

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников *д.г.н.*, Г.К. Байдаулетова*

НАО Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: carlugast69@gmail.com

Статья посвящена пространственному анализу атмосферных выбросов в Западно-Казахстанской области. В структуре выбросов прослеживаются изменения в связи с ростом производства, увеличением доли транспорта, строительства новых производственных объектов. Однако, в разрезе видов экономической деятельности основная доля принадлежит промышленности. Установлено, что главными загрязнителями атмосферы выступают нефтегазовый, энергетический секторы, а также транспорт. Исследования показывают, что территориально районы преимущественного расположения промышленных объектов и социальной инфраструктуры региона (Бурли, Байтерек, г. Уральск) оказывают наибольшее антропогенное воздействие на атмосферу. Очистка атмосферного воздуха, от вредных примесей, в первую очередь твердых частиц, частично проводится только в указанных зонах, тогда как в других районах области очистные установки отсутствуют. Вышеназванные северные районы промышленной зоны области характеризуются высокими значениями рассчитанных коэффициентов загрязнения атмосферы. В противоположность этому в районах Акжайык, Каратобе, Жанибек и Бокейорда указанные показатели минимальные, что говорит о значительной неравномерности распределения атмосферных загрязнений. Выполненная работа является основой для углубленного анализа оценки качества атмосферного воздуха индустриально-аграрного центра.

Ключевые слова: атмосферные выбросы, стационарные источники загрязнения атмосферы, мониторинг, пространственный анализ.

Поступила: 01.04.2024 г.

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-123-137

ВВЕДЕНИЕ

Экономическое использование и природно-ресурсный потенциал территорий должны сосредотачиваться на соблюдении экологического баланса, сохранении природных экосистем и их восстановлении (Михеева А.С., 2007; Кожажулов С.О., Сальников В.Г., 2024). Атмосферный воздух, в отличие от других природных объектов, более всего связан с жизненными интересами людей; его качество оказывает непосредственное влияние на здоровье и окружающую среду. Уровень антропогенной нагрузки и загрязнения атмосферного воздуха во многом определяется географическим расположением населённых пунктов, размещением промышленных объектов, сельскохозяйственной деятельности и плотности транспортной сети (Имашев Э.Ж., 2011). При этом, такие факторы, как равнинный рельеф,

интенсивные ветры и засушливый климат, способствуют рассеиванию загрязняющих веществ и примесей в атмосферном воздухе. В систему административно-территориального устройства Западно-Казахстанской области (ЗКО) (на 03.01.2024) входят 12 административных районов, 156 аульных (сельских) округов, 3 поселковых округов, один город (г. Уральск) областного значения и один город (г. Аксай) районного значения, 477 сельских населённых пунктов (Бюро национальной статистики Республики Казахстан). ЗКО имеет высокий ресурсный потенциал и статус развитого индустриально-аграрного региона страны, где действует компания Карачаганак Петролеум Оперейтинг (КПО) на базе крупнейшего в мире и одного из самых сложных с технической точки зрения Карачаганакского нефтегазоконденсатного

месторождения (КНГКМ), которое расположено в 16 км на восток от города Аксай и в 150 км от города Уральска (Кожажулов С.О., Сальников В.Г., 2024; Бюро национальной статистики Республики Казахстан). Площадь месторождения равна 280 км² и содержит более 1,2 млрд. т. нефти и конденсата и более 1,35 трлн. м³ газа, занимая по этому показателю 15-е место в мире. На долю области в республике приходится 97 % от объема добычи газового конденсата и 37 % от объема добычи газа. Также имеются значительные запасы борно-калийных солей, цементного сырья, аллювиального песка, керамзитовых глин и калийно-магниевых солей (Кожажулов С.О., Сальников В.Г., 2024; Бюро национальной статистики Республики Казахстан). Следует отметить, что в западном регионе Казахстана сосредоточено более 90 % всех балансовых запасов углеводородов. В том числе 13466,9 млн. т геологических и 4457,3 млн. т извлекаемых запасов нефти, а также 1322,6 млрд. м³ свободного газа. При этом на Атыраускую область приходится 73 % запасов нефти, а на Западно-Казахстанскую область – 62 % запасов свободного газа (Бюро национальной статистики Республики Казахстан).

Экосистемы ЗКО отличаются высокой уязвимостью к техногенным воздействиям, поскольку в большинстве секторов экономики области наблюдается неэффективное использование природных ресурсов, высокое энергопотребление, нерациональные методы ведения сельского хозяйства. К этому следует добавить плохое состояние дорожной инфраструктуры (только 39 % дорог в удовлетворительном состоянии), высокий износ линий электропередач и подстанций АО «Западно-Казахстанская РЭК» – 85 %, сетей теплоснабжения – 50,4 %, водопроводных сетей – 60,5 %, канализационных сетей – 61,3 %, низкий уровень переработки отходов (11 %), приводящих к загрязнению всех компонентов окружающей среды, и в первую очередь, атмосферного воздуха (Adilet, 2022). Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в ЗКО являются предприятия нефтегазового комплекса, котельные, автотранспорт, элеваторы и асфальтобетонные заводы (<https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents>). Для обеспечения полной и точной информации распределение станций наблюдения

за качеством атмосферного воздуха должно принимать во внимание различные факторы, включая населенные пункты, промышленные зоны, транспортные магистрали, природные заповедники и другие аспекты (Adilet, 2021a).

РГП «Казгидромет» в рамках мониторинга за состоянием окружающей среды в ЗКО (по состоянию на конец 2022 г.) ведет наблюдения за качеством атмосферного воздуха: в городе Уральск ведутся на четырёх автоматических станциях, в городе Аксай – на одной автоматической станции, а в посёлке Бурли – также на одной автоматической станции. В Уральске контролируется до семи показателей: 1) диоксид серы; 2) оксид углерода; 3) диоксид азота; 4) оксид азота; 5) озон; 6) сероводород; 7) аммиак. В городе Аксай измеряются до пяти показателей: 1) диоксид серы; 2) оксид углерода; 3) диоксид азота; 4) оксид азота; 5) сероводород; 6) аммиак. В посёлке Бурли контролируется до трёх показателей: 1) диоксид серы; 2) озон; 3) сероводород. Кроме стационарных постов в Уральске также функционирует передвижная экологическая лаборатория (1 точка), с помощью которой осуществляется измерение качества воздуха по девяти показателям: 1) взвешенные частицы (пыль); 2) диоксид серы; 3) оксид углерода; 4) диоксид азота; 5) оксид азота; 6) сероводород; 7) углеводороды; 8) формальдегид; 9) бензол (данные на конец первого квартала 2024 года) (Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан; Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Западно-Казахстанской области, 2024). Представленные данные показывают незначительный охват территории ЗКО государственной сетью наземного мониторинга, преимущественно концентрируемой вокруг областных центров и крупных промышленных предприятий.

Для управления качеством атмосферного воздуха весьма важно своевременно определять источники загрязнения, с учетом проектируемых, строящихся и реконструируемых объектов, которые потенциально могут загрязнять атмосферу, а также контролировать разработку и реализацию генеральных планов городов, населённых пунктов и промышленных зон в отношении размещения промышленных предприятий и санитарно-защитных зон

(Михеева А.С., 2007; Имашев Э.Ж., 2011). Использование технологии мониторинга загрязнения на основе сочетания дистанционного зондирования, наземных станций государственной сети мониторинга, автоматических станций производственного мониторинга, моделирования качества воздуха с применением методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволит обеспечить комплексный подход к оценке динамики качества воздуха ЗКО. Мониторинг, анализ данных и их интерпретация, моделирование, раннее предупреждение о высоких уровнях загрязнения является методической основой для управления качеством атмосферного воздуха (Сальников В.Г. и др., 2024). В этом смысле пространственный анализ загрязнения воздушного бассейна ЗКО является важной составной частью планомерной работы по обеспечению качества атмосферного воздуха региона. Следует отметить, что подобные исследования не проводились с 2018 г.

