

Г.Е. Садыканова¹ , С. Құмарбекұлы^{2*} , А. Есімбекова³ ,
Г.Ж. Калелова¹ , И.А. Урукпаев¹ 

¹Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

³Филиал «Гематологическое отделение Восточно-Казахстанской области»

ТОО «Центр гематологии», Усть-Каменогорск, Казахстан

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СРЕДЫ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Восточно-Казахстанская область относится к промышленно-нагруженным регионам Казахстана, где выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников остаются важным экологическим фактором риска для здоровья населения. Оценка связи между структурой промышленных выбросов и заболеваемостью позволяет выявить приоритетные направления профилактики и экологического управления.

Исследование выполнено на основе официальных данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников (общий объём, твёрдые и газообразные/жидкие компоненты) и показателей заболеваемости населения (новообразования и болезни системы кровообращения) по 5 в промышленно-нагруженных населённых пунктах в Восточно-Казахстанской области за 2020–2024 гг. Для оценки взаимосвязей применён коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s), статистическая значимость оценивалась при $p < 0,05$. Визуализация результатов выполнена с использованием графиков рассеяния.

Установлены статистически значимые положительные ассоциации между заболеваемостью новообразованиями и общим объёмом выбросов ($r_s = 0,633$; $p < 0,001$), а также газообразными/жидкими компонентами ($r_s = 0,552$; $p < 0,01$). Связь новообразований с твёрдыми выбросами была слабой и статистически незначимой ($r_s = 0,343$; $p > 0,05$). Для болезней системы кровообращения значимая связь выявлена только с твёрдыми выбросами ($r_s = -0,405$; $p < 0,05$), при отсутствии значимых ассоциаций с общим объёмом выбросов ($r_s = -0,235$; $p > 0,05$) и газообразными/жидкими компонентами ($r_s = -0,285$; $p > 0,05$). Отмечена высокая взаимосвязь между фракциями выбросов ($r_s = 0,665-0,928$; $p < 0,001$), что указывает на общность структуры промышленных выбросов.

Полученные данные подтверждают наличие статистически значимой взаимосвязи между выбросами от стационарных источников и заболеваемостью новообразованиями в промышленно-нагруженных населённых пунктах Восточно-Казахстанской области в 2020–2024 гг.

Ключевые слова: техногенная трансформация, загрязнение воздуха, антропогенная нагрузка, риск для здоровья, Восточный Казахстан.

G.E. Sadykanova¹, S. Kumarbekuly^{2*}, A. Yessimbekova³,
G.Zh. Kalelova¹, I.A. Urukpayev¹

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

³Branch "Hematology department of East Kazakhstan region"

LLP "Center of Hematology", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Technological transformation of the environment and its impact on the health of the population of Eastern Kazakhstan

East Kazakhstan Region is one of Kazakhstan's most industrialised regions, where emissions of pollutants from stationary sources remain a significant environmental risk factor for public health. Assessing the link between the structure of industrial emissions and disease incidence makes it possible to identify priority areas for prevention and environmental management.

The study was conducted based on official data on emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources (total volume, solid and gaseous/liquid components) and population morbidity

indicators (neoplasms and diseases of the circulatory system) in five industrially loaded settlements in the East Kazakhstan region for 2020–2024. Spearman's rank correlation coefficient (r_s) was used to assess the relationships, and statistical significance was assessed at $p < 0.05$. The results were visualised using scatter plots.

Statistically significant positive associations were found between the incidence of neoplasms and total emissions ($r_s = 0.633$; $p < 0.001$), as well as gaseous/liquid components ($r_s = 0.552$; $p < 0.01$). The association between neoplasms and solid emissions was weak and statistically insignificant ($r_s = 0.343$; $p > 0.05$). For diseases of the circulatory system, a significant association was found only with solid emissions ($r_s = -0.405$; $p < 0.05$), with no significant associations with total emissions ($r_s = -0.235$; $p > 0.05$) and gaseous/liquid components ($r_s = -0.285$; $p > 0.05$). A high correlation was noted between emission fractions ($r_s = 0.665$ – 0.928 ; $p < 0.001$), indicating a common structure of industrial emissions.

The data obtained confirm the existence of a statistically significant correlation between emissions from stationary sources and the incidence of neoplasms in industrially polluted settlements in the East Kazakhstan region in 2020–2024.

Keywords: technogenic transformation, air pollution, anthropogenic load, health risk, East Kazakhstan.

Г.Е. Садыканова¹, С. Құмарбекұлы^{2*}, А. Есімбекова³,
Г.Ж. Калелова¹, И.А. Урукпаев¹

¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

³ЖШС «Гематология орталығы» «Шығыс Қазақстан облысының
гематологиялық бөлімі» филиалы, Өскемен, Қазақстан

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Шығыс Қазақстан халқының денсаулығына қоршаған ортаның техногендік трансформациясының әсері

Шығыс Қазақстан облысы Қазақстанның өнеркәсіптік жүктемесі жоғары өңірлерінің қатарына жатады, мұнда стационарлық көздерден бөлінетін ластаушы заттардың шығарындылары халық денсаулығына әсер ететін маңызды экологиялық қауіп факторы болып қала береді. Өнеркәсіптік шығарындылар құрылымы мен аурушандық деңгейі арасындағы өзара байланысты бағалау профилактикалық шаралар мен экологиялық басқарудың басым бағыттарын айқындауға мүмкіндік береді.

Зерттеу 2020–2024 жылдар аралығында Шығыс Қазақстан облысындағы өнеркәсіптік жүктемесі жоғары 5 елді мекен бойынша стационарлық көздерден атмосфераға шығарылатын ластаушы заттар жөніндегі ресми деректерге (жалпы көлемі, қатты және газ тәрізді/сұйық компоненттері), сондай-ақ халықтың аурушандық көрсеткіштеріне (жаңа түзілімдер және қанайналым жүйесі аурулары) негізделіп жүргізілді. Өзара байланыстарды бағалау үшін Спирменнің рангілік корреляция коэффициенті (r_s) қолданылды, статистикалық маңыздылық $p < 0,05$ деңгейінде бағаланды. Нәтижелерді визуализациялау шашырау диаграммалары арқылы жүзеге асырылды.

Жаңа түзілімдермен сырқаттанушылық пен шығарындылардың жалпы көлемі ($r_s = 0,633$; $p < 0,001$), сондай-ақ газ тәрізді/сұйық компоненттер ($r_s = 0,552$; $p < 0,01$) арасында статистикалық тұрғыдан мәнді оң байланыстар анықталды. Жаңа түзілімдердің қатты шығарындылармен байланысы әлсіз және статистикалық тұрғыдан мәнді емес болды ($r_s = 0,343$; $p > 0,05$). Қанайналым жүйесі аурулары үшін мәнді байланыс тек қатты шығарындылармен анықталды ($r_s = -0,405$; $p < 0,05$), ал шығарындылардың жалпы көлемімен ($r_s = -0,235$; $p > 0,05$) және газ тәрізді/сұйық компоненттерімен ($r_s = -0,285$; $p > 0,05$) статистикалық тұрғыдан мәнді ассоциациялар байқалмады. Шығарындылар фракциялары арасында жоғары деңгейдегі өзара байланыс ($r_s = 0,665$ – $0,928$; $p < 0,001$) тіркелді, бұл өнеркәсіптік шығарындылар құрылымының ортақтығын көрсетеді.

Алынған деректер 2020–2024 жылдар аралығында Шығыс Қазақстан облысының өнеркәсіптік жүктемесі жоғары елді мекендерінде стационарлық көздерден шығатын ластаушы заттар мен жаңа түзілімдермен сырқаттанушылық арасында статистикалық тұрғыдан мәнді өзара байланыстың бар екенін растайды.

