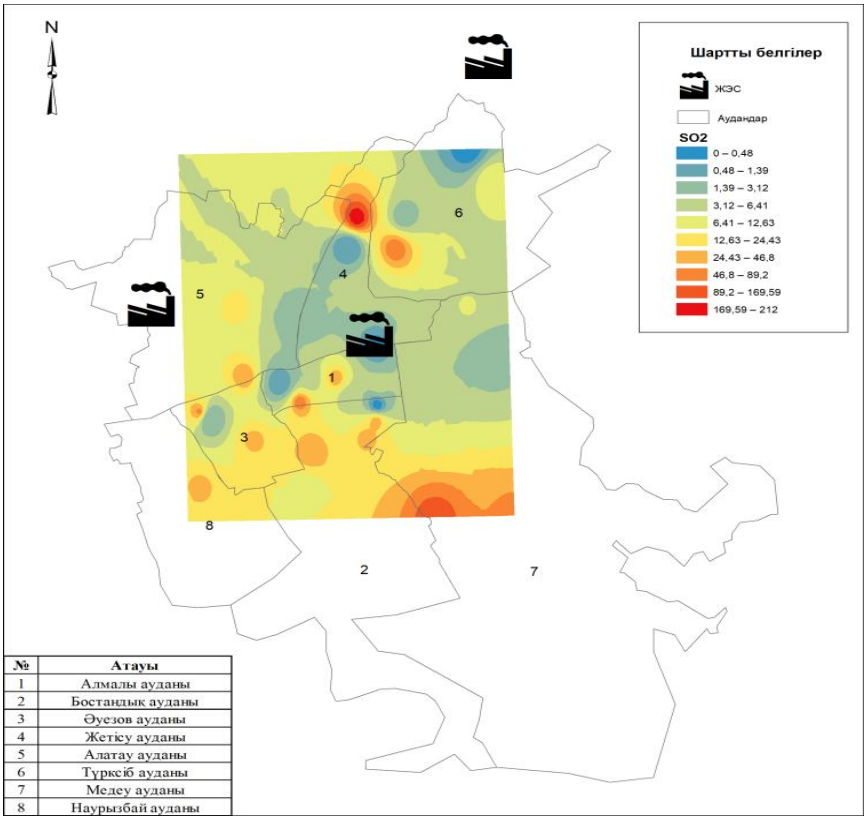
Экологиялық ортаны, экожүйесін сақтау мен қалпына келтіруде карталарды әзірлеу жобаны жүзеге асыруда туындайтын экологиялық аспектілерді талдау үшін өте маңызды, әрі олардың элементтері кеңістікте орналасуын және аймақтық ортамен байланысын нақты көрсетеді де, аналитикалық аспектіден басқа, карталар айқындық қосуға көмектесетін құбылыстарды бейнелеуде көрнекі құралы болып табылады. ГАЖ картасының қоршаған ортаны сақтау мен тұрақтылығында табиғи ресурстарды басқару, климаттың өзгеруін түсіну, қоршаған ортаның сапасын бақылау, сақтауды қолдау және тұрақты қала құрылысын жоспарлау үшін баға жетпес кеңістіктік деректерді қамтамасыз етеуді зерттейді. Ал осы мақалада ГАЖ бағдарламсын қолданып, аумақтың экологиялық жағдайлар карталарын әзірлеуді 5 кезеңге бөліп талдадық. Олар:

- зерттеу аумағын бағалау субъектісін анықтау және картографиялау;
- мақсатты тұжырымдау (міндет қою, бағалау критерийлерін таңдау);
- аумақтық шекара мен бірліктерді (жеке аудандастыру – проблемалық ареалдар), контурларды (ландшафтық телімдер, жерді пайдалану және т. б.) айқындау;
- бағалау (анықталған аумақтық бірліктерін осы субъект үшін қасиеттерінің қолайлылығы бойынша бағалау), шкалаларын әзірлеу мен бағалау жүргізу;
- картографиялық модельді, белгі жүйелерін әзірлеу, легенданы, түсіндірме мәтіндерін жобалау және т.б.

Жиналған экологиялық ақпаратты сараптау арқылы графиктерден көрі карта бетінде визуализациялаған айқын, нақты және түсінікті. Атмосфералық ауа сапасын бақылау

бекеттерінен алынған көрсеткіштерді карта бетіне шығару және интерполяциялау арқылы ауадағы әртүрлі ластаушы заттектердің негізгі ошақтары қай жер екенін нақты көруге болады.

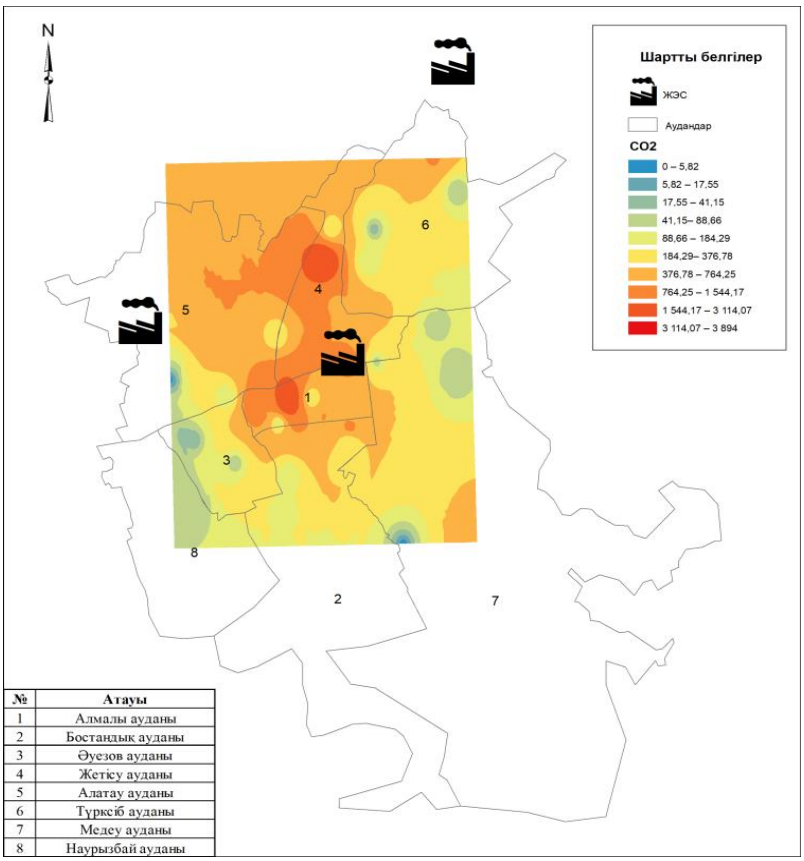
ArcGIS-ті бағдарламасында ұсынылған карталар бойынша SO_2 - өткір иісі бар түссіз газ негізінен Алмалы және Түркісіб аудандарында тіркелген. Негізгі көзі жеке үйлер немесе ЖЭО-1 болып табылады (Сурет-7).



№	Атауы
1	Алмалы ауданы
2	Бостандық ауданы
3	Әуезов ауданы
4	Жетісу ауданы
5	Алатау ауданы
6	Түркісіб ауданы
7	Медеу ауданы
8	Наурызбай ауданы

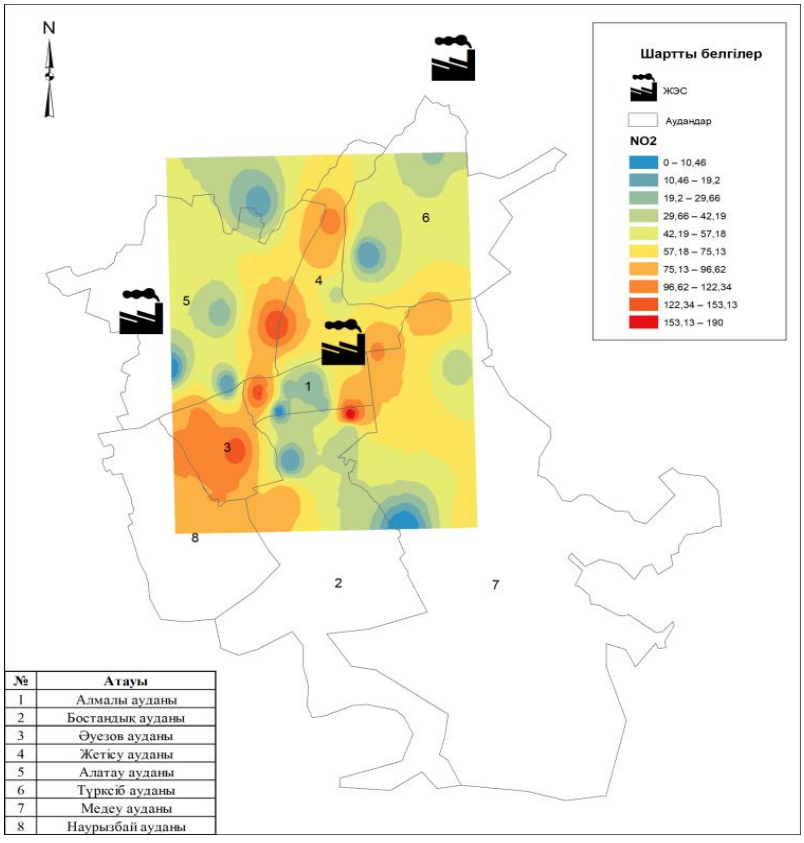
Сурет 7. *SO_2-нің көрсеткіштерінің интерполяциясы*

Ал CO_2 қаланың орталық және солтүстік бөліктерінде көп шоғырланған, бұл аумақтарда автокөлік қозғалысы жоғары деңгейде және солтүстік бөлікте ЖЭО-тары орналасқан (Сурет-8). Мұнда NO_2 – өткір жағымсыз иісі бар қызыл-қоңыр түсті улы газ негізгі шоғырланған жерлері қаланың орталық бөлігінен шеткі жақтарында, талдау мәліметтеріне сәйкес негізгі ластаушы көзі автокөлік деп тұжырымдалды (Сурет-9). Қаламыздың атмосферасындағы ұсақ шаңның PM_{10}-ның көрсеткіштері қаланың орталық және оңтүстік бөліктерінде жоғары екендігін көреміз. Бұған себеп жолдар, тұрғын үй құрылыстары және т.б. өндірістердің әсері (Сурет-10). Сонымен қатар ДДСҰ-ның ауа сапасы жөніндегі нұсқаулықтарынан бес есе артық, әрі демікпе, өкпе рагы және жүрек ауруын қоздырушы ластаушы заттек $PM_{2,5}$ көрсеткіші зерттеліп 2022 жылғы зерттелінген мәліметтерге сәйкес картасы жасалынды. Мұнда астану көрсеткіші бойынша Түркісіб, Алатау және Жетісу аудандарында өте жоғары екенін, сондай-ақ орталық аудандарға жалпылай таралғанын көруге болады. Карта бойынша қою қоңыр түспен белгіленген өте жоғары дәрежеде көрсеткен үш аудандарда түрлі өндірістік заводтар, жеке секторлық тұрғын үйлер, қалаға жан – жақтан кіретін негізгі авто жолдар және арзан, күлі көп сапасыз Екібастұз көмірін қолданатын ЖЭО 2 жылыту қазандығы орналасқан (Сурет-11). Сондықтанда ластану өте жоғары болып отыр.



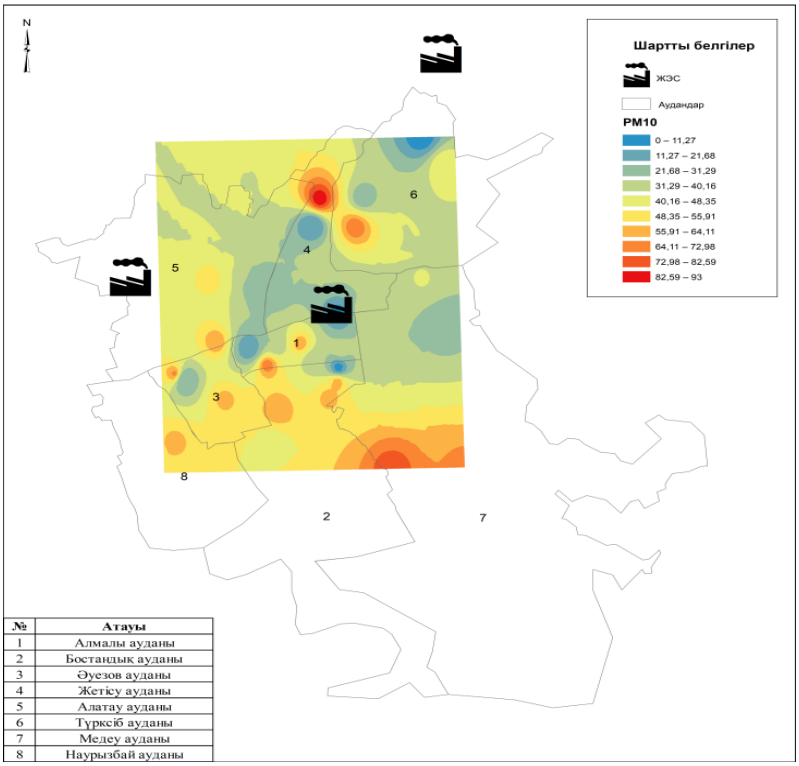
№	Атауы
1	Алмалы ауданы
2	Бостандық ауданы
3	Әуезов ауданы
4	Жетісу ауданы
5	Алатау ауданы
6	Түрксіб ауданы
7	Медеу ауданы
8	Наурызбай ауданы

Сурет 8. *CO_2-нің көрсеткіштерінің интерполяциясы*



№	Атауы
1	Алмалы ауданы
2	Бостандық ауданы
3	Әуезов ауданы
4	Жетісу ауданы
5	Алатау ауданы
6	Түрксіб ауданы
7	Медеу ауданы
8	Наурызбай ауданы

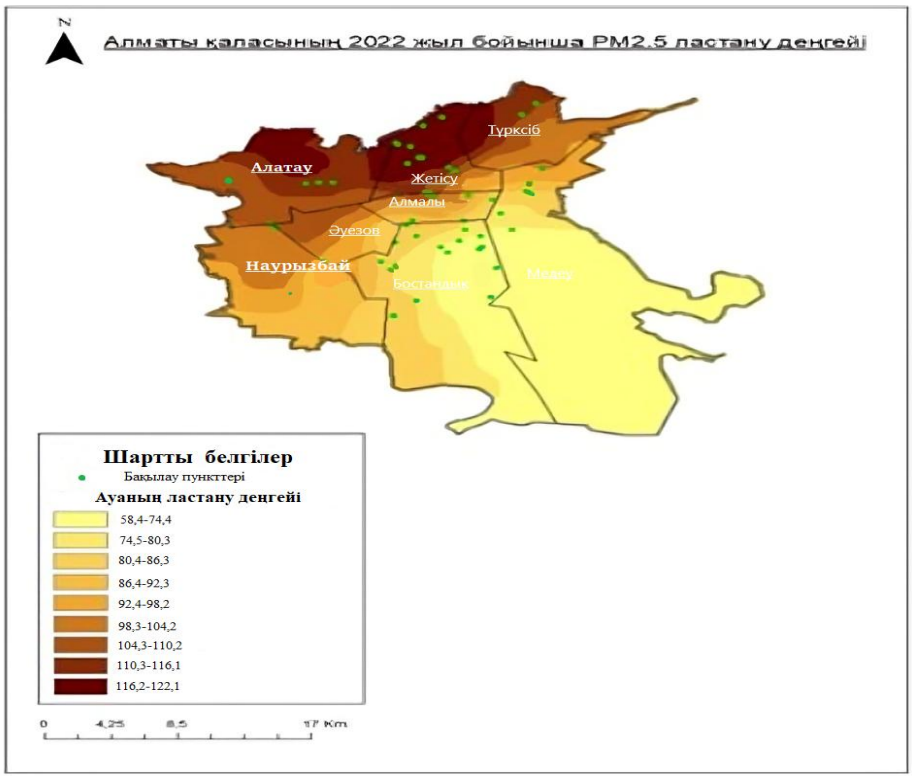
Сурет 9. *NO_2-нің көрсеткіштерінің интерполяциясы*



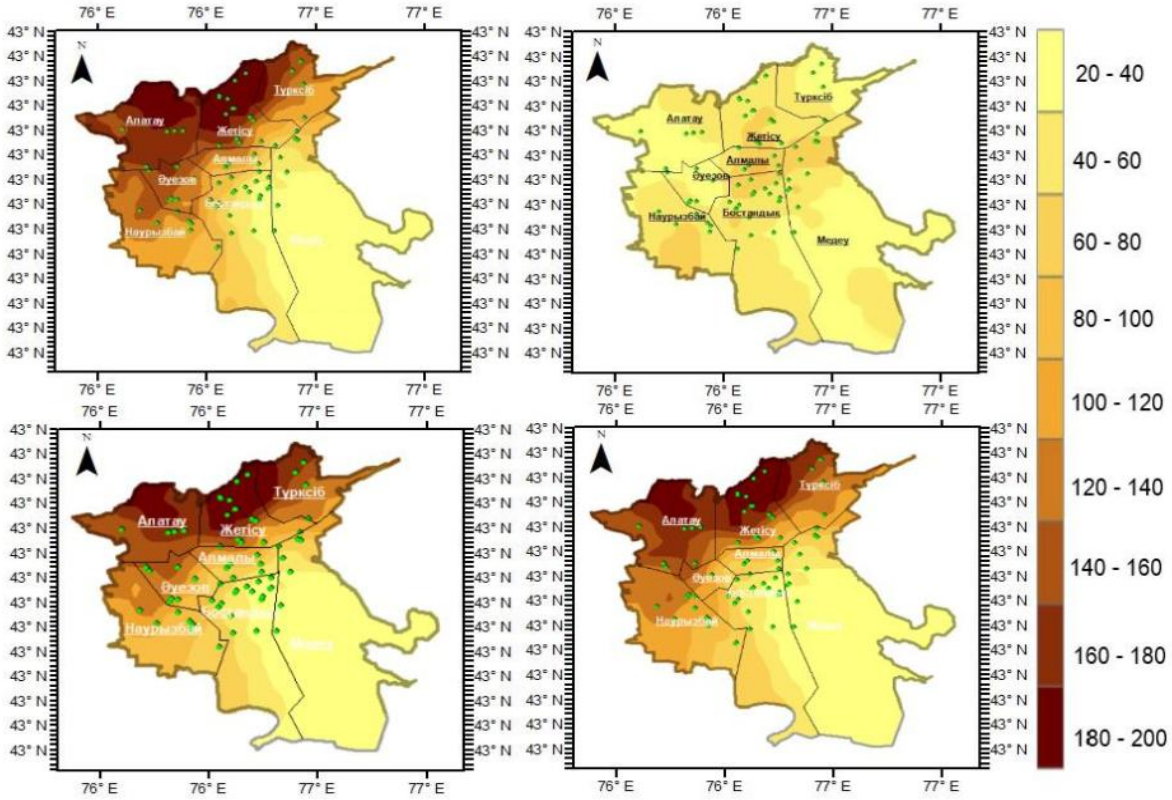
№	Атауы
1	Алмалы ауданы
2	Бостандық ауданы
3	Әуезов ауданы
4	Жетісу ауданы
5	Алатау ауданы
6	Түрксіб ауданы
7	Медеу ауданы
8	Наурызбай ауданы

Сурет 10. *PM10-ның көрсеткіштерінің интерполяциясы*

$PM_{2,5}$ – ның қаланың ауасын маусымдық ластануын және айрмашылықтарын нақтылау мақсатында 2022 жылдағы қыс, көктем, жаз және күз айларындағы ластану өзгерісінің экологиялық картасы жасалынды. Зерттеу нәтижесі бойынша қыс айларында жылыту мезгілдерінің есебінен ауадағы $PM_{2,5}$ концентрациясы көктем және жаз айларына қарағанда өте жоғары, максималды көрсеткіштерге жуық мәндерді көрсетті. Ал жаз айларында бұл көрсеткіш экологиялық таза деп айтуға болады (Сурет-12).

