

А.В. Чередниченко² , А.В. Чередниченко^{1*} ,
В.С. Чередниченко¹ , А.С. Нысанбаева¹ , Г.Н. Чичасов³ 

¹Казахский национальный университет им. аль Фараби, Алматы, Казахстан

²Университет «Туран», Алматы, Казахстан

³Федеральная служба по гидрометеорологии и
мониторингу окружающей среды Российской Федерации, Москва, Россия

*e-mail: geliograf@mail.ru

СТРАТЕГИЯ ДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА ПО СМЯГЧЕНИЮ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЮ КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Исследование посвящено актуальной теме – снижению выбросов парниковых газов в контексте глобального изменения климата, с акцентом на региональные особенности Западного Казахстана. Целью работы является разработка реалистичного и адаптированного к региональным условиям плана действий по сокращению выбросов, а также оценка потенциала Западного Казахстана в области митигации и адаптации к климатическим изменениям. Научная и практическая значимость исследования заключается в возможности использования предложенной стратегии как основы для формирования региональной климатической политики. Методология включает анализ международных подходов к адаптации, климатическое прогнозирование до 2050 года, а также оценку существующей инфраструктуры и условий региона. В результате исследования предложена стратегия снижения выбросов, учитывающая региональные особенности, а также проведен анализ потенциала митигации и адаптации в Западном Казахстане. Работа вносит вклад в развитие климатической политики на региональном уровне и расширяет знания о возможностях локальной адаптации к глобальным вызовам. Практическое значение заключается в применимости разработанной стратегии органами власти, бизнесом и общественными организациями региона при разработке и реализации мер по снижению выбросов.

Ключевые слова: Западный Казахстан, парниковые газы, отрасли экономики, углеродоемкость, экологические проблемы, целевые показатели.

A.V. Cherednichenko², A.V. Cherednichenko^{1*},
V.S. Cherednichenko¹, A.S. Nyssanbayeva¹, G.N. Chichasov³

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

² «Turan» universities, Almaty, Kazakhstan

³ Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring
of the Russian Federation, Moscow, Russia

*e-mail: geliograf@mail.ru

Action strategy for Western Kazakhstan to mitigate global warming and maintain climate potential

The study is devoted to a relevant topic – reducing greenhouse gas emissions in the context of global climate change, with an emphasis on the regional characteristics of Western Kazakhstan. The aim of the work is to develop a realistic and regionally adapted action plan to reduce emissions, as well as to assess the potential of Western Kazakhstan in the field of mitigation and adaptation to climate change. The scientific and practical significance of the study lies in the possibility of using the proposed strategy as a basis for developing a regional climate policy. The methodology includes an analysis of international approaches to adaptation, climate forecasting up to 2050, as well as an assessment of the existing infrastructure and conditions of the region. As a result of the study, a strategy for reducing emissions was proposed that takes into account regional characteristics, and an analysis of the mitigation and adaptation potential in Western Kazakhstan was conducted. The work contributes to the development of climate policy at the regional level and expands knowledge about the possibilities of local adaptation to global challenges. The practical significance lies in the applicability of the developed strategy by government bodies, businesses and public organizations of the region in the development and implementation of measures to reduce emissions.

Keywords: Western Kazakhstan, greenhouse gases, economic sectors, carbon efficiency, environmental issues, targets.

А.В. Чередниченко², А.В. Чередниченко^{1*},
В.С. Чередниченко¹, А.С. Нысанбаева¹, Г.Н. Чичасов³

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

²«Тұран» университеті, Алматы, Қазақстан

³Ресей Федерациясының Гидрометеорология және
қоршаған ортаны бақылау жөніндегі Федералды қызметі, Мәскеу, Ресей

*e-mail: geliograf@mail.ru

Батыс Қазақстанға арналған жаһандық жылынуды жұмсарту және климаттық әлеуетті сақтау бойынша әрекет стратегиясы

Бұл зерттеу жаһандық климаттың өзгеруі жағдайында парниктік газдар шығарындыларын азайту мәселесіне арналған және Батыс Қазақстан өңірінің аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – өңірлік жағдайларға бейімделген және ғылыми негізделген іс-қимыл жоспарын әзірлеу, сондай-ақ Батыс Қазақстанның климаттық өзгерістерге бейімделу және оларды жұмсарту (митигация) әлеуетін бағалау. Зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы ұсынылып отырған стратегияны өңірлік климаттық саясатты қалыптастырудың әдіснамалық және қолданбалы негізі ретінде пайдалану мүмкіндігінде көрініс табады. Зерттеу әдістемесі бейімделудің халықаралық тәсілдерін талдауды, 2050 жылға дейінгі климаттық болжамдарды құруды, сондай-ақ қолданыстағы инфрақұрылым мен өңірлік жағдайларды кешенді бағалауды қамтиды. Зерттеу нәтижесінде аймақтық ерекшеліктерді ескеретін парниктік газдар шығарындыларын азайту стратегиясы ұсынылып, Батыс Қазақстан өңірінің бейімделу және митигациялық әлеуетіне талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері өңірлік деңгейде климаттық саясатты жетілдіруге ықпал етіп, жаһандық экологиялық сын-қатерлерге жергілікті жауап беру мүмкіндіктерін ғылыми негізде қарастыруға жол ашады. Тәжірибелік құндылығы – әзірленген стратегияны жергілікті мемлекеттік органдар, бизнес құрылымдары мен қоғамдық ұйымдар тарапынан шығарындыларды азайтуға бағытталған шараларды әзірлеу және іске асыру үдерісінде қолдану мүмкіндігімен айқындалады.

Түйін сөздер: Батыс Қазақстан, парниктік газдар, экономика секторлары, көміртегі тиімділігі, экологиялық мәселелер, мақсатты көрсеткіштер.

Введение

В феврале 2023 года, Указом Президента РК была принята Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года (далее – Стратегия). В марте 2025 года была представлена обновленная концепция стратегии (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; Сатыбалдина А.А., 2016).

Стратегия отражает потребность в адаптации экономики Казахстана к ключевым мировым климатическим вызовам и тенденциям. Среди них – внедрение Механизма трансграничного углеродного регулирования (СВАМ) Европейским союзом, растущее значение стандартов экологического, социального и корпоративного управления (ESG), активное развитие «зелёных» финансовых инструментов, переход к энергоэффективным технологиям, расширение электрификации и другие направления устойчивого развития (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; 8-е национальное сообщение по Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 2023; Сатыбалдина А.А., 2016).

Основная цель Стратегии и сопровождающей её дорожной карты – обеспечение достижения Казахстаном углеродной нейтральности к 2060 году. Это предполагает поэтапный переход к низкоуглеродному развитию, основанный на принципах социальной справедливости, экономической целесообразности и технологической реализуемости. В качестве промежуточной цели установлено сокращение выбросов парниковых газов к 2030 году на 15% от уровня 1990 года в рамках безусловных обязательств, а при наличии международной поддержки – достижение сокращения до 25% (условная цель), что позволит ускорить процессы декарбонизации экономики (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; Сатыбалдина А.А., 2016).

Используя данную стратегию, как фундамент, авторы разработали ряд адаптационных мер для региона Западного Казахстана, исходя из следующих соображений:

- Стратегия должна быть эффективной, т. е. она не должна сдерживать экономическое развитие отраслей хозяйственной деятельности в регионе;

- Стратегия направлена на укрепление взаимосвязи между институциональными, экономическими и технологическими мерами, обеспечивающими устойчивый экономический рост. Она должна способствовать снижению негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, повышению способности к адаптации в условиях климатических изменений, а также минимизации и смягчению последствий накопленных экологических эффектов, влияющих на климатообразующие факторы;

- Стратегия должна учитывать современное видение научного мирового сообщества на оптимальные пути по смягчению климатических изменений (Башмаков И.А., 2016; Григорьев Л.М., 2016 г; Чередниченко А.В., 2020; Климатические колебания, 2017; Кокорин А.О., 2018; Порфирьев Б.Н., 2017; Порфирьев Б.Н., 2019; Порфирьев Б.Н., 2011; Порфирьев Б.Н., 2013; Смирнов Н.С., 2015; Сатыбалдина А.А., 2016; Широков А.А., 2016). Актуальность задач по сдерживанию климатических изменений и адаптации к их последствиям признаётся как научным сообществом, так и на государственном уровне. Это подтверждается, в том числе, Законом Республики Казахстан от 26 марта 2009 года №144-IV. Казахстан последовательно поддерживает ключевые положения Рамочной конвенции ООН об изменении климата, а также других международных соглашений, заключённых при его участии, подтверждая приверженность глобальным климатическим обязательствам.

При этом поддержка международных климатических соглашений не исключает необходимости разработки и реализации национального плана действий, направленного на реагирование на климатические изменения и их последствия для экономики и благополучия населения Казахстана. Представленные подходы согласуются также с (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023), но предназначены для конкретного региона.