Түйін сөздер: техногендік трансформация, атмосфералық ауаның ластануы, антропогендік жүктеме, денсаулыққа қауіп, Шығыс Қазақстан.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одним из ведущих экологических факторов риска, ассоциированных с ростом заболеваемости и смертности населения. Обзорные исследования показывают, что ухудшение качества воздуха связано с увеличением респираторной и сердечно-сосудистой патологии и формированием долгосрочных хронических эффектов в условиях урбанизации и промышленной (Alabi-Lawal, 2023; Dadi et al., 2025; Manisalidis et al., 2020). Наиболее значимыми компонентами загрязнения выступают взвешенные частицы и газообразные примеси (NO_x , SO_x , CO и др.), воздействие которых может проявляться как краткосрочными эффектами, так и накопительными системными последствиями (Manisalidis et al., 2020).

Доказательная база указывает и на канцерогенную значимость атмосферного загрязнения: для мелкодисперсных частиц РМ накоплены эпидемиологические и механистические данные, подтверждающие их роль в формировании онкологических рисков, при этом акцент современных исследований смещается к оценке химического состава аэрозолей и многофакторных механизмов действия (Jenwitheesuk et al., 2020; Jiang et al., 2024; Ma et al., 2024; Turner et al., 2020). Практическая значимость проблемы усиливается тем, что результаты оценок бремени болезней и преждевременной смертности могут существенно различаться в зависимости от применяемых моделей «экспозиция–ответ», что подчеркивает необходимость развития мониторинга и унификации подходов к оценке риска (Pozzer et al., 2023).

Для Казахстана, включая промышленно нагруженные территории Восточного Казахстана, характерно наложение интенсивных техногенных выбросов и неблагоприятных условий рассеивания примесей, формирующее устойчивую пространственно-временную структуру загрязнения и сезонные пики концентраций; в Оскемене отмечаются многократные превышения отдельных загрязнителей (Assanov et al., 2022). Существенную роль в возникновении эпизодов высокого загрязнения играют климато-метеорологические условия, а подходы на основе реанализа ERA5 позволяют выделять территории повышенного риска при ограниченной вентиляции воздушной среды (Саспугаева и др., 2024). Национальные оценки риска также указыва-

ют на неприемлемость карциногенных рисков для ряда городов Казахстана, включая Усть-Каменогорск, что обосновывает необходимость развития медико-экологического мониторинга и управленческих мер снижения риска (Абдуллаева и др., 2025; Kenessary et al., 2019; Краснов и др., 2025).

Важное направление современных работ связано с интеграцией данных мониторинга загрязнения и показателей здоровья: показана возможность выявления выраженных статистических связей, включая высокую корреляцию онкологической заболеваемости с уровнями NO_2 (Beisenova et al., 2023; Kerimray et al., 2020), а также подчеркивается значимость региональных исследований, сопоставляющих структуру выбросов и показатели общественного здоровья в промышленных территориях (Нурмадиева & Жетписбаев, 2018). В связи с этим целью настоящего исследования является оценка взаимосвязи между выбросами загрязняющих веществ от стационарных источников и показателями заболеваемости населения в промышленно-нагруженных населённых пунктах Восточно-Казахстанской области в 2020-2024 гг.

Цель настоящего исследования – оценить проявления техногенной трансформации среды Восточного Казахстана и определить, каким образом они отражаются на показателях здоровья населения.

Материалы и методы

Данные о качестве атмосферного воздуха были получены из официальных источников – Единая государственная (<https://www.kazhydromet.kz/> и <https://stat.gov.kz/>).

Оборудования, лаборатории, персонал и методики анализа Национальной гидрометеорологической службы Казахстана «Казгидромет» сертифицированы и соответствуют национальным и международным стандартам контроля качества (Kazhydromet, n.d.). В Восточно-Казахстанской области контроль состояния атмосферного воздуха осуществляется с помощью сети стационарных постов наблюдений, расположенных в пяти населённых пунктах: Оскемен, Риддер, Глубокое, Алтай и Шемонаиха. Перечень определяемых загрязняющих веществ формируется с учётом объёмов и структуры промышленных выбросов, а также на основании пилотных исследований качества атмосферного воздуха в конкретных территориях. Рассчитывались сред-

няя кратность загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха.

Заполнение электронной базы данных проводилось с использованием программы Microsoft Excel.

В рамках исследования были проанализированы демографические показатели за период с 2020 по 2024 годы. Основное внимание уделялось динамике численности населения, уровням рождаемости, смертности и естественного прироста, основные причины летальных исходов.

Естественный прирост населения – разность между числом родившихся живыми и числом умерших за определенный период. Данные по естественному движению населения собираются и обрабатываются на основании записей актов гражданского состояния, зарегистрированных в органах ЗАГС. В число родившихся включены только родившиеся живыми. Коэффициент естественного прироста – разность общих коэффициентов рождаемости и смертности. Общий коэффициент рождаемости и общий коэффициент смертности относятся к базовым демографическим показателям и отражают интенсивность процессов рождаемости и смертности в населении. Оба коэффициента определяются как отношение числа родившихся живыми или умерших за анализируемый период к средней численности населения и традиционно рассчитываются на 1000 человек (Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan, n.d.).

А также проведён анализ заболеваемости населения, включающий общие показатели и распределение по основным классам заболеваний согласно Международной классификации болезней (МКБ). Показатели заболеваемости оценивались по числу зарегистрированных случаев впервые в жизни на 100 тысяч человек соответствующего населения. База данных формировалась с учётом ретроспективных данных за период с 2020 по 2024 годы. Исследование охватывает промышленные районы Восточно-Казахстанской области. Статистическая информация предоставлена Восточно-Казахстанским областным филиалом Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Национальный научный центр развития здравоохранения имени Салидат Каирбековой» Министерства здравоохранения Республики Казахстан (National Research Center for Health Development, n.d.).

Для оценки связи между выбросами загрязняющих веществ (X) и показателями заболеваемости населения (Y) применён непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s), устойчивый к выбросам и ненормальности распределений. Статистическая значимость оценивалась при уровне $p < 0,05$. Использование коэффициента Спирмена обосновано его применимостью при ненормальности распределений и возможной нелинейности связи, что делает данный подход целесообразным для экологических и медико-статистических исследований.

Все расчёты выполнены с использованием специализированной версии программного пакета Statistica Ultimate Academic, предназначенной для научных исследований.

Результаты и их обсуждение

Территория Восточно-Казахстанской области формирует пространство техногенной трансформации, где многолетнее развитие металлургии, горнодобычи и переработки руд определило характер изменений воздушной среды. Крупные промышленные узлы – Оскемен, Риддер, Алтай, Шемонаиха и Глубоковский район – действуют как взаимосвязанный техногенный контур, в котором концентрация производств по добыче и переработке свинца, цинка, меди, золота и редкоземельных элементов сочетается с высокой плотностью населения. В таких условиях воздух становится основным носителем следов техногенного давления: меняется соотношение газовых и твёрдых примесей, смещается структура аэрополлютантов, формируются устойчивые зоны накопления загрязняющих веществ. Геоморфологические особенности – горные котловины, температурные инверсии и слабая вентиляция – усиливают удерживание загрязнений, превращая отдельные участки региона в локальные «резервуары» техногенных выбросов (Alimbaev et al., 2020).

Техногенная трансформация воздушной среды имеет выраженную пространственную структуру. Наиболее интенсивные изменения наблюдаются в Оскемен и Риддере: здесь фиксируются высокие уровни сернистых соединений, оксидов азота, промышленных аэрозолей и тяжёлых металлов в составе взвешенных частиц. Потоки примесей распространяются по долине Иртыша, ухудшая качество воздуха в пригородных и сельских территориях, что уравнивает экологическое воздействие между промышленными центрами

и зонами проживания населения, не связанными напрямую с производственными площадками.