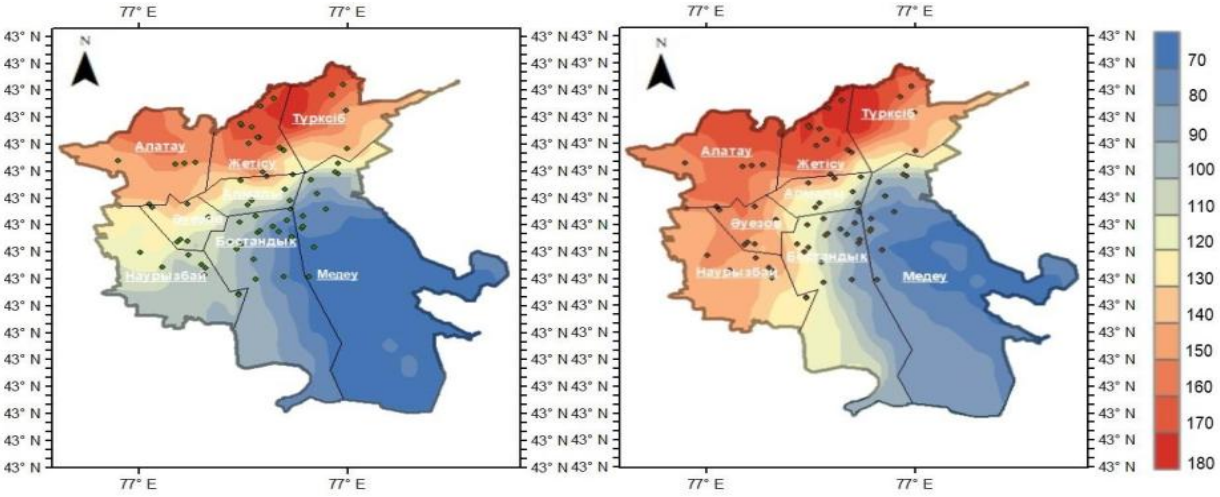


Сурет 11. *2022 жылғы Алматы қаласының $PM_{2,5}$-мен ластану картасы*

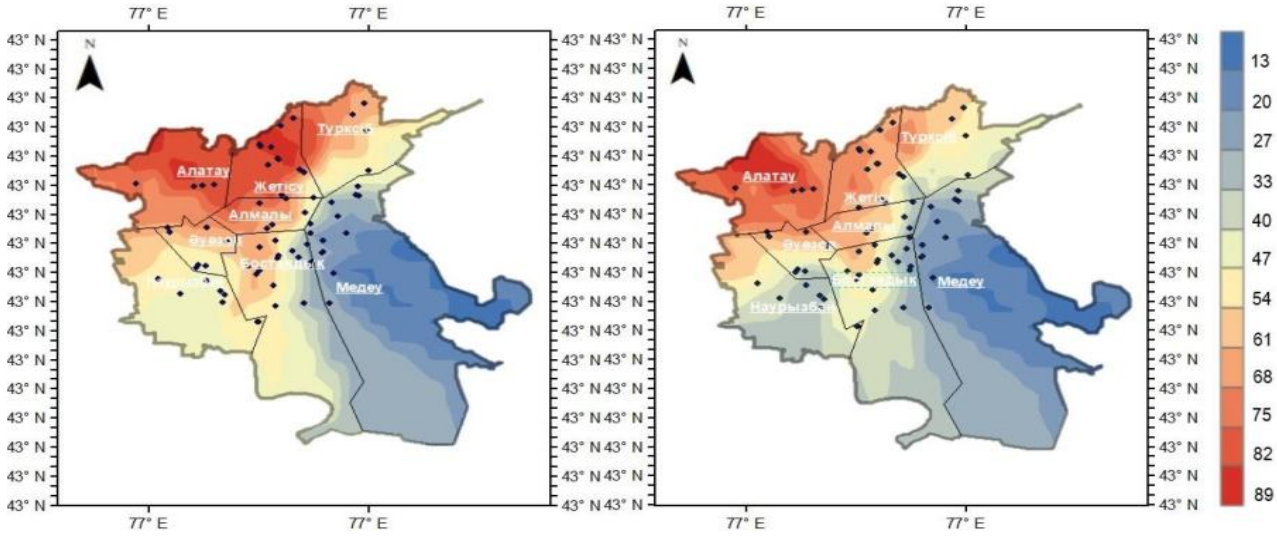


Сурет 12. *2022 жылғы Алматы қаласының қыс, көктем, жаз және күз айларындағы $PM_{2,5}$-мен ластану өзгерісінің экологиялық картасы*

Жалпы Алматы қаласы бойынша жылыту мерзімінде ауаға бөлінетін ластаушы заттардың бір күндік көрсеткіші бойынша таңғы сағат 6:00...8:00 кешкі сағат 19:00...22:00 уақыт аралығындағы 2023 жылдың 20.03 және 05.06 күндеріне зерттеу жасалынды. Мұнда 20.03 күні бойынша таңертең мен кештеде қаланың ластануы өте жоғары екендігі тіркелген. Себебі наурыз айында жылыту маусымы әлі аяқталмаған, кешкі уақытта тұрғындар үйлерінде болатындықтан (Сурет-13), осы уақытта ластану дәрежесі жоғары болып отыр. Ал наурыз айына қарағанда маусым айында Алматы қаласының экологиялық жағдайы жақсарады. Бұған себеп жылыту маусымының аяқталуы мен күлі көп көмір пештерінің жұмыс көлемінің төмендеуіне тікелей байланысты болады. Сонымен қатар жауын-шашын жиіленуі және ауаның жылуы, дегенменде Алматы қаласында ауаның ластануы осы мезгілдеде ластануы байқалып (Сурет-14).

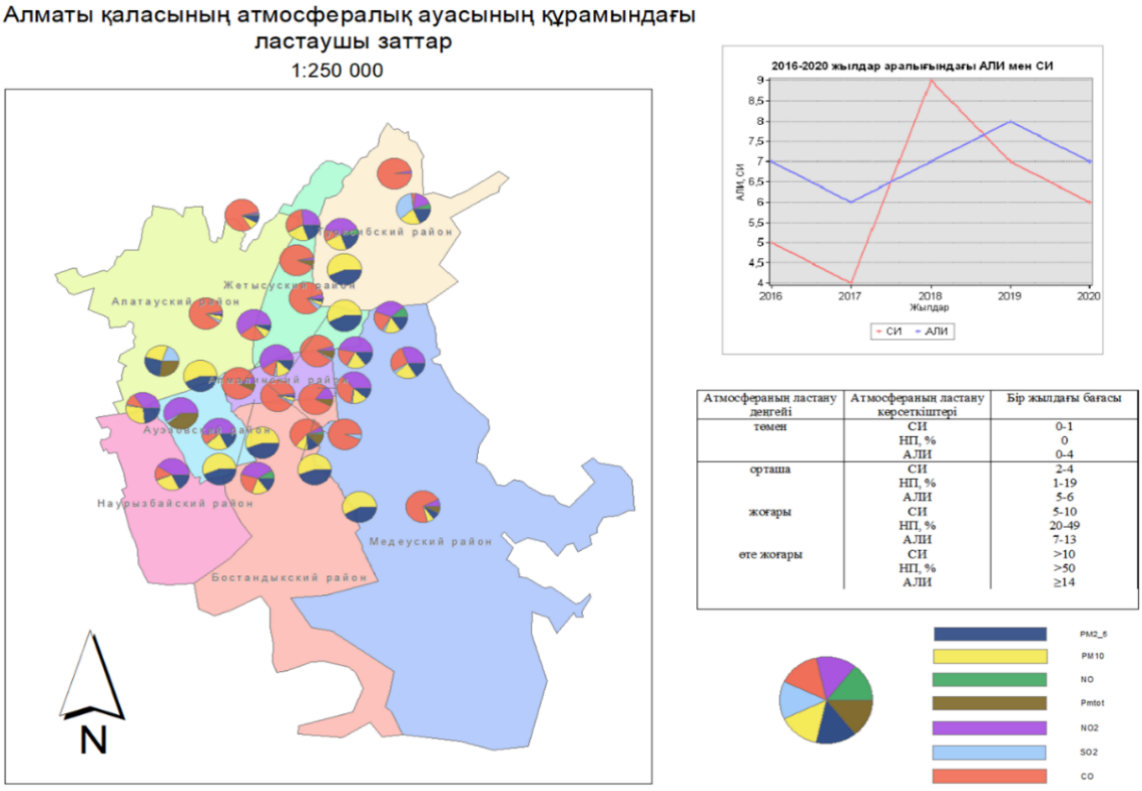


Сурет 13. *20.03.2023 жыл бойынша ластану көрсеткіші*



Сурет 14. *05.06.2023 жыл бойынша ластану көрсеткіші*

Алматы қаласының ластануын нақтырақ талдау үшін тек бір ғана элементті карта бетіне шығару жалпы ауа сапасы жайлы толық мәлімет бере алмайды. Сондықтан бекітілген пункттердегі әртүрлі элементтердің бір-бірімен салыстырғандағы пропорциялық ара-қатынасын карта бетінде диаграммалар арқылы визуализациялап нақты көруге болады. Сондай-ақ 2016...2020 жылдар аралығындағы Алматы қаласының ауа сапасының негізгі көрсеткіштері сурет-15 келтірілген. Сонымен қатар қаланың атмосфералық ауасының құрамындағы ластаушы заттар мөлшері диаграммалар, АЛИ және СИ графиктер мен АЛИ, СИ және НП ауа сапасын бағалау шкалалары шетік көрсеткіштері кесте түрінде қосылып жіктеліп 1:250 000 масштабта Алматы қаласының атмосфералық ауасының құрамындағы ластаушы заттар картасы құрастырылды.



Сурет 15. *Алматы қаласының атмосфералық ауасының құрамындағы ластаушы заттар картасы*

Сондықтан экологиялық ортаның ластануын бақылау мен уақытылы қалпына келтіру мақсатында стастикалық, РМК «Казгидромет», AirKAZ ақпараттық база, IQAir нақты уақыт режимінде ауа сапасы туралы индекс деректері және Қазақстан Республикасының табиғи ресурстарын пайдалану туралы мәліметтерін жеке жеке қарастырғанша, оларды жинақтап ГАЖ бағдарламсын қолдану арқылы карта ретінде ұсынған тиімді болып табылалды.

4. ҚОРЫТЫНДЫ

Алматы қаласының негізгі экологиялық проблемалары - атмосфералық ауада SO_2, CO_2, NO_2, $PM_{2,5}$ және PM_{10} сияқты қауіпті классқа жататын элементтерінің көп мөлшерде таралуы, қала халықтың денсаулығына кері әсерін тигізіп, халық арасында тыныс және жүйке аурулардың жаппай таралу көрсеткіші артуда, сонымен қатар жер жамылғысының, флораның, фаунаның, жер үсті және жер асты суларының жаппай ластануы өзекті мәселе болып отыр. Сондай-ақ қаланың халық санының артуы, автокөлік, ЖЭО және жеке сектордағы үйлердің сапасыз көмір жағуы және көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының шығарындылары қала халқының өмір сүруіне қиындықтар тудыруда. Сонымен қатар автокөліктің пайдаланылған газдары мен ЖЭО шығарындыларының атмосфералық ауаға әсер етуі шектен тыс артқандығы дәлелденіп, Алматы қаласының атмосфералық ауаның сапасын, қалалық экожүйелерді қорғау мен қалпына келтіру, урбанизацияланған аумақтарда адам үшін жайлы, экологиялық қауіпсіз өмір сүру ортасын құру үшін ластану дәрежесін дәл картаға түсіру мен әсерін нақты бағалау экологиялық тепе-теңдікті сақтауда жылдам, әрі нақты жобаларды дайындауға мүмкіндік береді. Қаладағы жағдайды жақсарту мақсатында ЖЭО 2 шығарындыларының санын қысқарту, оны газға ауыстыру, шығарындыларды бақылаудың озық технологияларын орнату немесе жаңа экологиялық таза электр станциялары мен жылу орталықтарын салу, ал көлік секторында жағдайды жақсарту үшін метро маршруттарын, жеке және қоғамдық көліктерді биоотынға ауыстыруды кеңейту ұсынылады. Сонымен қатар, үй шаруашылықтарында тұрғын үйлерді жылыту үшін көмірді пайдалануға біртіндеп тыйым салу қажет.

АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау – ЫЖ; деректерді басқару - СВТ; ресми талдау – ЫЖ, ЕЕБ, ЖТК; Әдістеме – ЫЖ, СВТ; Бастапқы жобаны жазу - ГБК; Шолу жазу және редакциялау – ЫЖ, ГБК.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ

Бұл мақала BR21881939 «Тау-кен металлургия кешені үшін ресурс үнемдейтін энергия өндіруші технологияларды әзірлеу және инновациялық-инжинирингтік орталық құру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жобасы бойынша орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Awe Y., Nygard J., Larssen S., Lee H., Dulal H., Kanakia R (2015). Clean air and healthy lungs Enhancing the World Bank's Approach to Air Quality Management, the World Bank, 130 p.
2 Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease, WHO Geneva, 2018, 4 p.
3 Shaddic G., Thomas M.L., Mudu, P., Ruggeri G., Gumy S. (2020) Half the world's population are exposed to increasing air pollution. npj climate and atmospheric science, Vol. 3, pp. 1–5.
4 Kerolyn S., Giulia R., Michal K, Pierpaolo M., Mazen M (2023). WHO air quality database: relevance, history and future developments. Bulletin of the World Health Organization, Vol. 101, No. 12, pp. 800 - 807. http://dx.doi.org/10.2471/BLT.23.290188
5 World Health Organization (2023). WHO ambient air quality database, 2022 update: status report. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/368432. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
6 Shaddick G., Salter JM., Peuch VH., Ruggeri G., Thomas ML., Mudu P. (2021) Global air quality: an inter-disciplinary approach to exposure assessment for burden of disease analyses. Atmosphere (Basel), Vol.12, No. 1, doi:48. 10.3390/atmos12010048
7 Iriti M., Piscitelli P., Missoni E., Miani A. (2020). Air pollution and health: the need for a medical reading of environmental monitoring data. International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol.17, 2174. doi: 10.3390/ijerph17072174.
8 Yorifuji T., Kashima S., Doi,H. (2016). Acute exposure to fine and coarse particulate matter and infant mortality in Tokyo, Japan (2002- 2013). Science of the Total Environment, 551-552, 66–72. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.211.
9 Johnston J.E., Okorn K., Van Horne Y.O., Jimenez A. (2021). Changes in neighborhood air quality after idling of an urban oil production site. Environmental Science: Processes and Impacts 23, 967–980.

10 P´etremand,R., Wild P., Cr´ez´ e C., Suarez G., Besançon S., Jouannique V., Debatisse A., Guseva Canu I. (2021). Application of the Bayesian spline method to analyze real-time measurements of ultrafine particle concentration in the Parisian subway. Environment International, 156. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106773
11 Chen R., Yang J., Chen D., Liu W.-J., Zhang C., Wang H., Li B., Xiong P., Wang B., Wang Y., (2021). Air pollution and hospital outpatient visits for conjunctivitis: a time-series analysis in Tai'an, China. Environmental Science and Pollution Research 28, 15453–15461. DOI: 10.1007/s11356-020-11762-4
12 De Fatima Andrade M., Kumar P., de Freitas E.D., Ynoue R.Y., Martins J., Martins L. D., Nogueira,T., Perez-Martinez P., de Miranda R.M., Albuquerque T. (2017). Air quality in the megacity of Sao ˜Paulo: evolution over the last 30 years and future perspectives. Atmospheric Environment, 159, 66–82.
13 Gulia S., Khanna I., Shukla K., Khare M. (2020). Ambient air pollutant monitoring and analysis protocol for low and middle-income countries: An element of comprehensive urban air quality management framework. Atmospheric Environment, 222
14 Tepanosyan G., Maghakyan N., Sahakyan L., Saghatelyan A. (2017). Heavy Metals Pollution Levels and Children Health Risk. Assessment of Yerevan Kindergartens Soils. Ecotoxicology and Environmental Safety,142, 257–265. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.013
15 Lv J., Liu Y. (2019) An integrated approach to identify quantitative sources and hazardous areas of heavy metals in soils. The Science Total Environment, 646, 19–28. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.257
16 Қазақстан климатының жай-күйі мен өзгеруі мониторингінің жыл сайынғы Бюллетені – [Электрондық ресурс]: https://www.kazhydromet.kz/en/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-i-izmeneniya-klimata-kazahstana, жүгілген күн: 20.12.2024
17 Assanov D., Zapasnyi V., Kerimray A. (2021) Air Quality and Industrial Emissions in the Cities of Kazakhstan. Atmosphere. 12, 314. https://doi.org/10.3390/atmos12030314
18 Мейрамбекқызы А. (2020). Алматы түтінге тұншығып тұр. 2-ЖЭО-н газға көшіру қала экологиясын жақсарта ма? // Портал Информбюро. – [Электрондық ресурс]: https://informburo.kz/kaz/almaty-ttnge-tnshyyp-tr-2-zheo-n-gaza-kshru-ala-ekologiyasyn-zhasarta-ma.html, жүгілген күн: 10.01.2025).
19 World Health Organization. (2024). Ambient (outdoor) air pollution // WHO. – [Электрондық ресурс]: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health жүгілген күн: 10.01.2025.

REFERENCES

1. Awe Y., Nygard J., Larssen S., Lee H., Dulal H., Kanakia R (2015). Clean air and healthy lungs Enhancing the World Bank's Approach to Air Quality Management, the World Bank, 130 p.
2. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease, WHO Geneva, 2018, 4 p.
3. Shaddic G., Thomas M.L., Mudu, P., Ruggeri G., Gumy S. (2020) Half the world's population are exposed to increasing air pollution. npj climate and atmospheric science, Vol. 3, pp. 1–5.
4. Kerolyn S., Giulia R., Michal K, Pierpaolo M., Mazen M (2023). WHO air quality database: relevance, history and future developments. Bulletin of the World Health Organization, Vol. 101, No. 12, pp. 800 - 807. http://dx.doi.org/10.2471/BLT.23.290188
5. World Health Organization (2023). WHO ambient air quality database, 2022 update: status report. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/368432. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
6. Shaddick G., Salter JM., Peuch VH., Ruggeri G., Thomas ML., Mudu P. (2021) Global air quality: an inter-disciplinary approach to exposure assessment for burden of disease analyses. Atmosphere (Basel), Vol.12, No. 1, doi:48. 10.3390/atmos12010048
7. Iriti M., Piscitelli P., Missoni E., Miani A. (2020). Air pollution and health: the need for a medical reading of environmental monitoring data. International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol.17, 2174. doi: 10.3390/ijerph17072174.
8. Yorifuji T., Kashima S., Doi,H. (2016). Acute exposure to fine and coarse particulate matter and infant mortality in Tokyo, Japan (2002- 2013). Science of the Total Environment, 551-552, 66–72. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.211.
9. Johnston J.E., Okorn K., Van Horne Y.O., Jimenez A. (2021). Changes in neighborhood air quality after idling of an urban oil production site. Environmental Science: Processes and Impacts 23, 967–980.
10. P´etremand,R., Wild P., Cr´ez´ e C., Suarez G., Besançon S., Jouannique V., Debatisse A., Guseva Canu I. (2021). Application of the Bayesian spline method to analyze real-time measurements of ultrafine particle concentration in the Parisian subway. Environment International, 156. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106773
11. Chen R., Yang J., Chen D., Liu W.-J., Zhang C., Wang H., Li B., Xiong P., Wang B., Wang Y., (2021). Air pollution and hospital outpatient visits for conjunctivitis: a time-series analysis in Tai'an, China. Environmental Science and Pollution Research 28, 15453–15461. DOI: 10.1007/s11356-020-11762-4
12. De Fatima Andrade M., Kumar P., de Freitas E.D., Ynoue R.Y., Martins J., Martins L. D., Nogueira,T., Perez-Martinez P., de Miranda R.M., Albuquerque T. (2017). Air quality in the megacity of Sao ˜Paulo: evolution over the last 30 years and future perspectives. Atmospheric Environment, 159, 66–82.
13. Gulia S., Khanna I., Shukla K., Khare M. (2020). Ambient air pollutant monitoring and analysis protocol for low and middle-income countries: An element of comprehensive urban air quality management framework. Atmospheric Environment, 222
14. Tepanosyan G., Maghakyan N., Sahakyan L., Saghatelyan A. (2017). Heavy Metals Pollution Levels and Children Health Risk. Assessment of Yerevan Kindergartens Soils. Ecotoxicology and Environmental Safety,142, 257–265. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.013
15. Lv J., Liu Y. (2019) An integrated approach to identify quantitative sources and hazardous areas of heavy metals in soils. The Science Total Environment, 646, 19–28. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.257
16. Annual Bulletin of Monitoring the State and Climate Change in Kazakhstan – [Electronic resources]: https://www.kazhydromet.kz/en/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-i-izmeneniya-klimata-kazahstana, date of access: 20.12.2024.
17. Assanov D., Zapasnyi V., Kerimray A. (2021) Air Quality and Industrial Emissions in the Cities of Kazakhstan. Atmosphere. 12, 314. https://doi.org/10.3390/atmos12030314
18. Meyrambekkyzy, A. (2020) 'Almaty tútínge túnshyǵyp túr: 2-ZhEO-n gazǵa kóshiru qala ekologiyasyn zhasarta ma?', – [Electronic resources]: https://informburo.kz/kaz/almaty-ttnge-tnshyyp-tr-2-zheo-n-gaza-kshru-ala-ekologiyasyn-zhasarta-ma.html date of access: 10.01.2025. [in Kazakh]
19. World Health Organization. (2024). Ambient (outdoor) air pollution // WHO. – [Electronic resources]: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health date of access: 10.01.2025. [in Russian]

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА ГОРОДА АЛМАТЫ

Ырысжан Жакыпбек* PhD, Еркежан Е. Бегимжанова, Гульмира Б. Кезембаева PhD,
Серик В. Турсбеков к.т.н., Женис Т. Кожаев PhD

Satbayev University, Алматы, Казахстан; y.zhakypbek@satbayev.university, y.begimzhanova@stud.satbayev.university, g.kezembayeva@gmail.com, s.tursbekov@satbayev.university, zh.kozhayev@satbayev.university
Автор корреспондент: Ырысжан Жакыпбек, y.zhakypbek@satbayev.university

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

экология
городские территории
экологическое воздействие
ТЭЦ
здоровье населения
загрязнение
карта

АБСТРАКТ

Одним из самых больших бедствий в наше время является массовое загрязнение воздуха, которое вызывает изменение климата, а также негативно влияет на здоровье населения, ускоряя рост заболеваемости и смертности. В научной статье рассматриваются вопросы увеличения численности населения г. Алматы за последние годы, загрязнения воздуха и негативного влияния на здоровье населения г. Алматы в связи с некачественным сжиганием угля автотранспортом, ТЭЦ и домами частного сектора. Выбросы угольных электростанций также создают проблемы для выживания городского населения, способствуя образованию парниковых газов, которые поднимаются в атмосферу и помогают согреть планету. Кроме того, из-за загрязнения окружающей среды в атмосферном воздухе наблюдается чрезмерное увеличение элементов, относящихся к классу риска, таких как SO_2, CO_2, NO_2, $PM_{2,5}$ и PM_{10}, что приводит к увеличению заболеваемости бронхитом, инфекционным бронхитом, пневмонией и хроническими заболеваниями легких в среде населения. Проанализированы и изучены уровни воздействия выхлопных газов автотранспорта и выбросов ТЭЦ на атмосферный воздух. На основе статистических данных города за 2016...2024 годы составлены экологические карты по точным картированию степени загрязнения и точной оценке влияния города на внедрение мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха города Алматы, защите и восстановлению городских экосистем, созданию и поддержанию комфортной, экологически безопасной среды обитания для человека на урбанизированных территориях. Эти карты позволяют разрабатывать решения по снижению антропогенного воздействия урбанизации на природную среду и готовить быстрые и конкретные проекты по поддержанию экологического баланса.

