Краткая информация о проекте

Наименование	Комплексное исследование загрязнения воздуха в городах Казахстана: инвентаризация выбросов, распределение источников и социально-экономические последствия.
Актуальность	Республика Казахстан, стремясь к углеродной нейтральности к 2060 году, стала первой страной в Центральной Азии в разработке долгосрочной стратегии по декарбонизации. Высокий уровень дохода в экономику страны характеризируется энергоемкой перерабатывающей промышленностью. Значительные запасы и объемы добычи угля в Казахстане привели к тому, что наибольшая часть энергопотребления (69%) генерируется на ТЭЦ, имеющих высокий уровень износа оборудования и являющихся крупными источниками выбросов парниковых газов. В настоящее время качество атмосферного воздуха в крупных городах Казахстана не соответствуют рекомендациям, установленным Всемирной организацией здравоохранения, что делает Казахстан одной из наиболее загрязненных стран с высокими концентрациями $PM_{2.5}$. Несовершенство законодательства, устаревшая инфраструктура промышленных предприятий, слабый уровень экологического регулирования и контроля, устаревшие методики определения источников загрязнения и отсутствие данных мониторинга приводит к высокому уровню загрязнения воздуха, негативно влияющего на здоровье людей с сопутствующими экономическими потерями.
Цель	Комплексное исследование распределения источников загрязнения воздуха и уровней загрязнения частицами PM2.5 в Павлодаре, Усть-Каменогорске и Алматы с последующей оценкой воздействия на здоровье населения и сопутствующего экономического ущерба. Современные методы исследования качества воздуха с точной идентификацией источников загрязнения критически важны для разработки целевых программ, направленных на секторальные снижения выбросов.
Задачи	Задача 1. Определение объемов выбросов антропогенных загрязнителей воздуха методом инвентаризации в изучаемых городах: Павлодар, Усть-Каменогорск и Алматы. Задача 2. Определение концентраций ключевых индикаторов источников загрязнения атмосферного

	воздуха на частицах PM2.5 в изучаемых городах. Задача 3. Исследование вклада различных источников загрязнения воздуха частицами $PM_{2.5}$ в изучаемых городах методом рецепторного моделирования. Задача 4. Изучение влияния метеорологических факторов на качество воздуха. Задача 5. Оценка рисков для здоровья от загрязнения воздуха тяжелыми металлами в изучаемых городах. Задача 6. Оценка преждевременной смертности и экономического ущерба от загрязнения воздуха частицами $PM_{2.5}$ в изучаемых городах.
Ожидаемые и достигнутые результаты	В трех городах Казахстана — Алматы, Павлодаре и Усть-Каменогорске — был проведен комплексный анализ химического состава PM2.5, включавший определение органического и элементарного углерода, водорастворимых ионов и металлов, а также оценку сезонной изменчивости, источников загрязнения и влияния метеорологических факторов. Установлено, что во всех городах в зимний период концентрации OC и EC существенно возрастают, особенно в отопительный сезон, при этом наиболее выраженные сезонные различия выявлены в Усть-Каменогорске, а высокие значения соотношения OC/EC указывают на значительный вклад вторичных органических аэрозолей и бытового сжигания топлива. Ионный состав также характеризовался повышенными зимними концентрациями: в Алматы доминировал Na+, в Павлодаре и Усть-Каменогорске — NH4+, тогда как концентрации металлов в целом не демонстрировали выраженной сезонности. Основную долю массы PM2.5 во всех городах составляли Ca, Mg и Fe, а значительная часть редких и токсичных элементов находилась ниже пределов обнаружения. Применение позитивной матричной факторизации позволило выделить пять основных источников PM2.5: сжигание биомассы и угля, выбросы теплоэлектростанций, ресуспендированную пыль, транспортные и бытовые выбросы, а также вторичные неорганические аэрозоли; наибольший вклад в общую массу PM2.5 вносили выбросы энергетики и пылевые источники. Анализ метеорологических параметров показал, что в Алматы на накопление загрязняющих веществ наибольшее влияние оказывают низкие температуры, высокая влажность и слабая турбулентность, в Павлодаре — ветровой режим и горизонтальный перенос, а в Усть-Каменогорске —

	сочетание высокой влажности, низких температур и ограниченного вертикального обмена.
Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили	Байматова Насиба Хикматуллаевна • Scopus ID: 55207389900 • 0000-0002-0631-3425 Ибрагимова Ольга Павловна • Scopus ID: 57216646818 • 0000-0001-5868-6648 Тұрсұн Қазбек Мұратұлы • Scopus ID: 57271406600 • 0000-0002-3990-1952 Раделюк Иван Михайлович • Scopus ID: 57208000668 • 0000-0002-6067-3034 Асанов Даулет • Scopus ID: 57807849800 • 0000-0002-1652-4074 Жумадильдинова Алуа Бексултанкызы Снопков Дмитрий Игоревич Воронков Владимир Владимирович
Использование	Результаты могут использоваться при разработке мер по снижению загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах Казахстана; при формировании целевых показателей и нормативов качества окружающей среды; в деятельности государственных органов, аналитических центров и исследовательских групп, занимающихся вопросами экологической политики и городского планирования; в последующих научных исследованиях, включая моделирование загрязнения, оценку рисков и разработку стратегий управления качеством воздуха.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Данное исследование является первым, выполненным для промышленных городов Казахстана. В рамках проекта применяется сочетание высокоточных методов моделирования для выявления доминирующих источников загрязнения, что придаёт работе уникальный характер для Казахстана. Приоритет в сравнении с реальными аналогами заключаются в переходе от общих систем мониторинга к прецизионному источниковому анализу (Source Apportionment). В отличие от стандартных методов наблюдения, фиксирующих лишь суммарную концентрацию взвешенных частиц, данный проект применяет методы рецепторного

	моделирования и химического профилирования аэрозолей. Это позволяет верифицировать реальный вклад промышленного сектора, автономного отопления и автотранспорта в условиях специфического ландшафта каждого города — от котловинного эффекта Алматы до влияния крупных индустриальных узлов Восточного и Северного Казахстана. Критическим преимуществом исследования является интеграция экологических данных с клинико-эпидемиологическими показателями. Применение международно признанных методологий оценки риска для здоровья населения позволяет рассчитать не только экологический ущерб, но и прямые экономические потери государства, связанные с ростом заболеваемости и снижением трудоспособности. В условиях дефицита детализированных кадастров выбросов, ориентированных на мелкодисперсные частицы PM2.5, проект формирует научно обоснованную доказательную базу для реализации Экологического кодекса РК. Результаты работы служат фундаментом для разработки таргетных секторальных программ снижения выбросов, что обеспечивает высокую корреляцию между инвестициями в экологическую модернизацию и реальным улучшением качества жизни в урбанизированных зонах.
Список публикаций с ссылками на них	Опубликована 1 (одна) статья в рецензируемом научном издании по научному направлению проекта, индексируемом в Science Citation Index Expanded и входящем в 1 (первый) квартиль по импакт-фактору в базе Web of Science и имеющий процентиль по CiteScore в базе Scopus не менее 70: K.Tursun, A. Omarova, O. P. Ibragimova, B. Bukenov, M. Tursumbayeva, R. Mukhtarov, I. Radelyuk, S. Yenisoy, D. Karakaş, H. Ergin, F. Karaca, N. Baimatova* (2025). Dominant sources of PM2.5 in Kazakhstan’s urban cities: A PMF and HYSPLIT-based study for air quality management in Central Asia. Urban Climate (CiteScore: 9.7, 95-й процентиль; Impact Factor, IF: 6.0, Q1).
Информация о патентах	-