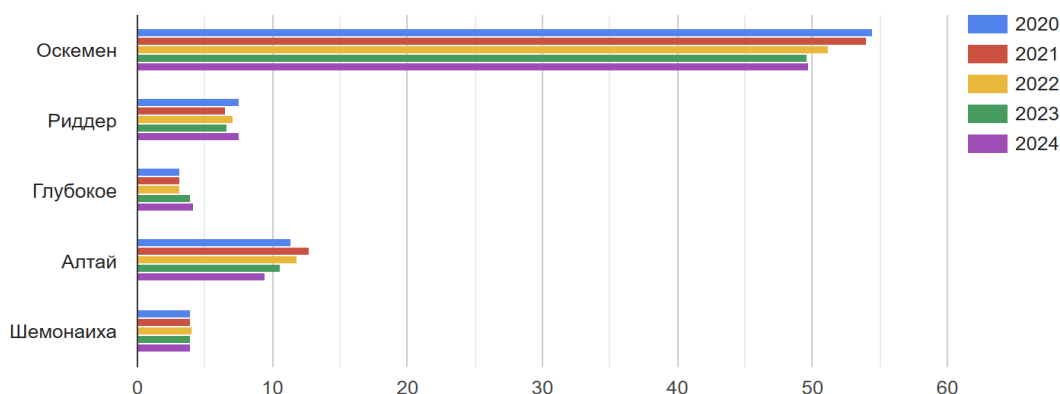
Историческая динамика промышленного развития подчёркивает устойчивый характер техногенной трансформации. После резкого снижения объёмов выбросов в конце XX века последующее восстановление металлургического сектора привело к новой волне загрязнения. Крупные предприятия региона – Казцинк, УК ТМК, Ульбинский металлургический завод, Казмырыш – продолжают оставаться ключевыми источниками антропогенных эмиссий. Длительное накопление отходов, хвостохранилища, старые горные выработки и модернизируемые, но всё ещё экологически уязвимые производственные процессы создают постоянное давление на воздушную среду, поддерживая режим экологической напряжённости (Omurova et al., 2024).

Эти изменения воздушного фона неизбежно отражаются на здоровье населения. Районы с наиболее трансформированной воздушной средой демонстрируют повышенную заболеваемость органов дыхания, рост заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем, а также увеличение числа случаев хронических воспалительных процессов.

Общий объём выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в промышленных районах Восточно-Казахстанской области в 2020-2024 гг. демонстрирует плавное снижение (см.рис.1). Суммарные значения по области уменьшились с 80,6 тыс. тонн в 2020 году до 74,9 тыс. тонн в 2024 году. Оскемен сохраняет ведущую позицию как основной источник техногенных выбросов: даже при снижении общего объёма с 54,5 до 49,7 тыс. тонн город остаётся ключевым индустриальным центром региона, формируя более половины областного выброса. В Риддере наблюдаются колебания между 6,5 и 7,6 тыс. тонн, что связано с периодическим повышением производственной активности в металлургическом комплексе. В Глубокое отмечается рост выбросов – с 3,2 до 4,2 тыс. тонн, что согласуется с эффектом «переноса загрязнения» вдоль долины Иртыша и включённостью поселка в техногенную систему крупных городов. В Алтае объёмы выбросов устойчиво снижаются – с 11,4 до 9,5 тыс. тонн, отражая затухание деятельности отдельных производств. Шемонаиха демонстрирует стабильные значения около 4,0 тыс. тонн без выраженной динамики.

Рисунок 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения (общий объем), тыс. тонн



Структура выбросов по фракциям подчёркивает преобладание газообразных и жидких загрязнителей. В 2024 году их объём составил 64,3 тыс. тонн, что значительно превышает вклад твёрдых частиц (10,7 тыс. тонн). Газообразная нагрузка в Оскемен остается наиболее значимой (45,4 тыс. тонн), вследствие функционирования предприятий цветной металлургии и энергетики. Аналогичная структура наблюдается и в Риддере (6,3 тыс. тонн), где металлургический комплекс определяет основную долю выбросов.

Твёрдые частицы проявляют иную динамику: их суммарный объём сначала возрастает (с 10,9 тыс. тонн в 2020 до 11,88 тыс. тонн в 2022), а затем снижается до 10,7 тыс. тонн в 2024 году. Это снижение важно в контексте оценки риска для здоровья, поскольку именно твёрдые частицы обладают наиболее выраженным влиянием на органы дыхания и сердечно-сосудистую систему. Тем не менее в ряде районов – Алтай, Шемонаиха, Глубокое – значения остаются стабильно высокими относительно их масштабов промышленности, указывая на необходимость локального контроля.

В газовой фракции выражена аналогичная нисходящая тенденция: с 69.1 тыс. тонн в 2020 году до 63.7 тыс. тонн в 2023 году с незначительным подъёмом до 64.3 тыс. тонн в 2024 году. Небольшой рост в 2024 году фиксируется в Оскемен и Риддере, что может быть связано с изменениями в энергетическом секторе или сезонными особенностями эксплуатации оборудования.

В целом полученные данные подтверждают, что техногенная нагрузка на атмосферный воздух в промышленных территориях Восточного Казахстана остаётся высокой, несмотря на общую тенденцию к снижению. Структура выбросов подчёркивает приоритет газообразных компонентов, тогда как твёрдые частицы – хотя и составляют меньшую долю – являются наиболее значимыми с точки зрения воздействия на здоровье населения. Пространственная неоднородность распределения выбросов коррелирует с уровнем промышленного развития районов и формирует основу для дифференцированного экологического и медико-географического анализа (см. рис. 2, 3).

Рисунок 2

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения (твёрдые), тыс. тонн

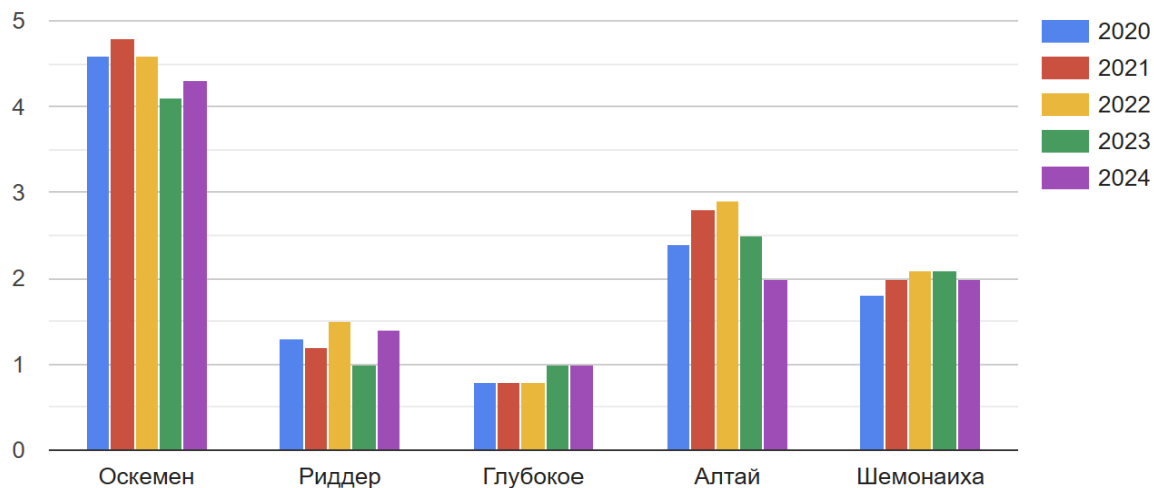
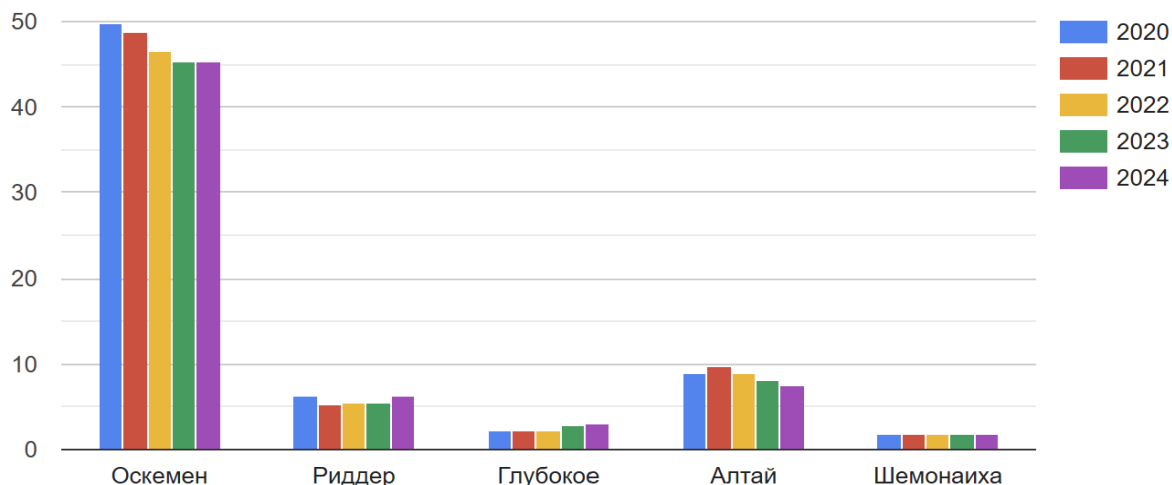