По статье:
Получено: 27.01.2025
Пересмотрено: 16.03.2025
Принято: 27.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

CARTOGRAPHIC ANALYSIS OF SPATIAL AND TEMPORAL CHANGES IN AIR POLLUTANTS IN ALMATY

Yryszhan Zhakypbek* PhD, Yerkezhan Begimzhanova, Gulmira Kezembaeva PhD,
Serik Tursbekov candidate of technical sciences, Zhenis Kozhayev PhD

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; y.zhakypbek@satbayev.university, y.begimzhanova@stud.satbayev.university, g.kezembayeva@gmail.com , s.tursbekov@satbayev.university, zh.kozhayev@satbayev.university
Corresponding author: Yryszhan Zhakypbek, y.zhakypbek@satbayev.university

KEY WORDS

ecology
urban areas
environmental impact
thermal power plants
public health

ABSTRACT

One of the biggest problems in our time is mass air pollution, which leads to climate change, as well as negatively impact public health, accelerating the growth of morbidity and mortality. The scientific article examines the issues of population growth of Almaty in recent years, air pollution, and its negative impact on the health of Almaty's residents due to low-quality coal burning in thermal power plants, private

pollution
map

sector homes, and emissions from motor vehicles. Emissions from coal-fired power plants also contribute to the formation of greenhouse gases that rise into the atmosphere and warm the planet, posing challenges for the urban population. Additionally, due to environmental pollution, an excessive increase in pollutants such as SO_2, CO_2, NO_2, $PM_{2,5}$, and PM_{10} in the air has been observed, leading to a rise in the incidence of bronchitis, infectious bronchitis, pneumonia, and chronic lung diseases among the population. The levels of exposure of car exhaust gases and emissions from thermal power plants were analyzed and studied. Based on statistical data from 2016 to 2024, precise maps of pollution levels and an accurate assessment of city's impact on the implementation of measures to improve air quality in Almaty were compiled. These efforts include protecting and restoring urban ecosystems, creating and maintaining a comfortable and environmentally save living environment for people in urbanized areas. These maps enable the development of solutions to reduce the anthropogenic impact of urbanization on the natural environment and facilitate the preparation of swift and specific projects to preserve environmental balance.

About article:
Received: 27.01.2025
Revised: 16.03.2025
Accepted: 27.03.2025
Published: 01.04.2025

Баспагердің ескертпесі: барлық жарияланымдардағы мәлімдемелер, пікірлер мен деректер «Гидрометеорология и экология» журналына және/немесе редакторға(ларға) емес, тек авторға(ларға) тиесілі.

Гидрометеорология и экология

Scientific article

CURRENT ECO-GEOMORPHOLOGICAL CONDITION OF THE ZHAIYK RIVER BASIN

Sabina T. Toxanbayeva PhD

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; sabina.toksanbaeva@mail.ru
Corresponding author: Sabina T. Toxanbayeva, sabina.toksanbaeva@mail.ru

KEY WORDS

Zhaiyk river basin
ecogeomorphology
anthropogenic impact
climate change
geological and lithological features

ABSTRACT

Human economic activity plays a key role in shaping the modern landscape. To maintain high environmental quality, protect nature, and ensure the rational use of natural resources, it is essential to comprehensively consider all types of anthropogenic changes, both direct and indirect. In this regard, the study of ecogeomorphogenesis under conditions of climate change and anthropogenic impact is becoming particularly significant, making it one of the most important tasks for maintaining the sustainable state of the natural environment. In this context, the objective of this study was to investigate ecogeomorphogenesis within the basin of the Zhayyk River, specifically analyzing its current state with regard to anthropogenic influence to better understand the processes of formation and transformation of the ecogeomorphological condition of the study area. The Zhayyk River basin is a complex natural system whose formation and development are determined by the interaction of geomorphological, hydrological, and ecological processes. Under the conditions of a changing climate and increasing anthropogenic impact, significant transformations in the relief, riverbed processes, and hydrological characteristics of the river are being observed. This article examines the current ecogeomorphological state of the Zhayyk River basin. Recommendations are provided for the sustainable management of the river basin's natural resources, including measures to mitigate negative environmental impacts and develop strategies for adapting to changing climatic conditions.

1. INTRODUCTION

Ecogeomorphogenesis, also known as ecological geomorphology, is one of the branches of applied geomorphology and a relatively young scientific discipline. Its emergence is associated with the need to study problems arising in the process of preserving life on Earth. As early as the mid-1860s, scientists noticed the rapid disappearance of rare species of flora and fauna in various regions of the world, raising concerns about the threat to the future of human civilization. These factors served as a stimulus for the formation and development of the science of ecogeomorphogenesis [1...2].

This field of study examines the structure, formation processes, historical development, and current dynamic state of relief. It is closely related to anthropogenic morphogenesis, which encompasses a set of phenomena and processes resulting from human economic activity that lead to changes in natural landforms. In other words, anthropogenic influence on the environment continues to intensify, affecting an increasing number of aspects of natural systems [3...4].

Many researchers have studied the territory of the Pre-Caspian Tectonic Depression. Numerous monographs, specialized collections, and a large number of scientific articles and conference abstracts have been devoted to these issues.

The study of the geological structure – specifically, the sequence of rock formation, their thickness and spatial arrangement, the development of geological structures, and their changes under the influence of tectonic movements and geological history – has been carried out by scientists from various fields, resulting in numerous collections, books, and monographs.

James Hutton is considered the founder of modern geology, having proposed the principle of actualism. Charles Lyell further developed these ideas and laid the foundations of stratigraphy. Significant contributions to the study of tectonic structures were made by Alexander Kropotkin and

About article:
Received: 17.02.2025
Revised: 26.03.2025
Accepted: 26.03.2025
Published: 01.04.2025

For citation :
Toxanbayeva S. Current eco-geomorphological condition of the Zhaiyk river basin // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 132-138.

Vladimir Obruchev, who explored the geology of Siberia and Central Asia. Later, Alfred Wegener proposed the theory of continental drift, which eventually led to the development of plate tectonics. In the 20th century, Harry Hess and John Wilson explained the mechanisms of lithospheric plate movement. Today, geological research continues in leading scientific institutions such as the United States Geological Survey (USGS) and the Russian Academy of Sciences (RAS) [5...7].

The West Kazakhstan region has attracted the attention of many geologists who have made significant contributions to the study of its geological structure and mineral resources. Among them is Muftakh Diarovich, who investigated the geology and geochemistry of halogenic formations in western Kazakhstan, establishing patterns in the formation and distribution of mineral deposits in the Pre-Caspian Depression and the Southern Pre-Ural Trough [8...10].

Specialists from the West Kazakhstan Geological Administration (ZKGU) have played an important role in geological and geophysical research in the region, particularly in the exploration and prospecting of oil and gas fields.

The objective of this study is to analyze the ecogeomorphological state of the Zhayyk River basin and identify the main factors influencing terrain transformation.

The article examines the types of modern processes occurring in the Zhayyk River basin. Exogenous factors play a major role in shaping the contemporary landscape. The most widespread processes within the territory include physical weathering, debris formation, karst processes, takyr (clay flat) formation, and aeolian (wind-driven) processes.

2. MATERIALS AND METHODS

As research material, cartographic and textual data on the geology and morphology of the Zhayyk River basin from the modern period were used.

In the study of the ecogeomorphological state of the Zhayyk River basin, the following methods were applied:

Cartographic analysis – the use of topographic and geomorphological maps to identify changes in the relief.

Statistical analysis – processing of long-term data on climate, river flow, and relief dynamics.

Geographical and descriptive methods – conducting fieldwork and descriptive studies, during which research materials were obtained.

The object of study is the Zhayyk River basin, as it is an important natural entity influenced by both natural and anthropogenic factors. In recent decades, significant changes in geomorphological processes have been observed, caused by climate change, anthropogenic impact, and intensive economic development of the territory.

Through the application of the above-mentioned methods, this study has examined the main characteristics and the current state of the ecogeomorphogenesis of the Zhayyk River basin.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In tectonic terms, the West Kazakhstan region is associated with the northern part of the Pre-Caspian Depression, which is located in the southeast of the East European Platform. Due to its spatial position, morphology, and development history, it is classified as a syneclise. The northern boundary of the Pre-Caspian Depression is marked by the Zhadyovsky Escarpment, which is geologically defined by the Tokarev regional fault. The Pre-Caspian Depression represents a depression of the Russian Platform, filled with Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic deposits and complicated by numerous salt domes. It is one of the world’s largest salt-bearing basins, characterized by extensively developed salt-dome tectonics. The depression is expressed in the relief as a lowland area. The crystalline basement dates back to the Precambrian [11].

The sedimentary cover of the depression is divided into three complexes:

Subsalt complex, which includes rocks older than the Kungurian stage of the Lower Permian.

Salt-bearing complex, containing extensive halogenic deposits.

Supersalt complex, consisting of Upper Permian, Mesozoic, and Cenozoic formations.

The geomorphological and tectonic features of the Pre-Caspian Depression are interconnected. The study area is characterized by recent tectonic uplifts and subsidence, which are

expressed in the relief (e.g., the Zhanybek-Urda and Malouzensk uplifts, the Ashiozek Depression, and the Furmanov-Zhangalin subsidence zone).

Salt tectonics is one of the most distinctive features of the geological structure of the depression. In 1953, Yu.A. Meshcheryakov conducted research that provided data on the mobility of salt-dome structures in the northern Pre-Caspian region, leading to the creation of a scheme of recent tectonics for this area [12].

In the study region, the intensity of vertical movements of the Earth's crust increases both westward and eastward from the Zhayyk River valley. In the Pre-Caspian Lowland, within the valleys of the Bolshoy and Maly Uzen rivers and the Ashiozek River, the uplift rate of the Earth's crust reaches 2 mm per year. In the western part of the Podural Plateau, vertical movements also range from 0 to 2 mm per year, while in the eastern part, subsidence of up to 2 mm per year is observed. In the Obshchy Syrt area, crustal uplift increases from 2 mm per year to 4 mm per year. North of the Kushum River, the Zhayyk River valley experiences uplift up to 4 mm per year, whereas south of this section, crustal subsidence reaches 2 mm per year [13].

The oldest deposits penetrated by drilling are from the Devonian period. Paleozoic (PZ) deposits correspond to Devonian, Carboniferous, and Permian formations.

Devonian (D) deposits are found only in the marginal zones of the Pre-Caspian Depression at depths exceeding 3,000 meters, consisting mainly of carbonate formations with interbeds of terrigenous deposits in the lower sections.

Carboniferous (C) deposits are found in the marginal zones of the Pre-Caspian Depression and consist of limestones with interbeds of dolomites and argillites. The total thickness of Carboniferous deposits reaches 2,200 meters or more.

Permian (P) deposits outcrop on breached salt domes but generally occur at great depths (up to 5 km). In the northern Pre-Caspian region, they are found at depths of 2.5 km, whereas in the central part, geophysical data indicate burial depths of up to 8 km.

Permian deposits are divided into two sequences:

Lower Permian (P1) includes Asselian, Sakmarian, Artinskian, and Kungurian stages, represented by limestones with interbeds of anhydrite, gypsum, calcite, dolomite, and argillites. The maximum thickness of the Lower Permian pre-Kungurian deposits does not exceed 270 meters.

Upper Permian (P2) deposits are rarely exposed at the surface and are widespread in the southern part of the region. The lower part consists of marine and lagoonal clay-carbonate rocks, while the upper section is predominantly composed of red and variegated continental sand-clay sediments [14].

Mesozoic (MZ) deposits include Triassic, Jurassic, and Cretaceous formations. In the region, Lower Triassic deposits are exposed at the surface.

Lower Triassic deposits are represented by red-colored sand-clay formations, found in the Chagan River basin and in the crests of some salt domes. They primarily consist of red-colored siltstones, argillites, clays, sandstones, limestones, and marls, with a thickness ranging from 560 to 1,000 meters.

Jurassic deposits are exposed in small areas of the Podural Plateau and the Pre-Caspian Lowland, where they are mainly associated with salt domes. Borehole data indicate their widespread distribution across the Pre-Caspian Depression. These formations consist of alternating sand and clay layers, with thicknesses reaching up to 1,040 meters.

Lower Cretaceous (K1) deposits are divided into two main sequences: a predominantly clay-rich layer and a predominantly sandy layer. These deposits consist of clays, quartz-glauconitic sands, siltstones, argillites, and sandstones. Their thickness reaches up to 100 meters [15].

Cenozoic (KZ) deposits are widespread throughout the region and include formations from the Paleogene, Neogene, and Quaternary periods.

Paleogene deposits are widely distributed in the Pre-Caspian Depression, found in the Obshchy Syrt, the Podural Plateau, and the eastern part of the Pre-Caspian Lowland. These formations include deposits from the Paleocene, Eocene, and Oligocene. Paleocene sediments are entirely marine, whereas Eocene and Oligocene deposits contain both marine and continental facies. The total thickness reaches 200 meters.



Figure 1. *The Cretaceous remnant and the slopes of the Cretaceous remnant*

Geomorphological features:

The geomorphology of the West Kazakhstan region is diverse. Studies by Veselovoy and Geldeeva (1992) classified the region's horizontal and vertical dissection. The Pre-Caspian Lowland is characterized by a weakly dissected accumulative plain with low relief intensity. The average horizontal dissection is 25 km, increasing in the western lowland near salt domes.

The terrain includes five major geomorphological regions:

The western part of the Podural Plateau.

The southern part of the Obshchy Syrt upland.

The Pre-Syrt Escarpment.

The northern part of the Pre-Caspian Lowland.

The middle course of the Zhayyk River valley.

The highest point in the northeast of the region is 279 meters, while elevations decrease southwestward to -15 meters.

In the Pre-Caspian Lowland, the interfluve between the Zhayyk and Volga rivers has a general northwest-southeast inclination, while the left bank of the Zhayyk slopes northeast-southwest, leading to the river valley.

The Obshchy Syrt extends into the region only with its southern spurs, forming a structurally elevated plateau. Absolute elevations reach 80...150 meters, with isolated hills exceeding 200...250 meters. The largest valleys include those of the Chagan and Derkul rivers.

To the east of the region, sand massifs are found in the lower reaches of the Kaldygayty and Zhaksibay rivers. The landscape is dissected by meandering, shallow channels and ancient depressions, varying in depth from 1 to 3 meters with gently sloping sides. The key elements of the interfluve terrain are depressions and elevated areas between them.

4. CONCLUSION

The Late Khvalynian Plain is located below zero elevation marks, where weakly expressed shoreline ridges and dry deltas are partially preserved, with less dissection than the Early Khvalynian Plain, particularly in areas where the deposits have a clayey composition. In sections with sandy deposits, the surface has undergone and continues to undergo significant aeolian reworking. A rather narrow, northernmost part of the plain extends into the region.

To the west, the Urda Sand Massif borders a vast erosion-tectonic depression known as Khaki. Further east, almost reaching the Zhayyk River, stretch the Volga-Ural sand massifs. The northern part of the Volga-Ural Sands is interrupted by the erosion-tectonic depression of the Kamysh-Samara Lakes, which serves as a discharge area for floodwaters from the Uzen rivers. This depression is a vast lowland, complicated by a system of lakes of varying size and shape, interconnected by channels. In summer, most of these lakes dry up, leaving salt deposits on their surface. On the left bank of the Late Khvalynian Plain, a massif of sharply defined ridges and hummocks with relative heights of 10...20 meters stands out.

The Zhayyk River valley in the northern part of the area is quite wide. Between the villages of Kushum and Chapaevo, where the Kushum River branches off from the Zhayyk, the valley reaches a width of 45 km. South of Chapaevo, as it approaches the Inder Uplift, the Zhayyk valley narrows from 20 km to 10 km. North of the village of Antonovo, another deltaic branching occurs, with the main channel being the Bagyrday River.

Terrace formations are developed on the slopes of the Zhayyk River valley. Upstream from the mouth of the Utva River tributary, a series of four terraces of the Zhayyk River can be observed, while downstream, only two terraces remain. The first terrace (relative height of 6...12 meters) and the second terrace (relative height of 12...14 meters) are well-defined and wide on the right bank of the Zhayyk. The first terrace is dissected by a sparse network of abandoned channels, while the second terrace has a smoother surface, particularly near the river, becoming sandier and, in some places, loamier as it extends further away. The slopes of the Zhayyk valley are shaped by erosion. In the northern section, ravines are deeply incised, often reaching groundwater levels, and are covered with forest. The terrace surfaces, especially the upper one, exhibit microrelief features such as burrow mounds, micro-slopes, micro-depressions, and steppe depressions.

The floodplain of the Zhayyk within the Pre-Syrt Escarpment reaches a width of 4...6 km, while in the Pre-Caspian Lowland, its width varies from 2...3 km to 8...10 km. As with the valley as a whole, the floodplain narrows southward. It is separated from the upper terraces by a ledge 4...6 meters high. The floodplain surface is deeply dissected by a network of narrow channels and is dotted with oxbow lakes and small floodplain lakes.

The Zhayyk River is the second-largest river to enter the Caspian Sea after the Volga. In its northern section, it flows in a sublatitudinal direction, while south of Uralsk, it follows a meridional course. The river flows through loose Pliocene and Quaternary deposits, originating from the Obshchy Syrt and Podural Plateau, passing through the Pre-Syrt Escarpment, and finally entering the young Pre-Caspian Lowland.

DATA AVAILABILITY

The data used in this study were obtained by the authors from open and paid sources.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Development of the concept and methodology, creating software, conducting statistical analysis, conducting a research, resources, preparing and editing the text, visualization – TS

REFERENCES

1. Amelchenko V., Galimov M., Ramazanov S., Tereshchenko T., Kabdulova G., Cherevatova T. Geographiya Zapadno-Kazahstanskoi oblasti [Geography of the West Kazakhstan region]. Uralsk, Kazakhstan, 2006.
2. Chibilev A. Reka Ural (Istriko-geographicheskiye I ecologicheskie ocherki o basseine reki Ural) [The Ural River (Historical, Geographical and Ecological Essays on the Ural River Basin)]. Leningrad Gidrometeoizdat, Russia, 1987.
3. Chibilev A. Bassein Urala: istoriya, geographiya, ecologiya [The Urals basin: history, geography, ecology]. Yekaterinburg SV-96, Russia, 2008.
4. Darbayeva T., Ramazanova N., Chashina B., Berdenov,Zh., Mendybayev E., Wend J.A., Atasoy E. (2020). Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using Rusle and GIS tools. Journal of Environmental Biology, Vol.41, pp. 396-404. http://doi.org/10.22438/jeb/41/2(SI)/JEB-18
5. Petrenko A., Dzhubanov A., Fartushina M., Chernyshev D., Tubetov Zh. Zelenaya kniga Zapadno-Kazahstanskoi oblasti [Green Book of the West Kazakhstan region]. Uralsk: Publishing house RIO ZKGU, Kazakhstan, 2001.
6. Ramazanov S. (2009). Formirovanie ekologicheskogo karkasa Zapadno-Kazahstanskoi oblasti [Formation of the ecological framework of the West Kazakhstan region]. Problems of regional ecology, Vol. 2, pp. 152-158.
7. Ramazanov S. Pripoda, naseleniye i hozyaistvo Zapadno-Kazahstanskoi oblasti [Nature, population and economy of the West Kazakhstan region]. Uralsk, Kazakhstan, 1998.
8. Ramazanov S. Uzly ecologicheskogo karkasa Zapadno-Kazahstanskoi oblasti i ih rol' v sohranenii biologicheskogo i landshaftnogo raznoobraziya [The nodes of the ecological frame of the West Kazakhstan region and their role in the preservation of biological and landscape diversity]. Ecological problems of protected territories in Russia. Togliatti, Russia, 2003.
9. Ramazanova N., Berdenov Z.H., Ramazanov S., Kazangapova N., Romanova S., Toksanbaev, S., Wendt J. ((2019). Landscape-geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Vol. 4, pp. 33-41.
10. Yegorova E., Motrich O. (2010). Metodika otsenki prirodnogo turistsko rekreatsionnogo potentsiala regiona [Methodology for assessing the natural tourist and recreational potential of the region]. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. (Regional economy: theory and practice), 43 (178).
11. Phizicheskaya geographiay Kazahstana [Physical geography of Kazakhstan] / edited by Vileso, E., Naumenko A., Veselova L., Aubekerov B. - Almaty: Kazakh University, Kazakhstan, 2006.
12. Akiyanova F.Zh., N.I. Vasilchenko (2015). Soil erosion and deflation processes in the Akmola region in the conditions of agglomeration development of the region In: Ecosystems of Central Asia in modern conditions of social and economic development. UlanUde, pp. 372–376.
13. Salesa D., Cerdà A. (2020). Soil erosion on mountain trails as a consequence of recreational activities. A comprehensive review of the scientific literature. Journal of Environmental Management, 271. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110990

14. Darbayeva T., Ramazanova,N., Chashina B., Berdenov Z.G., Mendybayev E., Wendt J., Atasoy E. (2020). Modeling soil erosion in the Chagan River basin of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools. Journal of Environmental Biology, Vol. 41, pp. 396-404. https://doi.org/10.22438/jeb/41/2/(SI)/JEB-18
15. National Atlas of the Republic of Kazakhstan/ edited by A.R. Medeu et al., Almaty, 2010, Vol. 1, 149 p.

ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЭКОГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

Сабина Т. Токсанбаева PhD

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, sabina.toksanbaeva@mail.ru
Автор корреспондент: Сабина Т. Токсанбаева, sabina.toksanbaeva@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

Жайық өзенінің алабы
экогеоморфология
антропогендік әсер
климаттың өзгеруі
геологиялық-литологиялық ерекшеліктер

Мақал жайында:
Жіберілді: 17.02.2025
Қайта қаралды: 26.03.2025
Қабылданды: 26.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Адамның шаруашылық қызметі қазіргі ландшафттың қалыптасуында маңызды рөл атқарады. Қоршаған ортаның жоғары экологиялық сапасын сақтау, табиғатты қорғау және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану үшін барлық техногендік өзгерістерді, тікелей және жанама әсерлерін кешенді түрде ескеру қажет. Осыған байланысты климаттық өзгерістер мен антропогендік ықпал жағдайында экогеоморфогенезді зерттеу ерекше маңызға ие болып, табиғи ортаның тұрақты жағдайын сақтау бойынша ең маңызды міндеттердің біріне айналуда. Осы зерттеудің мақсаты – Жайық өзені алабындағы экогеоморфогенезді зерттеу, атап айтқанда, антропогендік әсерді ескере отырып, қазіргі жағдайды талдау және зерттелетін аумақтағы экогеоморфологиялық жағдайдың қалыптасу және трансформациялану процестерін толығырақ ашу. Жайық өзенінің алабы – геоморфологиялық, гидрологиялық және экологиялық үдерістердің өзара әрекеттесуі нәтижесінде қалыптасқан күрделі табиғи жүйе. Өзгеріп жатқан климат және өсіп келе жатқан антропогендік әсер жағдайында жер бедері, арналық процестер және өзеннің гидрологиялық сипаттамалары айтарлықтай трансформацияға ұшырауда. Мақалада Жайық өзені алабының қазіргі экогеоморфологиялық жағдайы қарастырылады. Жайық өзені алабындағы табиғи ресурстарды тұрақты басқару бойынша ұсыныстар беріліп, экожүйеге теріс әсерді азайту және климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын әзірлеу шаралары ұсынылады.

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК

Сабина Т. Токсанбаева PhD

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, sabina.toksanbaeva@mail.ru
Автор корреспондент: Сабина Т. Токсанбаева, sabina.toksanbaeva@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

бассейн реки Жайык
экогеоморфология
антропогенное воздействие
изменение климата
геолого-литологические особенности

АБСТРАКТ

Хозяйственная деятельность человека играет ключевую роль в формировании современного ландшафта. Для сохранения высокого экологического качества окружающей среды, защиты природы и рационального использования природных ресурсов необходимо комплексно учитывать все виды техногенных изменений, как прямые, так и косвенные. В связи с этим изучение экогеоморфогенеза в условиях климатических изменений и антропогенного влияния приобретает особую значимость, становясь одной из важнейших задач для поддержания устойчивого состояния природной среды. В этой связи целью данной работы стало исследование экогеоморфогенеза в пределах бассейна реки Жайык, а именно анализ текущего состояния с учетом антропогенного воздействия для более полного раскрытия процессов формирования и трансформации экогеоморфологического состояния исследуемой территории. Бассейн реки Жайык представляет собой сложную природную систему, формирование и развитие которой обусловлены взаимодействием геоморфологических,

По статье:
Получено: 17.02.2025
Пересмотрено: 26.03.2025
Принято: 26.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

гидрологических и экологических процессов. В условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия наблюдаются значительные трансформации рельефа, русловых процессов и гидрологических характеристик реки. В статье рассматриваются современное экогеоморфологическое состояния бассейна реки Жайык. Приводятся рекомендации по устойчивому управлению природными ресурсами бассейна реки Жайык, включая меры по снижению негативного воздействия на экосистему и разработку стратегий адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).

Гидрометеорология и экология

Scientific article

IMPORTANCE OF LANDSCAPE DIVERSITY IN HYDROLOGY (ON THE EXAMPLE OF EAST KAZAKHSTAN REGION)

Saltanat Sadvakassova[1,2*] candidate of geographical sciences, Ayazhan Shynybek[1], Yerbolat Mukanov PhD[1], Jan A. Wendt[3] doctor of geographical sciences, Tangal Tursynova[1] candidate of pedagogical sciences

[1] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; saltik81@mail.ru (SS), ayazhan_shynybek@mail.ru (ASh), Yerbolat20.01.1981@gmail.com (YeM), tangaltt@mail.ru (TT)
[2] Information and Analytical Center for Water Resources, Astana, Kazakhstan; saltik81@mail.ru (SS)
[3] Institute of Socio-Economic Geography and Spatial Management, University of Gdańsk, Gdańsk, Poland.; jan.wendt@ug.edu.pl (JW)
Corresponding author: Saltanat Sadvakassova, saltik81@mail.ru

KEY WORDS

landscape diversity
water regime
flow size
water content
flow variability
landscape hydrological system
uniqueness
relative richness
complexity indices

ABSTRACT

The article examines the diversity of landscapes in terms of the importance of studying nature and ecosystems. In general, landscape diversity encompasses components of bio and ecosystems, affecting their stability and change. The use of geographic information systems (GIS) to assess landscape diversity helps to determine the quantitative and qualitative results of spatial and temporal changes in the natural environment. In addition, the article shows the relationship between landscape diversity and water bodies. This is because water resources play a key role in shaping landscapes, their structure and functions. The landscape diversity of the study area was assessed using a number of indices: uniqueness, relative richness, landscape mosaic, landscape complexity, landscape fragmentation and entropic dimension of landscape complexity (Shannon index). These indicators help identify areas of low geographic and hydrological potential using quantitative data obtained from them, and plan various preventive measures.

About article:
Received: 17.02.2025
Revised: 28.02.2025
Accepted: 28.03.2025
Published: 01.04.2025

For citation:
Sadvakassova S., Shynybek A., Mukanov Ye., Wendt J.A. Importance of landscape diversity in hydrology (on the example of East Kazakhstan region) // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 139-147.

1. INTRODUCTION

At the beginning of the twentieth century, scientists studying nature and its components came to the need to consider objects of study as systems, that is, the totality of certain components that are naturally [1] interconnected and other components that resulting to new properties [2].

In recent years, due to the increased anthropogenic impact on the environment, the volume of bio- and ecodiversity in the natural environment has begun to decline. The impact of anthropogenic load was reflected not only on the state of the surrounding environment, but also on the pollution of water bodies [2].

In connection with the emergence of such complex problems in science, a new direction of landscape research was formed, studying the relationship between human activities and the natural environment [2].

Hydrological exploration of landscape diversity, that is, the study of landscapes as applied to the field of hydrology, began at an early time. In recent decades, landscape hydrology has infiltrated systemic ideas that should be seen as a frontier discipline between hydrology and landscape science.

In the course of geographical, landscape and hydrological studies, a large amount of information has been collected. However, the disadvantage of these studies is that during the study, scientific areas are considered separately. According to the recommendations of scientists working in these areas, it is necessary to consider the components that combine the qualitative and quantitative aspects of the natural-territorial complex (flow rate and volume, structure of the natural-territorial complex, their dynamics, etc.) together, and not separately, and develop new methodological approaches that combine these aspects. Thus, taking into account obstacles in interdisciplinary research and the introduction of new methodological approaches affects the development of new science, developing on the basis of the integration of geography and hydrology [1…3].

In general, the hydrological functions of the landscape are those that support the water-resource and water-ecological properties of the catchment. The hydrological functions of the landscape are understood as the processes of converting the humidity of precipitation entering the natural complex, and the processes of water loss from the territory, expressed by the amount and quality of water entering water bodies [1]. The evaluation of these functions is related to the qualitative and quantitative characteristics of the water drainage, taking into account all interactions, including local parameters of moisture circulation [1].

At the present stage, a landscape-ecological approach to the study of patterns of runoff formation is developing. The essence of this pattern is the direct connection between the landscape structure of the catchment and the hydrological processes occurring there. At the same time, the possibilities of quantitative and qualitative assessment of factors affecting the formation of runoff are directly related to hydrological processes, climatic and landscape-structural features of the territory. According to the prevailing hydrological process, flow-forming, transit and accumulating landscape hydrological complexes are distinguished [3].

2. MATERIALS AND METHODS

Geographical and hydrological research originates in the works of European and Russian research scientists [3].

Landscape hydrological studies combine two aspects: water and landscape features. Over the course of several years of research, hydrologists have studied and identified a number of landscape features. In landscape hydrological studies, assessment of the landscape, prediction of hydrological flow and determination of quantitative characteristics of the flow make it possible to indirectly determine the stability and equilibrium value of the flow [1, 4].

Recently, more and more attention has been paid to quantifying the biological and landscape diversity of the natural environment. However, in most cases, the landscape-hydrological complex is formed from a set of natural territorial complexes

Quantitative identification of landscape diversity was initially done through landscape map analysis. Later, in connection with the development of technology, new methods for studying landscape diversity began to be developed. Such research methods include the use of earth sensing observations and space imagery. In general, two types of landscape diversity studies can be distinguished. The first method is the use of landscape maps, the second is the use of space images during research [2...3, 5].

The use of these methodologies makes it possible to assess the diversity of landscapes in different areas. The diversity of the scale of the territories is associated with the degree of natural-territorial complexes, which are the subject of study of the morphological parts of landscape, typological or regional complexes [2].

Studies of landscape diversity identify areas requiring protection and conservation, determine the role of the modern formal forest protection system in landscape conservation and diversification, identify areas for economic use of landscapes in different territories, and organize the most important eco-audits and solve other environmental and applied problems [2].

On the territory of the East Kazakhstan region, which is the subject of the study, more than a thousand rivers flow. The main rivers and tributaries: Ertis, Bukhtyrma, Ulbi and other rivers.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The aim of the work is to conduct an analysis using different approaches and indicators of landscape diversity, which will be implemented using common properties and patterns. The landscapes of the East Kazakhstan region were taken as the object of research.

The main material for the study is a landscape map of the East Kazakhstan region. Using information on the totality of landscape species within each administrative region and the ratio of their areas, a number of indicators were calculated that have proven themselves in studying the landscape diversity of different regions. The main indicators used in assessing landscape diversity include: landscape complexity, landscape mosaic, landscape fragmentation, uniqueness index, relative wealth index [6...8].

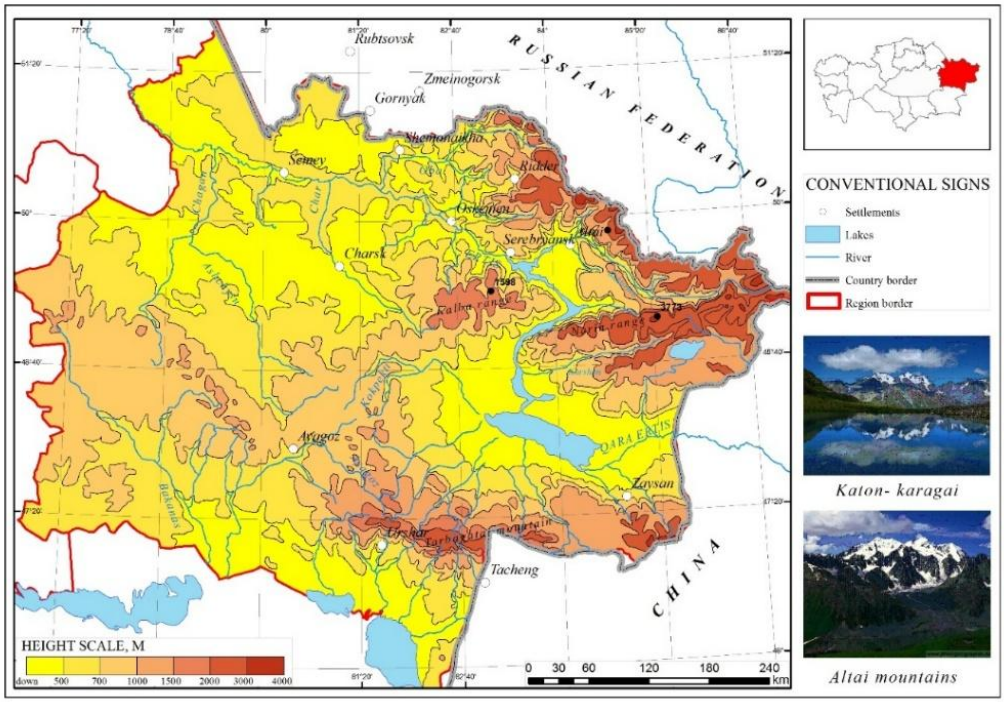


Figure 1. *Physical map of East Kazakhstan region*

Assessment of landscape diversity traditionally works with such characteristics as the number of landscape types, the number of contours, their size, shape, share in the landscape structure of the territory, etc. Theoretical and methodological approaches to the assessment of landscape diversity are presented in the works of M.D. Grodzinsky, K.N. Dyakonov, K.S. Ganzey, A.N. Ivanova, E.A. Pozachenyuk, Yu.G. Puzachenko, A.S. Sokolov, A.O. Domaransky, etc. Due to this, it has been sufficiently developed and studied [7, 9...10]. In our work, the main unit of research for assessing the landscape diversity of the territory of the East Kazakhstan region is the landscape. 80 separate landscapes are identified here (Fig. 2) [11].

As follows from the legend of a fragment of the landscape map of the East Kazakhstan region, the landscapes of the territory of the East Kazakhstan region are diverse. For example, mountain, low mountain, valley, forest-steppe, steppe and hilly flat landscapes are found here.

Quantitative data obtained using formulas for determining the landscape diversity of East Kazakhstan make it possible to identify connections between landscapes, quantify them and conduct a comparative analysis [2]. Quantitative assessment of landscape diversity was carried out by the GIS program based on the landscape map of the East Kazakhstan region. We divided and classified landscapes into classes and types using a GIS program.

Studying the map of the administrative districts of the East Kazakhstan region, differentiated by the value of the main Shannon index, which estimates landscape diversity, you can see that the maximum values are concentrated in the southwest, south and southeast of the region (Ayagoz, Urjar and Tarbagatai districts - index above 1,40). This is primarily due to the location of the Akshatau, Tarbagatai, Birliktau mountain ranges in these areas, as well as the good distribution of the hydrographic network in these areas and the complication of the landscape picture. One of the main components that make up the landscape are water bodies. In these areas there are large and small rivers and lakes, such as Sasykkol, Alakol and Ayagoz, Bakanas, Emel. In addition, high diversity contributes to the organization of recreation and specially protected natural areas. Accordingly, in these areas there are such specially protected natural areas as: Tarbagatai National Park, State Forest Natural Reserve "Semey Orman" Significantly lower values are in the Shemonaikhinsky and Glubokovsky districts with an index value below 0,35. Accordingly, this is due to the relatively small number of landscape areas and their large scale, the distribution of river systems with an irregular channel. The areas of greatest importance include Ayagoz (1,78), Tarbagatay (1,46), Urjar (1,47). The least significant areas are Glubokoe (0,29), Shemonaikha (0,32), Beskaragai and Borodulikha (0,47) (Fig. 3).

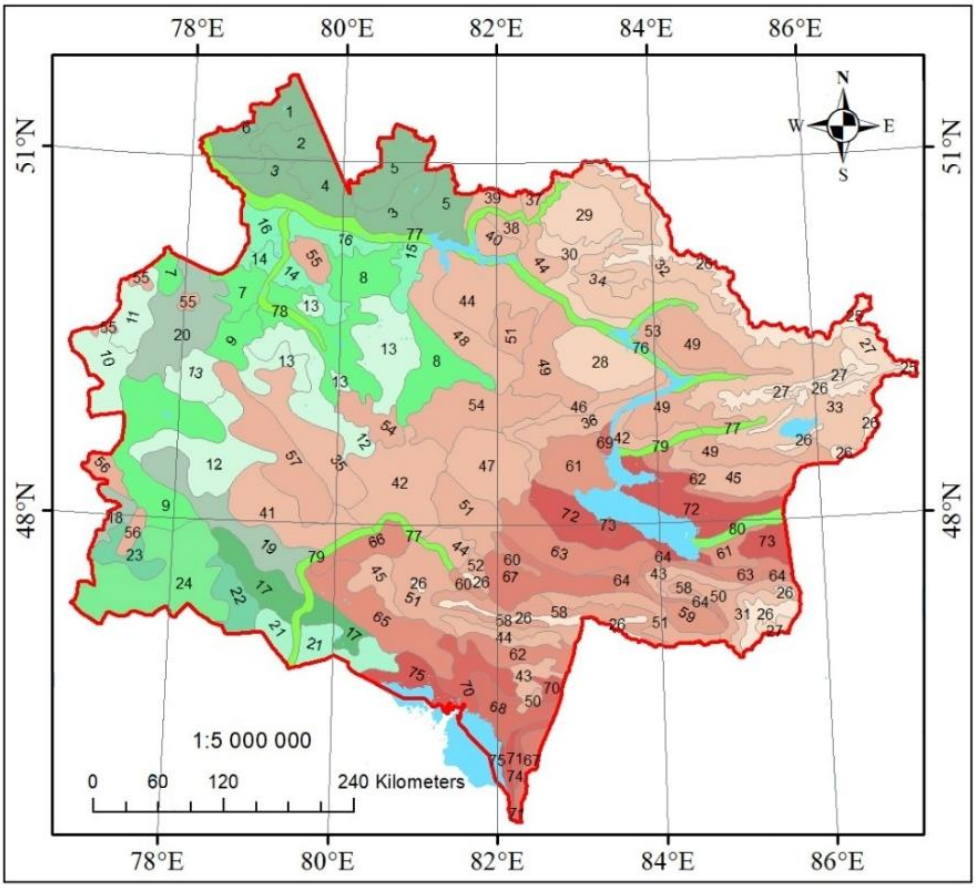


Figure 2. *Landscape map of East Kazakhstan region*

In terms of uniqueness, the area distribution corresponds to the Shannon index distribution. The areas with the highest values of the uniqueness index are Ayagoz (1,75), Urjar (1,42), Tarbagatai (1,40). All of them are located in the south, southwest, southeast of the East Kazakhstan region. In the central part of the region, two districts with the lowest indicators of uniqueness are distinguished - Kokpektinsky district (0,80) and Ulansky (0,40) district. As in the Shannon index, the map highlights lower values in areas in the north and northeast of the East Kazakhstan region.

In terms of relative wealth, areas of the south of the East Kazakhstan region are noted. Ayagoz District (1) is the most important, followed by Urjar District (0,75) and Tarbagatai District (0,73). Areas with minimum values are located in the northern part of the region. The smallest indicator on this index (0,20).

The landscape complexity index shows the ratio of the total number of landscape areas to the average area of landscapes. In the regions of the East Kazakhstan region, the index ranges from 0,29 to 0,05. The lowest indicator is in Ayagoz district (0,29), Borodulikhinsky (0,05), Beskaragai and Glubokovsky districts (both 0,08). This is due to the significant mosaic and high degree of anthropogenic impact.

Landscape mosaic is determined by the fragmentation of sections of one type of landscape in the district, that is, the more sections correspond to one type of landscape, the higher the index. The highest indicators for this index are in Ayagoz, Urjar, Tarbagatai districts (index above 0,85) (Fig. 4).