Авторы излагают здесь свое видение той части механизмов, которая направлена на экономику и население Западного Казахстана в части содействия в замедлении климатических изменений и адаптации к происходящим и ожидаемым изменениям, с учетом полученных результатов в рамках комплексного исследования региона и моделированию климата.

Поддерживая базовые международные соглашения по проблеме, авторы в то же время

хотели бы избежать обсуждения вопросов борьбы с изменением климата и его последствиями, которая до последнего времени поддерживалась и продолжает поддерживаться многими значимыми европейскими странами (большинством) и странами мира (Башмаков И.А. 2016; Кокорин А.О. 2018; Порфирьев Б.Н. 2019). Только в последние несколько лет появились голоса, что видимо у «зеленого перехода» имеются недостатки, поскольку развитие экономики ряда стран Европы, по сути, остановилось, начались массовые выступления фермеров во Франции, Германии и др., чего хотели избежать все страны включая Республику Казахстан.

Цели, которые ставятся в рамках климатической политики, должны быть чётко сформулированы, понятны обществу и, самое главное, реалистичны и достижимы. Оптимальным представляется путь, при котором адаптация населения и экономики к климатическим изменениям и их краткосрочным и долгосрочным последствиям сочетается с мерами по смягчению накопленного экологического ущерба, а также по снижению текущего и будущего техногенного воздействия на климатообразующие факторы окружающей среды. При этом необходимо сохранять уровень и качество жизни граждан.

Реализация такого подхода требует согласованных действий всех участников системы адаптации и противодействия климатическим изменениям (8-е национальное сообщение по Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 2023). Эти принципы уже отражены в обновлённой концепции устойчивого развития, закреплённой в Повестке дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030 года (Focused Acceleration: 2017). Климатический фактор должен стоять в ряду приоритетнейших задач национальной безопасности страны и её социально-экономического развития (Закон РК 2009; Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023). Следует также учитывать высокую неопределённость, характерную для климатических изменений.

Напомним, что Западный Казахстан представляет собой регион с высокой степенью климатической, экологической и социально-экономической уязвимости. В условиях усиливающегося воздействия климатических изменений, дефицита водных ресурсов и деградации земель особенно остро стоит вопрос адаптации систем землепользования и управления пастбищными угодьями.

Климатическая ситуация региона характеризуется крайне низким уровнем осадков (в ряде районов менее 250 мм в год), высокой испаряемостью, частыми засухами и тенденцией к повышению среднегодовых температур. Эти факторы способствуют интенсивному опустыниванию, снижению почвенного плодородия и сокращению растительного покрова. В сочетании с недостаточной водообеспеченностью, особенно в Мангистауской и Атырауской областях, это создает значительные ограничения для сельскохозяйственного производства, в первую очередь – для традиционного скотоводства, основанного на природных пастбищах (Water Management 2024; Айтжанов Б. Р. 2023).

Особую обеспокоенность вызывает прогрессирующая деградация пастбищ. По оценкам различных исследовательских групп, от 50 до 70 % пастбищного фонда региона находятся в неудовлетворительном или деградированном состоянии. Основные причины – чрезмерный выпас, отсутствие ротационного использования, недостаток инфраструктуры (водопой, ограждения, дороги) и несбалансированное распределение пастбищных ресурсов. В результате снижается продуктивность кормовой базы, растут затраты на содержание скота, усиливаются экономические риски для фермеров и сельских общин (Климов Н. П. 2022).

На этом фоне возрастает социальное давление: усиливаются процессы миграции из сельских территорий, растёт уровень безработицы и бедности, особенно среди молодежи. Отсутствие доступа к устойчивым технологиям, слабая вовлечённость фермеров в принятие решений, а также недостаточная координация между государственными органами препятствуют эффективной реализации законодательства в сфере землепользования, в частности – Закона РК «О пастбищах» (GIZ Kazakhstan, 2023; О пастбищах: Закон Республики Казахстан от 20 февраля, 2017).

Учитывая все вышеперечисленное, актуальность внедрения адаптационных мер и устойчивых подходов к управлению земельными ресурсами и пастбищами в Западном Казахстане является исключительно высокой. Эти меры должны включать восстановление деградированных территорий, внедрение адаптивного пастбищного менеджмента, модернизацию водной инфраструктуры, цифровизацию мониторинга и активное участие местных сообществ

в управлении природными ресурсами (Айтжанов Б. Р., 2023; Климов Н. П., 2022).

Таким образом, важно, чтобы избранная стратегия была понятна и поддерживалась населением. Так, опрос, проведённый в ряде стран показал, что только 60% населения согласились, что такая проблема действительно существует, остальные 40% считают, что на проблеме хотят заработать те, кто спекулирует на естественном страхе перед природными катастрофами (Климатические колебания 2017; Колпаков А.Ю., 2018). Доля тех, кто готов нести расходы на борьбу с изменением климата, в несколько раз ниже, чем доля признающих проблему. Расходы действительно огромны, если стремиться достичь рубежа потепления не выше 1,5–2,0°C к 2100 г. а это, однако, ничего не гарантирует по причинам, отмеченным нами выше, в первую очередь высокой неопределённости. Эта неопределённость особенно проигрывает на фоне таких проблем, как проблема чистой питьевой воды, загрязнение воздушных бассейнов промышленных центров, проблема промышленных отходов и др.

Согласно (Доклад 2016) оценка ущерба здоровью населения от техногенного загрязнения воздуха на порядок превышает таковой от изменения климата, а ущерб от загрязнения воды и почвы ещё на порядок выше, чем ущерб от загрязнения воздуха. Аналогичных данных для Казахстана авторы не нашли. Хотя актуальность экологических вопросов никто не отменял.

Обсуждение

Метан составляет около 20% глобального радиационного форсинга, связанного с антропогенными парниковыми газами (ПГ). Его потенциал глобального потепления (GWP) в 84–87 раз выше, чем у CO₂ за 20-летний период (Intergovernmental Panel 2006). По данным спутниковых исследований (Varon D.J. 2021; Irakulis-Loitxate I., 2021), основными «ультра-эмиттерами» метана выступают объекты нефтегазовой инфраструктуры. Анализ многоспектральных спутников Sentinel-2 позволяет фиксировать периодические выбросы с высокой точностью и частотой, что демонстрирует эффективность дистанционного мониторинга как инструмента управления эмиссиями.

С 2021 года более 150 стран присоединились к Глобальной метановой сделке (Global Methane Pledge), добровольно обязавшись сократить выбросы метана на 30% к 2030 году по сравнению

с уровнем 2020 года. Это соглашение дополняет положения Парижского соглашения и строится на базе научно обоснованных метрик, таких как GWP*, обеспечивающих более справедливую оценку вклада краткоживущих климатических загрязнителей (Fuglestedt J., 2020). Данная трансформация подходов к учёту ПГ позволяет оптимизировать политику митигации с фокусом на высокоэффективные краткосрочные меры.

Снижение выбросов метана в нефтегазовой отрасли является критически важным направлением климатической политики. По данным тематических публикаций (Report 2018; 8-е сообщение РК 2023), к ключевым мерам относятся:

- Внедрение систем поиска и устранения утечек (LDAR) на производственных и транспортных объектах;
- Утилизация попутного нефтяного газа, сокращающая объёмы факельного сжигания;
- Модернизация компрессорных и магистральных сетей, предотвращающая хронические потери;
- Цифровизация мониторинга выбросов, включая спутниковое и беспилотное наблюдение.

Указанные меры позволяют не только достичь экологических целей, но и существенно повысить экономическую эффективность отрасли за счёт сохранения товарного газа.

Аридные территории, такие как юг и запад Казахстана, юг России, страны Центральной Азии и Северной Африки, испытывают всё более ощутимые последствия изменения климата: рост засух, деградацию земель и водный дефицит (Порфирьев Б.Н., 2019). В условиях ограниченных ресурсов особое значение приобретают меры двойного назначения – адаптационно-митигационные. Согласно исследованиям (Шалабаева А.Ж., 2023), эффективные подходы включают:

- Оптимизацию ирригационных систем (капельное орошение, повторное использование воды);
- Восстановление естественных экосистем и устойчивых к засухе ландшафтов;
- Пространственное планирование и прогнозирование на основе математического моделирования вегетационных структур (Zelnik Y.R., 2018), что способствует устойчивости к засухливым трендам.

Дополнительно, оценка эмиссионного потенциала в сельском хозяйстве и управлении отходами (Баймагамбетов Т.Б., 2022) позволяет

нацелено планировать сокращение выбросов в неэнергетических секторах.

