

**Состояние, перспективы развития системы контроля
и мониторинга атмосферного воздуха в регионе**

© 2026. М. Х. Хето¹, аспирант,
Т. Я. Ашихмина^{1,2}, д. т. н., г. н. с., зав. лабораторией,
Н. В. Сырчина¹, к. х. н., с. н. с.,
¹Вятский государственный университет,
610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,
²Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
e-mail: mihemedhito@gmail.com, ecolab2@gmail.com

В статье описываются структура, динамика и основные проблемы системы контроля атмосферного воздуха в Российской Федерации с акцентом на региональную практику Кировской области. Проведён анализ законодательной базы экологического контроля, технической инфраструктуры, результатов по выбросам загрязняющих веществ (ЗВ) за период 2014–2024 гг. Для анализа состояния и перспектив развития системы контроля и мониторинга атмосферного воздуха использованы данные Роспотребнадзора, Гидрометеорологической службы России, материалы региональных экологических докладов за период 2014–2024 гг. «О состоянии окружающей среды Кировской области», законодательная и нормативно-правовая база по данному направлению. Проанализирован перечень загрязняющих атмосферный воздух веществ, отслеживаемых природоохранными органами региона, который составляет 103 компонента. Из них соединений I класса опасности – 10 (9,7 % общего количества отслеживаемых ЗВ), II класса – 32 (31,1 %), III класса – 40 (38,8 %), IV класса – 18 (17,5 %), у трёх (2,9 %) соединений не установлен класс опасности. На автотранспорт приходится от 45 до 50 % выбросов ЗВ в атмосферный воздух, однако доля выбросов от мобильных источников постепенно снижается из-за роста числа газомоторных и электрических автомобилей. Общий уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории Кировской области и областного центра г. Кирова остаётся низким по сравнению со средними по России. Предложены направления обновления системы мониторинга атмосферного воздуха в городской среде.

Ключевые слова: атмосферный воздух, экологический мониторинг, контроль загрязнения, город Киров, Кировская область, нормативно-правовая база.

**Status and prospects for the development
of regional air control and monitoring systems**

© 2026. M. H. Kheto¹ ORCID: 0009-0001-7138-4203¹
T. Ya. Ashikhmina^{1,2} ORCID: 0000-0003-4919-0047²
N. V. Syrchina¹ ORCID: 0000-0001-8049-6760¹
¹Vyatka State University,
36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,
²Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
e-mail: mihemedhito@gmail.com, ecolab2@gmail.com

The article describes the structure, dynamics, and main problems of the air control system in the Russian Federation, with a focus on the Kirov Oblast regional practice. The article analyzes the legislative framework for environmental control, the technical infrastructure, and the results of emissions for 2014–2024. The article also proposes directions for updating the atmospheric air monitoring system. To analyze the state and prospects for the development of the atmospheric air control and monitoring system, we used data from Rosпотребнадзор, the Russian Hydrometeorological Service, regional environmental reports for the period 2014–2024 “On the State of the Environment in the Kirov Region”, and the legislative and regulatory framework in this area. The list of air pollutants monitored by the environmental authori-

ties of the region, which includes 103 components, has been analyzed. Of these, 10 compounds belong to the I class of hazard (9.7 % of the total number of monitored pollutants), 32 belong to the II class (31.1 %), 40 belong to the III class (39.8 %), 18 belong to the IV class (17.5 %), and a number of compounds have not been assigned a class of hazard (2.9 %). 45–50 % of air pollution emissions are caused by motor vehicles, but the share of emissions from mobile sources is gradually decreasing due to the growing number of gas-powered and electric vehicles. The overall level of air pollution in the Kirov Region and the regional capital, Kirov, remains low compared to the national average. The article proposes ways to update the air monitoring system.

Keywords: atmospheric air, environmental monitoring, pollution control, Kirov city, Kirov Oblast, regulatory framework.

Атмосферный воздух является ключевым компонентом окружающей среды (ОС), непосредственно влияющим на здоровье населения и устойчивость экосистем. В условиях растущей урбанизации, промышленного развития и изменения климата вопросы мониторинга состояния атмосферного воздуха приобрели огромное значение и стали одним из важнейших инструментов экологического контроля. Мониторинг состояния атмосферного воздуха позволяет выявить источники загрязнения, оценить степень воздействия загрязняющих веществ (ЗВ) на природные среды и здоровье человека, принять соответствующие управленческие решения. В России, где промышленные предприятия, транспорт и природные факторы оказывают значительное влияние на состояние атмосферного воздуха, система контроля играет ключевую роль в обеспечении экологической безопасности и здоровья населения. В ряде регионов страны созданы системы комплексного экологического мониторинга. На большинстве промышленных предприятий организован производственный контроль источников загрязнения и экологический мониторинг на территориях санитарно-защитных зон (СЗЗ), закреплённых за предприятием. В целом, несмотря на развитую инфраструктуру системы экологического мониторинга на федеральном, региональном и локальном уровнях, она сталкивается с рядом проблем, например, неравномерным охватом системой мониторинга территорий субъектов Российской Федерации (РФ), различиями в методах измерений, использовании современных технологий контроля и мониторинга.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости совершенствования региональных систем мониторинга, обеспечивающих получение достоверной и своевременной информации о состоянии воздушной среды. Кировская область, регион с развитой промышленной, химической и строительной инфраструктурой, с большими объёмами производства сельскохозяйственной продукции, с широкой сетью различного вида

транспортных магистралей (автомобильного, авиационного, железнодорожного), с достаточно высокой техногенной нагрузкой на городские территории, в том числе областного центра, безусловно, нуждается в развитой инфраструктуре по организации постоянно действующей системы комплексного экологического контроля и мониторинга.

Целью данной исследовательской работы является анализ текущего состояния по организации экологического мониторинга атмосферного воздуха в регионе и разработка рекомендаций по совершенствованию системы экологического мониторинга в контексте современных экологических и технологических требований.

Объекты и методы исследования

Проанализирована нормативно-правовая база по оценке состояния, контролю и мониторингу атмосферного воздуха. Нормативной базой для глобального экологического мониторинга является Конвенция Организации Объединённых Наций об изменении климата и программа ЮНЕП по глобальной системе экологического мониторинга. Глобальный мониторинг осуществляется с помощью наблюдательных станций, расположенных в разных частях света, путём обмена данными, получаемыми разными странами с целью мониторинга состояния ОС и происходящих в ней изменений.

Система экологического мониторинга в РФ регулируется Федеральным законом № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», а также Федеральным законом № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха». В данном направлении по линии Минприроды РФ, Росстата, Росстандарта, Главного государственного санитарного врача РФ принят ряд приказов, постановлений и информативных актов:

– Приказ Минприроды России от 12.05.1994 № 138 «О создании экспериментальных региональных систем Единой Государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)»;

– Положение о единой государственной системе экологического мониторинга; утверждено приказом Министра охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ от 9 февраля 1995 г. № 49;

– Постановление Правительства РФ «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)» от 31.03.2003 № 177;

– Приказ Минприроды РФ «Об утверждении порядка представления информации о неблагоприятных метеорологических условиях, требований к составу и содержанию такой информации, порядка её опубликования и предоставления заинтересованным лицам» от 17.11.2011 № 899;

– Приказ Минприроды России «Об утверждении методов расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» от 06.06.2017 № 273;

– Приказ Минприроды России «Об утверждении Правил эксплуатации установок очистки газа» от 15.09.2017 № 498;

– Приказ Росстата «Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере природопользования федерального статистического наблюдения за охраной атмосферного воздуха» от 08.11.2018 № 664;

– Приказ Минприроды России «Об утверждении требований к мероприятиям по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий» от 28.11.2019 № 814;

– Приказ Минприроды России «Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки её данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения такой инвентаризации и корректировки» от 19.11.2021 № 871;

– Постановление Главного государственного санитарного врача РФ «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» от 28.01.2021 № 2;

– Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды и признании

утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ» от 20.10.2023 № 2909-р.

Наряду с этим, для обеспечения экологического контроля и мониторинга атмосферного воздуха разработаны и утверждены на федеральном уровне ряд руководящих документов и госстандартов:

– ГОСТ 17.2.4.02-81 (СТ СЭВ 2598-80).

Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ;

– ГОСТ Р 8.589-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения;

– РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы;

– РД 52.04.667-2005. Руководящий документ. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию.