Цель исследования: проведение пространственного анализа загрязнения атмосферного воздуха ЗКО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ежегодные данные статистической отчетности о состоянии окружающей среды РК за 2018...2022 гг. были использованы как материалы для анализа загрязнения атмосферного воздуха (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан). В соответствии со статьей 182, пункт 1 Экокодекса Республики Казахстан операторы объектов I и II категорий обязаны осуществлять производственный экологический контроль (Adilet, 2021a). Для выполнения требований законодательства в области охраны атмосферного воздуха, в том числе для соблюдения нормативов предельно допустимых выбросов при эксплуатации производственных объектов, предусматривается система контроля источников загрязнения атмосферы. Контроль качества воздуха на КПО осуществляет независимая подрядная аккредитованная лаборатория – ТОО ИПЦ «Gidromet LTD», которая ведет анализ состояния атмосферы в селах Березовка, Бестау, Жарсуат, Жанаталап, Димитрово,

Карачаганак, Приуральное, Успенровка, а также в городе Аксай, который является административным центром Карачаганака. Проведение измерений предусмотрено 1 раз в квартал в соответствии с документом (Adilet, 2021b).

Для оценки степени антропогенного воздействия атмосферных поллютантов для всех районов ЗКО рассчитывался коэффициент загрязнения (Катм), на основе использования формулы:

$$K_{\text{атм}} = A/\sqrt{S \times N},$$

где: А – выбросы в атмосферу вредных веществ, тыс. тонн;

S – площадь территории, тыс. км²;

N – среднегодовая численность населения, тыс. человек (Михеева А.С., 2007; Имашев Э.Ж., 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сформировавшаяся в Казахстане, как и других странах Центральной Азии неустойчивая экспортно-сырьевая модель экономики приводит к существенным эколого-экономическим потерям (Yang, W., et.al. 2023; Nguyen, A. T., 2019). Такая экономика загрязняет окружающую среду и в первую очередь атмосферный воздух. Так, в Казахстане существует сильная зависимость от угля и других ископаемых видов топлива, что приводит к высоким выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. На долю промышленности и энергетики, основанных на добыче и переработке угля, углеводородов, приходится основная доля выбросов парниковых газов. Увеличение числа стационарных источников загрязнения атмосферы в связи с динамичным развитием промышленности, транспорта, строительства, сервиса и проч. инфраструктуры в ЗКО, выглядит так: 1998 г. – 1781, 2008 – 6283, 2021 г. – 11 958, 2022 г. – 11747 (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан). На рисунках 1 и 2 показана динамика роста количества стационарных источников и объема выбрасываемых вредных веществ в атмосферу по ЗКО. Объемы наблюдаемых атмосферных загрязняющих веществ в ЗКО составляет 6,5 % от общих выбросов по Западно-Казахстанскому региону.

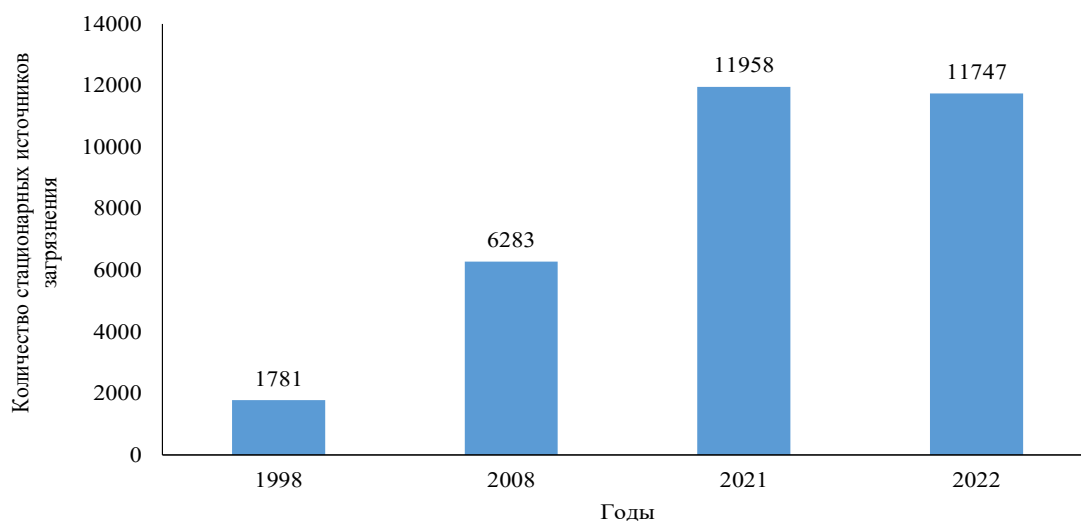


Рис. 1. Динамика роста количества стационарных источников загрязнения атмосферы по ЗКО
 Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

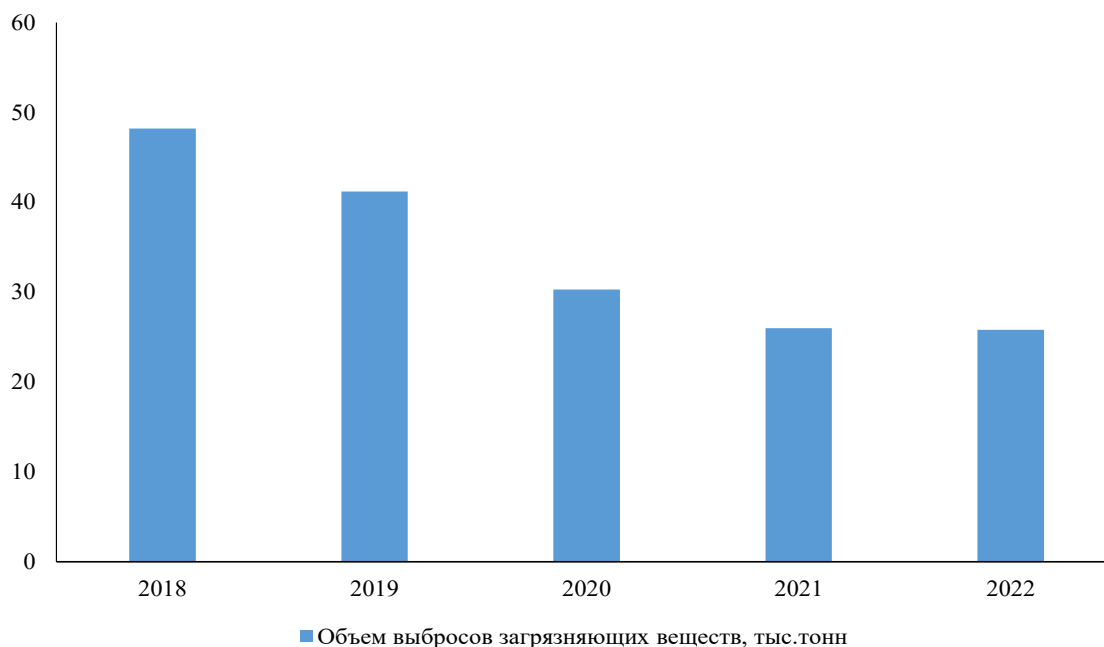


Рис. 2. Динамика изменения атмосферных выбросов в Западно-Казахстанской области с 2018...2022 гг.
 Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в разрезе видов