Рисунок 3

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения (газообразные и жидкие), тыс. тонн



Данные по выбросам от стационарных источников в расчёте на душу населения отражают выраженную пространственно-временную неоднородность техногенной нагрузки в пределах Восточно-Казахстанской области (рисунок 4).

В Оскемен за рассматриваемый период зафиксировано устойчивое снижение удельных выбросов: к 2024 году показатель уменьшился примерно на 16% по сравнению с 2020 годом. Несмотря на это, уровень техногенной нагрузки остаётся высоким и стабилизируется в последние годы.

Для Риддера характерна волнообразная динамика. После снижения в начале периода к 2024 году наблюдается рост удельных выбросов примерно на 10% относительно 2020 года, что указывает на усиление техногенной трансформации воздушной среды.

В Глубокое отмечается наиболее выраженный рост нагрузки: за пять лет удельные выбросы увеличились почти на 40%, что свидетельствует о нарастающем изменении качества воздушной среды на фоне относительно низкой исходной нагрузки.

Район Алтай сохраняет самые высокие значения выбросов на душу населения в структуре области. За период наблюдается снижение показателя примерно на 10%, однако уровень техногенного воздействия остаётся стабильно высоким.

В Шемонаихинском районе изменения носят умеренный характер: колебания показателя не

превышают $\pm 7\%$, что указывает на относительную стабильность техногенной нагрузки на воздушную среду.

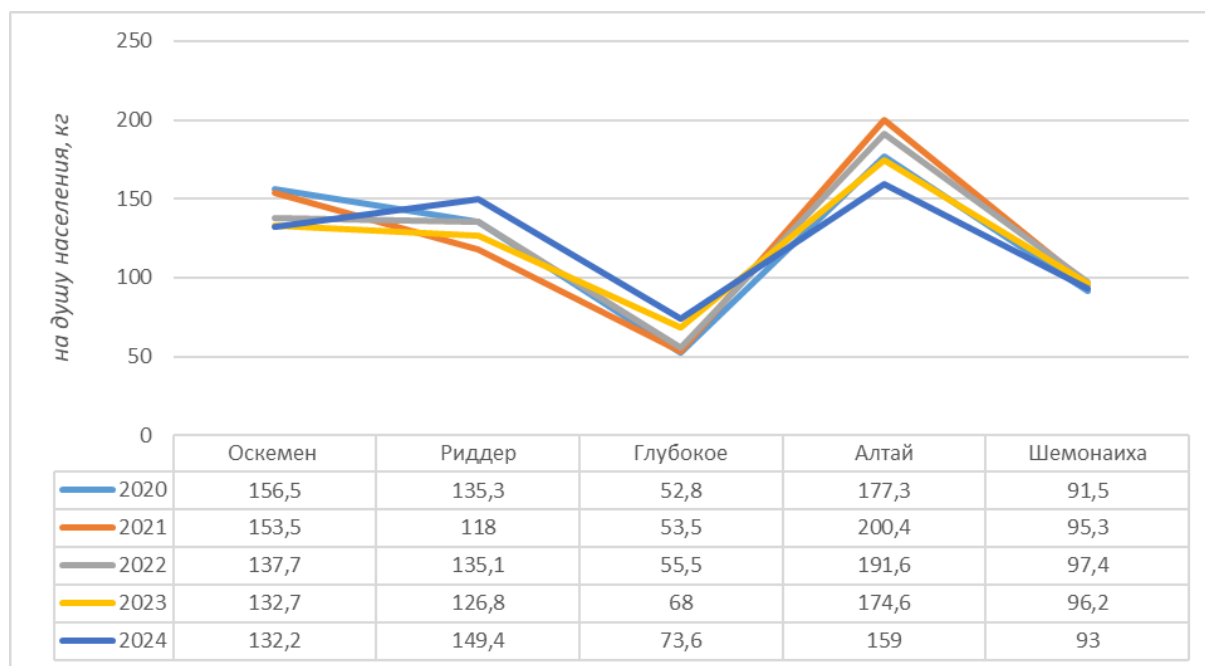
В целом по Восточно-Казахстанской области зафиксирован рост удельных выбросов более чем на 19% по сравнению с 2020 годом. После резкого увеличения в середине периода значения сохраняются на повышенном уровне, что отражает усиление техногенной трансформации атмосферного воздуха в региональном масштабе.

Полученные результаты подчёркивают, что даже при разнонаправленной динамике в отдельных территориях, суммарное техногенное давление на воздушную среду области в последние годы остаётся высоким и пространственно неравномерным.

В 2020-2024 гг. демографическая ситуация в Восточно-Казахстанской области характеризовалась выраженной территориальной неоднородностью (см рис.5). Рост средней численности населения отмечался только в г. Оскемен, где показатель увеличился с 347.5 до 374.7 тыс. человек. В остальных населённых пунктах области наблюдалось устойчивое сокращение численности населения, наиболее выраженное в г. Риддер, а также в районах Алтай и Шемонаиха, что свидетельствует о концентрации населения в крупнейшем промышленном центре региона и процессах депопуляции в периферийных территориях.

Рисунок 4

Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (на душу населения, кг)



Естественное движение населения в рассматриваемый период носило контрастный характер. Положительный естественный прирост сохранялся исключительно в г. Оскемен, однако и здесь он характеризовался колебаниями и общей тенденцией к снижению. Во всех остальных населённых пунктах на протяжении всего периода фиксировалась устойчивая естественная убыль населения, что указывает на неблагоприятное соотношение показателей рождаемости и смертности и формирование процессов демографического старения.

Анализ общего коэффициента рождаемости показал его последовательное снижение как в отдельных населённых пунктах, так и в целом по Восточно-Казахстанской области. В среднем по региону показатель сократился с 14,8‰ в 2020 г. до 11,66‰ в 2024 г. При этом наиболее высокие значения рождаемости на протяжении всего периода сохранялись в г. Оскемен, несмотря на выраженную нисходящую динамику.