Таким образом, углубляющийся климатический кризис требует немедленных и комплексных действий по снижению выбросов парниковых газов (ПГ), в том числе метана (CH₄), который обладает существенно более высоким краткосрочным радиационным форсингом, чем углекислый газ (CO₂). В связи с этим международное сообщество усиливает внимание к высокоэффективным стратегиям митигации, в первую очередь – к мерам по контролю и сокращению выбросов метана из ключевых источников, включая нефтегазовый сектор. Дополнительным приоритетом является разработка адаптационных решений в уязвимых аридных регионах, где воздействие климатических изменений наиболее ощутимо. Для региона Западного Казахстана все перечисленные меры актуальны и необходимы, однако ввиду специфики нефти и газодобычи имеется своя специфика, которая изложена ниже

Методология

Необходимым ресурсом для анализа в данной работе является комплекс мер и стратегических инициатив, направленных на достижение углеродной нейтральности к 2060 году, что отражено в ряде ключевых государственных документов Республика Казахстан реализует. Основным из них является Доктрина углеродной нейтральности Республики Казахстан, утверждённая в 2021 году (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023), Концепция перехода Казахстана к «зеленой» экономике (Концепция перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике, 2013), которая стала фундаментом экологически устойчивого развития страны. Важным международным обязательством Казахстана является выполнение условий Парижского соглашения (Парижское соглашение, 2016 г), в рамках которого страна обновила свои национально определённые вклады, предполагающие снижение выбросов парниковых газов на 15% от уровня 1990 года к 2030 году, с возможностью увеличения этого показателя до 25% при условии международной поддержки. В данном контексте особое внимание уделяется развитию климатически устойчивых проектов и формированию механизмов торговли квотами на выбросы. В настоящее время разрабатывается Национальный план

адаптации к изменению климата (Национальный план адаптации, 2025), который направлен на повышение устойчивости экономики и населения к неблагоприятным последствиям климатических изменений. Еще одним важным отраслевым документом является: Энергетическая стратегия Казахстана (Энергетическая стратегия Республики Казахстан до 2050 года, 2013), которая предусматривает увеличение доли возобновляемых источников энергии до 15% к 2030 году и до 50% к 2050 году, что сопровождается поддержкой проектов по строительству новых солнечных и ветровых электростанций, а также внедрением механизмов стимулирования закупок «зелёной» энергии. Таким образом, комплекс стратегических документов Республики Казахстан формирует основу для устойчивого перехода страны к углеродной нейтральности и экологически ориентированному развитию.

Социально-экономическая оценка сценария развития Республики Казахстан в контексте достижения углеродной нейтральности показала необходимость перенаправления инвестиций в новые сектора и низкоуглеродные технологии. Такой подход позволит не только компенсировать возможный экономический ущерб, но и создать условия для устойчивого роста – вплоть до +221% к 2060 году по сравнению с уровнем 2020 года.

Таким образом, переход к низкоуглеродному развитию в рамках реализации мероприятий Дорожной карты Стратегии создаёт возможности для успешного адаптивного развития экономики в условиях меняющегося климата и трансформации глобальных рынков.

В сценарии углеродной нейтральности инвестиции постепенно смещаются от углеродоемких к низко- и безуглеродным направлениям. Из-за высокого износа основных фондов до 2030 года потребуется значительный рост инвестиций, и при выборе «зеленых» технологий это позволит снизить выбросы без привлечения дополнительных средств. Общий объем инвестиций в этом сценарии к 2060 году увеличивается в четыре раза по сравнению с 2023 годом и достигает к 2060 году уровня 277,8 миллиардов долларов США в год. Большая часть вложений заменяет углеродоемкие проекты, а не дополняет их (United Nations Development Programme, 2008; Varon D.J. 2021).

В сценарии углеродной нейтральности чистые инвестиции в низкоуглеродные и безуглеродные технологии за период 2023 – 2060

годы, оцениваются в 497,71 миллиардов долларов США, что составляет 7,1% от валового накопления основного капитала за тот же период (Сатыбалдина А.А. 2016). Из инвестиций в низкоуглеродные и безуглеродные технологии, 19,57 миллиардов долларов США приходятся на период до 2030 года. Все остальные инвестиции – 478,14 миллиардов долларов США – будут необходимы экономике в долгосрочном периоде 2031–2060 годы (Сатыбалдина А.А. 2016).

В структуре низкоуглеродных инвестиций наибольшая доля средств – 49,4% от общего объема – приходится на сектор производства электроэнергии и тепла. Существенные инвестиции также направляются в транспорт (16,3%), промышленность (9,2%), здания (8,2%) и сельское хозяйство (8,1%). Кроме того, инвестиции распределяются по новым технологическим направлениям: улавливание и хранение углерода – 0,6%, инфраструктура для хранения энергии – 0,7%, водородная инфраструктура – 0,5%.

Согласно расчётам, ожидаемое совокупное снижение выбросов парниковых газов в сценарии достижения углеродной нейтральности составит 6,397 млрд тонн CO₂-эквивалента за рассматриваемый период. Исходя из этого, средняя цена декарбонизации оценивается в 77,8 долларов США за одну тонну CO₂-эквивалента.

Таким образом, предложенный механизм предполагает комплексное применение институциональных, экономических и технологических мер, направленных на стимулирование экономического роста. Это достигается за счёт повышения производственной эффективности, внедрения лучших доступных технологий ресурсопользования, снижения рисков негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, а также повышения адаптационного потенциала экосистем в условиях климатических изменений (Кокорин А.О., 2018).

Для ускорения экономического роста – ключевого источника увеличения доходов – необходимы стимулирующие меры (Башмаков И.П., 2018; Кокорин А.О., 2018). При этом совокупность технологических и институциональных решений должна быть нацелена на обеспечение устойчивого роста экономики при одновременном сокращении совокупных производственных издержек. Это возможно лишь при эффективном использовании трудовых, природных и материальных ресурсов (Порфирьев Б.Н., 2017). В свою очередь повышение эффективности ве-

дёт к снижению выбросов в компоненты ОС, снижение выбросов парниковых газов. Всё это возможно только при использовании наилучших технологий. При подходе к оценке и мер тех или иных секторов, авторы придерживались этой парадигмы.

Результаты

Мировые тенденции и возможности для Казахстана (предложения) по секторам.

При анализе доступной информации и ряда стратегических документов, были выбраны наиболее перспективные, отрасли и меры по их адаптации, которые частично согласуются с уже разработанными мерами.

В сфере добычи энергоресурсов важной является проблема сокращения утечек метана

с мест добычи углеводородов и с газопроводов. В США такие потери составляют 3% от добычи, а в России – 4% (Сатыбалдина А.А., 2016; Alvarez R., 2018). Потери Казахстана в этой области составляют 7,6%. Что достаточно близко к российским, поскольку технологии добычи и транспортировки всё ещё похожи. Некоторые специалисты считают, что это основной источник выбросов парниковых газов. В Западном Казахстане находятся основные нефте-газодобывающие промыслы страны. Там же имеется некоторое число нефтегазопроводов, из которых возможны потери метана.

Рассмотрим пространственное распределение метана над Западным Казахстаном в средние месяцы сезонов по данным европейского спутника Sentinel (рис.1).

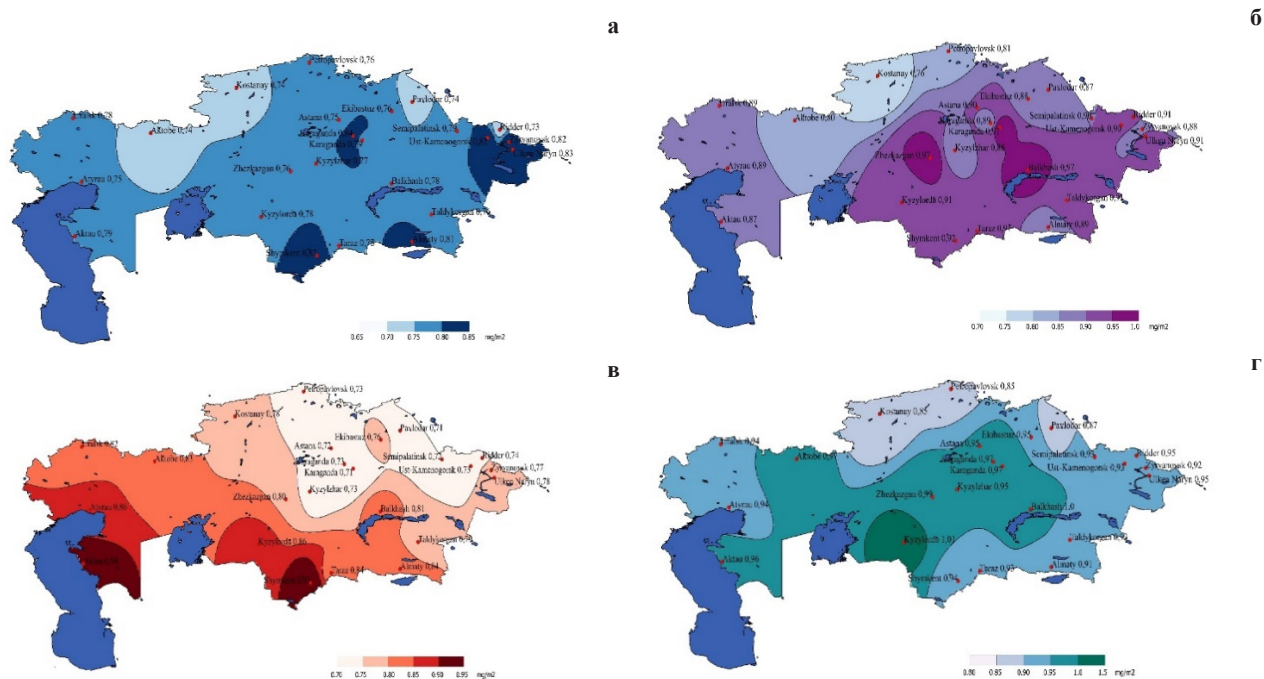


Рисунок 1 – Распределение средних месячных величин концентраций метана по территории Казахстана в январе (а), апреле (б), июле (в), и в октябре (г), (мг/м²)

Можно видеть, что над территорией Западного Казахстана концентрации метана относительно высокие, особенно в летнее время и особенно над Мангышлаком, где расположены основные нефтепромыслы республики. Согласно статистике (Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан, 2023; Топливо-энергетический баланс РК, 2024), в

Западном Казахстане добывается около 70 млн. м³ газа в год. Приняв потери равными 7,6%, получим, что выбросы метана составляют 5.3 млн м³ в год. При добыче нефти, которая добывается там же, в Западном Казахстане, потери метана тоже велики. Следовательно, для этих отраслей проблема сокращения потерь метана стоит довольно остро.