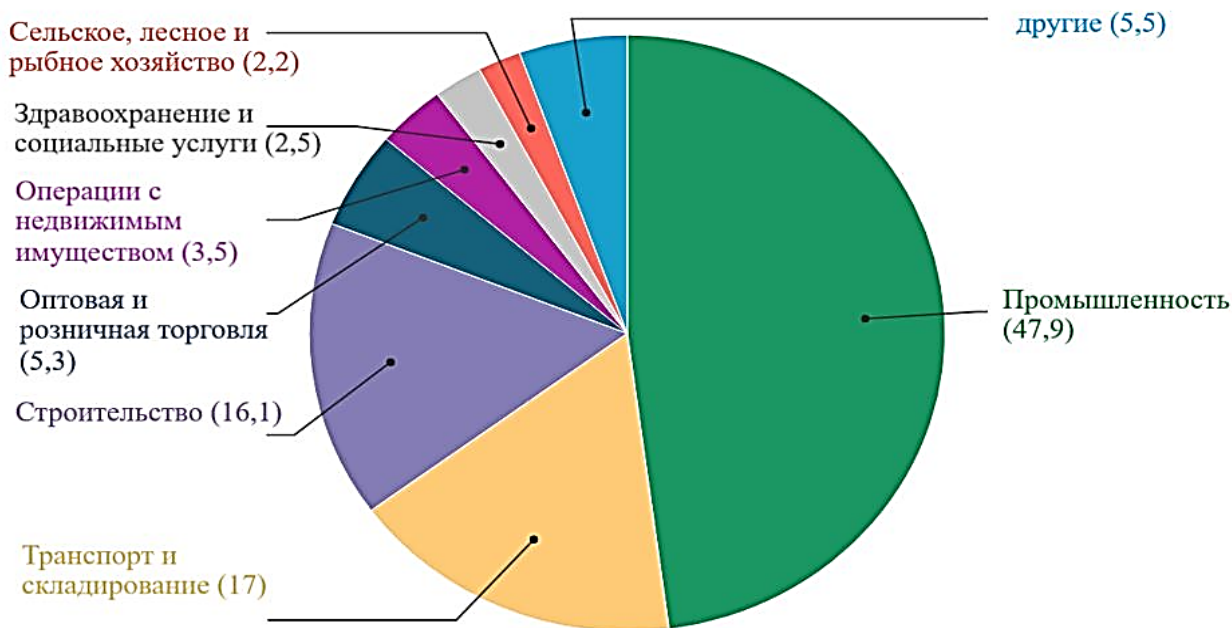


Рис.3. Характеристика источников атмосферных загрязнений по видам экономической деятельности в ЗКО за 2022 год.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан)

По предприятиям с установленными нормами ПДВ в разрезе видов экономической деятельности



Рис. 4. По предприятиям с установленными нормами ПДВ в разрезе видов экономической деятельности в ЗКО за 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан)



Рис. 5. Распределение стационарных источников атмосферных выбросов по территории ЗКО в 2022 г. Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

Благодаря внедрению новой редакции Экокодекса Республики Казахстан, 2021, направленного на регулирование источников выбросов была достигнута систематизация количества стационарных источников загрязнения атмосферы с установлением предельно - допустимых выбросов (ПДВ) (Adilet, 2021a). В

структуре выбросов прослеживаются изменения в связи с ростом производства, увеличением доли транспорта, строительства новых производственных объектов. Однако, в разрезе видов экономической деятельности основная доля принадлежит промышленности (рисунки 3, 4).

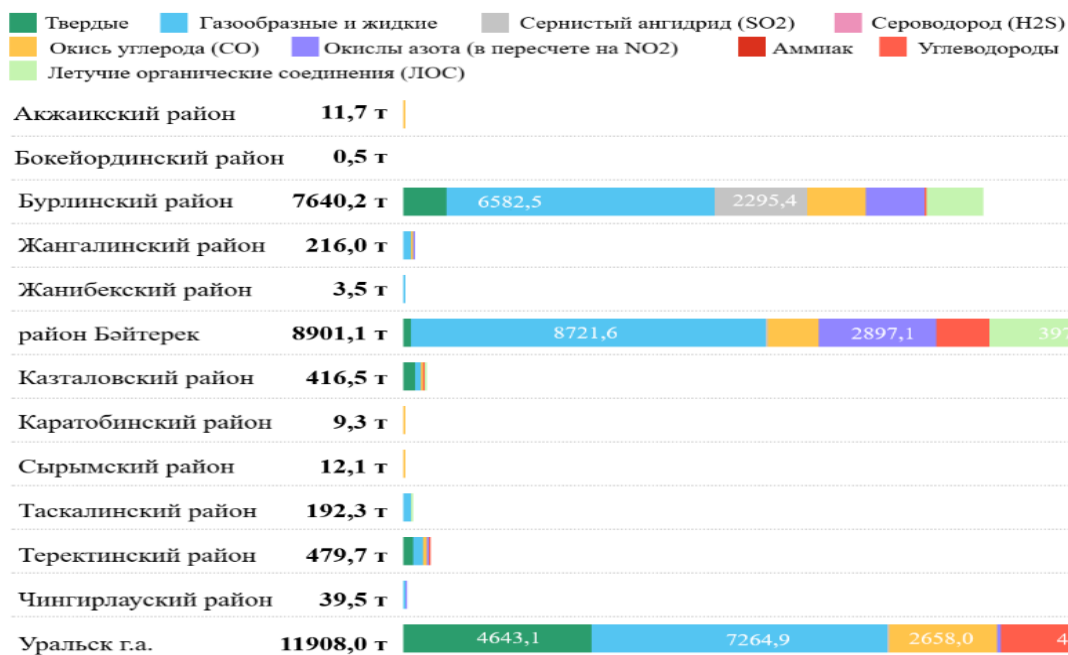


Рис. 6. Объемы атмосферных выбросов в ЗКО за 2022 г. Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан)

Полученные данные (рис. 5,6) показывают, что структура атмосферных выбросов в значительной мере отражает, в большей степени, размещение промышленного производства территориально, интенсивность транспортного потока и в меньшей степени расселение (Имашев Э.Ж., 2011). Следует отметить неравномерное распределение источников выбросов, локализуемых, главным образом, в северных индустриально развитых районах области - г.Уральск, Байтерек, Бурли, на долю которых приходится в сумме – 96,8 % (рис.5). Доля стационарных источников в остальных 10 районах области варьируется от 0,2...0,3 % в районах Бокейорда и Каратобе до 2,7...2,8 % в районах Таскалы и Теректы (см. рисунок 5) (Кожагулов С.О., Сальников В.Г., 2024). Наибольшими объемами газообразных выбросов характеризуются три вышеуказанных района, в Бурли (по сернистому ангидриду), Байтерек (по летучим органическим веществам) и г.Уральске (углеводородам, а также твердым частицам). В то же время практически отсутствует антропогенная нагрузка на воздушный бассейн от стационарных источников выбросов в районах Акжайык, Каратобе, Жанибек и Бокейорда (рис. 6,7).

Выбросы от промышленных предприятий и инфраструктурных объектов, расположенных на территории районов: Бурли и Байтерек, а также города Уральска, составляют 95,9 % от общего объема выбросов (рис. 7). Главными источниками атмосферного загрязнения в указанных районах являются компании по добыче нефти и газа, электростанции, а также компрессоры транзитных трубопроводов. В области электроэнергию производят 5 генерирующих станций, которые в 2022 году выработали 2 998,8 тыс. Гкал. В Бурли основным источником загрязнения атмосферы является КНГКМ. В конце 2023 г. на Рожковском месторождении в ЗКО началась добыча природного газа и конденсата, и по прогнозам здесь смогут производить до миллиарда тонн в будущем (Кожагулов С.О., Сальников В.Г., 2024).

Обычно в городах сосредоточены различные формы социально-экономической деятельности, где основными источниками загрязнения атмосферы являются автотранспорт и энергетика. Как известно, в условиях

плотной городской застройки и развитой сети автодорог существенно возрастает влияние автотранспорта на состояние атмосферного воздуха. На долю г. Уральска, как областного центра, приходится значительно больше стационарных источников, в том числе с установленными ПДВ – 45,4 % (рис.7). Значительный вклад в загрязнение атмосферы внесен подвижными источниками, особенно автотранспортом (Имашев Э.Ж., 2011; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Об этом свидетельствует рост количества автотранспортных единиц по ЗКО, который составил: за 1998 г. – 53,8 тыс., 2018 – 113,8 тыс., 2022 г. – 128,4 тыс. единиц. По данным Бюро национальной статистики РК, на 01.01.2023 г. на территории ЗКО были зарегистрированы 111300 ед. легковых, 13284 ед. грузовых автотранспортных средств и 3820 автобусов (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Анализ состояния указанных видов транспортных средств по году их выпуска показал, что в среднем доля автотранспортных средств в области с большим сроком эксплуатации (10...20 лет и более 20 лет) составляет 70,5 %, причем эта доля особенно высока в общественном и большегрузном транспорте – 47,8 %, 54,6 % соответственно (рис.8). Это свидетельствует о высоком износе транспортных средств, в особенности большегрузных транспортных средств, что сопровождается, безусловно, высокими эмиссиями. Доля перевозок грузов и грузооборот по видам транспорта в области на тот же период в области составляет: железнодорожный (38,1 %), трубопроводный (46 %), автомобильный (15,9 %) (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Следует также отметить плохое состояние дорожной инфраструктуры, низкое качество автомобильных дорог (только 39 % дорог в удовлетворительном состоянии) (Adilet, 2022). Совокупность вышеуказанных факторов указывает на существенное негативное влияние транспорта на атмосферу.