Кроме того, в каждом регионе РФ приняты соответствующие нормативные документы с целью правового обеспечения экологического контроля и мониторинга атмосферного воздуха. Правительством Кировской области разработаны и приняты:

– Закон Кировской области «Об охране окружающей среды на территории Кировской области» от 23.11.2006 № 55-30;

– Закон Кировской области «Об охране атмосферного воздуха на территории Кировской области» от 12.11.2008, № 299-30 (ред. 05.05.2025);

– Постановление Правительства Кировской области «Об утверждении положения о региональном государственном экологическом надзоре, осуществляемом на территории Кировской области» от 06.10.2017 № 22-П;

– Постановление Правительства Кировской области «Об утверждении Порядка проведения работ по регулированию выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий на территории Кировской области» от 21.01.2021 № 21-п.

В научной литературе существует несколько классификаций экологического мониторинга, основанных на методах мониторинга, объектах контроля, месте и целях проведения мониторинга. Классификация по пространственному охвату включает: глобальный, национальный (государственный)

мониторинг, региональный и локальный) [1–5]; по объектам наблюдения: мониторинг атмосферного воздуха, почв, водных объектов, растительного и животного мира) [5, 6]; по методам и технологиям: дистанционный, лабораторный (методы физико-химического и биологического анализа) [7, 8].

Научные исследования в области экологического мониторинга атмосферного воздуха сосредоточены на вопросах автоматизации мониторинга, биоиндикации, дистанционного зондирования и оценки рисков [2, 7–10]. В последние годы возрос интерес к интеграции данных различных ведомств в единые цифровые платформы и участию общественности в экологическом контроле.

Мониторинг атмосферного воздуха включает отбор проб, измерения и анализ широкого спектра показателей, таких как основные ЗВ (оксиды азота, серы, диоксид углерода, монооксид углерода, взвешенные твёрдые частицы), токсичные вещества (бенз(а)-пирен, формальдегид, нефтепродукты, тяжёлые металлы и другие). При мониторинге атмосферного воздуха используется широкий спектр исследовательских подходов и методов, включая физические, химические, биологические и дистанционные методы исследования, с использованием современных приборов и оборудования для анализа проб в лабораторных и полевых условиях, стационарные и мобильные станции мониторинга. Внедряются современные оперативные системы мониторинга с использованием спутниковых систем и беспилотных летательных аппаратов, оснащённых различными датчиками, такими как датчики и газоанализаторы для измерения твёрдых частиц и концентраций различных ЗВ в атмосферном воздухе с применением спектроскопии и электрохимических сенсоров. В биологическом мониторинге при оценке загрязнения атмосферного воздуха используются методы биоиндикации и биологического анализа, выявляются индикаторные виды растений и животных. В качестве индикаторов атмосферного загрязнения используются лишайники, хвоя сосны обыкновенной, снеговой покров [7]. В дистанционном мониторинге используются различные методы передачи данных: спутники, беспилотные летательные аппараты, сотовая связь, а также возможна проводная связь в стационарных системах [9, 10].

Экологический мониторинг в Кировской области проводится в рамках единой системы государственного экологического

мониторинга, направленной на обеспечение юридических лиц и общественности данными о состоянии ОС, принятие решений в области охраны ОС.

Основными объектами экологического контроля и мониторинга в Кировской области являются: производственный (объектовый) контроль и мониторинг, санитарно-эпидемиологический контроль и социально-гигиенический мониторинг, гидрометеорологический мониторинг, государственный экологический мониторинг.

Производственный мониторинг. Предприятия химической промышленности, деревообрабатывающие предприятия, тепло- и электростанции, различные виды транспорта оказывают существенное влияние на состояние атмосферного воздуха в регионе. Это требует проведения регулярного контроля и мониторинга на источниках выбросов ЗВ в атмосферу, анализа состояния водоёмов и почв вблизи площадок таких предприятий. Производственный мониторинг направлен на обеспечение экологической безопасности и соблюдение установленных стандартов в области охраны труда. Показатели контроля и мониторинга должны отслеживаться на всех источниках выбросов в производственной зоне, на промплощадке и на границе СЗЗ, как в непрерывном автоматическом режиме, так и передвижными лабораториями, причём с большей частотой отбора и анализа проб. Кроме того, предприятия, владеющие опасными объектами, обязаны представлять в местный орган Роспотребнадзора ежегодный отчёт о проведённых мероприятиях по контролю и мониторингу. Процесс производственного мониторинга осуществляется специализированными сертифицированными экологическими организациями, которые предоставляют услуги по мониторингу состояния воздуха, воды и почвы, а также оценке воздействия выбросов и отходов на ОС [11].

Санитарно-эпидемиологический контроль и социально-гигиенический мониторинг. Проводится с целью оценки и прогнозирования состояния ОС, выявления взаимосвязи между здоровьем населения и состоянием ОС. Санитарно-эпидемиологический контроль организуется управлением Роспотребнадзора по Кировской области и включает в себя санитарно-гигиенический мониторинг, организацию процессов санитарно-эпидемиологического контроля и соблюдения санитарного законодательства, изучение исходного состояния здоровья населения. Кро-

ме того, в его функцию входит разъяснение причин возникновения и распространения инфекционных заболеваний, выявление необходимости проведения профилактических мероприятий, а также оценка и контроль качества питьевой воды, надзор и контроль безопасности пищевых продуктов.

Гидрометеорологический мониторинг. Это государственная система мониторинга отслеживания и измерения показателей в области гидрометеорологии и смежных областях мониторинга ОС и загрязнения природных сред. Эти процессы регулируются Службой гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (Росгидромет), которая подчиняется Министерству природных ресурсов и экологии РФ. Гидрометеорологический мониторинг Кировской области осуществляется Кировским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Кировский ЦГМС) – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Среди его задач – сбор климатических данных (температура, осадки, влажность), данных о загрязнении воздуха, которые используются для прогнозирования и оценки загрязнения.

Экологический мониторинг. Министерство охраны окружающей среды Кировской области участвует в разработке и реализации государственных программ в области охраны ОС, природопользования и обеспечения экологической безопасности, включая мониторинг состояния атмосферного воздуха, обращение с отходами, охрану водных объектов, а также информирование общественности региона о состоянии ОС путём ежегодного выпуска региональных докладов «О состоянии окружающей среды Кировской области». Оценка качества воздуха проводится с использованием сетей автоматических станций, а также задействованы мобильные лаборатории, специализирующиеся на измерении качества воздуха на открытых площадках, транспортных магистралях и на перекрёстках улиц [12]. Участвуют в проведении экологического мониторинга природных сред и объектов учёные НИИ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого и НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова, Вятского государственного университета и Вятского агротехнологического университета, а также Кировский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», который предоставляет услуги по обследованию почв, мониторингу плодородия и консультированию

в сфере сельского хозяйства области, имея аккредитованную лабораторию и опытных специалистов.

Результаты и обсуждение

Мониторинг состояния атмосферного воздуха на территории региона. Ключевыми объектами любой программы экологического мониторинга на региональном уровне являются: мониторинг качества атмосферного воздуха и шумового загрязнения, мониторинг загрязнения водных объектов для поддержания качества питьевой воды и защиты экосистем рек и озёр, мониторинг загрязнения почв для предотвращения токсического воздействия на людей, растения и животных, мониторинг лесных систем с целью восстановления лесов, защиты их от вредителей и болезней.

Наиболее важным объектом мониторинга городской среды в любом регионе является состояние атмосферного воздуха, которое зависит от воздействия на него множества различных факторов: выбросы промышленных и химических предприятий, тепло- и электростанций, автомобильного, железнодорожного транспорта, жилого отопительного сектора, ряда предприятий социально-бытового сектора и др. Атмосферный воздух эффективно способствует быстрому переносу ЗВ ветром, способствует распространению негативного воздействия ЗВ на более широкие пространства и, тем самым, влияет на здоровье человека, воздействует на флору и фауну, экосистемы и биологическое разнообразие [13–15]. Кроме того, некоторые загрязнители воздуха, такие как углекислый газ и метан, вносят непосредственный вклад в глобальное потепление [16].