Второй областью, где можно значительно сократить выбросы парниковых газов, являются крупные тепловые электростанции (ТЭС). Перевод их с угля на газ во всём мире по оценкам (Alvarez R., 2018; Apt J., 2021) позволил бы на многие годы закрыть проблему парниковых газов, поскольку именно ТЭС являются главными источниками выбросов CO₂.

С выбросами ТЭС, работающих на угле, связана и другая проблема. Они являются источниками опасных для здоровья взвешенных частиц PM_{2,5}. До 90% таких частиц выбрасывают именно ТЭС. Экономический ущерб от заболеваний, обусловленных этими частицами, составляет 20–50- млрд долл. в год (Apt J., 2021).

В Западном Казахстане основные ТЭС работают на газе. Но имеется ряд мелких котельных.

В химической области и в строительстве перспективно применение нанодобавок природных волокон в строительные материалы. Они примерно на 10% сокращают потребности в углеводородном сырье при изготовлении пластмасс и сокращают потребление цемента, что сокращает его потребление, а, следовательно, и производство, с которым связаны значительные выбросы CO₂ (Порфирьев Б.Н. 2017; Порфирьев Б.Н. 2013).

Снижение выбросов в окружающую среду достигается также за счёт институциональных мер структурного характера, обеспечивающих переход к более эффективным экологичным, и в то же время менее углеродоёмким видам топлива. В энергетике – переход с угля на природный газ, а также атомную и возобновляемую энергетику, на транспорте – снижение использования нефтяного топлива. В первую очередь – дизельного топлива и роста потребления газомоторного топлива, а также просто использования гибридных двигателей, использующих и бензин, и электроэнергию.

В области производства электроэнергии необходимо расширение использования ВИЭ и атомных ЭС. Такие источники особенно эффективны в т. н. энергоизолированных районах. Несмотря на достигнутые огромные успехи в области энергообеспечения, такие районы ещё имеются. Отметим, что потенциал для ВИЭ в регионе Западного Казахстана огромен, однако недостатком ВИЭ является неустойчивость источника энергии, зависящего от ветра и солнца в целом. Атомная энергетика – устойчивый источник энергии, что чрезвычайно важно для страны, где имеются т. н. непрерывные производства – металлургическая промышленность, горнодобывающая и др.

В энергоёмких отраслях промышленности основным критерием эффективности должна выступать не столько энергоёмкость в её традиционном понимании, предполагающем приоритет экономии энергии, сколько показатели энергопроизводительности и углеродоэффективности. Эти показатели акцентируют внимание на повышении экономической отдачи от единицы потреблённой энергии и ускорении экономической динамики (Порфирьев Б.Н., 2011; Порфирьев Б.Н., 2013). Такой подход поддерживается и Международным энергетическим агентством, которое применительно к промышленному сектору в качестве ключевого показателя использует прирост добавленной стоимости на единицу энергопотребления (The Economist. 2018).

Рост энергопроизводительности тесно связан с повышением производительности труда в промышленности. В этом контексте смещение акцентов государственной политики с приоритета на энергосбережение в сторону трудосбережения – то есть эффективного использования трудовых ресурсов – приобретает особую значимость (Смирнов Н.С., 2015). Казахстан обладает значительным потенциалом в области повышения энергопроизводительности, особенно в энергоёмких отраслях экономики.

Вместе с тем, в менее энергоёмких секторах – таких как жилищное строительство, сфера услуг и другие – приоритетными задачами остаются энергосбережение и повышение энергоэффективности, напрямую влияющие на снижение выбросов углекислого газа (The Economist. 2018). Особое внимание следует уделять проектированию новых зданий с учётом современных энергосберегающих стандартов. По данным (The Economist. 2018), такие меры, наряду с реновацией существующего фонда с использованием новейших технологий, способны снизить потребление энергии на обогрев до 40%, что, в свою очередь, существенно снижает уровень эмиссий CO₂.

Таким образом, стратегический подход к устойчивому развитию требует гибкого применения приоритетов: в зависимости от отрасли – либо акцент на увеличение энергопроизводительности и трудосбережение, либо на энергосбережение и сокращение выбросов, с учётом потенциала и специфики каждого сектора экономики.

В области автотранспорта институциональные и технологические меры должны быть сориентированы с учётом наших условий, а именно: 1) больших расстояний между городами, 2)

недостаточного пока ещё сервиса вдоль транспортных магистралей, 3) всё ещё невысокого качества самих дорог, 4) холодный климат снижает эффективность аккумуляторов и уменьшает пробег электромобилей. Поэтому, в отличие от Европы и Китая, более целесообразным для нашей страны является не стремительный переход на электромобили, а разработка стратегии внедрения комбинированных технологий. Такая стратегия должна стимулировать: а) использование газомоторного топлива, особенно в грузовом транспорте; б) применение гибридных легковых автомобилей с сочетанием электродвигателя и бензинового мотора.

В качестве источников электроэнергии для автомобилей следует использовать газовые тепловые электростанции (ТЭС), а также возобновляемые источники энергии (ВИЭ), гидроэлектростанции (ГЭС) и атомные электростанции (АЭС). Зарядка аккумулятора автомобиля от ТЭС, работающей на угле, не даёт ни экологического ни климатического эффекта. В то же время перевод на газ большинства автотранспорта в перспективе будет иметь те же инфраструктурные ограничения и в отличие от электромобилей не решает экологической и климатической проблем, особенно в городах. Но это «в перспективе», а на определённый период решаются многие вопросы, связанные с экологией транспорта, в первую очередь дизельной техники (Порфирьев Б.Н., 2017). Поэтому развитие транспорта на газомоторном топливе следует рассматривать как переходный план действий, на длительный период. Поэтому необходимо развитие всей газовой инфраструктуры, необходимой для обеспечения такого вида транспорта. Одновременно следует ускорить перевод на газ ТЭС, строительство АЭС.

Урбанизированные зоны и города. На них приходится основная доля выбросов ЗВ и ПГ. Здесь обязательными должны стать снижение вредных выбросов, экологизация энергетики и автотранспорта, эффективное управление твердыми коммунальными отходами.

Экономически и экологически наиболее эффективной представляется концентрация усилий на сокращении выбросов наиболее вредных ЗВ (сажа, чёрный углерод), выбросов метана и др. Помимо выгод от снижения угроз жизни здоровью людей приоритетная роль сильных загрязнителей определяется тем, что в отличие от CO_2 , сокращению которого требуются усилия всего мирового сообщества, для суперзагрязнителей достаточно национальных усилий. Эффект от такого мероприятия сразу же ощущается населе-

нием региона или района. В то же время сокращение выбросов суперзагрязнителей смягчает техногенное воздействие на факторы формирования климата и климатические риски. Согласно (Waste: Special Report, 2018) вклад этой группы загрязнителей в динамику климата достигает 30%. К тому же эти загрязнители, включая метан, выводятся из атмосферы всего за 10–20 лет вместо сотен лет для CO_2 . Таким способом также освобождается время для поиска новых технологий и последующих новых усилий по сокращению CO_2 .

Твёрдые коммунальные отходы (ТКО) занимают значительные площади в окрестностях городов. Они отравляют почвы и воду вокруг себя, угрожают здоровью населения, снижают комфорт жизни.