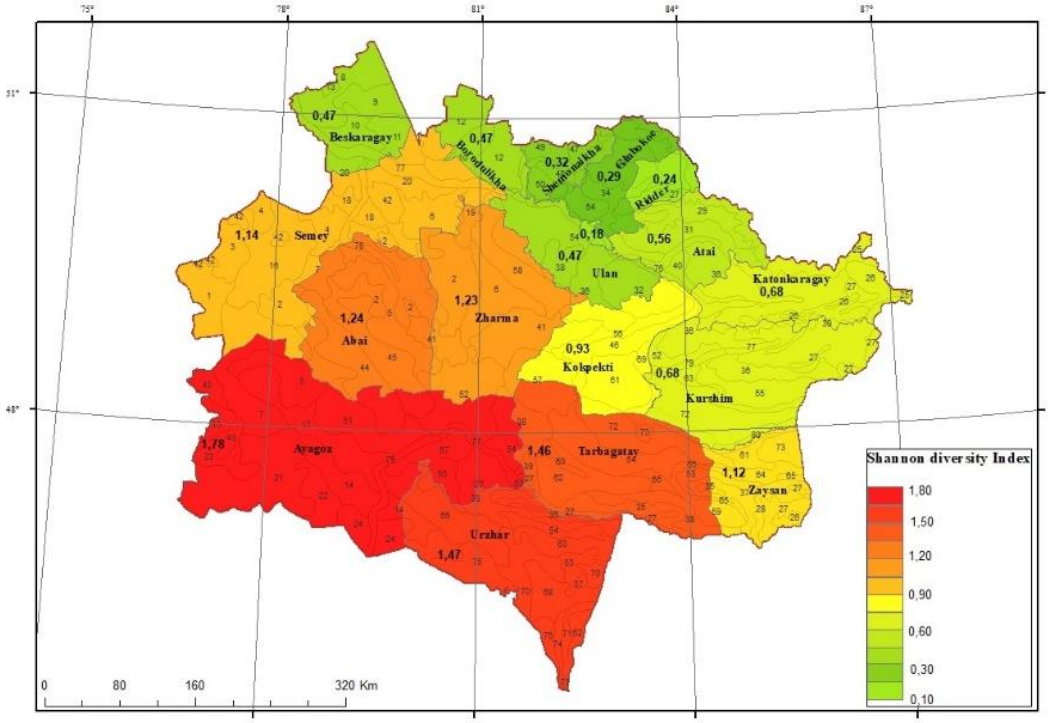


Figure 3. *Landscape diversity on the districts of the East Kazakhstan region (Shannon index).*

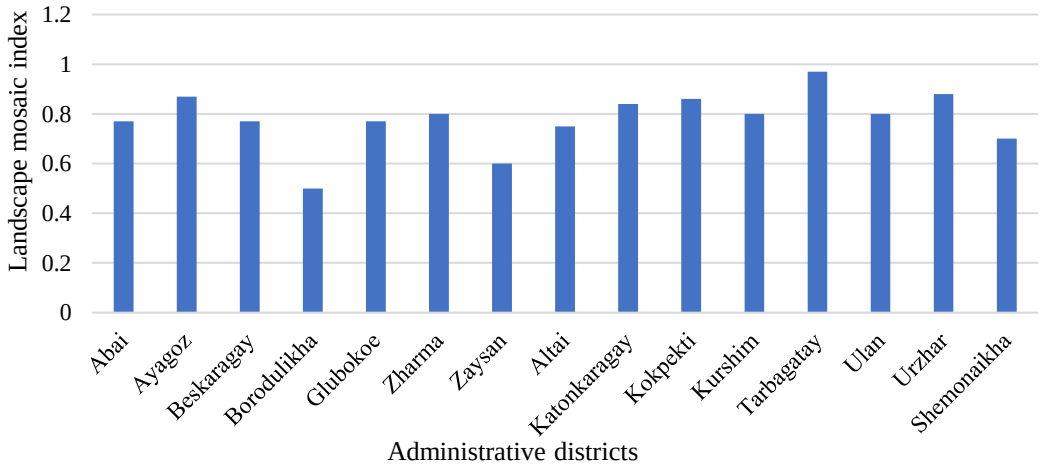


Figure 4. *Landscape Mosaic Index Gypsogram*

Landscape fractionality shows the ratio of the area of landscape plots to the area. This indicator characterizes such an aspect of the landscape structure as the density of landscape areas. The deviation of the maximum values from the minimum is 0,11 (from 0.12 in the Tarbagatai and Urjar regions to 0,06 in the Zharminsky region).

The fragmentation of the landscape shows the ratio of the average area of landscape contours to their area. The highest values for this indicator in Ayagoz, Urjar, Tarbagatai districts (index above 0,95) are explained by the increase in the area of these districts. That is, the higher the area value, the higher the granularity.

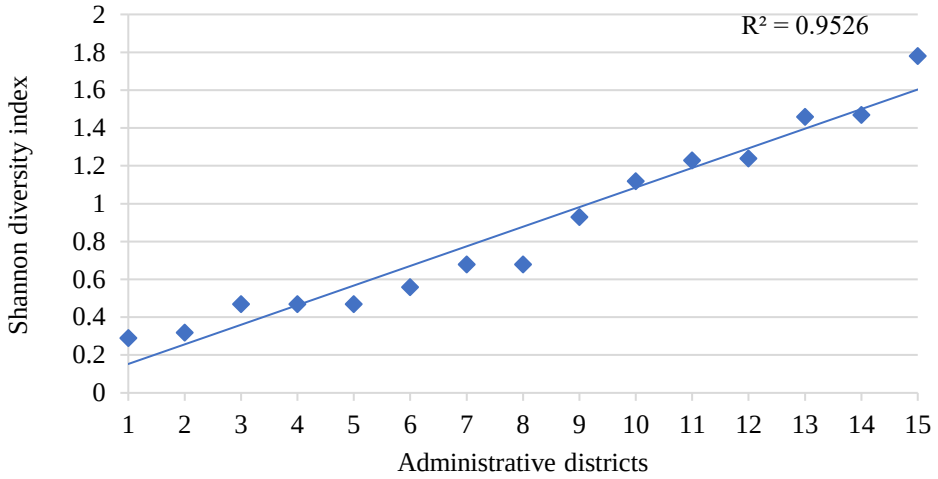


Figure 5. *Relationship between Shannon Diversity Index and neighborhoods*

Legend: Administrative districts (1 - Glubokoe, 2 - Shemonaikha, 3 - Borodulikha, 4 - Ulan, 5 - Beskaragay, 6 - Altai, 7 - Kurshim, 8 - Katonkaragay, 9 - Kokpekti, 10 - Zaysan, 11 - Zharma, 12 - Abai, 13 - Tarbagatay, 14 - Urzhar, 15 - Ayagoz).

It can be seen that the relationship between landscape diversity indicators and areas, as we can see in this figure, has a high level of interdependence, while the correlation indicator has a value of R^2 = 0,910 (Fig. 5). That means the connection between neighborhoods and landscape diversity is good. Low-connected areas include Glubokovsky, Shemonaikhinsky, and good connections are Urdzharsky, Ayagozsky districts.

4. CONCLUSION

Currently, the natural biogeocenotic balance is disturbed due to the high anthropogenic load of mankind. As a result of such changes, the natural balance of water bodies was disturbed, and many of them underwent changes. However, despite these changes, many ecosystems continue to recover. Such connections indicate the sustainability of biogeocenoses and the close interdependence of ecosystem and landscape diversity. To maintain this link in the future, the principles of sustainable development and natural resource management must be implemented and implemented now to maintain harmony and integrity between human activities and natural ecosystems. Such measures include the creation of generally and specially protected natural areas and water bodies, the restoration of degraded ecosystems, etc. Such actions, resulting from the integration of society, science and the state, ensure the preservation and development of the diversity of ecosystems and landscapes. Such activities require not only the restoration of ecosystems, but also the introduction of new technologies and the drawing up of international treaties based on the restoration and effective management of water bodies. Notably, water quality monitoring and management is the foundation of pollution prevention. The main conditions for restoration are the preservation of biodiversity and diversity of landscapes, the formation of sustainable ecosystems along water complexes.

In addition, it is necessary to take into account the issues arising from the interaction of agriculture and water bodies. In such situations, agroforestry and permaculture should be widely used to reduce soil erosion and fertilizer pollution of water bodies. Public awareness, environmental and economic services and activities contribute to the efficient use and conservation of water bodies. Currently, as world experience shows, one of the most important problems is pollution and a shortage of water bodies. To solve these problems, it is necessary to take into account the relationship of bio- and ecosystems as a whole.

The data obtained as a result of assessing the landscape diversity of the East Kazakhstan region can be used in practice to restore landscapes as follows.

Areas with high diversity in key indicators include Ayagoz, Urjar, Tarbagatai districts. This is suitable for creating specially protected natural areas and recreational facilities for these areas with high diversity. This requires effective management of surface water resources in these areas to

prevent soil erosion and flooding. The main water bodies in these areas are Ayagoz, Alakol, Sasykkol, Bakanas, Emel, etc.

A single powerful tourist medical and health tourism is also developing with its own "brand" of this region, using the healing properties (radon treatment) of lakes Alakol and Alabuga.

For areas of low diversity, these areas are suited to an efficient monofunctional economy. According to the region, these territories in Riddersky, Borodulikhinsky, Shemonaikhinsky districts are adapted to the main industrial centers in the field of mining and metallurgical, polymetallic ores and their processing. Meanwhile, in order to preserve the modern diversity of landscapes in these areas, it is necessary to strictly regulate economic activity and the use of natural resources in accordance with specially developed environmental rules and regulations. In addition, it is necessary to carry out measures to restore water supply on the site of old quarries. This is one of the cheapest ways to restore disturbed land, which allows you to create water reserves for industry and agriculture. Also, in place of the disturbed landscape, new cultural landscapes appear, most adapted to the changed conditions, performing sanitary, hygienic, aesthetic and recreational functions. For example, the pristine nature in the vicinity of Ridder (mountains and mountain rivers, pine forests) has great potential for the development of the tourism industry (including sports and environmental), but today this area of activity is not fully implemented.

DATA AVAILABILITY

Geographical and hydrological materials, image processing methods, analysis of cartographic material using GIS, as well as information from the Google Earth geoportal.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Conceptualization – ASh, SS; resources - TT; formal analysis – ASh; methodology – JW, ASh; software - YeM; supervision - SS; visualization - YeM; writing – original draft preparation – ASh, SS; writing - review and editing - SS, ASh.

REFERENCES

1. Tkachev, B.P. (2002). Functional foundations of spatial organization of geosystems: On the example of the drainless territories of the South of Western Siberia: dissertation ... Doctor of Geographical Sciences: 25.00.23.-Ishim, 308 p.
2. Sokolov A.S. (2014). Landscape diversity:theoretical foundations, approaches and methods of study //Geopolitics and ecogeodynamics of regions, Vol. 10, No. 1, pp. 208-213.
3. Tkachev B.P., Bulatov V.I. (2002). Small rivers: current state and environmental problems = Small rivers: state of the act and ecological problems: Analyte review/ SPSTL SB RAS. - Novosibirsk, 114 p.
4. Chernyh D.V. (2011). Quantitative assessment of the complexity and diversity of the landscape cover of the Russian Altai // Proceedings of the Altai State University, No. 3-2, pp. 60-65.
5. Ozgeldinova O.Zh. (2020). «Theoretical foundations and research methods of landscape diversity », «SCIENCE AND EDUCATION», Nur-Sultan, pp.54.
6. Ly K., Metternicht G., Marshall L. (2019). Transboundary river catchment areas of developing countries: Potential and limitations of watershed models for the simulation of sediment and nutrient loads. A review, Journal of Hydrology: Regional Studies, Vol. 24, 100605.
7. Grodzinskij M.D. (2015). «Landscape diversity meters and indicators». Journal of Education, Health and Sport, No. 5, pp. 283–291.
8. Bratkov V.V., Idrisova R.A., Alsabekova A.A. (2009). The landscape diversity of the Chechen Republic // Bulletin of the North Caucasus State Technical University, Vol. 18, No. 1, pp. 34-39.
9. Kirilyuk O.K. (2012). Development of a network of protected areas in the region, taking into account modern environmental management problems // Problems of adaptation to climate change in Daurian river basins: environmental and water management aspects. Collection of scientific papers of the State Natural Biosphere Reserve "Daursky". Issue. 5.: Express publishing house, pp. 74-87.
10. Mayer A.L. (2019). Family forest owners and landscape-scale interactions: A review, Landscape and Urban Planning, Vol. 188, pp. 4–18.
11. National Atlas of the Republic of Kazakhstan (2010)/ edit. A. R. Medeu and others-Almaty, 115 p.

ЛАНДШАФТТЫҚ АЛУАНТҮРЛІЛІКТІҢ ГИДРОЛОГИЯДАҒЫ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ (ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ МЫСАЛЫНДА)

Салтанат Р. Садвакасова[1,2]* г.ғ.к., Аяжан Ұ. Шыныбек[1], Ерболат Н. Муканов[1] PhD, Ян А. Вендт[3] г.ғ.д., Тангал Т. Турсунова[1] п.ғ.к.

[1] Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; saltik81@mail.ru, ayazhan_shynybek@mail.ru, Yerbolat20.01.1981@gmail.com, tangaltt@mail.ru
[2] «Су ресурстарының ақпараттық-талдау орталығы» АҚ, Астана, Қазақстан; saltik81@mail.ru
[3] Әлеуметтік-экономикалық география және кеңістікті басқару институты, Гданьск университеті, 80-309, Гданьск, Польша; jan.wendt@ug.edu.pl
Автор корреспондент: Салтанат Р. Садвакасова, saltik81@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

ландшафттық алуантүрлілік
су объектілері
су режимі
ағын мөлшері
сулылық
ағынның өзгергіштігі
ландшафттық-гидрологиялық жүйе
бірегейлік
салыстырмалы байлық
күрделілік индекстері

Мақала жайында:
Жіберілді: 17.02.2025
Қайта қаралды: 28.02.2025
Қабылданды: 28.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Мақалада ландшафттық алуантүрлілік зерттеудің өзектілігі, түсіндірілуі, қолданылуы және әдістері қарастырылады. Геоақпараттық жүйелерді пайдалана отырып орындалған Шығыс Қазақстан облысы аумағының ландшафттық алуантүрлілігін бағалаудың негізгі нәтижелері келтірілген. Сонымен қатар ландшафттық алуантүрліліктің су нысандарымен байланысы көрсетіліген. Бірқатар индекстерді қолдана отырып зерттеу аймағының ландшафттық алуантүрлілігін бағалау жүргізілді: бірегейлік,салыстырмалы байлық, ландшафт мозайкасы, ландшафт күрделілігі, ландшафттық бөлшектену және ландшафт күрделілігінің энтропиялық өлшемі (Шенон индексі). Сонымен қоса ландшафттық алуантүрліліктің гидрологиямен байланысы және де анықталған көрсеткіштердің сандық мәліметтері арқылы географиялық және гидрологиялық әлеуеті төмен нысандарды анықтауға және де алдын алуға әсер етеді. Ландшафттық алуантүрлілік көрсеткіштері негізінде бірқатар ұсыныстар берілген. Бұл ұсыныстар географиялық және гидрологиялық нысандарды жақсартып, оңтайландыруға арналған.

ЗНАЧИМОСТЬ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ В ГИДРОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Салтанат Р. Садвакасова[1,2]* к.г.н., Аяжан Ұ. Шыныбек[1], Ерболат Н. Муканов[1] PhD, Ян А. Вендт[3] д.г.н., Тангал Т. Турсунова[1] к.п.н.

[1] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Қазахстан; saltik81@mail.ru, ayazhan_shynybek@mail.ru, Yerbolat20.01.1981@gmail.com, tangaltt@mail.ru
[2] АО «Информационно-аналитический центр водных ресурсов», Астана, Қазахстан; saltik81@mail.ru
[3] Институт социально-экономической географии и пространственного управления, Гданьский университет, 80-309, Гданьск, Польша; jan.wendt@ug.edu.pl
Автор корреспондент: Салтанат Р. Садвакасова, saltik81@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ландшафтное разнообразие
водный режим
размер потока
водность
изменчивость потока
ландшафтно-гидрологическая система
уникальность
относительное богатство
индексы сложности

АБСТРАКТ

В статье рассматривается актуальность, интерпретация, применение и методы исследования ландшафтного разнообразия. Приведены основные результаты оценки ландшафтного разнообразия территории Восточно-Казахстанской области, выполненные с использованием геоинформационная система. Также представлена связь между ландшафтным разнообразием и водными объектами. Была проведена оценка ландшафтного разнообразия исследуемой области с использованием ряда индексов: уникальность, относительное богатство, ландшафтная мозаика, сложность ландшафта, раздробленность ландшафта и энтропийная мера сложности ландшафта (индекс Шенона). Кроме того, связь ландшафтного разнообразия с гидрологией и количественные данные выявленных показателей также влияют на обнаружение и предотвращение

По статье:
Получено: 17.02.2025
Пересмотрено: 28.02.2025
Принято: 28.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

объектов с низким географическим и гидрологическим потенциалом. На основе показателей ландшафтного разнообразия дается ряд рекомендаций. Эти рекомендации предназначены для улучшения и оптимизации географических и гидрологических объектов.

Publisher's Note: Statements, opinions, and data in all publications are those of the author(s) alone and not those of the Journal of Hydrometeorology and Ecology and/or the editor(s).

Гидрометеорология и экология

Шолу

ЖЕР БЕТІ СУ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ

Саят К. Алимкулов г.ғ.к, Айсулу А. Турсунова г.ғ.к., Ляззат К. Махмудова г.ғ.к., Асель А. Сапарова* PhD, Кайрат М. Кулебаев, Айдана Т. Базарбек

«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; sayat.alimkulov@mail.ru (С.К.А.); ais.tursun@bk.ru (А.А.Т.); mlk2002@mail.ru (Л.К.М.); aselek.a.s@mail.ru (А.А.С.); kairat.kulebayev@mail.ru (К.М.К.); aydanabt@gmail.com (А.Т.Б.)
Автор корреспондент: Асель А. Сапарова, aselek.a.s@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР:

су ресурстары
орташа жылдық ағынды мөлшері
су қоры
сумен қамтамасыз ету
бағалау әдістері

АБСТРАКТ

Су ресурстары жердегі тіршілікті және адам қызметінің әртүрлі аспектілерін сақтау үшін өте маңызды. Қоршаған ортаны сақтау және тұрақты дамуды қамтамасыз ету үшін су ресурстарын тұрақты басқару және қорғау басым міндеттер болып табылады. Экономикалық дамыған аймақтарда су ресурстарын пайдалану мүмкіндігін бағалау экономиканың су тұтыну салаларын дамыту сценарийлерімен де, гидрологиялық-климаттық жүйеде болып жатқан өзгерістерді ескеру қажеттілігімен де байланысты күрделі кешенді міндет болып табылады. Мұндай өзгерістер ағынды сулардың пайда болу жағдайларына әсер етеді және су режимінің айтарлықтай өзгеруіне әкелуі мүмкін, бұл мәселе әсіресе су ресурстарымен қамтамасыз етілмеген алаптар үшін өте маңызды. Осы ғылыми зерттеуде, біріншіден, салалық міндеттерді шешу үшін қажетті әкімшілік аудандар бойынша жер беті суларын бағалау алгоритмі ұсынылды; екіншіден, аумақтың сумен қамтамасыз етілуін бағалаудың әдіснамалық тәсілі ұсынылды.

1. КІРІСПЕ

Аймақтың халқы мен экономикасын сумен қамтамасыз ететін ірі су шаруашылығы жүйесін басқару тұтынушыларға белгілі бір мөлшерде және сапада судың тұрақты жеткізілуіне кепілдік беруі керек. Бұл ретте негізгі мәселе – олардың тапшылығы жағдайында су ресурстарын оңтайлы пайдалануды қамтамасыз ету. Су ресурстарын басқару тәжірибесінде су нысандарының жай-күйі сипаттамаларының өзгеруіне қойылатын талаптар мен шектеулер жүйесі қалыптасқан. Біріншіден, алаптағы және жалпы аймақтағы жер беті су ресурстарының өте маңызды сипаттамасы орташа жылдық ағындының мөлшері болып табылады, оның негізінде су шаруашылығы жүйелерін реттеудің негізгі сипаттамалары есептеледі. Екіншіден, өзендердегі судың минималды өтімдерін шектеу, оларды күтіп ұстау су пайдаланушылардың мүдделерін қанағаттандыруға және су экожүйелерінің жұмысына кепілдік береді, судың қажетті мөлшерін сипаттау үшін «су ресурстары» термині бар.

Су ресурстары – белгілі бір жерде және уақыт аралығында қажеттіліктерді анықтау үшін жеткілікті мөлшерде пайдаланылатын қол жетімді немесе қол жетімді болуы мүмкін су [1]. Су ресурстары әлеуетті (гидросфераның барлық су қорлары) және нақты (қолда бар су ресурстары) болып бөлінеді, яғни қазіргі технологиялық деңгейде пайдалану үшін қол жетімді, мұндай пайдаланудың экономикалық орындылығы мен экологиялық қол жетімділігі [2].

Нақты су ресурстары – су нысандарындағы, яғни өзендердегі, көлдердегі, су қоймаларындағы және каналдардағы тұщы су қорлары. Су айналымы үдерісінде оның барлық қорлары әр түрлі жылдамдықпен болса да жаңартылады. Кейбір жағдайларда, қалпына келтіруден асатын үлкен су алу кезінде су ресурстары таусылуы мүмкін. Су ресурстары аумақтық тұрғыдан, тіпті теориялық тұрғыдан алғанда, сарқылмайтын деп саналмайды. Су ресурстарының шектеулілігі көптеген ірі және кіші аймақтарда табиғи сулардың сандық және сапалық сарқылуы түрінде айтарлықтай көрінеді. Гидрологиялық

Мақала жайында:
Жіберілді: 5.02.2024
Қайта қаралды: 4.10.2024
Қабылданды: 20.02.2025
Жарияланды: 01.04.2025

Дәйексөз үшін:
Алимкулов С., Турсунова А., Махмудова Л., Сапарова А., Кулебаев К., Базарбек А. Жер беті су ресурстарын бағалаудың әдістемелік негіздері // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 148-162.

цикл процесінде су алмасудың сипаттамаларына сүйене отырып, белгілі бір аймақтың су қорлары статикалық немесе ғасырлық (баяу жаңартылатын) және динамикалық (жыл сайын жаңартылатын) болып бөлінеді [3].

Статикалық (ғасырлық) су қоры, оларға шартты түрде толық жаңару кезеңі көптеген жылдар немесе онжылдықтармен есептелетін тұщы су түрлері жатады (ірі көлдер, жер асты сулары, мұздықтар және т.б.). Оларды қарқынды пайдалану сөзсіз қарастырылып отырған су нысанына немесе онымен байланысты өзендер мен ландшафттарға зиян келтіреді, яғни табиғаттағы тұрақты тепе-теңдіктің азды-көпті елеулі бұзылуы, оның ауыр экологиялық зардаптармен қайтымсыз өзгеруіне әкелуі мүмкін. Жаңартылатын су ресурстары, оларға жердегі су айналымы процесінде жыл сайын жаңартылатын сулар жатады. Бұл негізінен уақыт бірлігіне ($м^3/с$, $км^3$/жыл және т.б.) бөлінген көлемде бағаланатын және қарастырылып отырған аймақта қалыптасатын немесе сырттан келетін өзен ағындысы.