В связи с этим программа мониторинга атмосферного воздуха городской среды должна включать оптимальный перечень ЗВ, специфичных для данной городской агломерации; карту мониторинга с нанесёнными пунктами, постами, точками и ключевыми участками мониторинга, расположенными в наиболее информативных и доступных местах контроля и мониторинга. Особым разделом программы должен быть установленный регламент отбора проб и их анализа, а также перечень методик, используемых для определения всего спектра показателей контроля и мониторинга.

Для разработки программы мониторинга атмосферного воздуха в г. Кирове нами проведён анализ перечня ЗВ в атмосферном воздухе, отслеживаемых природоохранными органами региона (рис. 1).

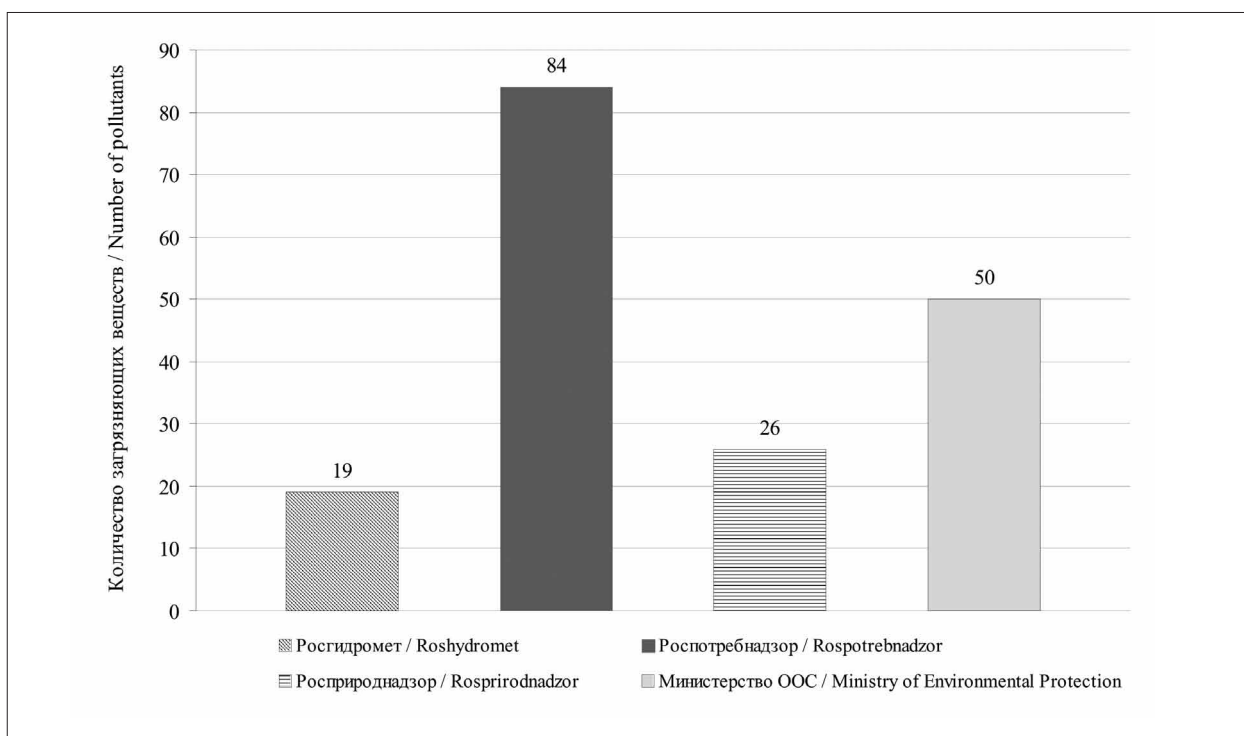


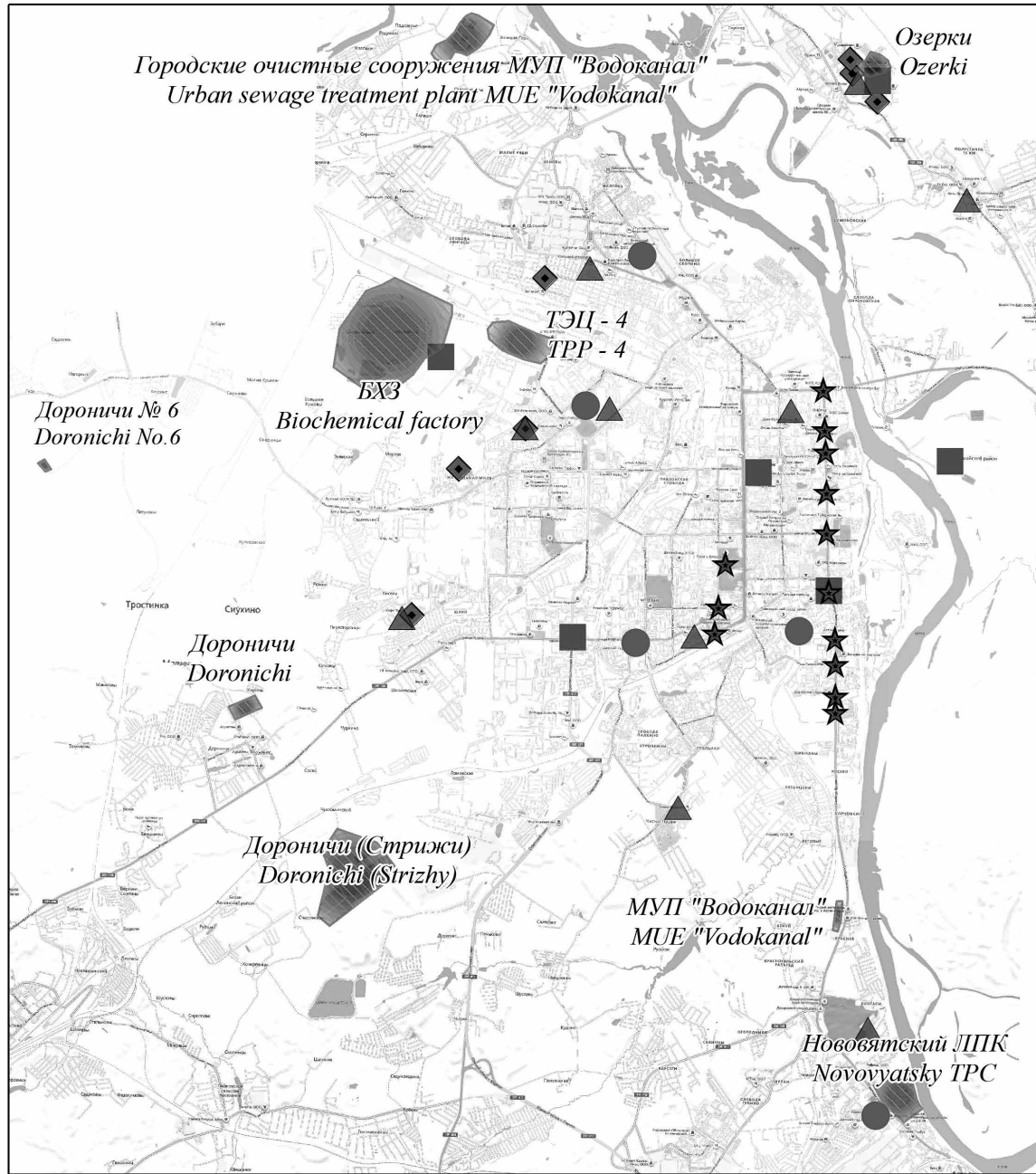
Рис. 1. Количество загрязняющих веществ, контролируемых природоохранными органами в г. Кирове и Кировской области / **Fig. 1.** Number of pollutants controlled by environmental authorities in Kirov and the Kirov Oblast

Установлено [17], что перечень показателей, по которым проводится контроль и мониторинг в г. Кирове, представляет данные по 103 веществам, из них соединений I класса опасности – 10 (9,7 % от общего количества отслеживаемых ЗВ), II класса – 32 (31,4 %), III класса – 40 (38,8 %), IV класса – 18 (17,5 %), у трёх соединений (2,9 %) не установлен класс опасности.

По линии природоохранных организаций: КОГБУ «Областной природоохранный центр» Министерства охраны окружающей среды Кировской области, Кировского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета), ЦЛТИ при филиале Управления Росприроднадзора по Кировской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области» и СИАК Управления Роспотребнадзора по Кировской области созданы и функционируют стационарные посты наблюдения, точки контроля вблизи источников загрязнения, участки постоянного мониторинга, а также созданы и действуют мобильные лаборатории (рис. 2).