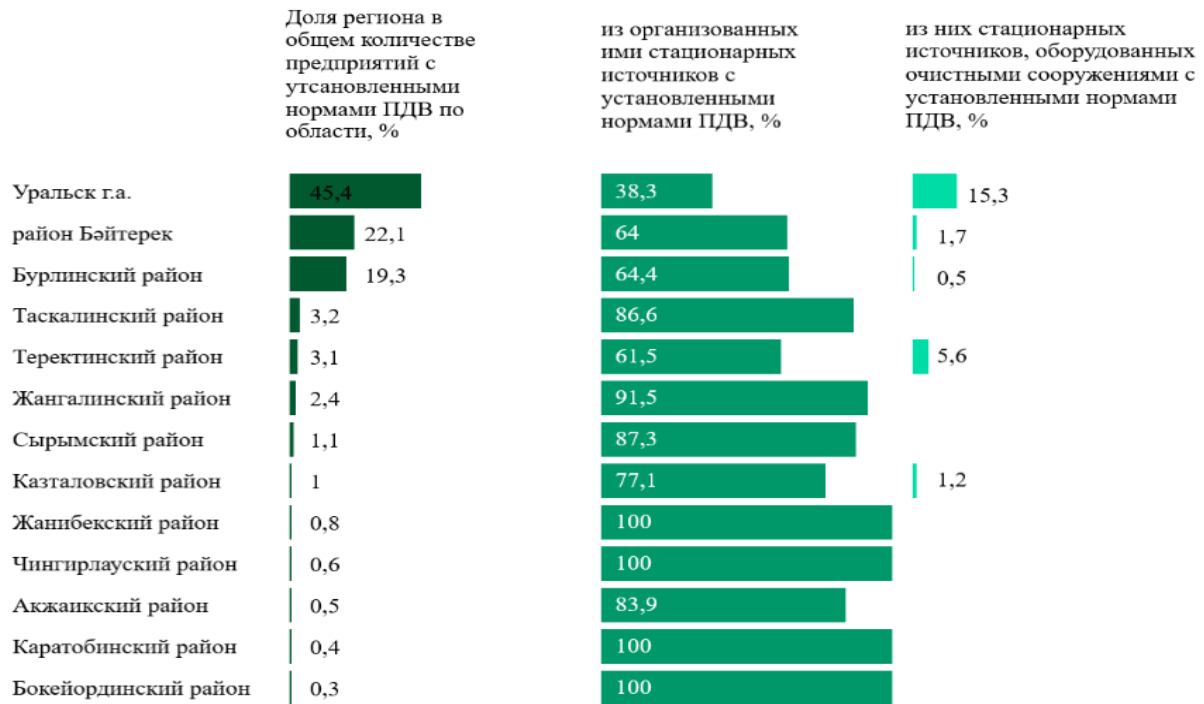


Рис. 7. Распределение предприятий с установленными нормами ПДВ по ЗКО в 2022 г. Источник: составлено по (Бюро национальной статистики Республики Казахстан)

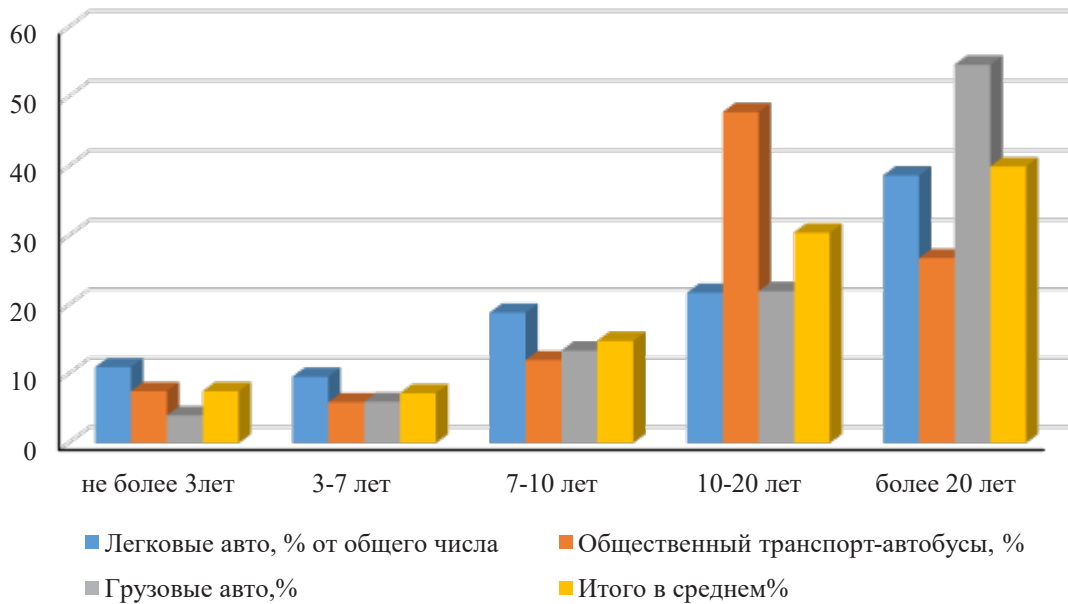


Рис.8. Состояние автотранспорта ЗКО, данные за 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022)

Вместе с тем при сжигании топлива всех видов выбрасывается еще ряд специфических загрязняющих веществ, таких как окись углерода (CO), летучие органические соединения (ЛОС), сернистый газ (SO₂), оксиды

азота (NOX), твердые частицы, которые способствуют локальному, региональному и даже глобальному загрязнению атмосферы (UNDP, 2023). Анализ выявил, что в течение многих лет в ЗКО сохраняется тенденция выбросов в

атмосферу при отсутствии реализации природоохранных мероприятий, установки необходимых очистных сооружений и формирования экологически безопасного производства, (рис.9) (Кожагулов С.О., Сальников В.Г., 2024; Имашев Э.Ж., 2011). Так, по области в 1998 г. утилизировано – 27,5 %, 2008 г. – 3,1 %, 2022 г. – 13,4 % Несколько большая степень утилизации вредных выбросов, в основном твердых частиц, характерна на территории г. Уральска, где по данным за 2008г она составляла 26,4 %, а за 2022 г. – 33,7 % (Бюро национальной статистики Республики Казахстан). Лишь 13,4 % от общего количества выбросов в Бурли подвергаются очистке, остальной объем без очист-

ки выбрасывается в атмосферу. Причем, очистке подвергаются твердые частицы (71,3 % от их общего количества), а также порядка 20 % ЛОС (Бюро национальной статистики Республики Казахстан Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Также на предприятиях района Байтерек незначительно улавливаются и очищаются вредные соединения. Так, за 2022 г. их доля составила всего 0,2 %, а в других районах области на предприятиях отсутствуют очистные сооружения (Бюро национальной статистики Республики Казахстан) (рисунки 7,9).