Общий коэффициент смертности достиг максимальных значений в 2020-2021 гг., что может быть связано с пандемией COVID-19. В последующие годы (2022-2024 гг.) отмечено снижение показателей смертности, однако в ряде

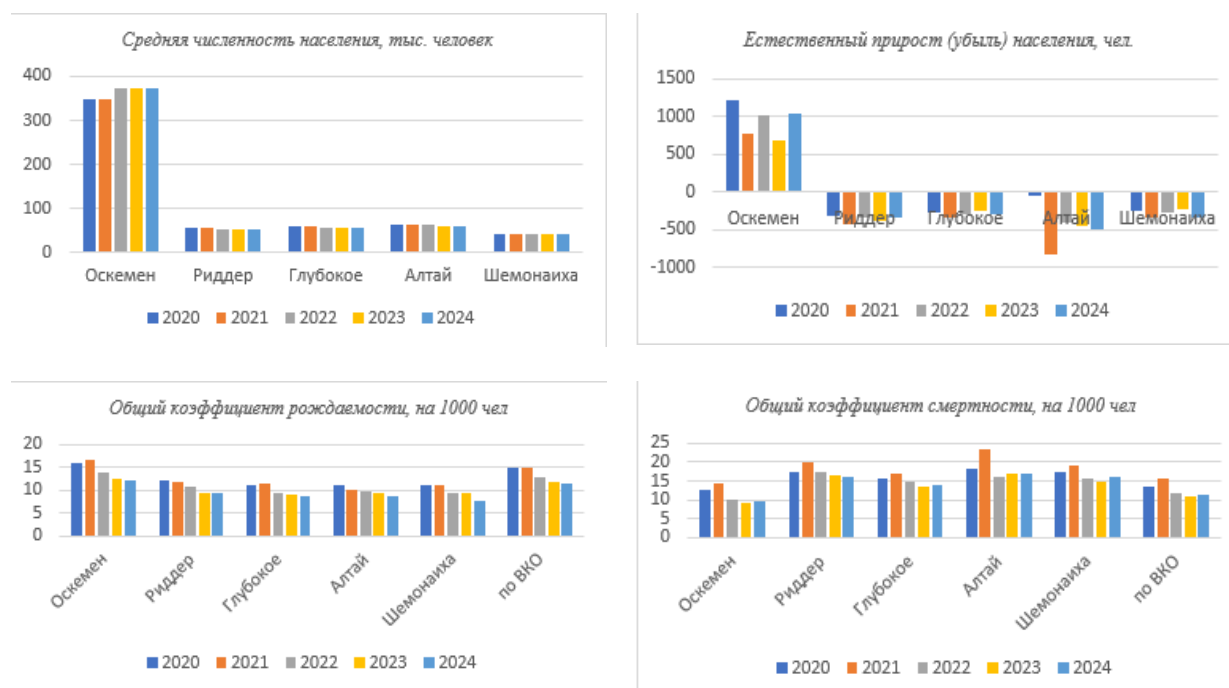
населённых пунктов – г. Риддер, районах Алтай, Глубокое и Шемонаиха – значения коэффициента смертности стабильно превышали среднеобластной уровень.

В целом выявленные тенденции свидетельствуют о формировании неблагоприятного демографического фона в Восточно-Казахстанской области, характеризующегося снижением рождаемости, сохраняющейся повышенной смертностью и отрицательным естественным приростом населения в большинстве населённых пунктов, что необходимо учитывать при оценке влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья населения региона.

По Республике Казахстан Восточно-Казахстанская область (ВКО) в 2020–2024 гг. стабильно относится к числу регионов с наиболее высокими показателями смертности населения, демонстрируя лидирующие позиции как по общему уровню смертности, так и по ряду ключевых причин смерти (см.табл.6). В целом, данные 2020–2024 гг. подтверждают, что ВКО устойчиво относится к регионам Казахстана с наиболее высокой смертностью населения и выраженной нагрузкой по онкологическим, сердечно-сосудистым и другими причинам смерти.

Рисунок 5

Демографическая динамика и показатели естественного движения населения в Восточно-Казахстанской области за 2020-2024 гг.

**Таблица 6**

Динамика смертности населения ВКО по основным классам причин смерти (на 100 000 населения), 2020–2024 гг.

Показатель (на 100 000 населения)	2020	2021	2022	2023	2024	Δ 2020–2024	Δ 2023–2024
Новообразования (всего)	131.05	125.51	118.78	121.73	115.37	-15.68	-6.36
Злокачественные новообразования	126.36	122.40	115.36	117.69	113.30	-13.06	-4.39
Болезни системы кровообращения	330.72	401.81	277.61	224.53	230.05	-100.67	+5.52
Ишемические болезни сердца	154.76	196.38	114.54	86.32	92.50	-62.26	+6.18
Инсульт	99.52	105.49	76.02	65.19	69.33	-30.19	+4.14

Примечание: Δ – изменение показателя за соответствующий период.

Согласно данным Национального научного центра развития здравоохранения имени С. Каирбековой МЗ РК (годовые отчетные формы), в 2024 году Восточно-Казахстанская область вошла в число лидирующих регионов Республики Казахстан, занимая 1-е место по бронхиальной астме, 2-е место по болезням системы кровообращения (по заболеваниям, характеризующимся повышенным артериальным давлением – 2 место, по острому инфаркту миокарда

и цереброваскулярным болезням – 1 место), 2-е место по психическим расстройствам и расстройствам поведения, уступая Астане, а также 5-е место по злокачественным новообразованиям.

Восточно-Казахстанская область занимает одно из лидирующих мест в Республике Казахстан по уровню заболеваемости и смертности по ряду заболеваний, что требует внимательного анализа и комплексного подхода к решению возникших проблем.

Динамика заболеваемости новообразованиями в промышленных городах и районах ВКО за 2020-2024 гг. характеризуется выраженной неоднородностью и разнонаправленными трендами (см.табл.7). В целом по области за период отмечается рост примерно на 40%, при этом наиболее резкое увеличение приходится на 2022–2023 гг. (порядка +35% за год), после чего в 2024 году фиксируется снижение примерно на 18% относительно 2023 года.

Наиболее неблагоприятная и нестабильная ситуация наблюдается в Риддере: по сравнению с 2020 годом показатель к 2024 году увеличился примерно в 2 раза (+100%), а пик пришёлся на 2023 год, когда рост относительно 2020 составил более чем в 3 раза (+225%), что указывает на сочетание устойчивых локальных факторов риска и возможных особенностей выявляемости. В Оскемене, напротив, за пять лет наблюдается общее снижение примерно на 30%, несмотря на временный подъём в 2023 году относительно 2022 (примерно +33%).

Глубоковский район демонстрирует максимальную относительную динамику: по сравнению с 2020 годом рост к 2024 году составил в десятки раз (более +2500%), что типично для ситуации с крайне низкой “базой” в 2020 году и последующим восстановлением регистрации и диагностики. В Алтае за период в целом отмечается рост примерно на 80%, но с фазой резкого повышения в 2021 году (примерно +145%) и последующим спадом в 2023 году (примерно –37% относительно 2022), что отражает волнообразную динамику. В Шемонаихе наблюдается наиболее плавный и устойчивый рост – примерно +108% за 2020–2024 гг., без экстремальных скачков.

Сравнение с республиканским уровнем показывает, что к 2024 году показатель по ВКО превышает средний по РК примерно на 35-40%, а в 2023 году разрыв был ещё более выраженным (примерно на 60-65%), что подтверждает стабильно высокую медико-демографическую нагрузку региона по данному классу заболеваний.

Таблица 7

Заболеваемость на 100 тысяч человек населения промышленных городов и районов Восточно-Казахстанской области

Населенный пункт	2020	2021	2022	2023	2024
новообразования					
Оскемен	1710.3	1625.3	1063.9	1415.6	1201.8
Риддер	1438.6	2497.2	2921.9	4682.6	2883.3
Глубокое	18.2	341.9	356.1	491.8	479.0
Алтай	409.1	1002.5	1002.4	635.2	739.6
Шемонаиха	316.6	547.0	571.6	540.6	658.6
по ВКО всего	789.0	795.4	1001.0	1350.3	1102.5
РК	649.8	725.9	735.4	829.4	800.5
Болезни системы кровообращения					
Оскемен	3109.8	2922.5	2703.9	3040.1	3651.7
Риддер	4477.2	3639.4	4008.6	4018.4	3821.0
Глубокое	2476.1	2917.5	3722.1	3980.1	4562.3
Алтай	2208.7	2557.7	2831.1	2463.5	2831.5
Шемонаиха	3093.4	2770.6	4225.7	3355.8	3224.4
по ВКО всего	3231.7	3298.1	3302.1	3623.1	3834.3
РК	3024.4	2734.3	2618.1	2781.3	2795.2

Для изучения влияния экологических факторов на уровень заболеваемости населения был проведён корреляционный анализ по Спирмену, поскольку показатели распределения не соот-

ветствовали условиям применения параметрических методов, а также с учётом того, что загрязнение атмосферного воздуха рассматривается как один из значимых факторов риска развития

ряда хронических заболеваний. Выявленные связи отражают монотонные ассоциации между уровнем выбросов от стационарных источников и показателями заболеваемости, что может указывать на возможную роль техногенной нагрузки как фактора риска.