Управлением Роспотребнадзора по Кировской области в рамках своих полномочий осуществляется постоянный социально-гигиенический мониторинг (СГМ) за состоя-

нием атмосферного воздуха на 15 промплощадках 5 хозяйствующих субъектов: МУП «Водоканал», ООО «ДИОН», ООО «КИБИХ», АО «Агрофирма «Дорони́чи», АО «Агрокомбинат племзавод «Красногорский» (рис. 2) [17]. Выявлено, что из общего перечня химических соединений, включающих 107 ЗВ, выбрасываемых в атмосферный воздух с данных промплощадок г. Кирова, 59 соединений жидкие или газообразные вещества, из них 45 ЗВ имеют характерный специфический запах, а 13 веществ обладают наиболее резким, неприятным, тошнотворным запахом (метанол, этанол, аммиак, фурфурол, уксусная кислота, диметилсульфид, формальдегид, этилформиат, сероводород, диэтиловый эфир, аминометан, этилмеркаптан, метилмеркаптан). При массовом поступлении обращений граждан на загрязнение атмосферного воздуха Управлением Роспотребнадзора организуется дополнительный мониторинг на территории жилой застройки г. Кирова. Кроме общепромышленных ЗВ (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота), определяется содержание специфических ЗВ, в том числе обладающих резким неприятным запахом (диметилсульфид, формальдегид, фенол, аммиак, сероводород, метанол, метантиол, метиламин, фурфурол, этановая (уксусная) кислота,



Пункты отбора проб воздуха / Air sampling points by

- | | |
|---|---|
| ▲ Роспотребнадзора
Rospotrebnadzor | ■ Министерства охраны окружающей среды (ОС)
Ministry of Environmental Protection |
| ● Кировского ЦГМС
Kirov SЧЕМ | ◆ Министерства охраны ОС (моб. эколаборатория)
Ministry of Environmental Protection (mobile ecolaboratory) |
| ★ НИЛ биомониторинга ВятГУ
Vyatka State University Research
Laboratory of Biomonitoring | ▨ Источники запахового загрязнения
Sources of odor pollution |

Рис. 2. Карта-схема сети контроля и мониторинга атмосферного воздуха на территории г. Кирова
Fig. 2. Map of the control and monitoring network in Kirov

этанол, этоксиэтан, этантиол, этилформиат и др.). По результатам СГМ и дополнительного мониторинга в 2024 г. превышений предельно-допустимых концентраций (ПДК) ЗВ в атмосферном воздухе не установлено.

По данным Кировского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала государственного бюджетного учреждения «Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Кировский ЦГМС – филиал ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС») государственный экологический мониторинг проводится в 5 пунктах на территории г. Кирова. В течение 2024 г. случаев высокого загрязнения и экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха в пунктах

наблюдательной сети Кировского ЦГМС не зарегистрировано.

Общий уровень загрязнения атмосферного воздуха в Кировской области и областном центре г. Кирове остаётся низким по сравнению со средними показателями по РФ (табл. 1). Превышение ПДК по формальдегиду и пыли зафиксировано лишь в 0,02 % проб в 2023–2024 гг., тогда как по РФ – около 0,78 %. Основной вклад в загрязнение вносит автотранспорт (до 50 % выбросов), хотя доля выбросов от мобильных источников постепенно снижается из-за роста числа газомоторных и электрических автомобилей [18, 19].

Анализ данных таблицы 1 свидетельствуют о том, что за последние годы доля проб атмосферного воздуха, превышающих

Таблица 1 / Table 1

Количество исследованных проб атмосферного воздуха / Number of studied air samples

Количество проб Number of samples	Год / Year										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Всего, шт. Total, samples	15880	10419	10419	9985	10462	11170	13811	14868	13833	12323	12325
из них: превышающих ПДК, % / from the above: exceeding the MPC, %											
в Кировской области in Kirov Oblast	0,2	0,2	0,4	0,08	0,1	0,3	0,1	0,1	0,02	0,02	0,02
В России in Russia	1,02	0,81	0,83	0,7	0,7	0,66	0,59	0,83	0,79	0,78	0,78

Таблица 2 / Table 2

Количество валового выброса загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу Кировской области, тыс. т
Air gross emission of pollutants in Kirov Oblast, ·10³ t

ЗВ Pollutants	Год / Year										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Всего / Total	114908	96140	98636	98081	94281	82698	85142	88600	85738	88736	118820
Оксид углерода (II) Carbon monoxide	35207	34110	39931	41353	39802	29162	34780	34721	35086	34750	35249
Углеводороды (без ЛОС) Hydrocarbons (without VOS)	21528	15090	16584	16671	16048	18665	13856	18224	16786	20290	48281
Твёрдые ВВ Solid SS	22130	17870	16786	17011	16325	15737	17120	16377	15306	14333	13249
Оксиды азота Nitrogen oxides	13908	12100	11758	11487	11054	10788	11460	10967	10353	10862	11028
SO ₂	14905	10840	7835	5297	5098	3830	4280	3227	3209	2966	3206
ЛОС / VOS	4920	3930	3295	3669	3495	2946	3195	3154	2772	3455	5543
Прочие / Other	2310	2200	2447	2593	2459	1967	2062	1929	2226	2080	2267

Примечание: ЛОС – летучие органические соединения, ВВ – взвешенные вещества.
Note: VOS – volatile organic substances, SS – suspended substances.