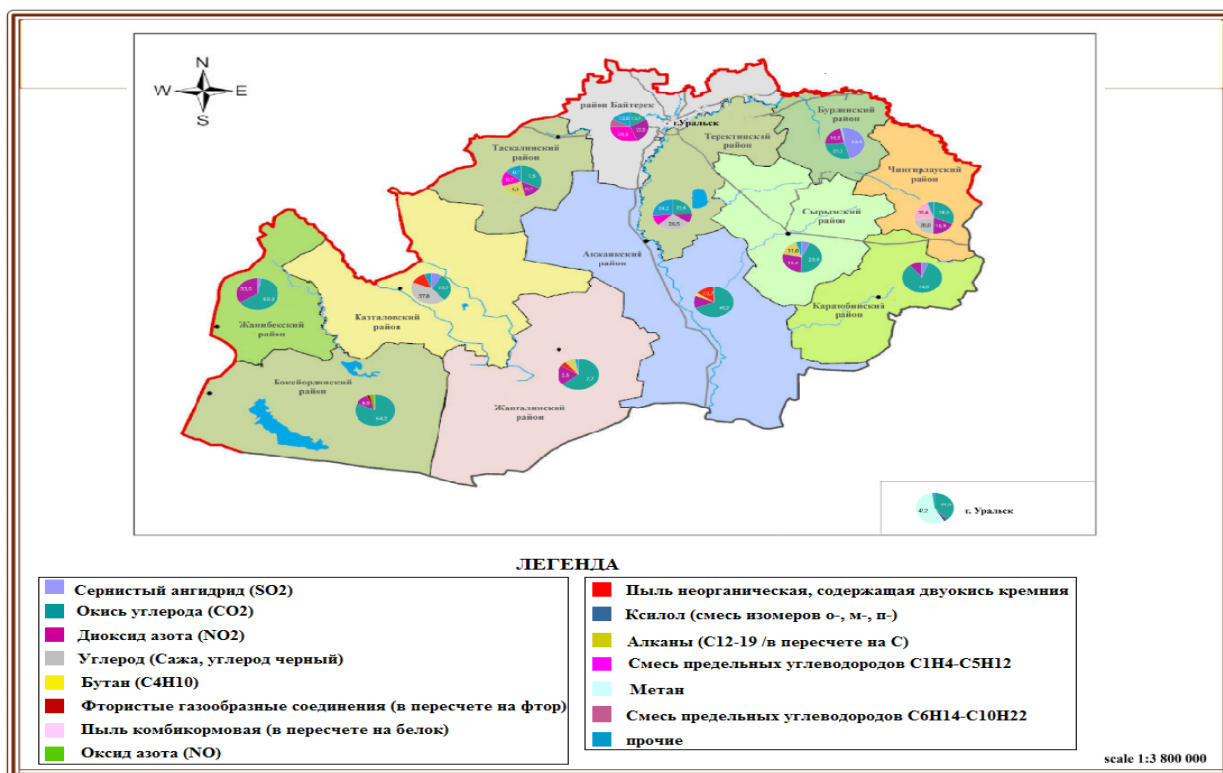


Рис. 9. Распределение атмосферных выбросов в ЗКО (по данным 2022 г.)

Источник: Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022

Следует отметить, что Карачаганакское месторождение является нефтегазоконденсатным, что означает, что в его сырье наряду с чисто нефтяными и газовыми компонентами содержатся значительные количества тяжелых углеводородов (конденсата). Сырьё Карачаганакского месторождения характеризуется высоким содержанием конденсата, варьирующимся от 490 до 1000 г/м³. Особенностью месторождения является, в первую очередь, высокое содер-

жание сероводорода в природном газе, которое составляет от 4 до 4,3 %, в связи с чем, оно относится к I категории и внесено в перечень особо опасных объектов Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Альмагамбетова Л.Ж., 2011).

Наличие специфического загрязнителя – сероводорода, несмотря на относительно небольшое его содержание в сравнении с другими газовыми выбросами – 0,035 %, обуславливает

высокие экологические риски. Следует отметить, что максимальные концентрации сероводорода в атмосферном воздухе г. Аксай отмечались в июне месяце и составили 0,003...0,004 мг/м³. Так, по результатам мониторинга РГП «Казгидромет» в Западном Казахстане были зафиксированы случаи превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) по сероводороду: за 2020 г. – 774 превышения ПДК, за 2021 г. – 838, за 2022 г. – 1375 (Альмагамбетова Л.Ж., 2011).

Основными загрязнителями атмосферного воздуха (рисунок 9) являются газообразные вещества: CO – 21 %, NO₂ – 21 %, SO₂ – 35 %, ЛОС – 21 %, а на долю твердых веществ приходится – 13,8 %. Максимальные концентрации диоксида азота отмечались также в июне месяце и составили 0,035...0,04 мг/м³ (Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды

Западно-Казахстанской области, 2024) В целом, атмосферный воздух в п. Бурли согласно данным Казгидромет за 2022 г. характеризовался повышенным уровнем загрязнения (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022). Следовательно, характеристики химического состава атмосферного воздуха района Бурли, а также его изменение в зависимости от года и климатических сезонов, в значительной степени определяются выбросами окислов азота, углерода, сернистого ангидрида, сероводорода, ЛОС и неорганической пыли от указанных объектов (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022; Альмагамбетова Л.Ж., 2011; Кенесары А.У., 2018).

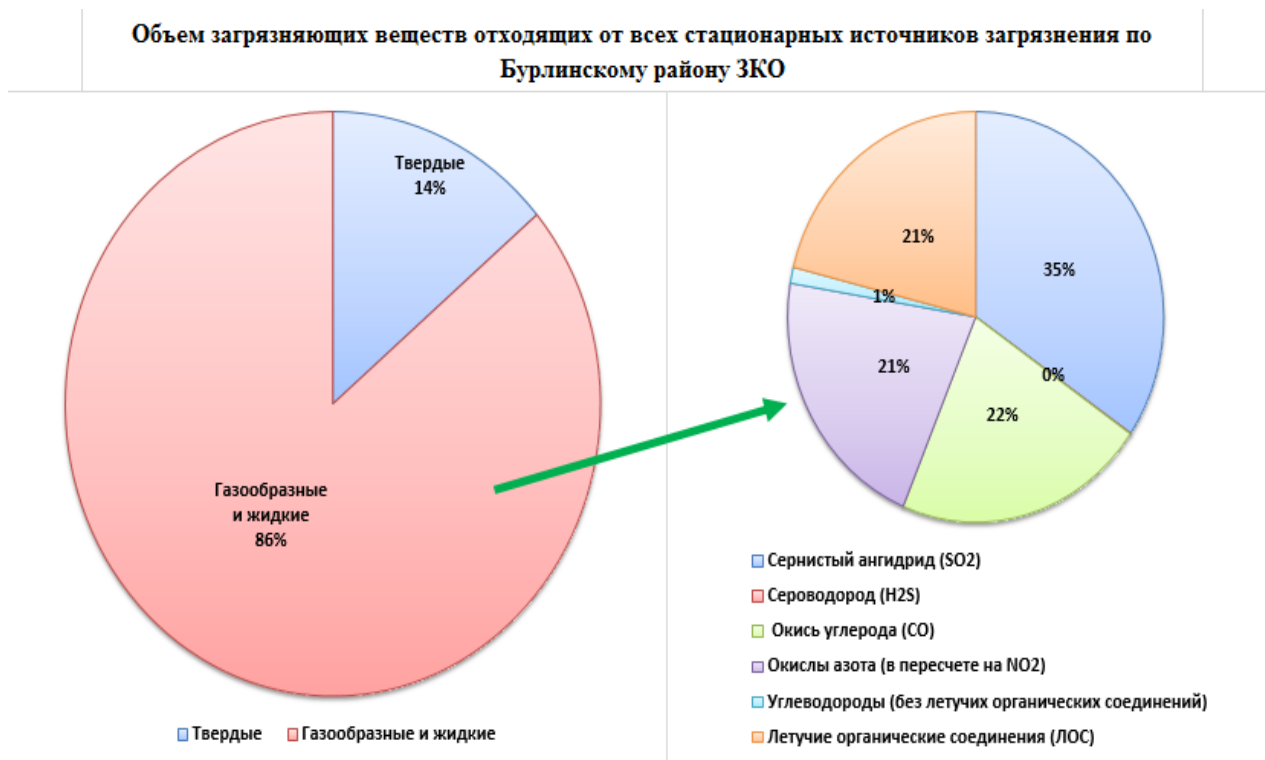


Рис. 10. Состав загрязнений атмосферного воздуха по Бурлинскому району, 2022 г.