Статикалық тұщы су қорлары мен жаңартылатын су ресурстары арасындағы айырмашылықтардың (әсіресе тұщы суды пайдалануды жоспарлау кезінде) ерекше маңыздылығын атап өткен жөн. Өкінішке орай, кейде бұл өте әртүрлі категориялар әдебиеттерде (тіпті арнайы гидрометеорологиялық) шатастырылады; көбінесе олар біріктіріледі немесе жеткілікті түрде ажыратылмайды. Сонымен қатар, бұл мүлдем дұрыс емес. Олар табиғаттағы маңыздылығымен түбегейлі ерекшеленеді және оларды қолдануға мүлдем басқа көзқарасты қажет етеді. Осылайша, жаңартылатын су ресурстарын экономикалық тұрғыдан пайдалануға болады және ғасырлық қорларды кез келген пайдалану сөзсіз қолайсыз экологиялық салдарға әкеледі.

Өзен суларының тез жаңару кезеңі және адамның экономикалық қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін тұщы судың негізгі көзі ретінде өзен ағындысының үлкен маңыздылығын анықтайды. Өзен ағындысы жердің жаңартылатын су ресурстарының негізгі көлемін қалыптастырып қана қоймайды, сонымен қатар айналым процесінде өзен суларының сапасын едәуір қалпына келтіреді. Барлық жер беті су нысандарының ішіндегі ең тәжірибелік маңыздылығы – тұщы сулардың ең динамикалық бөлігі – өзен ағындысы. Өзен ағындысының мөлшері бойынша белгілі бір аймақтың сумен қамтамасыз етілуі мен су ресурстарының тапшылығы бағаланады.

Баяу жаңартылатын су ресурстары санатына көлдер мен батпақтардағы су қоры жатады. Көлдерге құятын өзендердің су ресурстарын қарқынды пайдалану салдарынан ағынды сулардың қоры төмендейді, нәтижесінде су қоймаларына су ағындысы азаяды, бұл өз кезегінде су қоймаларындағы су қорының төмендеуіне әкеледі. Жоғарыда аталған су нысандарының көп бөлігі – ағынды сулар. Табиғи көлдермен қатар су қоймалары салынды. Олар өзен ағындысын реттеу үшін жасалған және олардағы су қоры баяу жаңартылатын су ресурстарына жатпайды. Су көлемі әдетте арналық су қоймаларында аз. Су қоймаларына түсетін ағынды суларының едәуір бөлігі арналық су қоймалары арқылы транзитпен өтеді.

Сонымен, жер беті су ресурстары – бұл су нысандарында шоғырланған және экономиканың әртүрлі салаларында қолданылатын немесе пайдаланылуы мүмкін жер беті сулары. Су нысаны – су режимінің тән нысандары мен белгілері бар табиғи немесе жасанды суайдыны немесе ағынсу. Су қоры – өзендерді, көлдерді, су қоймалар мен батпақтарды қоса алғанда, белгілі бір аумақтың барлық су ресурстарының жиынтығы.

Қазіргі уақытта су ресурстарын басқаруға жауапты адамдар үшін тұщы су қорларының қалай бөлінетіні туралы мәселе маңызды бола түсуде. Бүкіл әлемде суға деген сұраныс артып келеді. Бұл сұраныс халықтың өсуі, экономикалық даму және тұтыну үлгілерінің өзгеруі сияқты факторлармен анықталады. Су тапшылығы, су сапасының нашарлауы, экожүйелердің деградациясы және климаттың өзгеруі сияқты мәселелердің өсуіне байланысты су ресурстары барған сайын шектеулі болып келеді, бұл қазірдің өзінде су ресурстарына шамадан тыс жүктемеге тап болған көптеген

бассейндердегі жағдайды одан әрі нашарлатады [4]. Сондықтан жер беті суларының ресурстарын бағалауға негізделген әдістемелік әзірлемелер қажет.

Ғылыми зерттеудің мақсаты – су ресурстарын бағалаудың қолданыстағы ғылыми-тәжірибелік тәсілдерін, әдістерін талдау болып табылады. Зерттеудің маңыздылығы – су ресурстарын бағалау әдістеріне шолу, климаттық жүйеде болып жатқан өзгерістер жағдайында және ағындыға антропогендік әсер ету жағдайында, негізінен, белгісіздік жағдайында су ресурстарын бағалау әдістеріндегі мәселелерді анықтау болып табылады.

2. МӘЛІМЕТТЕР МЕН ӘДІСТЕР

Ғылыми мақаланы жазудың әдістемелік негізі нормативтік құжаттар мен әдістемелік ұсыныстар болды (негізгі есептік гидрологиялық сипаттамаларды анықтау). Бұл мақала үшін су ресурстарын бағалау және нақтылау бағытында зерттеудің факторлық-аналитикалық әдісі қолданылды. Олардың негізгілері – регрессиялық әдіс; факторлық талдау, ағынды беттерін интегралды орташалау әдісі, сызықтық теңдеулер әдісі [5...10].

3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Соңғы уақытқа дейін су ресурстарын бағалау әдістері өзен ағындысының кездейсоқ ауытқуларының стационарлығы туралы түсінікке негізделді. Демек, гидрометеорологиялық сипаттамалардың негізгі сипаттамалары (норма, вариация коэффициенті және т.б.) уақыт бойынша тұрақтылықты білдіретін стационарлық процесс тұрғысынан есептелді. Стационарлық тұжырымдама тұрғысынан жылдық ағынды жылдамдығы (орташа көпжылдық ағынды) өзендердің жалпы сулылығын және алаптың немесе аймақтың әлеуетті су ресурстарын анықтайтын негізгі және тұрақты сипаттама болды. Норма гидрологиялық «эталон» ретінде қызмет етті, ол ағындының басқа сипаттамаларын анықтауда пайда болды (мысалы, қамтамасыздығы әр түрлі жылдық, маусымдық және айлық шамалары). Сонымен қатар, гидроэнергетика, суару, сумен жабдықтау және басқа да су шаруашылығы құрылыстары үшін су қоймаларын жобалау кезінде норма өте маңызды болды.

Ағындының нормасы өткен жылдардағы ағындының жылдық шамаларын бақылаудың қолда бар сериялары негізінде есептелді. Бұл әдіс жылдық ағындының орташа тұрақтылығы туралы болжамға негізделген. Осылайша, ағындының орташа мөлшері гидротехникалық құрылыстарды пайдаланудың болашақ кезеңіне, адамзат қоғамының экономикалық қызметі нәтижесінде ағынды факторларының өзгеруіне тиісті түзетулер енгізу арқылы таралды [5]. И.Ф. Горошков өз жұмысында [6] гидрологиялық сипаттамалардың нормасы ретінде шамамен 40…60 жылдық бақылаулар бойынша алынған орташа мән қабылданатынын және осы көпжылдық кезең ұзақтығының мүмкін критерийі ретінде осы кезеңге географиялық жағдайлары өзгермеген және өзен алабындағы экономикалық қызметтің бірдей деңгейі кезінде өзен сулылығының бірнеше толық жұп (кем дегенде екі) тербеліс циклдерін қосу шарты қабылданатынын атап өтті.

Жылдық ағынды нормасының тұрақтылығы екі шартпен анықталды:

– орташа көпжылдық шама ретінде, егер көпжылдық қатарға тағы бірнеше жыл бақылау қосылса, ол шамалы өзгереді;

– бұл негізінен климаттық факторлардың (жауын-шашын мен булану) функциясы, сонымен қатар олардың орташа көпжылдық мәндері, олар өз кезегінде алаптың немесе аймақтың тұрақты климаттық сипаттамалары болып табылады.

Жалпы алғанда, жылдық ағындының нормасын тікелей есептеу немесе жалпы бағалау үшін, оның басқа сипаттамалары сияқты, өзендердің ағындысын ұзақ гидрометриялық бақылау өте маңызды болды. Олар су қоймаларын, бөгеттерді, көпірлерді және басқа құрылыстарды жобалау кезінде өзендердің болашақ режимін анықтауға негіз болды. Ағындының сипаттамалары алдымен өзендердің табиғи жағдайы үшін анықталды, содан кейін оларға өзен алабындағы экономикалық қызметтің белгілі

бір түрінің әсерінен ағындының өзгеруін ескеретін белгілі бір түзетулер енгізілді. Су қоймалары, басқа алаптардан суды алу немесе ағызу арқылы ағындының айтарлықтай жасанды реттелуі бар өзендер үшін табиғи режимдегі ағынды мәндері қалпына келтірілді.

Ағынды нормасының тұрақтылығы туралы түсінік негізінен шартты болып табылатындығын айта кету керек. Бұл тұжырымдама ағындының негізгі климаттық факторларының – жауын-шашын мен буланудың орташа көпжылдық шамаларының тұрақтылығы туралы болжамнан туындайтыны белгілі. Дегенмен, көптеген деректер үлкен аумақтардағы климаттық факторлар тарихи ғана емес, сонымен қатар тарихқа дейінгі өткен кезеңде өзгеріссіз қалмағанын көрсетеді. Көптеген оңтүстік, қазіргі жылы аудандардағы мұз дәуірінің іздері тропикалық өсімдіктер мен жануарлардың қазба қалдықтары және керісінше, көптеген солтүстік, қазіргі уақытта суық аудандардағы шегіну және теңіздердің пайда болуы, үлкен көлдердің құрғауы осы уақытқа дейін болған климаттың үлкен өзгерістерін көрсетеді [7...8]. Тарихи деректер соңғы екі мыңжылдықтағы климаттың өзгеруін де көрсетеді. Климаттың өзгеруіне сәйкес ландшафттың басқа элементтері де өзгерді. Осы факторлардың барлығы өткен кезеңдегі ағынды мөлшерінің өзгеруіне әкелді.

Уақыт қатарының тұрақсыздығын тудыратын гидрометеорологиялық сипаттамалар режимінің табиғи өзгеруімен бірге климаттың өзгеруі соңғы кездері айтарлықтай күшейген антропогендік әсерлермен де байланысты болуы мүмкін. Аумақтың гидрометеорологиялық сипаттамаларының өзгеруін стационарлық емес ықтималдық процесі деп санауға болады және тек кейбір жағдайларда, белгілі бір шектеулі уақыт аралығында оны шартты түрде стационарлық деп санауға болады. Бұл тәсілмен стационарлық емес процесс дискретті қабаттасатын квазистационарлық учаскелерден тұруы мүмкін.

Демек, соңғы уақытқа дейін өзен ағындысының ауытқуының стационарлық гипотезасы су шаруашылығы іс-шараларын негіздеу кезінде негізгі болды. Нормативтік әдістемелік құжаттарда көрсетілген су ресурстарын бағалау және оларды ұзақ мерзімді болжау үшін гидрологиялық есептеудің дәстүрлі әдістері өзен ағындысының кездейсоқ ауытқуларының стационарлығы туралы идеяға негізделген. Алайда, үздіксіз және өсіп келе жатқан антропогендік әсердің және өзгеретін климаттың әсерінен өзен алаптарында болатын гидрологиялық сипаттамалардың байқалған өзгерістері [7] , кем дегенде, ұзақ мерзімді перспективада ағындының өзгеруін талдау кезінде стационарлық гипотезаны қолданудың заңдылығына күмән келтіреді. Сонымен қатар, гидрологиялық деректерді талдауға тартылған ықтималдық теориясы мен математикалық статистика әдістері негізінен біртекті мәліметтер үшін жасалғанын атап өткен жөн. Ағынды сулардың сипаттамаларының қатарында пайда болатын секірмелі, сатылы өзгерістер оларды гетерогенді немесе стационарлық емес етеді және талдаудың басқа тәсілдерін қажет етеді.

Климаттың өзгеруі, антропогендік әсер ағынды сипаттамаларының айтарлықтай өзгеруіне әкеліп соқтырды және су шаруашылығы есептеулерінің барлық спектріне әсер етті, гидрологиялық есептеулер парадигмасын өзгерту қажеттілігіне әкеледі. Өзгерістердің ауқымы мен анықталатын тұрақсыздықтың сипаты өзен ағындысының зерттелетін сипаттамалары үшін айтарлықтай ерекшеленеді. Гидрологиялық тәжірибе тұрғысынан стационарлық емес қатарлардың болуы ағынды сулардың сипаттамаларын бағалау және су ресурстарын ықтималды болжау үшін қолданыстағы әдістерді қайта қарауды және жаңа әдістерді әзірлеуді талап етеді.

Қазіргі уақытта ағындыны есептеу үшін гидрологиялық климаттық жүйенің даму тенденцияларын және сәйкесінше ағындыны сапалы және сандық бағалау (болжау) мүмкіндігін анықтау маңызды. Ағындының мөлшері мен бірқатар ағынды қалыптастырушы факторлар арасындағы сызықтық байланыстардың болмауы, тіпті

сенімді климаттық болжам болған жағдайда да, болашаққа ағындының бір мәнді бағасын беруге мүмкіндік бермейді.

Осылайша, норма ұғымы қазіргі заманға сәйкес келмейді, өйткені климат, нәтижесінде өзен ағындысы тұрақты емес. Бұл жағдайда су ресурстарын бағалаудың бірнеше тәсілдері орынды: Галперин Р.И. [8] тұжырымдамаларына сәйкес ұзақ кезең үшін; қазіргі жағдайды сипаттайтын кезең үшін; сондай-ақ таяу онжылдықтардағы су ресурстарының мүмкін болатын өзгерістерін ескеру.

Біріншісі – ағындының стационарлық тұжырымдамасы, ағындыны бағалаудың сенімділігі тек бастапқы қатардың ұзындығына байланысты. Су ресурстарының өткен жағдайы болашаққа экстраполяцияланады.

Екінші тұжырымдама керісінше, ол климат пен ағындының тұрақсыздығынан туындайды. Ескі жылдардағы су ресурстарын бағалау үшін деректерді пайдалану практикалық емес, көпжылдық қатардың бір бөлігімен ғана шектелген дұрыс – соңғы онжылдықтардағы деректер, бұл климат тұрақты болса да, антропогендік фактордың өзен ағындысына айтарлықтай әсер еткенде де қолданылады.

Үшінші тұжырымдама ағындының өзгеруіне бағытталған сипатынан туындайды және байқалған тенденция болашаққа экстраполяцияланады, яғни бақыланған қатардан алынған сипаттамаларға келесі кезең үшін түзету енгізу қажет. Осыдан атмосферадағы парниктік газдар концентрациясының сөзсіз жоғарылауын ескеретін модельдер шығады.

Жер беті суларын сандық бағалауды әдістемелік әзірлеу. Өзен алаптарының су ресурстарын бірнеше жылдар бойы бағалау үшін кейде регрессиялық әдіс қолданылады. Бұл әдіс метеорологиялық факторларға (жауын-шашын, ауа температурасы, ауа ылғалдылығының жетіспеушілігі және т.б.) байланысты өзен ағындысы регрессиясының теңдеулерін құрудан тұрады. Регрессиялық теңдеуді қолданған кезде барлық сипаттамалар мен параметрлер орташа квадраттық қателіктермен бағаланады. Регрессия теңдеулерінің параметрлері олардың қателіктері регрессия коэффициенттерінің мәндерінен 1,5...3,0 есе аз болған жағдайда шынайы (сенімді) болады.

Регрессиялық модельдің кейбір күрделенуі – бұл дәйекті күрделі регрессия деп аталады, мәні біріктірілген факторларды бағалаудан, содан кейін осы аргументерден өзен ағындысының регрессиялық теңдеуін құрудан тұрады. Кешенді регрессия модельдері факторлық талдау модельдеріне ұқсайды. Бұл талдау екі тәуелсіз саламен ұсынылған: компоненттік талдау (негізгі компоненттер әдісі) және нақты факторлық талдау. Аргументтер ағынды факторлары ретінде әрекет ететін регрессия әдісінен айырмашылығы, қарастырылып отырған модельде факторлар белгісіз және олардың көптеген белгілері ғана анықталған. Тапсырма осы факторларды белгілер арқылы табуға және оларды талдауға негізделген. Су ресурстарының пайда болу факторларының белгілері гидрографиялық, орографиялық, географиялық және климаттық сипаттамалар болып табылады. Оңтайландыру процедурасы алғашқы екі-үш компонентте (немесе факторларда) барлық жалпыланған ақпараттың 90 % - на дейін (айнымалылардың дисперсиясы) алуға дейін азаяды. Көрсетілген компоненттермен (факторлармен), негізінен, ағындының тәуелділігі оңай тұрғызылады.

Регрессиялық және факторлық талдау әдісін жүзеге асыру үшін ағынды сулардан басқа метеорологиялық деректердің үлкен көлемін тартуды талап етеді. Сондықтан олар іс жүзінде кең таралмаған.

Су ресурстарын Мемлекеттік гидрологиялық институтта су қабаты ретінде бағалау кезінде ағынды беттерін интегралды орташалау әдісі алғаш рет әзірленді және сыналды [9]. Әдістің мәні зерттелетін аумақта (өзен алабы, теңіз алабы және басқа аумақтар) ағынды қабатының орташа мәнін бағалау болып табылады. Қарастырылып отырған әдіс су ресурстарын бағалауды тек аумақ бойынша ағынды аймақтық түрде өзгерген жағдайларда ғана емес, сонымен қатар метеорологиялық факторларды ескермей, көптеген факторлар ағындыға әсер еткен жағдайда да жүргізуге мүмкіндік береді. Оны жаппай есептеулерде қолдану қиын, өйткені өзен алаптарының орташа биіктігі туралы

егжей-тегжейлі мәліметтер қажет. Үлкен алаптар үшін дренаждардың орташа биіктігі туралы деректер іс жүзінде жоқ.

Ағындының сызықтық теңдеулер әдісі. Өзен су алаптары мен теңіз алаптары жыл сайынғы жаңартылатын су ресурстарының сипаттамаларын бағалау үшін (жергілікті ағынды, шетелден ағып келетін ағынды және жалпы ресурстар) сызықтық теңдеулер қолданылады, мұнда келесі сипаттамалар ескеріледі: су ресурстарының сипаттамасы және кез-келген өзен алаптарының су ресурстары арасындағы гидрометриялық қақпаға және оның бүкіл алабына сәйкессіздікті есепке алуға мүмкіндік беретін коэффициенттер. Сызықтық теңдеулердің коэффициенттерін анықтау кезінде келесі әдістердің бірі қолданылады [3]: өзен ағындысының нормасын оның ұзындығы бойынша интерполяциялау; зерттелмеген аумақтан ағындының ағынды нормаларының изолиния картасы бойынша ағындысын анықтау; зерттелмеген аумақта ағындыны гидрологиялық ұқсастық әдісімен бағалау.

Ағындыға шаруашылық қызмет үлкен әсер ететін өзен алаптарының табиғи су ресурстарын бағалау үшін оның мәні табиғи қалыптасу жағдайларына әкелінеді, яғни ағындыны қалпына келтіру жүзеге асырылады. Өзендер мен су айдындарындағы шаруашылық қызметтің басталуымен гидрологиялық сипаттамаларды анықтауды нақтылау қажеттілігі өзекті бола бастайды және бірқатар зерттеушілер ағынды процесінің тұрақсыздығы және оны антропогендік әсер ету процесінде зерттеудің мүмкін жолдары туралы теорияны алға тартады [10...14]. Демек, қазіргі уақытта стационарлық бақылау пункттерінің деректері негізінде су ресурстарын бағалау ең ұтымды және нақты болып қала береді, жанама әдістерді қолдана отырып, аумақтар толық зерттелмеген немесе нақты деректер мүлдем жоқ.

Ағынды сипаттамаларын бағалау және болжау кезінде гидрологиялық және климаттық параметрлердің байқалған және болжамды өзгерістерін ескеруге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы әдістердің ішінен бағалау мен болжаудың байес әдістеріне негізделген ықтималдық әдістері мен тәсілдері соңғы уақыттарда әлемде белсенді дамып келе жатқан ең перспективалы бағыттардың бірі болып табылады [7, 15...18]. Байес әдісінің көмегімен ұсынылған жағдайлардың өзгеру гипотезасына сүйене отырып, жалпы процестің тұрақсыздығын және болашақта жағдайдың дамуы белгісіздігін ескере отырып, өзендердің жылдық ағындысын есептеуге болады.

Шартты стационарлық жағдайлардың өзгеру гипотезасын қабылдау және таңдалған бөлу принциптеріне сәйкес ағынды сулардың бөлінуі екі шартты стационарлық кезеңге бөлу заңын құру арқылы орташа жылдық ағындының мөлшерін бағалау үшін жеткілікті – базалық және ағымдағы [19]. Ізделетін үлестіру екі үлестіру заңының қосындысы болып табылады, мұнда әрбір термин шартты стационарлық кезеңнің ұзақтығына байланысты белгілі бір маңыздылыққа ие.

Әкімшілік аудандар бойынша жер беті суларын бағалау әдістемесі. Шаруашылық тұрғыдан алғанда, жер беті су ресурстарын аудандар арасында бөлу және олардың нақты көлемін, басқа аудандар қатар тәуелді болатын су ресурстарын ескере отырып, әртүрлі іс-шараларды жоспарлау өте қиын. Алайда, осы мәселелерді шешуге тура келетін белгілі бір салалық міндеттер бар. Тәжірибелік талаптарды есептеу әдістемесі мен схемасын дұрыс құра отырып, жеткілікті сенімді және сенімді материалдарға сүйене отырып, кешенді тәсілмен қанағаттандыруға болады.