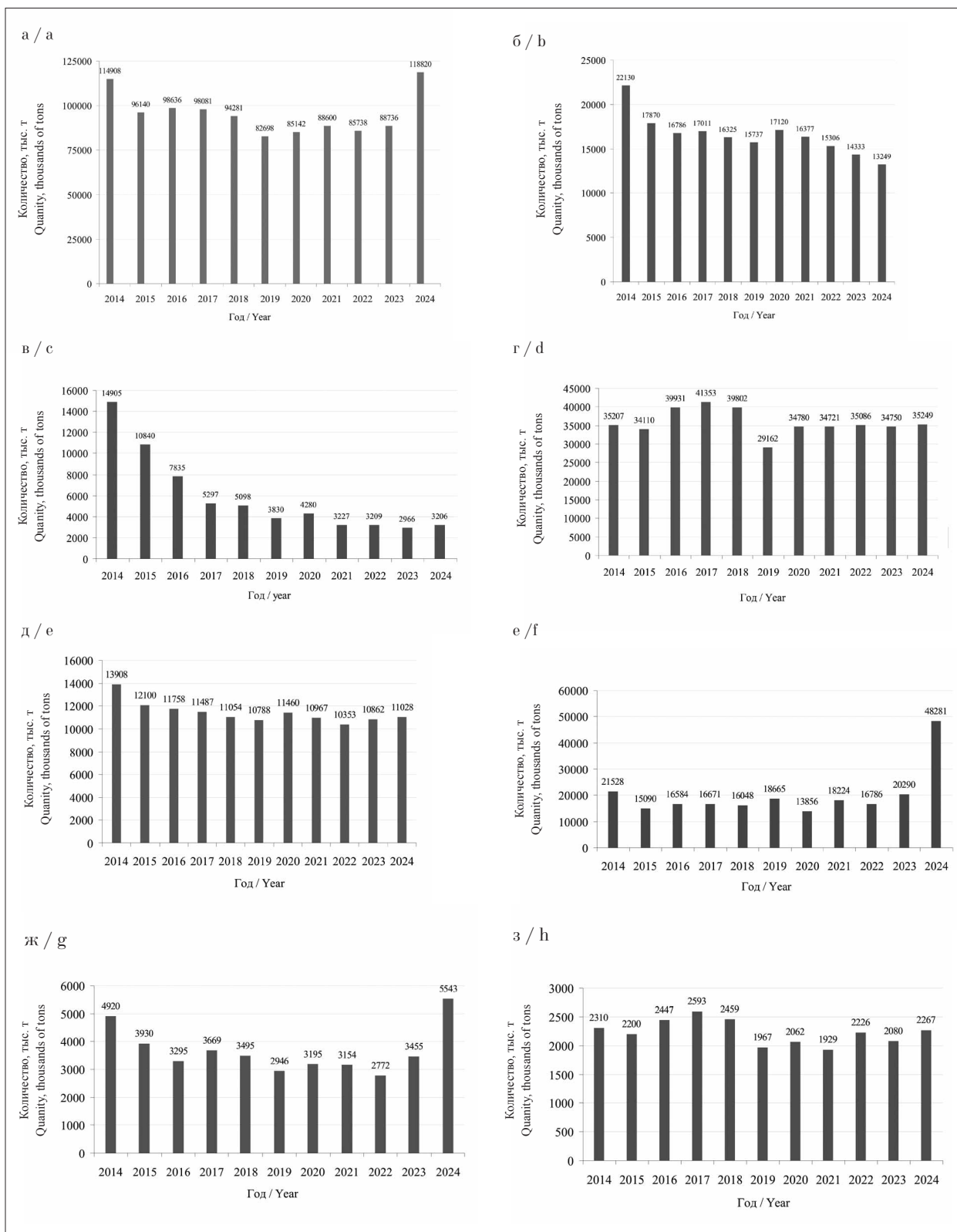


Рис. 3. Динамика валового выброса в атмосферу Кировской области, тыс. т:
 а) общее количество, б) твёрдых взвешенных веществ, в) диоксида серы, г) оксида углерода (II),
 д) оксидов азота, е) углеводородов (без ЛОС), ж) ЛОС, з) прочих веществ
Fig. 3. Dynamics of gross emissions into the atmosphere of the Kirov region, thousand tons:
 а – total quantity, б – solid suspended substances, в – sulfur dioxide,
 д – carbon monoxide, е – nitrogen oxides, f – hydrocarbons (excluding volatile organic compounds),
 г – volatile organic compounds, h – other substances

значения ПДК, на территории региона проявляет устойчивую тенденцию к уменьшению (в 2022–2024 гг. составляла 0,02 %), в сравнении с 2014–2015 гг. данный показатель уменьшился в 10 раз, в то время как в целом по стране за период 2014–2024 гг. количество проб атмосферного воздуха, превышающих значения ПДК, остаётся стабильным на уровне 0,6–0,8 %.

По данным материалов ежегодных региональных докладов «О состоянии окружающей среды Кировской области» [18, 19] сделан сравнительный анализ по объёмам выбросов ЗВ в атмосферу в регионе от стационарных источников за период с 2014 по 2024 гг. (табл. 2).

Из данных таблицы 2 следует, что оксид углерода, твёрдые взвешенные вещества и углеводороды занимают преимущественное значение в объёмах выбросов в атмосферный воздух. Наряду с этим следует отметить, что по большинству ЗВ с 2014 по 2023 гг. (табл. 2, рис. 3а–з) наметилось существенное снижение количества выбросов в атмосферу, наибольшее уменьшение выбросов составило по диоксиду серы – почти в 3–5 раз (рис. 3в). Однако следует отметить, что в 2024 г. валовый выброс ЗВ от стационарных источников в атмосферу Кировской области составил 118820 т, в то время как в 2021–2023 гг. его объём составлял чуть более 88 тыс. т. Как следует из таблицы 2, увеличение валового выброса ЗВ в 2024 г. на 30,08 тыс. т осуществилось, в основном, за счёт углеводородов, объём которых более чем в 2 раза превысил количество ЗВ в атмосферном воздухе в 2023 г. Вероятно, это может быть связано с тем, что на территории региона, в областном центре в п. Костино проводилась рекультивация крупнейшего полигона твёрдых бытовых отходов (ТБО). При проведении рекультивационных работ происходило перемещение большого количества отходов из одного места в другое, в результате чего в атмосферный воздух выбрасывалось большое количество ЗВ, в том числе углеводородов. В конце 2024 г. рекультивация полигона ТБО завершена, отходы изолированы, есть уверенность в том, что тенденция снижения объёмов выбросов ЗВ в атмосферный воздух по г. Кирову будет в дальнейшем сохраняться.

Наибольшая доля в выбросах в атмосферный воздух от стационарных источников на территории г. Кирова приходится на 37 ЗВ (табл. 3). Причём в выбросах от стационарных источников максимальный объём приходится

на метан, сажу (углерод) и аммиак, метилбензол, диметилбензол, бензин, метанол, формальдегид, ацетон, этилбензол, бутилацетат, уксусную и азотную кислоты, сероводород. Наиболее резким неприятным запахом из перечисленных 37 ЗВ (табл. 3) обладают: аммиак, сероводород, фурфурол, формальдегид, уксусная кислота, ацетон, метиловый спирт, хлор, тетрахлорметан.

Достаточно серьёзной проблемой состояния атмосферного воздуха в крупных городах региона являются выбросы от автотранспорта. В Кировской области выбросы автомобильного транспорта составляют от 45 до 50 % от общего объёма выбросов. Динамика роста количества транспортных средств в Кировской области, а также динамика валового выброса от мобильных источников, по данным региональных докладов «О состоянии окружающей среды Кировской области» за 2014–2024 гг., представлены на рисунках 4, 5. Анализ этих данных свидетельствует о том, что количество транспортных средств в регионе с каждым годом растёт, но общий объём выбросов ЗВ от них в атмосферу снижается. Это связано с переходом транспортных средств на использование газообразного топлива, а также с ростом количества электромобилей в регионе по данным региональных докладов.

Сравнение данных по выбросам от стационарных и передвижных источников (табл. 3, 4) свидетельствует о том, что в выбросах от стационарных источников максимальный объём приходится на метан, сажу (углерод), аммиак, метилбензол, диметилбензол, в то время как от передвижных источников максимальный выброс приходится на оксид углерода, оксиды азота и неметановые летучие соединения. По данным государственного доклада РФ за 2023 г., в Кировской области в числе субъектов РФ, в которых содержание отдельных ЗВ в атмосферном воздухе городских поселений в 2023 г. превысило 5 ПДК, отмечен лишь этилацетат [19].

В общем объёме выбросов ЗВ в атмосферу по 2023 г. выбросы от автотранспорта составляли 48,6 %. Несмотря на рост автомобильного транспорта, общий объём выбросов ЗВ в атмосферный воздух снижается. Во многом это обусловлено использованием двигателей высоких классов Евро-4 и Евро-5 и переходом автотранспорта на газообразное топливо.

Таким образом, анализ данных о состоянии атмосферного воздуха на территории региона свидетельствует о том, что за исследуемый период (2014–2024 гг.) наблюдается

Таблица 3 / Table 3

Количество выбросов ЗВ от стационарных источников в атмосферный воздух г. Кирова в 2023 г.
The emissions of air hazardous substances from stationary sources in Kirov in 2023

Вещество Substance	Количество выбросов, т (класс опасности) Amount of emissions, t (hazard class)	Вещество Substance	Количество выбросов, т (класс опасности) Amount of emissions, t (hazard class)
Метан / Methane	20287 (IV)	Масло минеральное нефтяное Mineral petroleum oil	11 (III)
Сажа / Soot (C)	4560 (III)	Бензол / Benzene	11 (II)
Аммиак / Ammonia	1759 (IV)	Хлороводород / Hydrogen chloride	10 (III)
Метилбензол Methylbenzene	258 (III)	Гидроксibenзол (фенол) / Hydroxybenzene (phenol)	9 (II)
Диметилбензол Dimethylbenzene	217 (III)	Белково-витаминный концентрат (по белку) / Protein-vitamin concentrate (protein)	8 (II)
Бензин нефтяной малосернистый Low-sulfur petroleum gasoline	92 (III)	Гексан / Hexane	6 (III)
Метанол (метилвый спирт) Methanol (methyl alcohol)	67 (III)	Марганец, диоксид марганца Manganese, manganese dioxide	6 (II)
Пропанон-2 (ацетон) Propanone-2 (acetone)	58 (III)	Фуран-2-альдегид (фурфурол) Furan-2-aldehyde (furfural)	5 (II)
Формальдегид Formaldehyde	42 (II)	Мазутная зола / Fuel oil ash	4 (III)
Пропанол-2 (пропиловый спирт) Propanol-2 (propyl alcohol)	38 (III)	Фтороводород / Hydrogen fluoride	3 (II)
Этилбензол Ethylbenzene	28 (III)	Пропанол-1 / Propanol-1	3 (III)
Бутилацетат Butyl acetate	28 (III)	Серная кислота / Sulfuric acid	3 (II)
Уксусная кислота Acetic acid	26 (III)	Бутан / Butane	3 (II)
Азотная кислота Nitric acid	22 (III)	Этиленбензол / Ethenylbenzene	3 (II)
Сероводород Hydrogen sulfide	20 (II)	Полиэтен / Polyethylene	2 (IV)
Пыль неорганическая Inorganic dust	16+1073 (III)	Хлор / Chlorine	2 (II)
Тетрахлорметан Carbon tetrachloride	13 (II)	Диметиламин / Dimethylamine	1 (II)
Этилацетат Ethyl acetate	11 (III)	Этоксизтан / Ethoxyethane	1 (III)
Пыль комбикормовая Feed dust	11 (IV)	Прочие / Others	10,981

Примечание: жирным шрифтом выделены соединения с наиболее резким запахом.
Note: Compounds with the most pungent odor are shown in bold.