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022)

В разные годы в исследованиях, проведенных преимущественно до 2018 г., касающихся загрязнения атмосферы на КНКМ, анализировались четыре основных ингредиента: сероводород, диоксид серы, диоксид азота и оксид углерода (Кенесары А.У., 2018; Альмагамбетова Л.Ж., 2011; Кенесариев У.И.,

2011; Исхангали Г.М., 2010). В результатах работ, в основном, отмечается тот факт, что загрязнение атмосферного воздуха в прилегающих районах связано с выбросами в атмосферу на территории газоконденсатного месторождения. Однако всегда при этом отмечается, что превышений предельно допустимых выбросов

(ПДВ) на территории месторождения зафиксировано не было. Указанный факт обусловлен тем, что существующая система нормирования не учитывает потенциальные изменения в объемах выбросов, что вынуждает природопользователей увеличивать нормативы выбросов для снижения риска нарушения ПДВ. Для того, чтобы учесть вариативность выбросов в будущем, природопользователи, при разработке нормативов, устанавливают ПДВ на максимальном уровне для большего числа источников (Калиева Х.Г. и др., 2014; Мурзабекова Ж.А., 2023; Кожагулов С.О. и др., 2024).

Для оценки уровня антропогенного воздействия на атмосферный воздух региона, целесообразно использовать обобщенный показатель. Он должен учитывать численность населения, проживающего на загрязняемой территории, площадь этого региона и объем выбросов загрязняющих веществ. В связи с этим, нами были рассчитаны коэффициенты загрязнения атмосферы (Катм) для всех районов ЗКО. Для удобства восприятия представлено как $k_{\text{атм}} * 10^{-3}$ (Михеева А.С., 2007; Имашев Э.Ж., 2011).

Таблица 1

Значение $k_{\text{атм}} * 10^{-3}$ для районов ЗКО

Наименование района	S, площадь, тыс.км ²	N, численность населения, тыс.чел	A, объем выбросов, тыс.тонн	$k_{\text{атм}} * 10^{-3}$
Акжайыкский	25,2	39,694	0,12	3,8
Бокейординский	19,2	14,96	0,004	0,2
Бурлинский	5,6	56,47	6,879	123
Жангалинский	20,8	24,03	0,21	9
Жанибекский	8,2	16,04	0,003	0,26
Байтерек	7,4	59,84	9,03	420
Казталовский	18,6	28,5	0,21	9,1
Каратобинский	10,0	15,4	0,009	0,7
Сырымский	11,9	18,42	0,013	0,9
Таскалинский	8,1	16,59	0,189	16
Теректинский	8,4	38,39	0,38	21
Чингирлауский	7,2	14,5	0,039	3,9
г.Уральск	0,7	320,7	8,7	580
ЗКО	151,34	663,6	25,79	81

Источник: составлено по данным (Бюро национальной статистики Республики Казахстан; Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан, 2022).

Таким образом, исследования показывают значительную пространственную неравномерность атмосферных выбросов по ЗКО (см. таблицу 1). Наиболее интенсивное антропогенное воздействие на атмосферу наблюдается в северной индустриальной зоне (Бурли, Байтерек, г. Уральск), где основными источниками загрязнения являются компании по добыче нефти и газа, электростанции, а также компрессоры транзитных трубопроводов. В десяти других районах отмечается значительно меньшая интенсивность атмосферных загрязнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного пространственного анализа загрязнения воздушного бассейна ЗКО можно сделать следующие выводы:

– объемы наблюдаемых атмосферных

загрязняющих веществ в ЗКО составляет 6,5 % от общих выбросов по Западно-Казахстанскому региону, при этом в структуре выбросов прослеживаются изменения в связи с ростом производства, транспорта, строительства новых производственных объектов;

– наблюдается заметное увеличение числа зарегистрированных источников выбросов, причем преимущественно на севере области, что, по-видимому, связано с систематизацией числа стационарных источников загрязнения атмосферы с установлением ПДВ согласно Экокодексу РК (2021 г.);

– улавливание вредных выбросов, главным образом, твердых частиц в атмосферном воздухе проводится только на предприятиях в районах Бурли, Байтерек, г.Уральске, а в остальных частях области – отсутствуют

очистные сооружения;

– наибольшее антропогенное воздействие на атмосферу наблюдается в северных промышленных районах, отмечающиеся относительно высокими коэффициентами загрязнения воздуха.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по гранту № BR21882122. Авторы выражают благодарность редакционной коллегии и будущим рецензентам за замечания, предложения и рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михеева А.С. Оценка ассимиляционной емкости природной среды в целях совершенствования экономического механизма природопользования// Вестник Бурятского государственного университета, География. – 2007. - С.25-28. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-assimilyatsionnoy-emkosti-prirodnoy-sredy-v-tselyah-sovershenstvovaniya-ekonomicheskogo-mekhanizma-prirodopolzovaniya>.
2. Кожажулов С.О., Сальников В.Г. Оценка влияния промышленных выбросов на качество атмосферного воздуха в Бурлинском районе Западно-Казахстанской области// Нефть и газ. – 2024. - 140. - С.140-151. - <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-2.14>.
3. Имашев Э.Ж. Пространственный анализ изменения экологического состояния окружающей среды Западно-Казахстанской области// Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2011. - №1 (32). - С.13-20. - <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/download/617/503>.
4. Бюро национальной статистики Республики Казахстан. – Электронный ресурс: <https://stat.gov.kz/> (дата обращения 15.12.2024 г.).
5. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год. – Астана, 2023. – Электронный ресурс: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> (дата обращения 10.12.2024 г.).
6. Adilet, 2022. Об утверждении Комплексного плана социально-экономического развития Западно-Казахстанской области на 2022-2025 годы Постановление Правительства Республики Казахстан от 1 февраля 2022 года № 40. – Электронный ресурс: <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000040> (дата обращения 10.12.2024 г.).
7. Adilet, 2021a. Environmental code of the Republic of Kazakhstan. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023517> (дата обращения 10.12.2024 г.).
8. Adilet, 2021b. Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду № 63 Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 10 марта 2021 года. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022317> (дата обращения 10.12.2024 г.).

9. Yang, W.; Wang, J.; Zhang, K.; Hao, Y. A novel air pollution forecasting, health effects and economic cost assessment system for environmental management: From a new perspective of the district-level. J. Clean. Prod.2023, 417, 138027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138027>.
10. Nguyen, A. T. The relationship between economic growth, energy consumption and carbon dioxide emissions: evidence from Central Asia. Eur. J. Bus. Econ.2019, 12(24), 1- 15. <https://doi.org/10.17015/ejbe.2019.024.01>
11. Sabyrbekov, R., Overland, I., Vakulchuk, R. (Eds). Introduction to Climate Change in Central Asia. In Climate Change in Central Asia: Decarbonization, Energy Transition and Climate Policy. Cham: Springer Nature Switzerland.2023, pp. 1-11. ISBN 978-3-031-29830-1 <https://doi.org/10.1007/978-3-031-29831-8>
12. Сальников В.Г., Полякова С.Е., Ульман А.А., Кауазов А.М., Турсумбаева М.О., Кисебаев Д.К., Миськив Д.И., Белдеубаев Е.Е., Мусралинова Г.Е., Кожажулов С.О. Мониторинг качества атмосферного воздуха Западно-Казахстанского региона: принципы, методы, подходы// Гидрометеорология и экология. – 2024. - №2. – С.128-149. -DOI: 10.54668/2789-6323-2024-113-2-128-149.
13. Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. – Электронный ресурс: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-bulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy> (дата обращения 15.12.2024 г.).
14. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Западно-Казахстанской области, 1 квартал 2024 год. – Электронный ресурс: https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/180/kvartal_1_file/668cd2ca0c5d4zko-1-kv-2024-god-rus.pdf (дата обращения 10.12.2024 г.).
15. UNDP, 2023. The 8th National Communication and the 5th Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change URL: <https://www.undp.org/kazakhstan/publications/8th-national-communication-and-5th-biennial-report-republic-kazakhstan-un-framework-convention-climate-change>
16. Альмагамбетова Л.Ж. Оценка антропогенного воздействия на природную среду месторождения Карачаганак// KazNU Bulletin. Geography series. – 2011. - №2 (33). – С. 66-71. -<https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/index>.
17. Кенесары А.У. Научно-методические подходы разработки санитарно-защитных зон с применением новых технологий, снижающих загрязнение окружающей среды Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD). – Алматы, 2018. - 142с. -<https://ecportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/62648>.
18. Кенесариев У.И., Адильгирейулы З., Амрин М.К., Досмухаметов А.Т., Ержанова А.Е., Баймухамедов А.А. Мониторинг качества объектов окружающей среды в регионе Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения // Здоровье семьи – 21 век.- <http://www.fh-21.perm.ru/download/2011-4-6.pdf>.
19. Калиева Х.Г., Фадеева Л.С., Ерубасева Г.К. Экологический анализ состояния атмосферного воздуха Бурлинского района Западно-Казахстанской области// Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2014. - №2 (41). – С.97-102. -<https://bulletin-ecology.kaznu.kz/>.