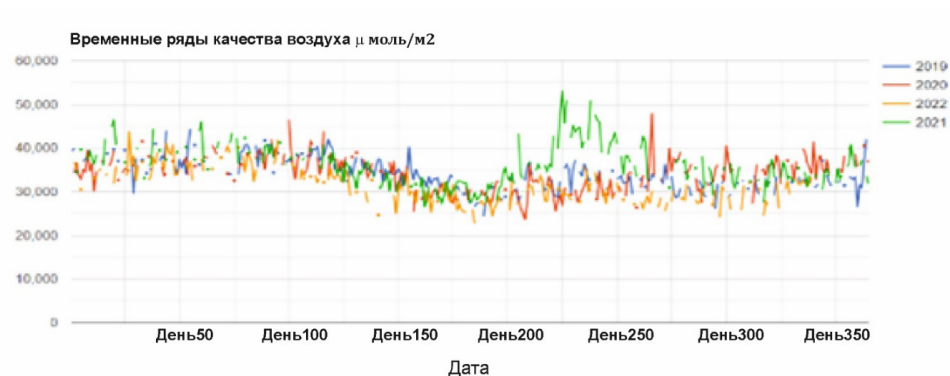
В масштабах Казахстана количество крупных свалок пока невелико, и особенно это актуально для Западного Казахстана — региона, где проводилось настоящее исследование. Здесь расположено всего четыре крупных города (Атырау, Уральск, Актау и Актобе), однако проблема несанкционированных и неорганизованных свалок остаётся острой даже в малых населённых пунктах и сельской местности. Отсутствие системного подхода к управлению ТКО приводит к локальному экологическому кризису, особенно вблизи жилых зон.

Для Западного Казахстана крайне важно внедрение и соблюдение стандартов эффективного обращения с ТКО, включая развитие инфраструктуры по их сбору, сортировке и утилизации не только в городах, но и в сельских округах. Это позволит сократить санитарно-эпидемиологические риски, улучшить экологическую ситуацию и повысить эффективность землепользования — особенно в условиях ограниченного доступа к пригодным для застройки территориям.

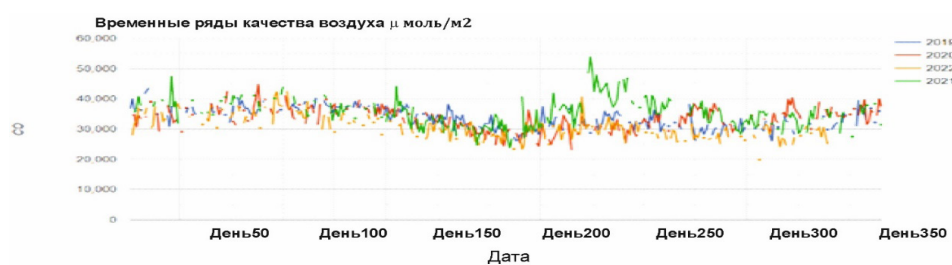
О потенциальной климатической эффективности таких мер можно судить по данным (The Economist. 2018). Там утверждается, что выбросы метана к 2025 г за счёт свалок могут возрасти на 10%. А эффективное управление ими может привести к такому же снижению выбросов метана уже к 2030г.

Лесные и степные пожары являются мощным источником поступления загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу. Для западного Казахстана леса не характерны, однако имеются вдоль поймы реки Урал. В других местах расположены значительные площади кустарниковых, которые время от времени горят.

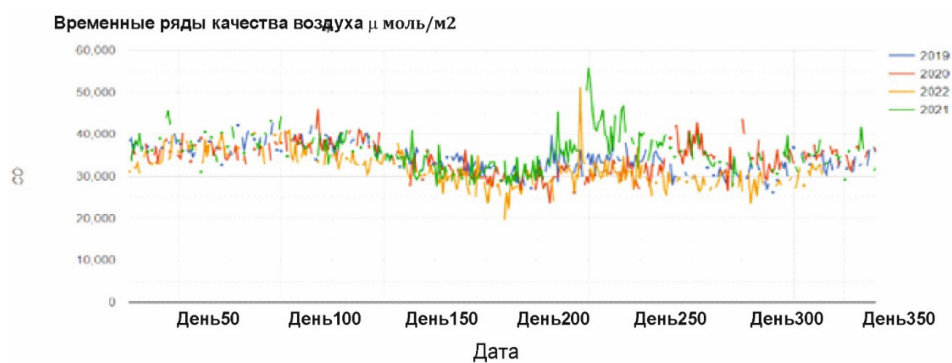
а) Станция Уральск.



б) Станция Актюбинск.



в) Станция Атырау



г) Станция Актау

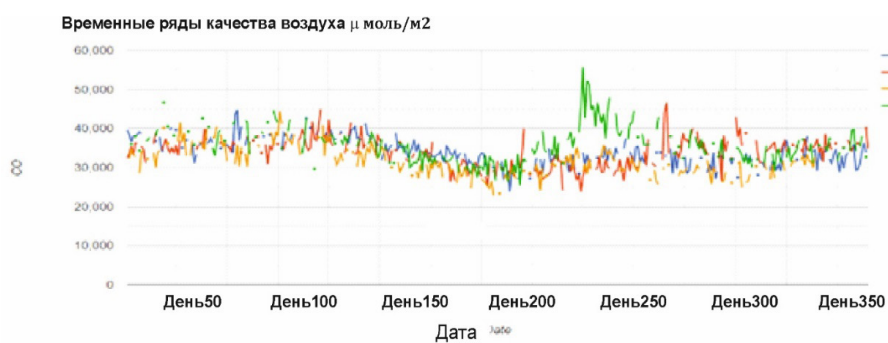


Рисунок 2 – Годовой ход концентраций СО в Западном Казахстане

Горит также и степь. Кроме того, ЗВ от пожаров способны переноситься на большие расстояния. При лесных и степных пожарах выделяется значительное количество взвешенных частиц и целого ряда газовых загрязнителей (Порфирьев Б.Н., 2013; Колпаков А.Ю., 2018; Климов Н. П., 2022; Климатический обзор территории Республики Казахстан, 2024). На рис.2 представлен годовой ход концентраций СО – основного продукта выбросов при пожарах, полученные по данным спутника Sentinel.

Можно видеть, что в течение взятых четырех лет степные пожары наблюдались ежегодно. При этом концентрации СО в летний период, как правило, выше, чем зимой, когда сжигается самое большое количество топлива. Проблема борьбы со степными пожарами, следовательно, актуальна для региона.

По оценкам (Порфирьев Б.Н. 2013) в расчёте на тонну выбросов СО₂ при пожарах потребность капиталовложений втрое меньше тех, которые необходимы топливно-энергетическому комплексу для сокращения той же тонны выбросов. Это указывает на целесообразность принятия необходимых мер по недопущению степных пожаров и на необходимость систематического контроля за пожароопасностью и соблюдением элементарных правил пожарной безопасности.

Ограничительные и защитные меры. Считается, что такие меры должны быть направлены на

1) максимальное сокращение вредного воздействия выбросов ЗВ, влияющих на ОС и здоровье населения, а также парниковых газов, влияющих на климат;

2) на адаптацию и защиту здоровья людей и экосистем, включая изменение климата.

Меры адаптации являются важной самостоятельной темой, которая включает институциональные и технологические меры, направленные на снижение вредного воздействия ЗВ на ОС и снижение выбросов парниковых газов.

Важным видом ограничительных мер являются также технологические меры. Под такими мерами следует считать общедоступные технологии, обеспечивающие экологическую чистоту производства, снижая таким образом нагрузку на здоровье человека и экосистемы. При этом а) сокращаются производственные издержки и повышается качество товара; б) повышается производительность труда. При этом снижается воздействие на климатообразующие факторы.

Институциональные меры включают жёсткие нормативы выбросов ЗВ всех видов, а также не менее жёсткие меры контроля за соблюдением нормативов. В (Башмаков И.П. 2018) показано, что более жёсткие меры подстёгивают производителей к поиску наилучших доступных технологий по достижению допустимых уровней стандартов качества воздуха и воды. Институциональные меры, кроме того, включают механизм страхования в качестве инструмента снижения рисков от природных бедствий и адаптации к их последствиям.

Водные ресурсы и сельское хозяйство Реализация бассейнового подхода позволяет координировать адаптационные меры между секторами и регионами, что особенно важно для бассейна Каспийского моря. Необходимо понимать, что для реализации подобных мер потребуются создание бассейновых советов, как механизма межсекторального взаимодействия. Особое место здесь должно занимать межсекторальное и межрегиональное планирование, которое должно учитывать потребности сельского хозяйства, экологии, водообеспечения и ЧС. Не мало важную роль здесь должны играть цифровые модели и инструменты, которые базирясь на оперативной информации гидрометмониторинга должны прогнозировать режим рек и производить оценку рисков наводнений, засух и других ЧС.

Не мало важную роль должна отводиться модернизации оросительной инфраструктуры региона, чтобы компенсировать снижение базовых расходов воды и рост спроса в будущем. Здесь не малую роль могут сыграть восстановление лесополос, пастбищ и прибрежных экосистем для борьбы с эрозией и усиления водного баланса.

Рекомендуемые меры включают модернизацию ирригационных систем, внедрение водо- и энергоэффективных технологий и изменение ассортимента, переход на менее влагозависимые культуры. Безусловно, что для этого необходимо привлечение средств через международных доноров и решение вопросов кадрового потенциала.