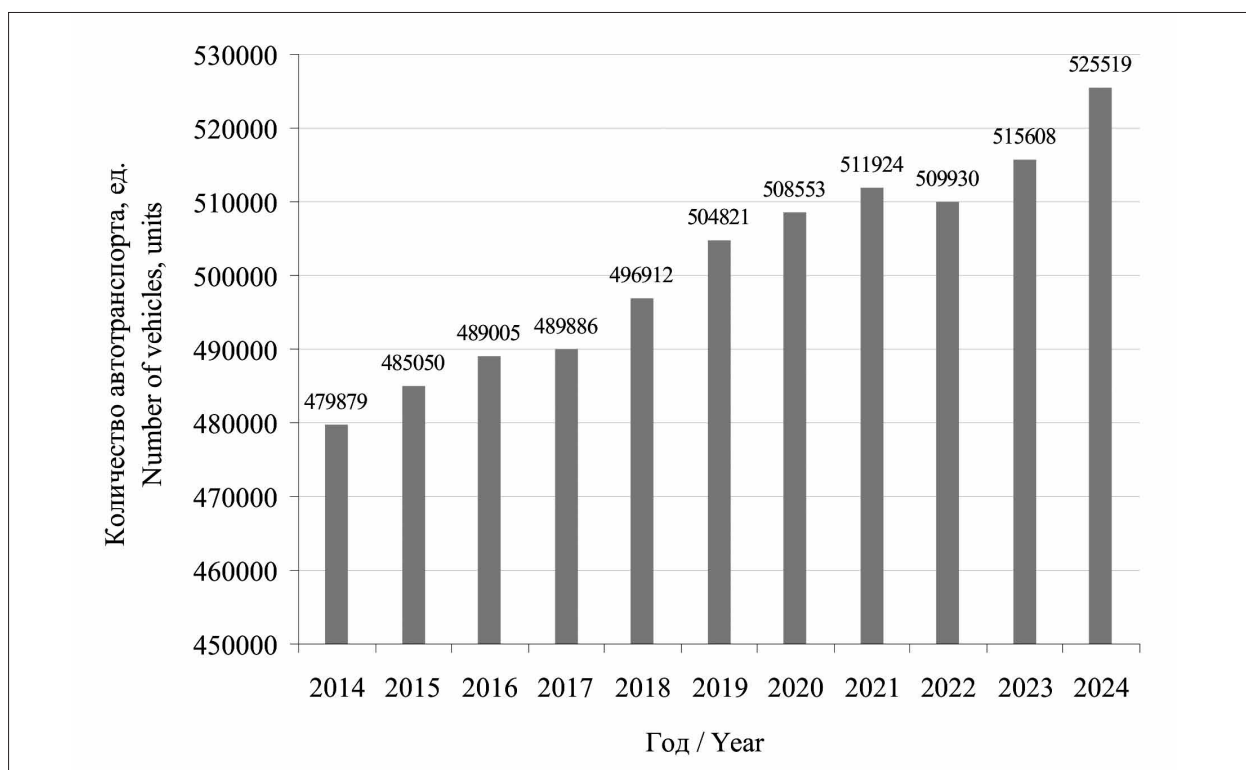


Рис. 4. Динамика роста количества автотранспорта в Кировской области, ед.
 Fig. 4. Dynamics of growth in the number of motor vehicles in the Kirov Oblast, units

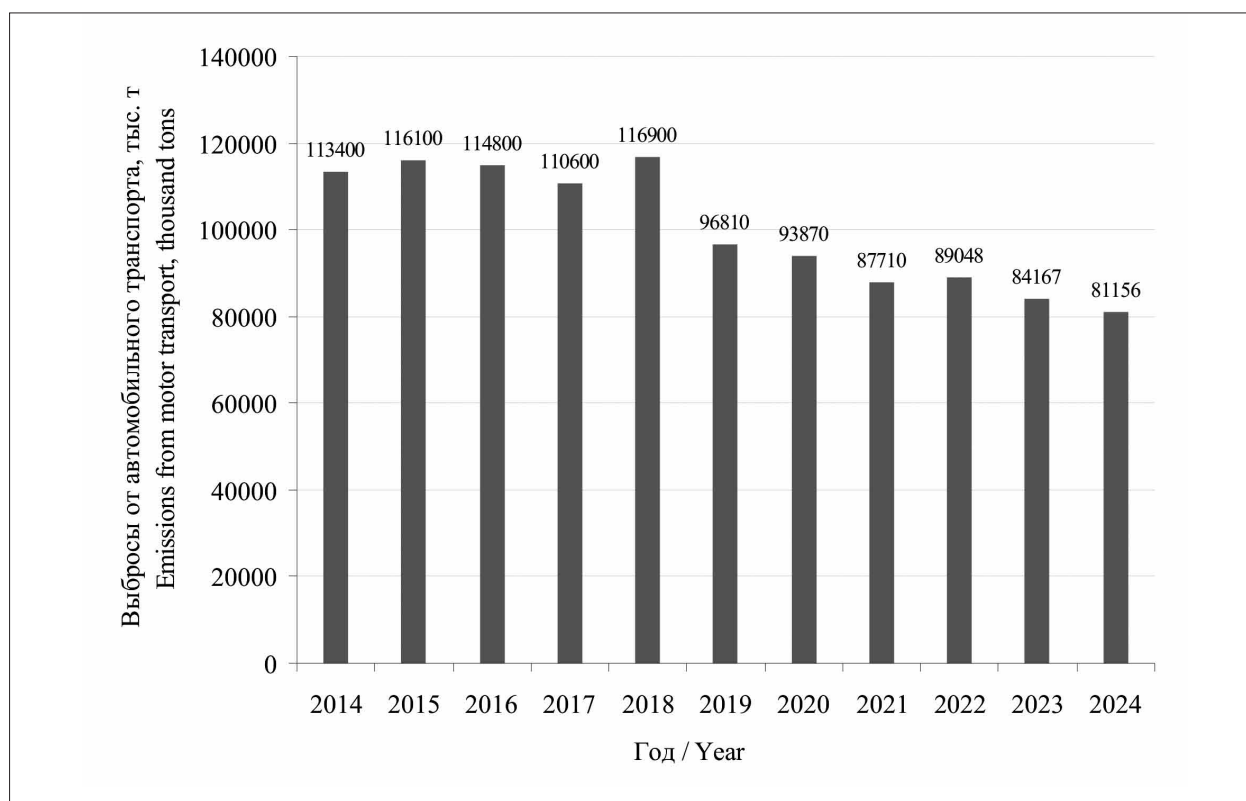


Рис. 5. Динамика выбросов от автомобильного транспорта в Кировской области, тыс. т
 Fig. 5. Dynamics of emissions from motor transport in the Kirov Oblast, thousand tons

Таблица 4 / Table 4

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников в 2023 г.
Emissions of pollutants into the atmosphere from mobile sources in 2023

Загрязняющие вещества / Pollutants	Количество выбросов, т Amount of emissions, t
Оксид углерода(II) / Carbon(II) monoxide	60,690004
Оксиды азота (NO _x) в пересчёте на NO ₂ Nitrogen oxides (NO _x) converted to NO ₂	13,720929
Неметановые летучие соединения / Non-methane volatile compounds	8,644902
Твёрдые частицы в пересчёте на углерод (сажа) Carbon black particulate matter (soot)	0,390168
Аммиак / Ammonia NH ₃	0,298895
Диоксид серы / Sulfur dioxide SO ₂	0,288787
Метан / Methane CH ₄	0,134231
Всего по Кировской области / Total for the Kirov Oblast	84,167915
Всего по Приволжскому федеральному округу Total for the Volga Federal District	429,745

относительное снижение объёма валового выброса ЗВ от стационарных и передвижных источников. Основными составляющими измеряемых выбросов являются монооксид углерода, взвешенные вещества и углеводороды. При этом содержание монооксида углерода и диоксида азота в выбросах в атмосферный воздух постоянно из года в год находится почти на одинаковом уровне (рис. 3г, д), тогда как диоксида серы существенно снижается (рис. 3в). Намечилась устойчивая тенденция снижения объёма валового выброса ЗВ от транспортных средств.