Корреляционный анализ Спирмена показал разнонаправленные связи между выбросами от стационарных источников и показателями здоровья населения. Для новообразований установлена умеренная положительная связь с общим объемом выбросов ($r_s = 0,633$; $p < 0,001$) и газообразными/жидкими компонентами ($r_s = 0,552$; $p < 0,01$), тогда как связь с твердыми выбросами статистически значимой не является ($r_s = 0,343$; $p > 0,05$). Для заболеваемости болезнями системы кровообращения (ССС) статистически значимая связь выявлена только с твердыми выбросами ($r_s = -0,405$; $p < 0,05$), при отсутствии значимых ассоциаций с общим объемом выбросов и газообразными/жидкими компонентами (см. табл. 8; рис. 6–7).

Воздействие загрязнения атмосферного воздуха ассоциируется с повышением уровня заболеваемости и смертности населения, а также сокращением ожидаемой продолжительности жизни. Полученные результаты подтверждают наличие статистически значимой связи между уровнем атмосферного загрязнения (выбросами от стационарных источников) и заболеваемостью новообразованиями в промышленно-нагруженных населенных пунктах

Восточно-Казахстанской области. Полученная картина согласуется с современными международными оценками: обновлённые руководства ВОЗ по качеству атмосферного воздуха (2021) подчёркивают необходимость снижения аэрогенной нагрузки и ориентирования на показатели, отражающие реальную экспозицию населения ($PM_{2.5}/PM_{10}$, NO_2 , SO_2 и др.) (World Health Organization [WHO], 2021).

Визуальная оценка графиков рассеяния подтверждает наличие монотонной тенденции роста заболеваемости новообразованиями при увеличении общего объема выбросов и газообразных/жидких компонентов. Возможное объяснение заключается в том, что газообразные примеси (например, NO_x и SO_2) и вторичные продукты их трансформации формируют устойчивый фон загрязнения в городской среде, способствуя хронической экспозиции населения. Современные исследования также подчёркивают вклад атмосферного загрязнения в онкологическое бремя и роль комбинированного воздействия загрязнителей [6]. Согласно данным литературы, средний срок воздействия загрязняющих веществ, необходимый для развития рака лёгких, составляет от 10 до 30 лет (Lipfert & Wyzga, 2019), что подчёркивает отложенный характер проявления канцерогенного действия загрязнённого воздуха. Наблюдаемые связи могут отражать как текущие воздействия, так и накопленную экспозицию, сформированную в предыдущие десятилетия промышленного развития региона

Таблица 8

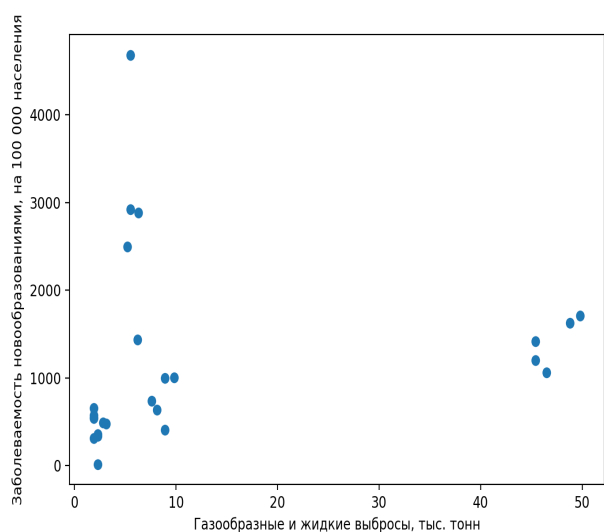
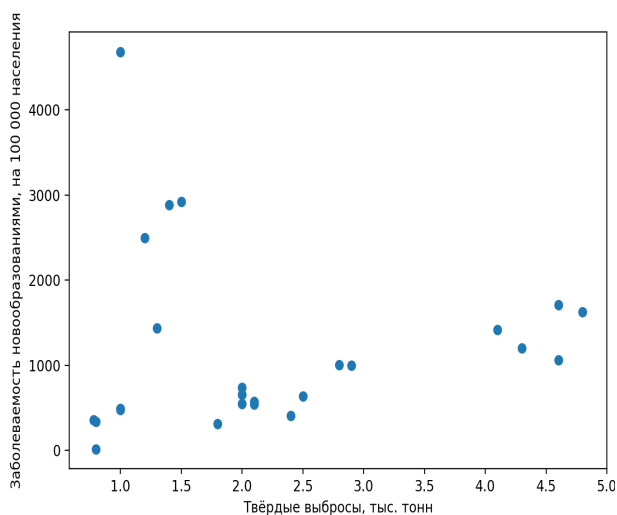
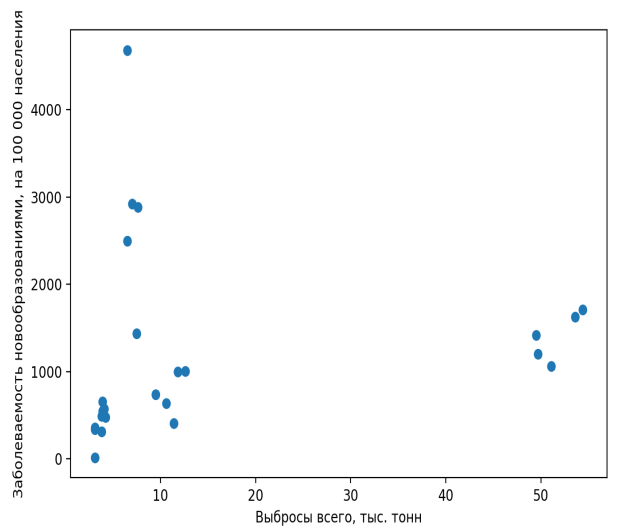
Корреляционная матрица Спирмена между выбросами от стационарных источников и показателями здоровья населения (новообразования и болезни системы кровообращения) в населённых пунктах ВКО за 2020-2024 гг. ($n = 25$)

Показатели	Новообразования	ССС	Выбросы всего	Твёрдые	Газообразные и жидкие
Новообразования	1,000	0,301	0,633***	0,343	0,552**
ССС	0,301	1,000	-0,235	-0,405*	-0,285
Выбросы всего	0,633***	-0,235	1,000	0,841***	0,928***
Твёрдые	0,343	-0,405*	0,841***	1,000	0,665***
Газообразные и жидкие	0,552**	-0,285	0,928***	0,665***	1,000