Земельные ресурсы и пастбища. В Казахстане уже имеется опыт устойчивого управления пастбищными культурами, который демонстрирует повышение продуктивности от 30 % до 300 % (Порфирьев Б.Н. 2013). Здесь применяются различные подходы, в частности применение инструментов как ротационное выпасание, сеянные пастбища, применение устойчивых к

засухе видов и создание искусственных лесополос, где это возможно, в совокупности повышает биомассу и улучшает структуру почвы, а также способствует снижению эрозии и повышает устойчивость к ветру и засухе. Спутниковое наблюдение за пастбищами позволяет отслеживать деградацию, оценивать продуктивность и планировать загрузку участков на ближайшее время исходя из текущей ситуации. Подобный подход может быть адаптирован и к Западному Казахстану.

Возобновляемая энергия. Западный Казахстан располагает огромным потенциалом для возобновляемой энергетики, особенно ветровой и солнечной. Подсчёты показывают, что только от ветра можно генерировать в 1,5 раза больше энергии, чем нынешние потребности страны. Однако, имеются очевидные недостатки существующих технологий по хранению энергии, особенно больших объемов. Предполагаемое решение через выработку водорода или метанола, не самое эффективное решение, но уже позволяет говорить о коммерческой окупаемости проектов. Однако не стоит забывать, что в рамках реализации совместных проектов, будут задействованы механизмы 6 статьи Киотского протокола, что может отразиться на выполнении становых обязательств. Соответственно, необходимо взвешенная политика в реализации таких проектов. Кроме того, не малую долю можно выиграть от митигационных механизмов для метана, в рамках реализации Глобально метановой инициативы. Предварительные оценки показывают, что потенциал есть, вопрос стоит только в заинтересованности нефтегазовых компаний проводить более жесткую экологическую политику.

Заключение.

На сегодняшний день комплексная оценка экономических последствий выполнения Казахстаном климатических обязательств, вытекающих из решений Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), в частности в рамках сценария ограничения глобального потепления до 1,5 °C, всё ещё недостаточно разработана. Хотя страна активно декларирует приверженность устойчивому развитию и декарбонизации, конкретные расчёты воздействия климатических мер на долгосрочные экономические параметры носят фрагментарный характер.

Опыт стран с близкой структурой экономики, таких как Российская Федерация, может служить ориентиром для предварительной оценки последствий подобных трансформаций. Согласно расчётам (Башмаков И.П., 2018), при условии реализации активной климатической политики, предусматривающей постепенное сокращение добычи ископаемого топлива и широкое внедрение низкоуглеродных технологий, среднегодовые темпы роста ВВП России до 2050 года могут сократиться на 0,4 % по сравнению с инерционным сценарием. Это приведёт к совокупному недополучению около 8 % от потенциального объема ВВП, несмотря на ожидаемое увеличение доли возобновляемых источников энергии до 70 % и значительное распространение электромобилей. Учитывая структурные сходства экономик России и Казахстана, можно предположить, что аналогичные тенденции актуальны и для нашей страны.

Для Казахстана актуальной задачей в ближайшие годы становится обеспечение устойчивого экономического роста, способного создать прочную основу для климатической трансформации. Без динамичного роста реального сектора и укрепления производственной базы реализация климатической политики может привести к замедлению развития и усилению социально-экономических рисков. В частности, возможно снижение конкурентоспособности национальных производителей, особенно в секторах с высокой углеродоемкостью – металлургии, химической промышленности, транспортной и энергетической отраслях.

Одним из механизмов, активно обсуждаемых на международном уровне, является введение углеродного налога. Несмотря на его потенциальную эффективность как инструмента снижения выбросов парниковых газов, в условиях Казахстана его реализация может стать существенным финансовым бременем для промышленных предприятий. Угроза потери конкурентных преимуществ на внешних рынках и сокращения экспортной выручки делает необходимым поиск баланса между экологическими и экономическими целями.

Следовательно, климатическая повестка должна быть неотъемлемой частью комплексной стратегии социально-экономического развития страны. Среди ключевых приоритетов – снижение уровня бедности, повышение доходов населения, модернизация инфраструктуры, улучшение жилищных условий, укрепление системы

здравоохранения и повышение продолжительности жизни. Только при условии включения этих направлений в климатическую стратегию можно рассчитывать на её долгосрочную эффективность и социальную приемлемость.

Таким образом, стратегия развития региона должна включать как адаптационные, так и митигационные возможности. Успех будет зависеть от целостного подхода: интеграция экопринципов, модернизация инфраструктуры, стратегическое планирование, междуна-

родное сотрудничество и внедрение новых технологий.

Исследование выполнено в рамках программно-целевого финансирования по заказу Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН: BR21882122, «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии»).

Литература

- Alvarez R. et al. Assessment of methane emissions from the US oil and gas supply chain [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.sciencemag.org/content/early/2018/06/20/science.aar7204> (дата обращения: 23.05.2025).
- Apt J. The other reason to shift away from coal: Air pollution that kills thousands every year [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://theconversation.com/the-other-reason-to-shift-away-from-coal-air-pollution-that-kills-thousands-every-year-78874> (дата обращения: 23.05.2025).
- Energy Efficiency Report 2018: Analysis and Outlook to 2040. – Vienna: International Energy Agency, 2018. – 174 p.
- GIZ Kazakhstan. Управление пастбищами в условиях изменения климата: методические рекомендации. – Алматы: GIZ, 2023. – 44 с.
- Focused Acceleration: A Strategic Approach for Climate Action in Cities to 2030. – The McKinsey Center for Business and Environment and C40 Report: Executive Summary. – November 2017. – 72 p.
- Fuglestad J., Collins W., Etminan M., et al. Cost-effective implementation of the Paris Agreement using flexible greenhouse gas metrics [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2006.01901> (дата обращения: 23.05.2025).
- How the world should cope with its growing piles of rubbish // The Economist. – September 29th, 2018. – P. 14.
- How to make buildings, cars and aircraft from materials based on natural fibers // The Economist. – June 16th, 2018. – P. 67–68.
- Irakulis-Loitxate I., Guanter L., Bastidas M., et al. Global Tracking and Quantification of Oil and Gas Methane Emissions from Recurrent Sentinel-2 Imagery [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2110.11832> (дата обращения: 23.05.2025).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. — Geneva: IPCC, 2006. — [Electronic resource]. — Available at: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (accessed: 03.09.2025).
- Sucking up Carbon // The Economist. – December 18th, 2017. – P. 19–22.
- Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development: resolution adopted by the UN General Assembly on 25 September 2015. – A/RES/70/1.
- Transforming Water Management in Kazakhstan: Core Investment in Resilience [Электронный ресурс] / UNDP Kazakhstan. – 2024. – Режим доступа: <https://www.undp.org/kazakhstan>, свободный. – (дата обращения: 02.09.2025)
- The Economist. How to make buildings, cars and aircraft from materials based on natural fibers. – 16 июня 2018. – P. 67–68.
- UNDP Human Development Report 2007/2008: Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. – New York: UNDP, 2008.
- Varon D.J., McKeever J., Jervis D., et al. Global Assessment of Oil and Gas Methane Ultra-Emitters [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2105.06387> (дата обращения: 23.05.2025).
- Waste: Special Report // The Economist. – September 29th, 2018.
- Zelnik Y.R., Kinast S., Yizhaq H., Bel G., Meron E. From scale-dependent feedbacks to long-range competition alone: a short review on pattern-forming mechanisms in arid ecosystems [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1801.01399> (дата обращения: 23.05.2025).
- 8-е национальное сообщение и 5-й двухгодичный доклад Республики Казахстан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата // ПРООН в Казахстане. – Алматы, 2023. – 180 с. Режим доступа: <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/8-e-nacionalnoe-soobschenie-i-5-y-dvukhgodichnyy-doklad-respubliki-kazakhstan-ramochnoy-konvencii-onn-ob-izmenenii-klimata> (дата обращения: 02.09.2025).
- Айтжанов Б. Р., Аубакирова Г. Е., Каримов А. С. Современное состояние пастбищных экосистем Западного Казахстана // Аграрная наука Евразии. – 2023. – № 3 (60). – С. 90–97.
- Баймагамбетов Т.Б., Сергазина Ж.К. и др. Оценка потенциала сокращения эмиссий парниковых газов в неэнергетическом секторе Казахстана [Электронный ресурс] // Гидрометеорология и экология. – 2022. – № 2. – Режим доступа: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1595> (дата обращения: 23.05.2025).
- Башмаков И.А. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты, выгоды // Вопросы экономики. – 2016. – №2. – С. 71–89.

Башмаков И.П. Налог на углерод в системе налогов на энергию и экологических налогов // Экологический вестник России. – 2018. – № 3. – С. 12–24.

Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 г. «Цели устойчивого развития ООН и Россия»: краткая версия / под ред. Л.М. Григорьева, С.Н. Бобылева. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. – 44 с.

О пастбищах: Закон Республики Казахстан от 20 февраля 2017 г. № 49-VI ЗРК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1700000049>, свободный. – (дата обращения: 02.09.2025).