20. Ихсангали Г.М. Химический состав атмосферного воздуха в городах Западно-Казакстанской области. Сб.:Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2010. – С.289-292. <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-atmosferного-vozduha-v-gorodah-zapadno-kazahstanskoy-oblasti>.
21. Мурзабекова Ж.А. Экологическое состояние окружающей среды месторождения Западно-Казакстанской области//Вестник Западно-Казакстанского инновационно-технологического университета. – 2023. - №2(26). – С.237-241. -<https://wkitu.kz/ru/vestnik-zkitu/>.
22. Кожажулов С.О., Сальников В.Г., Байдаулетова Г.К. Сравнительный анализ загрязнения атмосферы регионов Западного Казахстана// Herald of the Kazakh-British Technical University. – 2024. - №2(69). – С.295-306. - <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-2-295-306>.
- ### REFERENCES
1. Miheeva, A.S. (2007). Otsenka assimilatsionnoy emkosti prirodnoy sredy v tselyah sovershenstvovaniya ekonomicheskogo mehanizma prirodopol'zovaniya [Assessment of the assimilation capacity of the natural environment in order to improve the economic mechanism of environmental management] Vestnik Buryatskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Geography, pp. 25-28 <https://cyberleninka.ru/article/> [in Russian].
2. Kozhagulov, S.O., Sal'nikov, V.G. (2024). Otsenka vliyaniya promyshlennykh vybrosov na kachestvo atmosfernogo vozduha v Burlinskom rajone Zapadno-Kazahstanskoy oblasti [Assessment of the impact of industrial emissions on air quality in the Burlinsky district of the West Kazakhstan region]. Neft i gaz, vol.140, pp.140-151. <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-2.14> [in Russian].
3. Imashev, E.Zh. (2011). Prostranstvennyy analiz izmeneniya ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchey sredy Zapadno-Kazahstanskoy oblasti [Spatial analysis of changes in the ecological state of the environment in the West Kazakhstan region] Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya, vol. 32, no 1, pp.13-20. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/article/download/617/503> [in Russian].
4. Byuro natsional'noi statistiki Respubliki Kazakhstan. Elektronnyy resurs: <https://stat.gov.kz/ru/> (data obrashcheniya 15.12.2024 g.) [in Russian].
5. Natsional'nyi doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy i ob ispol'zovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan za 2022 god. – Astana, 2023. – Elektronnyy resurs: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> (data obrashcheniya 15.12.2024 g.) [in Russian].
6. Adilet, 2022. Ob utverzhdenii Kompleksnogo plana sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Zapadno-Kazahstanskoy oblasti na 2022-2025 gody. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 1 Fevralya 2022 goda № 40. – Elektronnyy resurs: <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000040> (data obrashcheniya 10.12.2024 g.). [in Russian].
7. Adilet, 2021a. Environmental code of the Republic of Kazakhstan. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023517> (accessed 10.12.2024 g.).
8. Adilet, 2021b. Metodika opredeleniya normativov emissij v okruzhayushchuyu sredy № 63 Prikaz Ministra ekologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan ot 10 marta 2021 goda. Elektronnyy resurs: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022317> (data obrashcheniya 10.12.2024 g.) [in Russian].
9. Yang, W.; Wang, J.; Zhang, K.; Hao, Y. A novel air pollution forecasting, health effects and economic cost assessment system for environmental management: From a new perspective of the district-level. J. Clean. Prod.2023, 417, 138027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138027>.
10. Nguyen, A. T. The relationship between economic growth, energy consumption and carbon dioxide emissions: evidence from Central Asia. Eur. J. Bus. Econ. 2019, 12(24), 1- 15. <https://doi.org/10.17015/ejbe.2019.024.01>
11. Sabyrbekov, R., Overland, I., Vakulchuk, R. (Eds). Introduction to Climate Change in Central Asia. In Climate Change in Central Asia: Decarbonization, Energy Transition and Climate Policy. Cham: Springer Nature Switzerland.2023, pp. 1-11. ISBN 978-3-031-29830-1 <https://doi.org/10.1007/978-3-031-29831-8>.
12. Sal'nikov, V.G., Polyakova, S.E., Ulman, A.A., Kauazov, A.M., Tursumbaeva, M.O., Kisebaev, D.K., Mis'kiv, G.I., Beldeubaev, E.E., Musralinova, G.E., Kozhagulov, S.O. (2024). Monitoring kachestva atmosfernogo vozduha Zapadno-Kazahstanskogo regiona: printsipy, metody, podhody [Monitoring of atmospheric air quality in the West Kazakhstan region: principles, methods, approaches]. Gidrometeorologiya i ekologiya, no2, pp.128-149. DOI: 10.54668/2789-6323-2024-113-2-128-149 [in Russian].
13. Informatsionnye byulleteni o sostoyanii okruzhayushchey sredy Respubliki Kazakhstan. – Elektronnyy resurs: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnybyulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy> (data obrashcheniya 15.12.2024 g.) [in Russian].
14. Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii okruzhayushchey sredy Zapadno-Kazahstanskoy oblasti, 1 kvartal 2024 god. – Elektronnyy resurs: https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/180/kvartal_1_file/668cd2ca0c5d4zko-1-kv-2024-god-rus.pdf (data obrashcheniya 10.12.2024 g.) [in Russian].
15. UNDP, 2023. The 8th National Communication and the 5th Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change URL:<https://www.undp.org/kazakhstan/publications/8th-national-communication-and-5th-biennial-report-republic-kazakhstan-un-framework-convention-climate-change>
16. Al'magambetova, L.Zh. (2011). Otsenka antropogennogo vozdeystviya na prirodnuuyu sredy mestorozhdeniya Karachaganak [Assessment of anthropogenic impact on the natural environment of the Karachaganak field] KazNU Bulletin. Geography series, vol.33, no 2 pp. 66-71. <https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/index> [in Russian].
17. Kenesary, A.U. (2018). Nauchno-metodicheskie podhody razrabotki saniterno-zashitnykh zon s primeneniem novykh tehnologiy snizhaujshih zagryaznenie okruzhayushchey sredy [Scientific and methodological approaches to the development of sanitary protection zones using new technologies that reduce environmental pollution]. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) Almaty, 142p. - <https://ecoportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/62648> [in Russian].