Әкімшілік аудандар бойынша жер беті суларын бағалаудың негізгі қиындығы – әкімшілік аудандардың шекаралары өзен су алаптарының табиғи шекараларына сәйкес келмейді. Бұл, әсіресе, салыстырмалы түрде кіші өзеннің су жиналуы бірнеше аудандардың аумағын алып жатқан құрғақ аймақтарда орналасқан аумақтарға қатысты қиын.

Әкімшілік аудандар бойынша өзендер мен су ағындыларының жаңартылатын су ресурстарын бағалау кезінде мынадай сипаттамаларды қарастыру қажет:

– жергілікті ағынды, шектес аумақтардан келетін ағынды (осы аумақ шегінде қалыптасатын өзендер мен су ағындысының жиынтық көлемі);

– осы аумаққа шектес аудандардан және шетелден ағып келетін ағынды (өзендер мен оның шегіне сырттан ағып келетін су ағындысының жиынтық көлемі);

– зерттелетін аумақтан ағып кететін ағынды (өзендер мен су ағындыларының оның шегінен тыс ағып кететін жиынтық көлемі);

– жиынтық ағынды (жергілікті қалыптасқан су көлемінің және іргелес аудандардан ағып келетін ағындысының жиынтық мәні) [3].

Әкімшілік аумақтардың су ресурстарын жыл сайын бағалау үшін ағындының сызықтық теңдеулер әдісін қолдануға болады. Әдістің мәні мынада: кез-келген әкімшілік аумақ үшін оның географиялық орналасуына байланысты жер беті су ресурстары сипаттамалар жиынтығы түрінде ұсынылады (жергілікті ағынды, ағып келетін су ағындысы, шетелден ағып келетін су ағындысы, жергілікті ағынды мен ағып келетін су ағындысының қосындысына тең жалпы ресурстар, ағып кететін ағынды, шетелге ағып кететін ағынды). Шын мәнінде, әрбір гидрологиялық сипаттама үшін теңдеуді әзірлеу қажет. Біріншіден, қарастырылып отырған әкімшілік ауданның ауданына қатысты ағынды көлемінің гидрометриялық өлшеулерінің деректерін ескере отырып, екіншіден, аумақ бойынша ағындының өзгеру заңдылықтарын анықтау қажет.

Атап айтқанда, белгілі бір әкімшілік ауданның жергілікті ағындысының көлемін бағалау үшін оның шегіндегі барлық өзендер мен су ағындыларының жиынтық ағындысын анықтау қажет. Гидрологиялық бекет әкімшілік аудандардың шекарасынан қандай да бір қашықтықта орналасқан жағдайда (өлшенетін су ағындысы оның әкімшілік аудан шекарасындағы мәндерінен айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін), қаралатын өзен ағындысының мәндерін зерттелетін әкімшілік ауданның шекарасына келтіруді жүзеге асыру қажет.

Жалпы жағдайда, әкімшілік аудандар бойынша жергілікті құрылымдағы су көлемін жыл сайын бағалау үшін мынадай сипаттамаларды есепке алу қажет: жергілікті құрылымдағы су көлемі; әкімшілік аудан шегінде ағатын өзендердегі гидрометриялық тұстамалардағы өзен суларының көлемі; өзендер ағындысын әкімшілік аудан шекарасына келтіру параметрлері; жергілікті ағындыны қалыптастыратын өзен арналарынан алынған судың көлемі; қолданғаннан кейін өзен арналарына құйылатын су ағындыларының көлемі; қарастырылып отырған өзен бассейндегі су көлемін басқа бассейндерге жіберу; басқа бассейндердегі су көлемін жіберу; су қоймалардағы су қорын өзгерту; арналық су қоймаларының бетінен қосымша (құрлықпен салыстырғанда) булану; судың қайтарымсыз тұтынуына тең су көлемінен табиғи жағдайда буланууға және инфильтрацияға шығындар.

Осылайша, әкімшілік аудандар бойынша жер беті суларын бағалау келесі алгоритм бойынша жүзеге асырылуы мүмкін:

- жергілікті құрылымның ағындысын анықтау (гидрологиялық бекеттердің деректері негізінде зерттелген учаскелер бойынша ағындыларды бағалау; әкімшілік ауданның зерттелмеген аумағынан ағынды сызықтарының картасы бойынша немесе h=f(F) аймақтық тәуелділік қисықтарын пайдалана отырып, одан әрі бүкіл ауданға немесе оның қандай да бір бөлігіне қатысты өлшей отырып, ағындыларды анықтау; зерттелмеген және зерттелген бөліктер аудандарының қатынасы; әкімшілік ауданның зерттелмеген ауданынан зерттелгенге ұқсастығы бойынша ағындыны бағалау);

- іргелес аумақтардан ағып келетін су ағындысын анықтау (әкімшілік аудандардың шекараларына жақын орналасқан осы ауданға ағып келетін өзендердегі гидрологиялық бекеттер бойынша ағындыны анықтау; өзеннің ұзындығы бойынша ағынды нормасын интерполяциялау арқылы қарастырылып отырған өзен ағындысының мәндерін зерттелетін әкімшілік ауданның шекарасына келтіру);

- осы әкімшілік ауданнан ағындының ағып кетуін анықтау (ағып келетін ағындымен ұқсастығы бойынша, ағып кетіп жатқан өзендерде орналасқан гидрологиялық бекеттегі ағындыларды есепке алу кезінде);

- транзиттік ағындыны анықтау, табиғи шығындар кезінде жоғалған бөлігін қоспағанда, белгілі бір әкімшілік ауданның аумағы арқылы ағып жатқан су;

- шетелден республиканың шегіне келетін су ағындысын және елден тыс ағып кететтін ағындыны анықтау, елдің мемлекеттік шекараларына жақын орналасқан жармалардағы өзендердің ағындысы туралы деректер негізінде;

- әкімшілік аудандардың жиынтық ресурстарын анықтау, жергілікті және іргелес аудандардан ағып келетін ағындыны қорытындылау негізінде.

Аумақтың жер беті суларымен қамтамасыз етілуін бағалау әдістемесі. Климаттың өзгеруі су ресурстарына айтарлықтай және әртүрлі әсер етеді. Өткен онжылдықтардағы климаттық өзгерістер жаһандық гидрологиялық циклге әсер еткені туралы барлық жаңа дәлелдер бар, мысалы, маусымдық өзен ағындысының өзгеруі [20...21]. Антропогендік қызмет, оның ішінде шаруашылық қызмет климаттың өзгеруінің әсерін күшейтеді. Соңғысы су экожүйелерінің жұмысын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаратын ағынды режиміне қосымша қауіп төндіреді. Сегізінші Ұлттық хабарламаға сәйкес, XXI ғасырдың аяғында Қазақстанда температураның әлем бойынша және басқа да көптеген Азия елдеріндегі орташа деңгейден едәуір жоғарылауы болжануда [22].

Жер беті су ресурстарының уақыт бойынша динамикасы табиғи сумен қамтамасыз етудің ауытқуына ықпал етеді су ресурстарын пайдалану және оларды сарқылудан және ластанудан қорғау бойынша кез келген аумақта өндіргіш күштерді дамыту сұлбаларын әзірлеу үшін ерекше маңызға ие. Суы мол және суы аз жылдардағы табиғи меншікті сумен қамтамасыз ету әр түрлі аумақтар үшін әр түрлі болуы мүмкін.

Суды әртүрлі экономикалық қажеттіліктерге пайдалану үлкен өзен жүйелері мен аймақтардың жер беті су ресурстарына әсер ететін негізгі антропогендік фактор болып табылады. Сондықтан кез-келген аймақтың су ресурстарының жай-күйін бағалау үшін, ең алдымен, осы аймақтағы суды тұтыну және оның көп жылдық кезеңдегі динамикасы туралы мәліметтер болуы керек. Өз кезегінде, аймақтағы су тұтынудың көлемі мен құрылымы оның әлеуметтік-экономикалық даму деңгейімен, халық санымен және физика-географиялық жағдайымен анықталады. Суды тұтыну туралы мәліметтерге ие бола отырып, су ресурстарының жай-күйін сипаттауға болады, ол осы аймақтағы су ресурстарын пайдаланылатын су көлемімен, сондай-ақ халық санымен салыстыру арқылы анықталады [3].

Осы мақсатта әдетте әртүрлі критерийлер мен көрсеткіштер қолданылады (су стрессінің көрсеткіші, жан басына шаққандағы сумен қамтамасыз ету, тәуелділік коэффициенті). Әлемдегі әртүрлі өңірлер мен елдердің су ресурстарымен қамтамасыз етілуін бағалау үшін су ресурстарына жүктеме көрсеткішін (пайдалану коэффициенті) пайдалануға негізделген тәсіл қолданылады, ол жаңартылатын су ресурстарына толық су тұтыну шамасының пайызымен қатынасына тең. Жаңартылатын су ресурстары қарастырылып отырған аймақ пен көршілес аумақтардан өзен суларының ағындысы шегінде қалыптасатын жергілікті су ресурстарының қосындысын білдіреді. Су ресурстарымен қамтамасыз етуді бағалауға аталған тәсіл әртүрлі зерттеушілердің жұмыстарында қолданылды [23...24]. Ұсынылған тәсілге сәйкес су ресурстарына жүктеме дәрежесі бес санаты бар жіктеу бойынша айқындалады (1-кесте).

Жаңартылатын су ресурстарының жылдан жылға үлкен ауытқуы жағдайында су ресурстарына жүктемені олардың орташа көпжылдық мәндерінің шамасы бойынша бағалау төмен көрсеткіштерді беретінін атап өткен жөн. Сонымен бірге, осы мақсат үшін өзен ағындысының ең төменгі жылдық мәндерін пайдалану айқын жоғары нәтижелерге әкеледі, өйткені көптеген аймақтарда ағынды сулардың бір бөлігін жасанды немесе табиғи реттеу арқылы пайдалану мүмкіндігі бар.

Кесте 1

Су ресурстарына жүктеме дәрежесі бойынша жіктеу

Санат	$К_{пайд}$, %	Сипаттама
I	<10	Су ресурстарына төмен жүктеме - өңірлерде сумен қамтамасыз етуде елеулі проблемалар туындамайды
II	10…20	Су ресурстарына орташа жүктеме-сумен қамтамасыз ету деңгейі аймақтың дамуын шектейтін факторға айналады
III	20…40	Су ресурстарына жоғары жүктеме-дамудың тұрақтылығы үшін суға деген сұраныс пен ұсынысты реттеу қажет
IV	40…60	Су ресурстарына өте жоғары жүктеме-судың елеулі тапшылығы және суды тұтынуды реттеу мен шектеудің, сумен қамтамасыз етудің қосымша көздерін тартудың шұғыл қажеттілігі орын алады. Су ресурстарының тапшылығы экономикалық өсуді және халықтың әл-ауқатын арттыруды тежейтін факторға айналуда
V	>60	Қауіпті өте жоғары жүктеме - су ресурстарының тапшылығы экономика мен тіршілік әрекетінің дамуының маңызды факторына айналуда

Жұмыста [3] су ресурстарына нақты жүктемені бағалау үшін бақылау кезеңінде қатарынан су аз үш жыл бойы су ресурстарының ең төменгі орташа жылдық мәнін алу орындырақ болып көрінеді. Су аз кезеңдердегі деректерорташа көпжылдық мәндерден, әсіресе су ресурстарының көпжылдық ауытқуларының үлкен өзгергіштігі кезінде әлдеқайда аз болып келеді. Көрсетілген шамалар шартты түрде нақты су ресурстары деп аталады, орташа көпжылдық шамалармен бірге жер беті су ресурстарына жүктемені бағалау үшін қолданылады.

Қалай болғанда да, жер беті су ресурстарына жүктеме дәрежесі бойынша бағалауға негізделген бұл тәсіл белгілі бір аймақтағы су ресурстарының тапшылығын толық сипаттауға мүмкіндік бермейді, өйткені оның аумағында тұратын халықтың санын ескермейді. Осы факторды есепке алу үшін нақты су ресурстарының қайтарымсыз су тұтынуды шегергендегі халық санына қатынасы ретінде есептелетін меншікті сумен қамтамасыз ету көрсеткішін қосымша пайдалану ұсынылады. Көрсетілген көрсеткіш бойынша су ресурстарының жай-күйін жіктеу мынадай градацияны қамтиды (2-кесте).

Кесте 2

Су ресурстарының жай-күйін меншікті сумен қамтамасыз ету бойынша жіктеу

Сипаттама	Градация, мың $м^3$/адам
Сумен қамтамасыз етудің апатты төмен деңгейі	<1,0
Сумен қамтамасыз ету өте төмен	1,01…2,0
Сумен қамтамасыз етудің төмендігі	2,01…5,0
Орташа сумен қамтамасыз ету	5,01…10
Жоғары сумен қамтамасыз ету	10,01…20
Өте жоғары қамтамасыз ету	>20

Өңірдегі жер беті су ресурстарының жай-күйі сумен қамтамасыз ету шамасы бойынша бағаланады, бұл бір тұрғынға келетін судың мөлшерін білдіреді. Бұл жағдайда сумен қамтамасыз етудің екі түрін ажырату керек – әлеуетті және нақты. Әлеуетті сумен қамтамасыз ету - бұл орташа көпжылдық жаңартылатын су ресурстарының халық санына қатынасы. Әлеуетті сумен қамтамасыз етудің шамасы бойынша тұтастай алғанда елдегі су ресурстарының қалыптасуының табиғи жағдайындағы жай-күйін бағалауға, жекелеген аймақтарға салыстырмалы сипаттама беруге және белгілі бір уақыт кезеңіндегі сумен қамтамасыз ету динамикасын талдауға болады.

Алайда, әлеуетті сумен қамтамасыз ету шамаларын бағалауда, әсіресе су ресурстары шектеулі өңірлерде пайдалану объективті жағдайдың бұрмалануына әкеледі, өйткені әлеуетті табиғи сумен қамтамасыз ету нақты жағдайлармен салыстырғанда әрқашан асыра бағаланады. Себебі оны пайдалану кезінде біржола жоғалып кететін судың бір бөлігі есепке алынбайды. Сонымен қатар, жекелеген жылдар мен кезеңдерде су ресурстары орташа көпжылдық мәндерден әлдеқайда аз. Осы жағдайларды есепке алу үшін су тапшылығы жағдайында суы аз жылдары болуы мүмкін барлық субъектілер үшін су ресурстарына жүктемені бағалаумен бірге нақты сумен қамтамасыз ету талданады.

Нақты сумен қамтамасыз ету мөлшері суы аз жылдары бір адамға келетін судың қалдық мөлшерін (пайдаланғаннан кейін) білдіреді.

Су ресурстары мен сумен қамтамасыз етілу жүктемесі орташа көпжылдық су ресурстарына қатысты анықталады, бұл өзен ағындысын реттеу немесе қайта бөлу, бар немесе ықтимал су тапшылығын жою бойынша қажетті шараларды бағалауға мүмкіндік береді. Келесі авторлардың ғылыми зерттеулеріне сәйкес тағы бір көзқарас бар [7, 25...26], пайдалану коэффициенті қысқы кезеңдегі өзендердің минималды сулылығына су қабылдаудың экономикалық қажеттіліктерге қатынасы ретінде есептеледі. Суды пайдалану коэффициентін есептеудің бұл тәсілі негізгі артықшылықтар мен шектеулерге ие. Артықшылықтары – су экожүйелерінің биологиялық әртүрлілігі мен экологиялық жағдайын сақтау үшін судың минималды қажеттіліктерін ескереді. Шектеулер-бір өлшемді тәсіл, судың қажеттілігіне әсер ететін көптеген факторларды ескермейді (мысалы, жер ресурстарын пайдаланудағы өзгерістер).

Жұмыста [27] балама нұсқа ұсынылды, оған сәйкес сумен қамтамасыз етудің нақты есебі көршілес аумақтардан келетін тұщы су ағындысының жартысынан тұратын жергілікті су ресурстарының мөлшеріне бағытталған. Бұл тәсіл аймақтық және жаһандық бағалаулар үшін кеңінен қолданылды [28...30].

Шаруашылық қажеттіліктер үшін судың айтарлықтай алынуына байланысты судың әлеуетті және нақты үлестік қолжетімділігі жиі ажыратылады, соңғысын есептеу кезінде өзен ағындысының бір бөлігінің қайтарымсыз алынуы ескеріледі. Жоғарыда айтылғандай, тұщы су ресурстарының маңызды түрі көлдердің су ресурстары болып табылады, оларды пайдалану антропогендік белсенділікке байланысты артады. Осыған байланысты, сумен қамтамасыз етуді қазіргі заманғы бағалау үшін батыс өңірі аумағының сумен қамтамасыз етілуін тек жаңартылатын ғана емес, сонымен қатар табиғи және жасанды су айдындарындағы су ресурстары есебінен де қарастыру қызығушылық тудырады. Бұл ретте халықты табиғи су айдындарының су ресурстарымен қамтамасыз ету бойынша алынған нәтижелер жаңартылатын су ресурстарымен сумен қамтамасыз етуді бағалау деректерімен салыстырылуы тиіс.

Еуропалық тәжірибеде кең таралған тәсілдердің бірі - Фалкенмарк критерийі. Фалкенмарк көрсеткішіне сәйкес жылына 1700 $м^3$-тен аз меншікті қамтамасыз ету су тапшылығының болуын көрсетеді [31]. Алайда, бұл критерий тек су қорларын көрсетеді, бірақ су ресурстарына деген қажеттілікті ескермейді, бұл сұраныс қарастырылып отырған аймақтың халық санымен біржақты анықталады деп болжайды [32]. Балама тәсіл су көздерінен алынатын көлемнің жиынтық толықтырылатын су көлеміне қатынасына тең тұрақтылық индексін есептеу кезінде қолданылады [33]. Тұрақтылық индексін пайдаланған кезде, егер су тұтыну жаңартылатын ағындының 20 % асатын болса, су тапшылығы мәселесі және егер бұл көрсеткіш 40 % - дан асатын болса, судың өткір тапшылығы туралы айтылады [34].

Осылайша, су тапшылығы мәселесіне сәйкес тапшылық көрсеткіштері бар төрт тәсіл қолданылады:

– Фалкенмарк индексі (IF), сондай-ақ су стрессінің индексі ретінде белгілі;

– сыни коэффициент (CR), сондай-ақ БҰҰ индикаторы ретінде белгілі;

– Халықаралық су ресурстарын басқару институтының индексі (IWMI);

– су кедейлігінің индексі (WPI).

Осы төрт индекстің ішінен қарапайымдылығы мен айқындылығына байланысты IF ең көп қолданылады. IF индексін пайдалану бірқатар шекті мәндерге сүйене отырып, белгілі бір елдегі су ресурстарын тұтыну деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

CR индексін қолдану тәсілі IF индексіне негізделген тәсілге ұқсас, сонымен қатар барлық қол жетімді нымандардан су алудың барлық қол жетімді су ресурстарымен арақатынасын бағалайды. Егер жыл сайынғы су алу сумен жабдықтаудың (жаңартылатын тұщы су) 20...40 % құраса, елде су тапшылығы бар және бұл көрсеткіш 40 % - дан асса, қатты тапшылық бар деп айтуға мүмкіндік береді. Алайда, екі тәсілдің де

кемшіліктері бар, олар судың жетіспеушілігі жағдайында елдің техникалық және әлеуметтік бейімделу қабілетін ескермейді, ластануына байланысты барлық қол жетімді судың ішуге болмайтындығын, сондай-ақ басқа факторларды ескермейді.

IWMI индексін қолдану тәсілі икемді және суды тұтынуды сипаттайтын бірқатар экономикалық және инфрақұрылымдық факторларды ескереді. Бұл индекс сумен жабдықтаудың жеткіліксіз деңгейі оның физикалық мағынасында судың аздығына ғана емес, сонымен қатар нашар ұйымдастырылған сумен жабдықтау инфрақұрылымына да байланысты болуы мүмкін деп айтуға мүмкіндік береді. Мысалы, бай су ресурстарына ие Конго Демократиялық Республикасы үшін тән су тапшылығы «екінші ретті тапшылық» екенін көрсетеді, өйткені бұл, ең алдымен, тұтынушыларға су жеткізуге қажетті қаражаттың болмауына байланысты.

Сонымен қатар, бұл тәсіл жетілдірілмеген, өйткені су тапшылығы дамыған басқару институттарының болмауына байланысты кезде «үшінші ретті тапшылықты» және су тапшылығы әлеуметтік қатынастар мен саяси процестерге байланысты болған кезде «төртінші ретті тапшылықты» ескермейді.

WPI индексі басқа индекстерді қолданатын тәсілдер үшін көрінбейтін болып қалатын бірқатар факторларды ескереді, соның ішінде су ресурстарын басқару әлеуеті, судың сапасы, сумен жабдықтау арқылы қанағаттандырылатын қажеттіліктердің сипаты және т.б. алайда, оның жан-жақты сипатына байланысты оны түсіндіру өте қиын.

Барлық аталған индекстер суды тұтыну туралы ақпаратты өте жалпыланған түрде ұсынады-олар жағдайды ұлттық және тіпті аймақтық ауқымда талдауға мүмкіндік береді, бірақ әлі де көптеген маңызды мәліметтерді еленбейді. Сонымен қатар, оларды саяси тұрғыдан қолдануға байланысты кішкене адекватты деп санауға болады. Осылайша, IF индексін қолдану негізінен халықты шектеу саясатын әзірлеуді қамтиды, өйткені бұл тәсіл шеңберіндегі су тапшылығы халық санының өсуімен тікелей байланысты [35].