Климатические колебания: тепло ли, холодно ли...? // Пресс-выпуск ВЦИОМ № 3425 от 24 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gia.ru/society/20170724/14990019838.html> (дата обращения: 23.05.2025).

Концепция перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике : утв. 30 мая 2013 г. – Электрон. ресурс. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/T1300000577>, свободный, дата обращения: 03.09.2025

Кокорин А.О. Нахождение баланса между снижением выбросов парниковых газов и адаптацией к изменениям климата // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2018. – № 1. – С. 57–64.

Колпаков А.Ю., Широков А.А. IPCC, сценарий 1,5 °C. Экспресс-оценка последствий для России: записка. – М.: ИНИП РАН, 2018. – 5 с.

Ксенофонтов М.Ю., Миликин С.И. Перспективы автомобилизации в Евросоюзе и Китае при различных сценариях // ЭКО. – 2018. – № 9. – С. 85–107.

Климов Н. П., Оспанова Г. А. Проблемы деградации пастбищ в Западном Казахстане и пути их решения // Научный вестник ЗКГУ им. М. Утемисова. – 2022. – № 2. – С. 56–63

Климатический обзор территории Республики Казахстан за 2022–2023 гг. / РГП «Казгидромет». – Астана, 2024. – 58 с. – Режим доступа: <https://kazhydromet.kz>, свободный. – (дата обращения: 02.09.2025).

Национальный доклад о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан за 2023 год [Электронный ресурс] / Министерство экологии и природных ресурсов РК. – Астана, 2024. – Режим доступа: <https://ecogeo.gov.kz> – (дата обращения: 02.09.2025).

Национальный план адаптации Республики Казахстан к изменению климата (в разработке) – Электрон. ресурс. – Режим доступа: <https://moew.gov.kz/ru/climate-change>, свободный, дата обращения: 03.09.2025

Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого» роста / под ред. акад. РАН Б.Н. Порфирьева. – М.: Научный консультант, 2017. – 434 с.

О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Закон Республики Казахстан от 26 марта 2009 года № 144-IV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000144> (дата обращения: 23.05.2025).

Парижское соглашение : ратифицировано Республикой Казахстан 29 октября 2016 г. – Электрон. ресурс. – Режим доступа: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/paris_agreement_rus.pdf, свободный, дата обращения: 03.09.2025.

Первый двухгодичный доклад Республики Казахстан по вопросам транспарентности // ПРООН в Казахстане. — Алматы, 2022. — 150 с. — Режим доступа: <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/pervyy-dvukhgodichnyy-doklad-respubliki-kazakhstan-po-voprosam-transparentnosti> (дата обращения: 02.09.2025).

Порфирьев Б.Н. Выбор стратегического приоритета (ключ к модернизации в рациональном использовании ресурсов) // Независимая газета. Приложение «НГ – Энергия». – 13 декабря 2011 г.

Порфирьев Б.Н. Лесные пожары и развитие лесной отрасли: возможности инвестиционного маневра // ЭКО. – 2013. – №11. – С. 53–64.

Порфирьев Б.Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 2. – С. 3–13.

Порфирьев Б.Н. Эффективная стратегия действий в отношении изменения климата и их последствий для экономики России // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 3. – С. 3–16.

Примеры оптимизации выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://silify.ru/2023/02/19/examples-of-optimizing-greenhouse-gas-emissions-in-the-oil-and-gas-industry> (дата обращения: 23.05.2025).

ПХГ: Анализ методов сокращения эмиссии метана – подземные хранилища [Электронный ресурс]. – Нефтегаз. RU. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/ecology/770984-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana> (дата обращения: 23.05.2025).

ПХГ: Анализ методов сокращения эмиссии метана – транспортировка [Электронный ресурс]. – Нефтегаз. RU. – Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/769885-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana> (дата обращения: 23.05.2025).

Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Выбросы черного углерода от природных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации в 2007–2012 гг. // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 7. – С. 5–17.

Сатыбалдина А.А. Стратегия перехода Республики Казахстан к низкоуглеродному развитию в условиях глобализации: потенциал, приоритеты и механизмы реализации /. – Алматы, 2016. – 292 с.

Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года : Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 г. № 121 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>, свободный. – Дата обращения: 16.06.2025.

Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан за 2023 год [Электронный ресурс] / Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. – Астана, 2024. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/ru/release-calendar/?date=8.2024>. – Дата обращения: 16.06.2025.

Устойчивое управление пастбищными ресурсами для повышения благосостояния сельского населения и сохранения экологической целостности Press and information team of the Delegation to Kazakhstan. — Almaty Region, 2022. — Режим доступа: <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/ustoychivoe-upravlenie-pastbischnymi-resursami-dlya-povysheniya-blagosostoyaniya-selskogo-naseleiya-i-sokhraneniya>, свободный. — Дата обращения: 17.10.2025.

Фасхиев Х.А. Газо- или электромобилизация? Россия на обочине прогресса // ЭКО. — 2018. — № 10. — С. 97–116.

Чередниченко А.В., Чередниченко В.С. Динамика климата Казахстана. — Алматы, 2020. — 500 с.

Шалабаева А.Ж., Абдикаликова А.К., Айнабекова А.К. и др. Разработка комплексной технологии освоения природных ресурсов аридных зон [Электронный ресурс] // Гидрометеорология и экология. — 2023. — № 3. — Режим доступа: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1857> (дата обращения: 23.05.2025).

Широв А.А., Колпаков А.Ю. Экономика России и механизмы глобального климатического регулирования // Журнал Новой экономической ассоциации. — 2016. — № 4. — С. 87–110.

Энергетическая стратегия Республики Казахстан до 2050 года : утв. 2013 г. — Электрон. ресурс. — Режим доступа: <https://minenergo.gov.kz/ru/strategy>, свободный, дата обращения: 03.09.2025.

References

Aitzhanov, B. R., Aubakirova, G. E., & Karimov, A. S. (2023). Current status of pastoral ecosystems in Western Kazakhstan. *Agrarian Science of Eurasia*, 3(60), 90–97.

Alvarez, R., et al. (2018). Assessment of methane emissions from the US oil and gas supply chain. *Science*. Retrieved May 23, 2025, from <http://science.sciencemag.org/content/early/2018/06/20/science.aar7204>

Apt, J. (2017). The other reason to shift away from coal: Air pollution that kills thousands every year. *The Conversation*. Retrieved May 23, 2025, from <https://theconversation.com/the-other-reason-to-shift-away-from-coal-air-pollution-that-kills-thousands-every-year-78874>

Bashmakov, I. A. (2016). Russian energy-efficiency resource: Scale, costs, benefits, problems of economics. *Problems of Economics*, 2, 71–89.

Bashmakov, I. P. (2018). Carbon tax in the energy taxation and environmental tax system. *Ecological Bulletin of Russia*, 3, 12–24.

Baymagambetov, T. B., Sergazina, Zh. K., et al. (2022). Assessment of the potential for greenhouse gas emissions reduction in the non-energy sector of Kazakhstan. *Hydrometeorology and Ecology*, 2. Retrieved May 23, 2025, from <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1595>

Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. (2024). *Fuel and energy balance of the Republic of Kazakhstan for 2023*. Astana. Retrieved June 16, 2025, from <https://stat.gov.kz/ru/release-calendar/?date=8.2024>

Cherednichenko, A. V., & Cherednichenko, V. S. (2020). *Climate dynamics of Kazakhstan*. Almaty.

Climate fluctuations: Is it warm or cold...? (2017, July 24). *All-Russia Public Opinion Research Center (VCIOM), Press Release No. 3425*. Retrieved May 23, 2025, from <https://www.ria.ru/society/20170724/14990019838.html>

Energy Efficiency Report 2018: Analysis and Outlook to 2040. (2018). Vienna: International Energy Agency.

Energy Strategy of the Republic of Kazakhstan until 2050. (2013). Retrieved September 3, 2025, from <https://minenergo.gov.kz/ru/strategy>

Faskhiev, Kh. A. (2018). Gas- or electromobility? Russia on the sidelines of progress. *EKO*, 10, 97–116.

Focused acceleration: A strategic approach for climate action in cities to 2030. (2017). *The McKinsey Center for Business and Environment and C40 Report (Executive Summary)*.

Fuglestad, J., Collins, W., Etmann, M., et al. (2020). Cost-effective implementation of the Paris Agreement using flexible greenhouse gas metrics. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/2006.01901>

GIZ Kazakhstan. (2023). *Управление пастбищами в условиях изменения климата: методические рекомендации* [Pasture management under climate change: Methodological guidelines]. Almaty: GIZ.

Grigoryeva, L. M., & Bobyleva, S. N. (Eds.). (2016). *Human development report in the Russian Federation for 2016: UN Sustainable Development Goals and Russia (brief version)*. Moscow: Analytical Centre under the Government of the Russian Federation.

How the world should cope with its growing piles of rubbish. (2018, September 29). *The Economist*, 14.