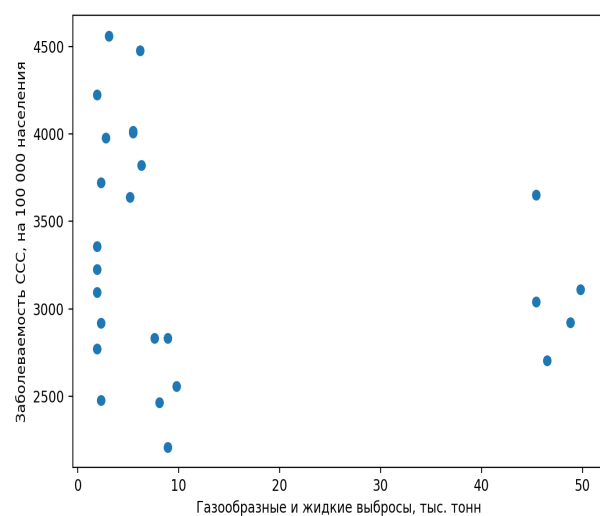
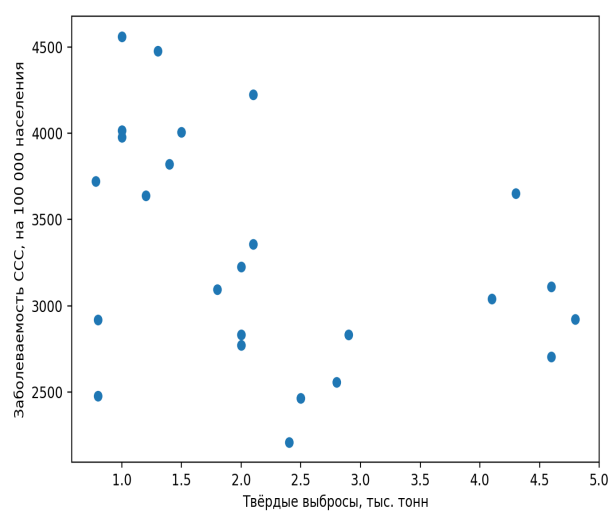
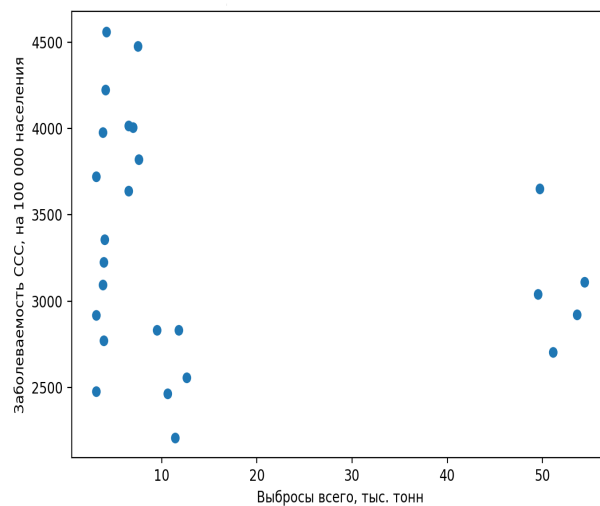
Примечание: * – $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Рисунок 6

Взаимосвязь заболеваемости новообразованиями и выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в населённых пунктах Восточно-Казахстанской области за 2020–2024 гг.

**Рисунок 7**

Взаимосвязь заболеваемости болезнями системы кровообращения и выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в населённых пунктах Восточно-Казахстанской области за 2020–2024 гг.



Визуальная оценка графиков рассеяния подтверждает наличие монотонной тенденции роста заболеваемости новообразованиями при увеличении общего объёма выбросов и газообразных/жидких компонентов. Возможное объяснение заключается в том, что газообразные примеси (например, NO_x и SO_2) и вторичные продукты их трансформации формируют устойчивый фон загрязнения в городской среде, способствуя хронической экспозиции населения. Современные исследования также подчёркивают вклад атмосферного загрязнения в онкологическое бремя и роль комбинированного воздействия загрязнителей [6]. Согласно данным литературы, средний срок воздействия загрязняющих веществ, необходимый для развития рака лёгких, составляет от 10 до 30 лет (Lipfert & Wyzga, 2019), что подчёркивает отложенный характер проявления канцерогенного действия загрязнённого воздуха. Наблюдаемые связи могут отражать как текущие воздействия, так и накопленную экспозицию, сформированную в предыдущие десятилетия промышленного развития региона.

В отношении болезней системы кровообращения результаты имеют иной характер: значимых связей с общим объёмом выбросов и газообразными/жидкими компонентами не выявлено, однако установлена умеренная обратная ассоциация с твёрдыми выбросами. Такая разнонаправленность не должна трактоваться как «защитный эффект» и, вероятнее всего, отражает влияние смешивающих факторов и территориальные особенности структуры риска болезней системы кровообращения. Согласно современным представлениям вклад загрязнения воздуха в сердечно-сосудистый риск зависит от состава и дисперсности частиц (в особенности $\text{PM}_{2.5}$), а также от фоновых условий: возрастной структуры населения, поведения (курение, питание), доступности медицинской помощи и сезонных факторов [2, 24, 25].

Кроме того, показатели выбросов от стационарных источников характеризуют нагрузку на уровне предприятий, но не являются прямым эквивалентом концентраций загрязнителей в зоне дыхания, которые определяют реальную экспозицию населения. Существенную роль играют метеорологические условия рассеивания и трансформации примесей (инверсии, штиль,

рельеф), а также вклад транспорта и бытового отопления, который может быть неполно отражён в статистике стационарных источников. Это может объяснять слабые или нестабильные корреляции болезней системы кровообращения с общими выбросами, при том что в эпидемиологических исследованиях связи болезней системы кровообращения чаще выявляются при анализе концентраций $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ и NO_2 (Krittanawong et al., 2023; Luo et al., 2025).

Заключение

Промышленные территории Восточно-Казахстанской области формируют устойчивую зону экологического напряжения, где качество атмосферного воздуха выступает ключевым медиатором техногенной нагрузки. Проведённое сопоставление экологических и медицинских данных показывает, что для региона более информативным является не факт наличия выбросов как таковой, а их структура и устойчивость воздействия во времени, включая возможные отсроченные эффекты для здоровья населения. Это требует усиления региональной политики мониторинга и профилактики: приоритетом должны стать системы контроля фактических концентраций загрязнителей, оценка хронической экспозиции и развитие адресных мероприятий по снижению риска в наиболее индустриально-нагруженных населённых пунктах. Таким образом, результаты исследования могут быть использованы как научное обоснование для экологического управления и для планирования медико-профилактических программ в территориях техногенной трансформации.

Благодарность

Данное исследование финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP23489325).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литературы