Барлық параметрлер индекстерінің үйлесімі жалпы су қауіпсіздігі индексін бере алады. Маңызды айырмашылық - су қауіпсіздігін бағалау салыстыру және салыстырмалы талдау үшін (мысалы, елдер, қалалар мен өзен бассейндері арасындағы су қауіпсіздігін салыстыру) немесе шешім қабылдау үшін (мысалы, белгілі бір жағдайда су қауіпсіздігін жақсарту үшін қолайлы инвестициялық стратегияны анықтау үшін) қолданыла ма. Демек, жоғарыда аталған критерийлер әкімшілік аумақтардың жер беті суларымен қамтамасыз етілуін бағалау негізінде қажет.

4. ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, су ресурстарын, олардың уақыт пен аумақтағы ауытқуларын зерттеу, табиғи-экономикалық аймақтың сумен қамтамасыз ету динамикасын бағалау мәселесінде экономикалық қызметтің гидрологиялық циклге әсерін ескеру маңызды екенін атап өтуге болады. Осы ғылыми зерттеуде әкімшілік аудандар бойынша жер беті суларын бағалаудың ұсынылған алгоритмі салалық міндеттер үшін қажет, оның шеңберінде су ресурстарының нақты көлемін ескере отырып, әртүрлі іс-шараларды жоспарлау кезінде аудандар арасындағы жер үсті су ресурстарына қатысты мәселелерді шешуге тура келеді. Болашақтың су ресурстарын бағалау және болашақта сумен қамтамасыз ету мәселелерін шешу тұрғысынан адамның әсері есебінен климаттың антропогендік өзгерістері бірінші кезектегі маңызға ие (әкімшілік аумақтардың жер беті суларымен қамтамасыз етілуін бағалау негізінде қажетті критерийлер кешенін ескере отырып, аумақтың жер үсті суларымен қамтамасыз етілуін бағалаудың әдіснамалық тәсілі ұсынылған).

АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау – СКА; деректерді басқару - ААТ; Ресми талдау - ЛКМ; Әдістеме – ААС, КМК, АТБ; Қадағалау - ААТ, ААС; Бастапқы жобаны жазу - ААТ, ААС; Шолу жазу және редакциялау - ААТ.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің тапсырысы бойынша бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде орындалды (ИРН: BR21882122, «Жасыл даму контекстінде Батыс Қазақстан өңірінің табиғи-шаруашылық және әлеуметтік-экономикалық жүйелерінің тұрақты дамуы: кешенді талдау, тұжырымдама, болжамдық бағалау және сценарийлер).

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Международный гидрологический словарь. Всемирная метеорологическая организация, WMO-№385, 2012. – 461 с.
2 Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Вода и человек. – М.: Издательство «Перо», 2022. – 324 с.
3 Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. – СПБ.: Государственный гидрологический институт, 2008. – 600 с.
4 UNESCO, UN-Water, 2020: United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO, 2020. – 236 p.
5 Воскресенский К.П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках (методические основы и практика). Л.: Гидрометеоиздат, 1956. – 467 с.
6 Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 430 с.
7 Коробкина Е.А., Филиппова И.А., Харламов М.А. Оценка стока в бассейне р. Дон: необходимость смены парадигмы гидрологических расчетов // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47. – №. 6. – С. 663-673.
8 Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Том VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под ред. Гальперина Р.И. – АО «Национальный научно-технический холдинг «Парасат» Институт Географии. – Алматы, 2012. – 684 с.
9 Бабкин Б.И., Гусев О.А., Новикова В.А. Методика осреднения и интерполяции гидрометеорологических характеристик // Труды ГГИ. –1974. – Вып. 217. – С. 175-186.
10 Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 302 с.
11 Денисов П.П. Изменение речного стока по крупным регионам Земного шара // Метеорология и гидрология. – 1980. – №6. – С. 106-107.
12 Клиге Р.К. Изменения глобального водообмена. – М.: Наука, 1985. – 247 с.
13 Дроздов О.А. О надежности использования аналогов прошлого для прогнозов водного режима на будущее // Водные ресурсы. – 1992. – №4. – С. 7-12.
14 Христофоров А.В. Теория случайных процессов в гидрологии. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 141 с.
15 Ahsan S., Bhat M.S., Alam A., Farooq H., Shiekh H.A (2023). Complementary use of multi-model climate ensemble and Bayesian model averaging for projecting river hydrology in the Himalaya. Environmental Science and Pollution Research, Vol. 30, 38898–38920. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24913-6.
16 Xianneng Zha, Huaiwei Sun, Hao Jiang, Lei Cao, Jie Xue, Dongwei Gui, Dong Yan, Ye Tuo (2023). Coupling Bayesian Network and copula theory for water shortage assessment: A case study in source area of the South-to-North Water Division Project (SNWDP), Journal of Hydrology, Vol. 620, Part A, 129434, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129434.
17 Temesgen Zelalem, Kasiviswanathan K.S (2023). A Bayesian modelling approach for assessing non-stationarity in annual maximum rainfall under a changing climate, Hydrological Sciences Journal, 68:10, 1460-1478, https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2218550
18 Tianyu Sun, Deping Liu, Dong Liu, Liangliang Zhang, Mo Li, Muhammad Imran Khan, Tianxiao Li, Song Cui (2023). A new method for flood disaster resilience evaluation: A hidden Markov model based on Bayesian belief network optimization, Journal of Cleaner Production, Volume 412, 137372, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137372.
19 Болгов М.В., Сенцова Н.И. Байесовские оценки расчетных характеристик минимального стока рек в нестационарных условиях // Метеорология и гидрология. – 2010. – №. 11. – С. 70-80.
20 Climate change. impacts and vulnerability in Europe 2016: an indicator-based report, EEA Report No 1/2017, 2017, 424 p. doi:10.2800/534806
21 Водные ресурсы, качество поверхностных вод и водопотребление в странах «Восточного партнерства». Доклад на основе показателей. Отчет ЕАОС № 14/2020. Европейское агентство по окружающей среде, 2020. – 82 с. doi:10.2800/088732
22 Восьмое национальное сообщение и пятый двухгодичный доклад Республики Казахстан Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2022 – 491 с.
23 Kristen M. Whitney, Enrique R. Vivoni, Theodore J. Bohn, Giuseppe Mascaro, Zhaocheng Wang, Mu Xiao, Mohammed I. Mahmoudde, Chuck Cullom, Dave D. White (2023). Spatial attribution of declining Colorado River streamflow under future, warming. Journal of Hydrology, Vol. 617.Part C. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129125.
24 Ruxin Zhao, Hongquan Sun, Lisong Xing, Renzhi Li, Ming Li (2023). Effects of anthropogenic climate change on the drought characteristics in China: From frequency, duration, intensity, and affected area. Journal of Hydrology, Vol. 617, Part B. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.129008.
25 Демин А.П., Болгов М.В., Филиппова И.А. Изменение нагрузки на водные ресурсы бассейна реки Оки под влиянием климатических и антропогенных факторов. Научное обеспечение реализации Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. Сборник научных трудов. Петрозаводск. – 2015. Том. 2 – С. 86-93.
26 Сивохип Ж.Т. Институционально-правовые аспекты комплексного использования водных ресурсов в трансграничных речных бассейнах // Трансграничные территории Востока России: факторы, возможности и барьеры развития. – 2021. – С. 304-309.
27 Шикломанов И.А., Маркова О.Л. Проблемы водных ресурсов и переброс стока в мире. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 196 с.
28 Shikiomanov I.A., Balonishnikova J.A (2003). World water use and water availability: trends, scenarios, consequences. IAHS Publ., Vol. 281, pp. 358-364.
29 World Water Resources at the Beginning of 21st Century (2003) / Ed. Shiklomanov I.A., Rodda J.C. Cambridge University Press, 450 p.
30 Smakhtin V., Revenga C., Döll P (2004). A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. Water international, Vol. 29, 3, pp. 307-317.

31 Falkenmark M., Lundqvist J., Widstrand C (1989). Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-scale Approches: Aspects of Vulnerability Semi-arid Development. Natural Resources Forum, Vol. 13, 4, pp. 258-267.
32 Фридман А.А. Модели экономического управления водными ресурсами. М.: Изд. Дом Высшей школы экономики. – 2012. – 284 с.
33 Raskin P., Gleick P., Kirshen P., Pontius G., Strzepek K (1997). Water Futeres: Assessment of Long-Range Pattens and Problems. Stokhgolm, Stokhgolm Environmental Institute, 77 p.
34 Рыбкина И.Д., Сивохип Ж.Т. Водные ресурсы российско-казахстанского трансграничного региона и их использование // Юг России: экология, развитие. – 2019. – Т. 14, – № 2. – С. 70-86.
35 Читонге Х. Урбанизация и водный кризис в Африке: картографирование порядков дефицита воды // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 9: Востоковедение и африканистика. – 2021. – № 1. – С. 74–80.

REFERENCES

1 Mezhdunarodnyi gidrologicheskii slovar' [International glossary of hydrology]. World Meteorological Organization, WMO-№385, 2012, 461 p. [in Russian]
2 Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Zaitseva I.S. Voda i chelovek [Water and humans]. M.: Izdatel'stvo «Pero», 2022, 324 p. [in Russian]
3 Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie [Water resources of Russia and their use] / pod red. I.A. Shiklomanova. SPB.: Gosudarstvennyi gidrologicheskii institut, 2008, 600 p. [in Russian]
4 UNESCO, UN-Water, 2020: United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO, 2020, 236 p.
5 Voskresenskii K.P. Gidrologicheskie raschety pri proektirovanii sooruzhenii na malykh rekakh, ruch'yakh i vremennykh vodotokakh (metodicheskie osnovy i praktika) [Hydrological calculations in the design of structures on small rivers, streams and temporary watercourses (methodological basis and practice)]. L.: Gidrometeoizdat, 1956, 467 p. [in Russian]
6 Goroshkov I.F. Gidrologicheskie raschety [Hydrological calculations]. L.: Gidrometeoizdat, 1979, 430 p. [in Russian]
7 Korobkina E.A., Filippova I.A., Kharlamov M.A. Otsenka stoka v basseine r. Don: neobkhodimost' smeny paradigmy gidrologicheskikh raschetov [Flow assessment in the Don River basin: the need for a paradigm shift in hydrological calculations]. Vodnye resursy., 2020, Vol. 47, No. 6. – pp. 663-673. [in Russian]
8 Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie. Tom VII. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana. Kniga 1. Vozobnovlyaemye resursy poverkhnostnykh vod Zapadnogo, Severnogo, Tsentral'nogo i Vostochnogo Kazakhstana [Water Resources of Kazakhstan: Assessment, Forecasting, Management. Volume VII. River flow resources of Kazakhstan. Book 1. Renewable surface water resources of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan] / Pod red. Gal'perina R.I. «Natsional'nyi nauchno-tekhnicheskii kholding «Parasat» Institut Geografii. Almaty, 2012, 684 p. [in Russian]
9 Babkin B.I., Gusev O.A., Novikova V.A. Metodika osredneniya i interpolyatsii gidrometeorologicheskikh kharakteristik [Methodology for averaging and interpolation of hydrometeorological characteristics]. Trudy GGI, 1974, No. 217., pp. 175-186. [in Russian]
10 Shiklomanov I.A. Antropogennye izmeneniya vodnosti rek [Anthropogenic changes in river water availability]. L.: Gidrometeoizdat, 1979, 302 p. [in Russian]
11 Denisov P.P. Izmenenie rechnogo stoka po krupnym regionam Zemnogo shara [Changes in river runoff by major regions of the globe]. Meteorologiya i gidrologiya, 1980, No. 6, pp. 106-107. [in Russian]
12 Klige R.K. Izmeneniya global'nogo vodoobmena [Changes in global water exchange]. M.: Nauka, 1985, 247 p. [in Russian]
13 Drozdov O.A. O nadezhnosti ispol'zovaniya analogov proshlogo dlya prognozov vodnogo rezhima na budushchee [On the reliability of using past analogues for future water regime forecasts].Vodnye resursy, 1992, No. 4, pp. 7-12. [in Russian]
14 Khristoforov A.V. Teoriya sluchainykh protsessov v gidrologii [Theory of random processes in hydrology]. M.: Izd-vo MGU, 1994, 141 p. [in Russian]
15 Ahsan S., Bhat M.S., Alam A., Farooq H., Shiekh H.A (2023). Complementary use of multi-model climate ensemble and Bayesian model averaging for projecting river hydrology in the Himalaya. Environmental Science and Pollution Research, No.30, 38898–38920. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24913-6.
16 Xianneng Zha, Huaiwei Sun, Hao Jiang, Lei Cao, Jie Xue, Dongwei Gui, Dong Yan, Ye Tuo (2023). Coupling Bayesian Network and copula theory for water shortage assessment: A case study in source area of the South-to-North Water Division Project (SNWDP), Journal of Hydrology, Vol. 620, Part A, 129434, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129434.
17 Temesgen Zelalem, Kasiviswanathan K.S (2023). A Bayesian modelling approach for assessing non-stationarity in annual maximum rainfall under a changing climate, Hydrological Sciences Journal, 68:10, 1460-1478, https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2218550
18 Tianyu Sun, Deping Liu, Dong Liu, Liangliang Zhang, Mo Li, Muhammad Imran Khan, Tianxiao Li, Song Cui (2023). A new method for flood disaster resilience evaluation: A hidden Markov model based on Bayesian belief network optimization, Journal of Cleaner Production, Vol. 412, 137372, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137372.
19 Bolgov M.V., Sentsova N.I. Baiesovskie otsenki raschetnykh kharakteristik minimal'nogo stoka rek v nestatsionarnykh usloviyakh [Bayesian estimations of estimated characteristics of minimum river flow under non-stationary conditions]. Meteorologiya i gidrologiya, 2010, No. 11, pp. 70-80. [in Russian]
20 Climate change. impacts and vulnerability in Europe 2016: an indicator-based report, EEA Report No 1/2017, 2017, 424 p. doi:10.2800/534806.
21 Vodnye resursy, kachestvo poverkhnostnykh vod i vodopotreblenie v stranakh «Vostochnogo partnerstva» [Water Resources, Surface Water Quality and Water Use in the Eastern Partnership Countries']. Doklad na osnove pokazatelei. Otchet EAOS № 14/2020. Evropeiskoe agentstvo po okruzhayushchei srede, 2020, 82 p. doi:10.2800/088732. [in Russian]
22 Vos'moe natsional'noe soobshchenie i pyatyi dvukhgodichnyi doklad Respubliki Kazakhstan Ramochnoi Konventsii OON ob izmenenii klimata [Eighth National Communication and Fifth Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the United Nations Framework Convention on Climate Change]. Astana, 2022, 491 p. [in Russian]
23 Kristen M. Whitney, Enrique R. Vivoni, Theodore J. Bohn, Giuseppe Mascaro, Zhaocheng Wang, Mu Xiao, Mohammed I. Mahmoudde, Chuck Cullom, Dave D. White (2023). Spatial attribution of declining Colorado River streamflow under future warming. Journal of Hydrology, Vol. 617, Part C. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129125.

24 Ruxin Zhao, Hongquan Sun, Lisong Xing, Renzhi Li, Ming Li (2023). Effects of anthropogenic climate change on the drought characteristics in China: From frequency, duration, intensity, and affected area. Journal of Hydrology, Vol. 617, Part B. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.129008.

25 Demin A.P., Bolgov M.V., Filippova I.A. Izmenenie nagruzki na vodnye resursy basseina reki Oki pod vliyaniem klimaticheskikh i antropogennykh faktorov [Changes in the load on water resources of the Oka River basin under the influence of climatic and anthropogenic factors]. Nauchnoe obespechenie realizatsii Vodnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 g. Sbornik nauchnykh trudov. Petrozavodsk, 2015, Vol. 2, pp. 86-93. [in Russian]

26 Sivokhip Zh.T. Institutsional'no-pravovye aspekty kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov v transgranichnykh rechnykh basseinakh [Institutional and legal aspects of integrated water resources use in transboundary river basins]. Transgranichnye territorii Vostoka Rossii: faktory, vozmozhnosti i bar'ery razvitiya., 2021, pp. 304-309. [in Russian]

27 Shiklomanov I.A., Markova O.L. Problemy vodnykh resursov i perebrosok stoka v mire [Problems of water resources and flow diversions in the world]. L.: Gidrometeoizdat, 1987, 196 p. [in Russian]

28 Shikiomanov I.A., Balonishnikova J.A (2003). World water use and water availability: trends, scenarios, consequences. IAHS Publ., Vol. 281, pp. 358-364.

29 World Water Resources at the Beginning of 21st Century (2003) / Ed. Shiklomanov I.A., Rodda J.C. Cambridge University Press, 450 p.

30 Smakhtin V., Revenga C., Döll P (2004). A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. Water international, Vol. 29, 3, pp. 307-317.

31 Falkenmark M., Lundqvist J., Widstrand C (1989). Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-scale Approches: Aspects of Vulnerability Semi-arid Development. Natural Resources Forum, Vol. 13, 4, pp. 258-267.

32 Fridman A.A. Modeli ekonomicheskogo upravleniya vodnymi resursami [Models of economic water management.]. M.: Izd. Dom Vysshei shkoly ekonomiki, 2012, 284 p. [in Russian]

33 Raskin P., Gleick P., Kirshen P., Pontius G., Strzepek K (1997). Water Futeres: Assessment of Long-Range Pattens and Problems. Stokhgolm, Stokhgolm Environmental Institute, 77 p.

34 Rybkina I.D., Sivokhip Zh.T. Vodnye resursy rossiisko-kazakhstanskogo transgranichnogo regiona i ikh ispol'zovanie [Water resources of the Russian-Kazakh transboundary region and their use].Yug Rossii: ekologiya, razvitie, 2019, Vol. 14, No. 2. pp. 70-86. [in Russian]

35 Chitonge Kh. Urbanizatsiya i vodnyi krizis v Afrike: kartografirovanie poryadkov defitsita vody [Urbanisation and the water crisis in Africa: mapping orders of water scarcity].Sotsial'nye i gumanitarnye nauki. Otechestvennaya i zarubezhnaya literatura, Ser. 9: Vostokovedenie i afrikanistika, 2021, No. 1, pp. 74–80. [in Russian]

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Саят К. Алимкулов к.г.н., Айсулу А. Турсунова к.г.н., Ляззат К. Махмудова к.г.н., Асель А. Сапарова* PhD, Кайрат М. Кулебаев, Айдана Т. Базарбек

АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; sayat.alimkulov@mail.ru; ais.tursun@bk.ru; mlk2002@mail.ru; aselek.a.s@mail.ru; kairat.kulebayev@mail.ru; aydanabt@gmail.com
Автор корреспондент: Асель А. Сапарова, aselek.a.s@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

водные ресурсы
норма годового стока
водный фонд
водообеспеченность
методы оценки

По статье:
Получено: 5.02.2024
Пересмотрено: 4.10.2024
Принято: 20.02.2025
Опубликовано: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Водные ресурсы критически важны для поддержания жизни на Земле и разнообразных аспектов человеческой деятельности. Устойчивое управление и охрана водных ресурсов являются приоритетными задачами для сохранения окружающей среды и обеспечения устойчивого развития. Оценка перспектив использования водных ресурсов в экономически освоенных регионах достаточно сложная комплексная задача, связанная как со сценариями развития водопотребляющих отраслей экономики, так и с необходимостью учета изменений, происходящих в гидролого-климатической системе. Подобные изменения влияют на условия формирования стока и способны приводить к существенной трансформации водного режима, эта проблема особенно значима для бассейнов с невысокой обеспеченностью водными ресурсами. В данном научном исследовании, во-первых, предложен алгоритм оценки поверхностных вод по административным районам необходимый для решения отраслевых задач; во-вторых, предложен методологический подход оценки водообеспеченности территории поверхностными водами с учетом комплекса критериев, необходимых в основе оценки водообеспеченности административных территорий поверхностными водами.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE ASSESSMENT OF SURFACE WATER RESOURCES

Sayat Alimkulov candidate of the geographical sciences, Aisulu Tursunova candidate of the geographical sciences, Lyazzat Makhmudova candidate of the geographical sciences, Assel Saparova* PhD, Kairat Kulibayev, Aidana Bazarbek

«Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; sayat.alimkulov@mail.ru; ais.tursun@bk.ru; mlk2002@mail.ru; aselek.a.s@mail.ru; kairat.kulebayev@mail.ru; aydanabt@gmail.com
Corresponding author: Assel Saparova, aselek.a.s@mail.ru

KEY WORDS

water resources
average runoff
water fund
water availability
assessment methods

About article:
Received: 5.02.2024
Revised: 4.10.2024
Accepted: 20.02.2025
Published: 01.04.2025

ABSTRACT

Water resources are critically important for the maintenance of life on Earth and various aspects of human activity. Sustainable management and protection of water resources are priorities for environmental conservation and sustainable development. Assessing the prospects for the use of water resources in economically developed regions is a rather complex complex task associated with both scenarios for the development of water-consuming sectors of the economy and the need to take into account changes occurring in the hydrological and climatic system. Such changes affect the conditions of runoff formation and can lead to a significant transformation of the water regime, this problem is especially significant for basins with low availability of water resources. In this scientific study, firstly, an algorithm for assessing surface waters by administrative districts is proposed, which is necessary to solve sectoral problems; secondly, a methodological approach is proposed for assessing the water supply of a territory with surface waters, taking into account a set of criteria necessary for assessing the water supply of administrative territories with surface waters.

Баспагердің ескертпесі: барлық жарияланымдардағы мәлімдемелер, пікірлер мен деректер «Гидрометеорология и экология» журналына және/немесе редакторға(ларға) емес, тек авторға(ларға) тиесілі.