How to make buildings, cars and aircraft from materials based on natural fibers. (2018, June 16). *The Economist*, 67–68.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy*. Geneva: IPCC. Retrieved September 3, 2025, from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

Irakulis-Loitxate, I., Guanter, L., Bastidas, M., et al. (2021). Global tracking and quantification of oil and gas methane emissions from recurrent Sentinel-2 imagery. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/2110.11832>

Kazhydromet (State Institution). (2024). *Climatic review of the territory of the Republic of Kazakhstan for 2022–2023*. Astana. Retrieved September 2, 2025, from <https://kazhydromet.kz>

Klimov, N. P., & Ospanova, G. A. (2022). Problems of degradation of pastures in Western Kazakhstan and ways to solve them. *Scientific Bulletin of Zhetysay University named after M. Utemisov*, 2, 56–63.

Kokorin, A. O. (2018). Finding the balance between greenhouse gas emission reduction and climate change adaptation. *Use and Protection of Natural Resources in Russia*, 1, 57–64.

- Kolpakov, A. Yu., & Shirov, A. A. (2018). IPCC 1.5 °C scenario: Rapid assessment of consequences for Russia. Moscow: Institute of Economics and Industrial Engineering of the Russian Academy of Sciences (INP RAN).
- National Adaptation Plan of the Republic of Kazakhstan to Climate Change. (n.d.). Retrieved September 3, 2025, from <https://moew.gov.kz/ru/climate-change>
- Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. (2024). *National report on the state of the environment in the Republic of Kazakhstan for 2023*. Astana. Retrieved September 2, 2025, from <https://ecogeo.gov.kz>
- On the Ratification of the Kyoto Protocol to the UN Framework Convention on Climate Change. (2009, March 26). *Law of the Republic of Kazakhstan No. 144-IV*. Retrieved May 23, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000144>
- On Pastures. (2017, February 20). *Law of the Republic of Kazakhstan No. 49-VI*. Retrieved September 2, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1700000049>
- Porfiriev, B. N. (2011, December 13). Choosing a strategic priority (Key to modernization through rational resource use). *NG – Energy supplement to Nezavisimaya Gazeta*.
- Porfiriev, B. N. (2013). Forest fires and forestry development: Opportunities for investment maneuver. *EKO*, 11, 53–64.
- Porfiriev, B. N. (2017). *Industrial modernization and development of high-tech manufacturing in the context of “green” growth*. Moscow: Scientific Consultant.
- Porfiriev, B. N. (2019a). Low-carbon development paradigm and climate-risk mitigation strategy for the Russian economy. *Problems of Forecasting*, 2, 3–13.
- Porfiriev, B. N. (2019b). Effective strategy of actions regarding climate change and its economic consequences for Russia. *Problems of Forecasting*, 3, 3–16.
- Satubaldin, A. A. (Ed.). (2016). *Strategy for the transition of the Republic of Kazakhstan to low-carbon development under globalization: Potential, priorities and implementation mechanisms*. Almaty: Institute of Economics of the NAS RK.
- Shalabaeva, A. Zh., Abdikalikova, A. K., Ainabekova, A. K., et al. (2023). Development of integrated technology for the utilization of natural resources in arid zones. *Hydrometeorology and Ecology*, 3. Retrieved May 23, 2025, from <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1857>
- Shirov, A. A., & Kolpakov, A. Yu. (2016). Economy of Russia and mechanisms of global climate regulation. *Journal of the New Economic Association*, 4, 87–110.
- Smirnov, N. S., Korotkov, V. N., & Romanovskaya, A. A. (2015). Black carbon emissions from natural forest fires on forest fund lands of the Russian Federation in 2007–2012. *Meteorology and Hydrology*, 7, 5–17.
- Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan by 2060. (2023, February 2). *Decree of the President No. 121*. Retrieved June 16, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>
- Sucking up carbon. (2017, December 18). *The Economist*, 19–22.
- Sustainable management of pasture resources to improve the well-being of rural populations and preserve ecological integrity. (2022). *UNDP Kazakhstan*. Retrieved October 17, 2025, from <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/ustoychivoe-upravlenie-pastbischnymi-resursami>
- The concept of the transition of the Republic of Kazakhstan to a “green” economy. (2013, May 30). Retrieved September 3, 2025, from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/T1300000577>
- Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. (2015, September 25). *Resolution adopted by the UN General Assembly, A/RES/70/1*.
- Transforming water management in Kazakhstan: Core investment in resilience. (2024). *UNDP Kazakhstan*. Retrieved September 2, 2025, from <https://www.undp.org/kazakhstan>
- UNDP. (2008). *Human development report 2007/2008: Fighting climate change—Human solidarity in a divided world*. New York: UNDP.
- UNDP in Kazakhstan. (2022). *First biennial transparency report of the Republic of Kazakhstan*. Almaty. Retrieved September 2, 2025, from <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/pervyy-dvukhgodichnyy-doklad-respubliki-kazakhstan-po-voprosam-transparentnosti>
- UNDP in Kazakhstan. (2023). *Eighth national communication and fifth biennial report of the Republic of Kazakhstan under the UN Framework Convention on Climate Change*. Almaty. Retrieved September 2, 2025, from <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/publications/8-e-nacionalnoe-soobschenie>
- Underground storage: Analysis of methane emission reduction methods – transportation. (2023). *Neftegaz.RU*. Retrieved May 23, 2025, from <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/769885-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana>
- Underground storage: Analysis of methane emission reduction methods – underground storage. (2023). *Neftegaz.RU*. Retrieved May 23, 2025, from <https://neftegaz.ru/science/ecology/770984-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana>
- Varon, D. J., McKeever, J., Jervis, D., et al. (2021). Global assessment of oil and gas methane ultra-emitters. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/2105.06387>
- Waste: Special report. (2018, September 29). *The Economist*.
- Xenophontov, M. Yu., & Milyakin, S. I. (2018). Prospects of automobile use growth in the European Union and China under different scenarios. *EKO*, 9, 85–107.
- Zelnik, Y. R., Kinast, S., Yizhaq, H., Bel, G., & Meron, E. (2018). From scale-dependent feedbacks to long-range competition alone: A short review on pattern-forming mechanisms in arid ecosystems. *arXiv*. Retrieved May 23, 2025, from <https://arxiv.org/abs/1801.01399>

Авторлар туралы мәліметтер:

Чередниченко Владимир Сергеевич – г.г.д., профессор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Метеорология және гидрология кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: vladimir.cherednichenko@kaznu.edu.kz);

Чередниченко Александр Владимирович – г.г.д., профессор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Метеорология және гидрология кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: geliograf@mail.ru);

Чередниченко Алексей Владимирович – Туран университетінің Туризм және сервис мектебінің г.г.к., аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: aleksey3969@mail.ru);

Нысанбаева Айман Сагынбаевна – г.г.к., доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Метеорология және гидрология кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz)

Чичасов Григорий Николаевич – Росгидрометтің басшылар мен мамандардың біліктілігін арттыру институтының проректорының көмекшісі («Росгидромет ИПК» ФСБЕИ) (Москва қ., Ресей, эл.пошта: ipkrector@mail.ru).

Информация об авторах:

Чередниченко Владимир Сергеевич – доктор географических наук, профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, кафедра метеорологии и гидрологии (Алматы, Казахстан, эл. почта: vladimir.Cherednichenko@kaznu.edu.kz);

Чередниченко Александр Владимирович – доктор географических наук, профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, кафедра метеорологии и гидрологии (Алматы, Казахстан, эл. почта: geliograf@mail.ru);

Чередниченко Алексей Владимирович – кандидат географических наук, старший преподаватель высшей школы «Туризм и сервис» Университета «Туран» (Алматы, Казахстан, эл. почта: aleksey3969@mail.ru);

Нысанбаева Айман Сагынбаевна – географических наук, доцент, заведующая кафедрой метеорологии и гидрологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, эл. почта: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz);

Чичасов Григорий Николаевич – помощник проректора Института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Росгидромета (ФГБОУ «ИПК Росгидромета») (Москва, Россия, эл. почта: ipkrector@mail.ru).

Information about the authors:

Cherednichenko Vladimir Sergeevich – Doctor of Geographical Sciences, Professor, al-Farabi Kazakh National University, Department of Meteorology and Hydrology (Almaty, Kazakhstan, email: vladimir.Cherednichenko@kaznu.edu.kz);

Cherednichenko Alexander Vladimirovich – Doctor of Geographical Sciences, Professor, al-Farabi Kazakh National University, Department of Meteorology and Hydrology (Almaty, Kazakhstan, email: geliograf@mail.ru);

Cherednichenko Alexey Vladimirovich – Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, School of Tourism and Service, Turan University (Almaty, Kazakhstan, email: aleksey3969@mail.ru);

Nysanbayeva Aiman Sagynbayevna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Meteorology and Hydrology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz)

Chichasov Grigory Nikolaevich – Assistant Vice-Rector, Institute for Advanced Training of Managers and Specialists of Roshydromet (FSBEI "IPK Roshydromet") (Moscow, Russia, email: ipkrector@mail.ru)

Поступила: 03 июня 2025 года
Принята: 27 августа 2025 года