- Abdullaeva, M., Kasymbekova, A., Lebedeva, L., Ergali, K., Dzhanugurova, L., Artygalieva, D., Altynova, N., Musralina, L., & Garshin, A. (2025). *Analiz vliyaniya geneticheskikh polimorfizmov i kontsentratsii PM2.5, CO i SO₂ na risk razvitiya bronkhial'noy astmy u zhiteley goroda Almaty* [Analysis of the influence of genetic polymorphisms and PM2.5, CO, and SO₂ concentrations on the risk of bronchial asthma among residents of Almaty]. *Eurasian Journal of Ecology*, 84(3). <https://doi.org/10.26577/EJE20258435>
- Alabi-Lawal, A. A. (2023). Effects of air pollution on health: A study of Nigeria environment. *International Journal of Social Science and Economic Research*, 8(11), 3400–3412. <https://doi.org/10.46609/IJSSER.2023.v08i11.005>
- Alimbaev, T., Omarova, B., Abzhapparova, B., Ilyassova, K., Yermagambetova, K., & Mazhitova, Z. (2020). Environment of East Kazakhstan: State and main directions of optimization. *E3S Web of Conferences*, 175, 14008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017514008>
- Assanov, D., Radelyuk, I., Perederiy, O., Galkin, S., Maratova, G., Zapasnyi, V., & Klemeš, J. J. (2022). Spatiotemporal patterns of air pollution in an industrialised city—A case study of Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. *Atmosphere*, 13, 1956. <https://doi.org/10.3390/atmos13121956>
- Beisenova, R., Kuanyshevich, B. Z., Turlybekova, G., Yelikbayev, B., Kakabayev, A. A., Shamshedenova, S., & Nugmanov, A. (2023). Assessment of atmospheric air quality in the region of Central Kazakhstan and Astana. *Atmosphere*, 14, 1601. <https://doi.org/10.3390/atmos14111601>
- Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan. (n.d.). *Official statistics*. <https://stat.gov.kz/>
- Dadi, M., Siachoono, S., & Maseka, K. (2025). *The silent killer: Uncovering the health risks of air pollution*. In *Blue sky, blue water* (1st ed., p. 22). CRC Press.
- Jenwitheesuk, K., Peansukwech, U., & Jenwitheesuk, K. (2020). Construction of polluted aerosol in accumulation that affects the incidence of lung cancer. *Heliyon*, 6, e03337. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03337>
- Jiang, F., Zhao, J., Sun, J., Chen, W., Zhao, Y., Zhou, S., Yuan, S., Timofeeva, M., Law, P. J., Larsson, S. C., et al. (2024). Impact of ambient air pollution on colorectal cancer risk and survival: Insights from a prospective cohort and epigenetic Mendelian randomization study. *eBioMedicine*, 103, 105126. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105126>
- Kazhydromet. (n.d.). *Official website*. <https://www.kazhydromet.kz/>
- Kenessary, D., et al. (2019). Air pollution in Kazakhstan and its health risk assessment. *Annals of Global Health*, 85(1), Article 133, 1–9. <https://doi.org/10.5334/aogh.2535>
- Kerimray, A., Azbanbayev, E., Kenessov, B., Plotitsyn, P., Alimbayeva, D., & Karaca, F. (2020). Spatiotemporal variations and contributing factors of air pollutants in Almaty, Kazakhstan. *Aerosol and Air Quality Research*, 20, 1340–1352.
- Krasnov, G. S., Gizatullina, A. M., Tastaybek, T. A., Mansharipova, A. T., Mukhamediev, R. I., & Symagulov, A. (2025). *Zagryaznenie vozdukh i riski razvitiya onkologicheskikh zabolevaniy: Obzor meta-analizov* [Air pollution and cancer risks: A review of meta-analyses]. *Onkologiya i Radiologiya Kazakhstana*, 2(76), 103–108. <https://doi.org/10.52532/2521-6414-2025-2-76-440>
- Krittanawong, C., Qadeer, Y. K., Hayes, R. B., Wang, Z., Thurston, G. D., Virani, S., & Lavie, C. J. (2023). PM2.5 and cardiovascular diseases: State-of-the-art review. *International Journal of Cardiology: Cardiovascular Risk Prevention*, 19, 200217. <https://doi.org/10.1016/j.ijcrp.2023.200217>
- Lipfert, F. W., & Wyzga, R. E. (2019). Longitudinal relationships between lung cancer mortality rates, smoking, and ambient air quality: A comprehensive review and analysis. *Critical Reviews in Toxicology*, 49(10), 790–818. <https://doi.org/10.1080/10408444.2019.1686658>
- Luo, J., Yang, Y., Jin, Z., Olopade, C., Ahsan, H., Pinto, J., & Aschebrook-Kilfoy, B. (2025). PM2.5 composition exposure and cardiovascular disease: A multicohort study integrating disease incidence and biomarkers. *Environment & Health*. <https://doi.org/10.1021/envhealth.5c00203>
- Ma, X., Fisher, J. A., McGlynn, K. A., Liao, L. M., Vasiliou, V., Sun, N., Kaufman, J. D., Silverman, D. T., & Jones, R. R. (2024). Long-term exposure to ambient fine particulate matter and risk of liver cancer in the NIH-AARP diet and health study. *Environment International*, 187, 108637. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108637>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Frontiers in Public Health*, 8, Article 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- National Research Center for Health Development. (n.d.). *Official website*. <https://nrchd.kz/ru/>
- Nurmadieva, G. T., & Zhetpisbaev, B. A. (2018). *Vliyanie ekosistemy na zdorov'e cheloveka v promyshlenno razvitykh regionakh Kazakhstana: Obzor literatury* [Influence of the ecosystem on human health in industrially developed regions of Kazakhstan: A literature review]. *Nauka i zdravookhraneniye*, 20(4), 107–132.
- Omurova, J., Zhanbossinova, A., Kurumbaeva, G., Kurbanova, N., Khassenova, Z., Bekboeva, A., & Karasartova, C. (2024). On the state of the environment and natural environment of the East Kazakhstan region. *E3S Web of Conferences*, 539, 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453901004>
- Pozzer, A., Anenberg, S. C., Dey, S., Haines, A., Lelieveld, J., & Chowdhury, S. (2023). Mortality attributable to ambient air pollution: A review of global estimates. *GeoHealth*, 7, e2022GH000711. <https://doi.org/10.1029/2022GH000711>
- Saspugaeva, G., Aktaeva, G., Zhaken, A., Duzbaeva, N., Zandybay, A., & Daribay, A. (2024). *Potentsial'nye zagryazneniya atmosfery na territorii Respubliki Kazakhstan po dannym reanaliza ERA5 za 2021 god* [Potential atmospheric pollution in the Republic of Kazakhstan based on ERA5 reanalysis data for 2021]. *Fundamental'naya i eksperimental'naya biologiya*, 11529(3), 150–156. <https://doi.org/10.31489/2024bmg3/150-156>

Turner, M. C., Andersen, Z. J., Baccarelli, A., Diver, W. R., Gapstur, S. M., Pope, C. A., III, Prada, D., Samet, J., Thurston, G., & Cohen, A. (2020). Outdoor air pollution and cancer: An overview of the current evidence and public health recommendations. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 70, 460–479. <https://doi.org/10.3322/caac.21632>

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization.

Сведения об авторах:

Садыканова Гүлназ Есимбековна – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры биологии ВКУ имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru).

Құмарбекұлы Санат (автор-корреспондент) – PhD, старший преподаватель кафедры географии и экологии Казахского национального педагогического университета имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: sanat_kv@mail.ru).

Есімбекова Аяужан – врач-онколог высшей категории филиала «Гематологическое отделение Восточно-Казахстанской области» ТОО «Центр гематологии» (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: ayauzhan.yessimbekova@hemcenter.kz).

Калелова Гүлфат Жанболатовна – сениор-лектор Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: gkalelova@bk.ru).

Урукпаев Илгиз Азаматович – магистрант 2-курса образовательной программы «7M01505 – Биология» кафедры биологии Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: urukpaevi01@gmail.com).

Information about the authors:

Gulnaz Yessimbekovna Sadykanova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, S. Amanzholov East Kazakhstan University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru).

Sanat Qumarbekuly (corresponding author) – PhD, Senior Lecturer of the Department of Geography and Ecology, Abai Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: sanat_kv@mail.ru).

Ayauzhan Yessimbekova – Oncologist of the Highest Qualification Category, East Kazakhstan Regional Hematology Department branch of Hematology Center LLP (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: ayauzhan.yessimbekova@hemcenter.kz).

Gulfat Zhanbolatovna Kalelova – Senior Lecturer, S. Amanzholov East Kazakhstan University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: gkalelova@bk.ru).

Ilgiz Azamatovich Urukpayev – 2nd-year master's student of the educational program “7M01505 – Biology”, Department of Biology, S. Amanzholov East Kazakhstan University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: urukpaevi01@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Садықанова Гүлназ Есімбекқызы – биология ғылымдарының кандидаты, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті Биология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Өскемен, Қазақстан, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru).

Құмарбекұлы Санат (корреспондент автор) – PhD, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті География және экология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: sanat_kv@mail.ru).

Есімбекова Аяужан – «Гематология орталығы» ЖШС Шығыс Қазақстан облыстық «Гематология бөлімшесі» филиалының жоғары санатты дәрігер-онкологы (Өскемен, Қазақстан, e-mail: ayauzhan.yessimbekova@hemcenter.kz).

Калелова Гүлфат Жанболатқызы – С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің сеньор-лекторы (Өскемен, Қазақстан, e-mail: gkalelova@bk.ru).

Урукпаев Ілгіз Азаматұлы – С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті Биология кафедрасының «7M01505 – Биология» білім беру бағдарламасының 2-курс магистранты (Өскемен, Қазақстан, e-mail: urukpaevi01@gmail.com).

Поступила: 26 января 2026 года

Принята: 28 июня 2026 года