18. Kenesariyev, U.I., Adil'girejuly, Z., Amrin, M.K., Dosmuhametov, A.G., Erzhanova, A.E., Bajmuhametov, A.A. (2011). Monitoring kachestva ob'ektov okruzhajushhej sredy v regione karachaganakskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya [Monitoring the quality of environmental objects in the region of the Karachaganak oil and gas condensate field]. *Zdorov'e sem'i – 21 vek.* - <http://www.fh-21.perm.ru/download/2011-4-6.pdf> [in Russian].
19. Kalieva, H.G., Fadeeva, L.S., Erubaeva, G.K. (2014). Ekologicheskij analiz sostoyaniya atmosfernogo vozduha Burlinskogo rajona Zapadno-Kazahstanskoy oblasti [Ecological analysis of the state of atmospheric air in the Burlinsky district of the West Kazakhstan region]. *Vestnik KazNU. Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*, vol. 41, no 2, pp. 97-102. <https://bulletin-ecology.kaznu.kz/> [in Russian].
20. Ihsangali, G.M. (2010). Himicheskiy sostav atmosfernogo vozduha v gorodah Zapadno-Kazahstanskoy oblasti. *Sb.: Intellektual'nyj potentsial XXI veka: stupeni poznaniya*, pp. 289-292. [Chemical composition of atmospheric air in the cities of the West Kazakhstan region. In: Intellectual potential of the 21st century: stages of knowledge]. <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-atmosfernogo-vozduha-v-gorodah-zapadno-kazahstanskoy-oblasti> [in Russian].
21. Murzabekova, Zh.A. (2023). Ekologicheskoe sostoyanie okruzhayushhej sredy mestorozhdeniya Zapadno-Kazahstanskoy oblasti [Environmental state of the deposit in the West Kazakhstan region] *Vestnik Vestnik Zapadno-Kazahstanskogo innovatsionnogo tekhnologicheskogo universiteta*, vol. 26, no 2, pp. 237-241. - <https://wkitu.kz/ru/vestnik-zkitu/> [in Russian].
22. Kozhagilov, S.O., Sal'nikov, V.G., Bajdauletova, G.K. (2024). Sravnitel'nyj analiz zagryazneniya atmosfery regionov Zapadnogo kazakhstana [Comparative analysis of air pollution in the regions of Western Kazakhstan]. *Herald of the Kazakh-British Technical University*, no 2 (69). pp. 295-306. - <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-2-295-306> [in Russian].

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АУА БАССЕЙІНІҢ ЛАСТАНУЫН КЕҢІСТІКТІК ТАЛДАУ

С.О. Кожажулов, В.Г. Сальников *д.ғ.д.*, Г.К. Байдаулетова*

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті КеАҚ, Алматы, Қазақстан
E-mail: carlugast69@gmail.com

Мақалада Батыс Қазақстан облысының аумағындағы атмосфералық шығарындыларға кеңістіктік талдау жүргізілді. Шығарындылар құрылымында өндірістің өсуіне, көлік үлесінің ұлғаюына, жаңа өндірістік объектілердің құрылысына байланысты өзгерістер байқалады. Алайда, экономикалық қызмет түрлері тұрғысынан негізгі үлес өнеркәсіпке тиесілі. Атмосфераның негізгі ластаушылары мұнай-газ, энергетика секторлары, сондай-ақ көлік болып табылатыны анықталды. Зерттеулер көрсеткендей, аумақтық тұрғыдан өңірдің өнеркәсіптік объектілері мен әлеуметтік инфрақұрылымының басым орналасқан аудандары (Бөрлі, Бәйтерек, Орал қ.) атмосфераға барынша антропогендік әсер етеді. Атмосфералық ауаны зиянды қоспалардан, ең алдымен қатты бөлшектерден тазарту ішінара көрсетілген аймақтарда ғана жүргізіледі, ал облыстың басқа аудандарында тазарту қондырғылары жоқ. Облыстың өнеркәсіптік аймағының жоғарыда аталған солтүстік аудандары атмосфераның есептелген ластану коэффициенттерінің жоғары мәндерімен сипатталады. Керісінше, Ақжайық, Қаратөбе, Жәнібек және Бөкейорда аудандарында бұл көрсеткіштер минималды, бұл атмосфералық ластанулардың таралуының айтарлықтай теңсіздігін көрсетеді. Орындалған жұмыс индустриялық-аграрлық орталық аймақтың атмосферасына экологиялық бағалауды терең талдауға негіз болып табылады. **Түйін сөздер:** атмосфералық шығарындылар, атмосфераны ластаудың стационарлық көздері, мониторинг, кеңістіктік талдау.

SPATIAL ANALYSIS OF AIR POLLUTION IN THE WEST KAZAKHSTAN REGION

S.O. Kozhagulov, V.G. Salnikov *Doctor of Geographical Sciences*, G.K. Baiduletova*

Non-commercial joint stock company Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: carlugast69@gmail.com

The article is devoted to spatial analysis of atmospheric pollutions in the West Kazakhstan region. Changes are observed in the structure of air pollution, which is associated with an increase in production, the share of transport, and the construction of new industries. However, in terms of

types of economic activity, the main share belongs to industry. It has been established that the main pollutants of the atmosphere are the oil and gas, energy sectors, as well as transport. Research shows that the regions of the territorial distribution of industrial facilities and the region of social activity (Burli, Baiterek, Uralsk) have the greatest anthropogenic impact on the atmosphere. Purification of atmospheric air from harmful impurities, primarily solid particles, is partially carried out only in these zones, while in other areas of the region there are no treatment plants. The above-mentioned northern areas of the industrial zone of the region are characterized by high values of calculated air pollution coefficients. In contrast, in the Akzhaik, Karatobinsky, Zhanibek and Bokeyordinsky districts, the indicated indicators are minimal, which indicates a significant inequality in the distribution of atmospheric pollution. The completed work is the basis for an in-depth analysis of the assessment of atmospheric air quality in the industrial-agrarian center.

Keywords: atmospheric emissions, stationary sources of air pollution, monitoring, spatial analysis.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Кожугулов Сакен Оралбаевич – докторант кафедры метеорологии и гидрологии факультета географии и природопользования Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени аль-Фараби»; (г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Казахстан), s_kozhagulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4428-5129>

Сальников Виталий Григорьевич – доктор географических наук, профессор факультета географии и природопользования, Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Казахстан), Vitali.Salnikov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3392-4587>

Байдаулетова Гульбан Куттыбаевна – старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики факультета географии и природопользования, Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Казахстан), carlugast69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8106>

Кожугулов Сакен Оралбайұлы – география және табиғатты пайдалану факультетінің метеорология және гидрология кафедрасының докторанты, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., аль-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан), s_kozhagulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4428-5129>

Сальников, Виталий Григорьевич – география ғылымдарының докторы, география және табиғатты пайдалану факультетінің профессоры, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., аль-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан), Vitali.Salnikov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3392-4587>

Байдаулетова Гульбан Куттыбаевна – картография және геоинформатика кафедрасының география және табиғатты пайдалану факультетінің аға оқытушысы «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., аль-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан), carlugast69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8106>

Kozhagulov Saken Oralbaevich – PhD student of the Department of Meteorology and Hydrology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, al-Farabi Kazakh National University Non-Commercial Joint Stock Company (Almaty, al-Farabi Avenue, 71, Kazakhstan), s_kozhagulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4428-5129>

Salnikov Vitalij Grigorevich – Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Faculty of Geography and Environmental Sciences, al-Farabi Kazakh National University Non-Commercial Joint Stock Company (Almaty, al-Farabi Avenue, 71, Kazakhstan), Vitali.Salnikov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3392-4587>

Baidaletova Gulban Kuttybaevna – Senior Lecturer at the Department of Cartography and Geoinformatics of the Faculty of Geography and Environmental Sciences, al-Farabi Kazakh National University Non-Commercial Joint Stock Company (Almaty, al-Farabi Avenue, 71, Kazakhstan), carlugast69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8106>

Вклад авторов/Авторлардың қосқан үлесі/Author's contribution:

Кожугулов С.О. – разработка методологии, проведения исследования, проведение статистического анализа

Сальников В.Г. – разработка концепции

Байдаулетова Г.К. – проведение статистического анализа

Қожағулов С.О. – әдістемесін қурастыру, зерттеуді жүргізу, статистикалық талдауды әзірлеу

Сальников В.Г. – тұжырымдамасын әзірлеу

Байдаулетова Г.К. – статистикалық талдауды әзірлеу

Kozhagulov S. – development of methodology, research, statistical analysis

Salnikov V. – concept development

Baidaletova G. – conducting statistical analysis