Обоснование методов и подходов по организации системы экологического мониторинга атмосферного воздуха. Система контроля и экологического мониторинга атмосферного воздуха в г. Кирове и Кировской области является относительно развитой, но в то же время сталкивается с рядом трудностей, которые можно обобщить следующим образом. Во-первых, традиционно как контроль, так и экологический мониторинг осуществляются в течение ряда лет в большинстве случаев по отслеживанию общепромышленных ЗВ (взвешенные вещества, оксиды углерода, азота, серы, частично низшие углеводороды), в то время как за последние годы существенно изменяется спектр ЗВ.

Особенно это касается г. Кирова – административного центра Кировской области, важного промышленного и культурного центра региона. Городская инфраструктура включает крупные промышленные предприятия (машиностроительные предприятия, химические заводы, электростанции), сельскохозяйственное производство, а также строительные предприятия, которые влияют на загрязнение воздуха, воды и почвы. За по-

следние годы городская инфраструктура приобретает существенное развитие, увеличивают свои мощности промышленные предприятия, в том числе предприятия химического профиля по производству шин, искусственных кож, полимерных материалов, масел и красок, получают развитие новые предприятия среднего и малого бизнеса, особенно в области новых биотехнологий.

Активизировалось масштабное переселение сельского населения в город, в связи с чем уплотняется жилая городская застройка. Целые жилые комплексы создаются вблизи промышленных и сельскохозяйственных предприятий, не всегда соблюдаются при этом нормы и правила относительно содержания территорий СЗЗ предприятий. Зачастую не справляется с нагрузкой жилищно-коммунальная система, которая во многих городах, в том числе и в г. Кирове, требует существенного обновления.

С каждым годом возрастает в городе количество транспортных средств, возникает существенная загруженность транспортных магистралей, особенно в центре города и на перекрёстках, медленно обновляется городской парк транспортных средств. Всё это, в первую очередь, сказывается на состоянии атмосферного воздуха городской среды.

За последние годы во многих городах, так же как и в г. Кирове, возникли проблемы запахового загрязнения атмосферного воздуха. В связи с этим в природоохранные службы, органы власти поступает значительное количество писем и просьб от населения по данной проблеме, особенно в весенне-летне-осенний период. В то же время проводимый природоохранными службами экологический мони-

торинг в городе не выявляет повышенные концентрации общепромышленных ЗВ, а содержание специфических запахообразующих ЗВ на постоянной основе не контролируется. Проблема контроля запахообразующих ЗВ заключается в следующем – многие из них в выбросах в атмосферный воздух содержатся в малых количествах, в соответствии с этим, определение их затруднено из-за чувствительности методов или прибора, на котором ЗВ определяется. Кроме того, запахообразующие вещества находятся в атмосферном воздухе в виде различных смесей и примесей, трудно разделяемых и различаемых при определении их на большинстве приборов [17, 20–22].

В связи с этим создание системы мониторинга атмосферного воздуха в г. Кирове и в регионе в целом требует нового подхода, включающего выявление наиболее информативных показателей контроля и экологического мониторинга с учётом специфики развивающихся предприятий. Безусловно, важным аспектом развития системы экологического мониторинга является расширение сети постов, наблюдательных станций, участков и точек контроля и мониторинга в наиболее приоритетных местах, на крупных магистралях. Обновление системы экологического мониторинга нуждается в развитии мобильного мониторинга, т. е. увеличении количества мобильных лабораторий, оснащённых современными приборами для оценки состояния атмосферных газов непосредственно в местах отбора проб, а также внедрение методов дистанционного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов, с целью измерения выбросов не только вблизи предприятия, но и по направлению распространения загрязнённого атмосферного воздуха. Для визуализации загрязнения и прогнозирования экологической ситуации необходимо активнее внедрять ГИС-технологии.

Наряду с этим обновление системы мониторинга атмосферного воздуха требует от химиков-аналитиков разработки новых лабораторных и полевых методов колориметрического, спектрального и хроматографического анализа для более точных измерений специфических ЗВ, в том числе и запахообразующих: ксилола, стирола, крезола, скатола, летучих органических кислот (масляной, пропионовой, валерьяновой, изомасляной), эфиров, бенз(а)пирена, сероводорода, меркаптанов, винилхлорида, хлороформа, формальдегида и различных нефтепродуктов.

При всём этом, самым важным в развитии системы экологического контроля и мониторинга городской среды является укрепление сотрудничества между ведомствами и предприятиями, интеграция данных природоохранных служб (Росгидромета, Роспотребнадзора, Росприроднадзора, Министерства охраны окружающей среды) и промышленных предприятий в единую систему. Создание единой цифровой платформы для сбора и анализа данных, более точного прогноза развития природных (паводки, наводнения, ветряные бури) и экологических ситуаций.

К разработке и развитию системы экологического мониторинга атмосферного воздуха целесообразно привлекать научно-исследовательские учреждения, вузы, аккредитованные экологические лаборатории, на базе которых может проводиться создание новых экспресс-методов определения специфических ЗВ, мобильных приложений, программ, разработки бытовых датчиков воздуха для экологического мониторинга. При этом, существенно может быть повышена роль общественного мониторинга со стороны граждан за счёт использования бытовых датчиков воздуха, применения мобильных приложений для регистрации жалоб на загрязнения, выявления наиболее загрязнённых мест, участков атмосферного воздуха городской среды.

Заключение

Создание системы мониторинга атмосферного воздуха в Кировской области требует комплексного подхода, который можно резюмировать в следующих направлениях:

- расширение сети стационарных станций мониторинга, что, в свою очередь, требует оснащения промышленных городов региона (Киров, Кирово-Чепецк, Слободской, Вятские Поляны) новыми станциями мониторинга и установки станций мониторинга на крупных магистралях;
- развитие мобильного мониторинга и увеличение количества мобильных лабораторий с оснащением современными приборами для анализа газов;
- использование методов дистанционного мониторинга, ГИС-технологий для визуализации загрязнения и прогнозирования экологической ситуации;
- включение в перечень показателей контроля и экологического мониторинга атмосферного воздуха новых опасных ЗВ, в том числе запахообразующих соединений:

ксилола, стирола, крезоло, скатола, летучих органических кислот (масляной, пропионо-вой, валерьяновой, изомасляной), эфиров, бенз(а)пирена, сероводорода, меркаптанов, винилхлорида, хлороформа, формальдегида;

- разработка методов лабораторного, колориметрического и спектрального анализа для более точных измерений специфических ЗВ;
- укрепление сотрудничества между ведомствами и предприятиями, интеграция данных Росгидромета, Роспотребнадзора, Росприроднадзора, Министерства охраны окружающей среды в единую систему, создание единой цифровой платформы для сбора и анализа данных (аналогично системе экологического мониторинга в других городах);
- повышение роли общественного мониторинга со стороны граждан за счёт распространения бытовых датчиков воздуха, разработки мобильных приложений для мониторинга и регистрации жалоб на загрязнение, а также сотрудничества с экологическими активистами и университетами, проводящими независимые экологические исследования.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка состояния трансформированных экосистем подзоны южной тайги, методические подходы к их биоремедиации», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 125021402208-5.

Литература

1. Павлов Н.И., Кулеш М.М. Глобальные системы мониторинга окружающей среды и фоновый мониторинг // Вестник ДВГАЭУ. 2000. № 4 (16). С. 66–75.
2. Снытко В.А., Собисевич А.В. Система экологического мониторинга в научном наследии академиков И.П. Герасимова и Ю.А. Израэля // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование: труды пятой международной конференции. Москва: ООО «Буки-Веди», 2017. С. 393–397.
3. Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Инсаров Г.Э. Теоретические и прикладные аспекты фонового экологического мониторинга состояния биоты // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. Т. 3. С. 7–24.
4. Сорока Н.Н. Региональный экологический мониторинг как специфический источник информации о состоянии окружающей среды в субъекте Российской Федерации // Вестник СИБИТа. 2015. № 1 (13). С. 47–51.
5. Ашихмина Т.Я., Сюткин В.М. Комплексный экологический мониторинг региона (на примере Кировской области). Киров: ВГПУ, 1997. 286 с.

6. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 168 с.
7. Мониторинг природных сред и объектов / Под ред. Т.Я. Ашихминой. Киров: Старая Вятка, 2006. 251 с.
8. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. М.: Академия, 2007. 287 с.
9. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощёков А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях. М.: Академический Проект, 2020. 349 с.
10. Дроздов С.Л., Сладкопепцев С.А. Дистанционные методы оценки природных ресурсов (рельеф и почвы). М.: МИИГАиК, 2015. 178 с.
11. Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я., Тимонов А.С., Домнина Е.А., Дабах Е.В., Сырчина Н.В., Кондакова Л.В., Кутявина Т.И., Скугорева С.Г., Огородникова С.Ю., Рутман В.В., Кузнецов Д.А. Мониторинг атмосферного воздуха в районе предприятий по утилизации опасных промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 1. С. 38–46. doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-038-046
12. Абашев Т.Э., Ашихмина Т.Я., Хето М.Х. Сравнительная экологическая оценка техногенного воздействия на воздушный бассейн территории Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 2. С. 35–47. doi:10.25750/1995-4301-2024-2-035-047
13. Giannakis E., Kushta J., Giannadaki D., Georgiou G.K., Bruggeman A., Lelieveld J. Exploring the economy-wide effects of agriculture on air quality and health: Evidence from Europe // Sci. Total Environ. 2019. V. 663. P. 889–900. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.410
14. Khaniabadi Y.O., Daryanoosh S.M., Amrane A., Polosa R., Hopke P.K., Goudarzi G., Mohammadi M.J., Sicard P., Armin H. Impact of middle eastern dust storms on human health // Atmos. Pollut. Res. 2017. V. 8. P. 606–613. doi: 10.1016/j.apr.2016.11.005
15. Estimating the external costs of industrial air pollution: Trends 2012–2021: Technical note on the methodology and additional results from the EEA briefing 24/2023 [Электронный ресурс] https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/the-costs-to-health-and-the-environment-from-industrial-air-pollution-in-europe-2024-update/technical-note_estimating-the-external-costs-of-industrial-air-pollution-trends-2012-2021v2.pdf (Дата обращения: 16.08.2025).
16. Мельников П.А., Гусев Д.М., Селезнева К.В., Шашенко В.А. Особенности мониторинга атмосферного воздуха крупных городов с развитой промышленностью // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28. № 2. С. 32–37. doi: 10.18412/1816-0395-2024-2-32-37
17. Ашихмина Т.Я., Мальцева Л.Г., Хайданова Е.В., Сырчина Н.В., Хето М.Х. Оценка загрязнения приземного слоя атмосферы городской среды // Теоретиче-

ская и прикладная экология. 2025. № 2. С. 72–85. doi: 10.25750/1995-4301-2025-2-072-085

18. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2024 году: региональный доклад / Под общ. ред. Т.Э. Абашева. Киров, 2025. 195 с.

19. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году: государственный доклад. М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества, 2024. 707 с.

20. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034

21. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с.

22. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Основные подходы к снижению запахового загрязнения окружающей среды предприятиями животноводства (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 3. С. 6–19. doi: 10.25750/1995-4301-2024-3-006-019

References

1. Pavlov N.I., Kulesh M.M. Global environmental monitoring systems and background monitoring // Vestnik DVGAEU. 2000. No. 4 (16). P. 66–75 (in Russian).

2. Snytko V.A., Sobisevich A.V. The system of environmental monitoring in the scientific heritage of I.P. Gerasimov and Yu.A. Izrael academicians // Environmental status indication: theory, practice, and education: trudy pyatoy mezhdunarodnoy konferentsii. Moskva: OOO “Buki-Vedi”, 2017. P. 393–397 (in Russian).

3. Izrael Yu.A., Filippova L.M., Insarov G.E. Theoretical and applied aspects of background ecological monitoring of the biota status // Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling. V. 3. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. P. 7–24 (in Russian).

4. Soroka N.N. Regional environmental monitoring as a specific source of information about the state of the environment in the Russian Federation // Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologii. 2015. No. 1 (13). P. 47–51 (in Russian).

5. Ashikhmina T.Ya., Syutkin V.M. Comprehensive regional environmental monitoring (case-study of the Kirov Region). Kirov: VGPU, 1997. 286 p. (in Russian).

6. Motuzova G.V. Trace element compounds in soils: system organization, ecological significance, and monitoring. Moskva: Knizhnyy dom “LIBROKOM”, 2009. 168 p. (in Russian).

7. Natural environments and objects monitoring / Ed. T.Ya. Ashikhmina. Kirov: Staraya Vyatka, 2006. 251 p. (in Russian).

8. Biological environmental control: bioindication and biotesting / Eds. O.P. Melekhova, E.I. Egorova. Moskva: Academy, 2007. 287 p. (in Russian).

9. Trifonova T.A., Mishchenko N.V., Krasnoshchekov A.N. Geoinformation systems and remote sensing in environmental research. Moskva: Akademicheskii Project, 2020. 349 p. (in Russian).

10. Drozdov S.L., Sladkoptev S.A. Remote methods of natural resources assessment (relief and soils). Moskva: MII GAIK, 2015. 178 p. (in Russian).

11. Ashikhmina T.Ya., Kantor G.Ya., Timonov A.S., Domnina E.A., Dabakh E.V., Syrchina N.V., Kondakova L.V., Kutuyavina T.I., Skugoreva S.G., Ogorodnikova S.Yu., Rutman V.V., Kuznetsov D.A. Atmospheric air monitoring in the area of enterprises for the disposal of hazardous industrial waste // Theoretical and Applied Ecology. 2023. No. 1. P. 38–46 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-038-046

12. Abashev T.E., Ashikhmina T.Ya., Kheto M.H. Ecological assessment of technogenic impact on the air basin of the Kirov region // Theoretical and Applied Ecology. 2024. No. 2. P. 35–47 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2024-2-035-047

13. Giannakis E., Kushta J., Giannadaki D., Georgiou G.K., Bruggeman A., Lelieveld J. Exploring the economy-wide effects of agriculture on air quality and health: Evidence from Europe // Sci. Total Environ. 2019. V. 663. P. 889–900. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.410

14. Khaniabadi Y.O., Daryanoosh S.M., Amrane A., Polosa R., Hopke P.K., Goudarzi G., Mohammadi M.J., Sicard P., Armin H. Impact of middle eastern dust storms on human health // Atmos. Pollut. Res. 2017. V. 8. P. 606–613. doi: 10.1016/j.apr.2016.11.005

15. Estimating the external costs of industrial air pollution: Trends 2012–2021: Technical note on the methodology and additional results from the EEA briefing 24/2023 [Internet resource] https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/the-costs-to-health-and-the-environment-from-industrial-air-pollution-in-europe-2024-update/technical-note_estimating-the-external-costs-of-industrial-air-pollution-trends-2012-2021v2.pdf (Accessed: 16.08.2025).

16. Melnikov P., Gusev D., Selezneva K., Shashenko V. Features of atmospheric air monitoring in large cities with developed industry // Ecology and Industry of Russia. 2024. V. 28. No. 2. P. 32–37 (in Russian). doi: 10.18412/1816-0395-2024-2-32-37

17. Ashikhmina T.Ya., Maltseva L.G., Khaidanova E.V., Syrchina N.V., Kheto M.H. Assessment of pollution of the urban surface layer of the atmosphere // Theoretical and Applied Ecology. 2025. No. 2. P. 72–85 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2025-2-072-085

18. On the state of the environment in the Kirov Region in 2024: regional report / Ed. T.E. Abashev. Kirov, 2025. 195 p. (in Russian).

19. On the state of the environment and environmental protection in the Russian Federation in 2023: state report.

Moskva: Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation; LLC "Intellectual Analytics"; FGBU "Directorate of Scientific and Technical Programs"; Foundation for Environmental Monitoring and International Technological Cooperation, 2024. 707 p. (in Russian).

20. Syrchina N.V., Pilip L.V., Ashikhmina T.Ya. Control of odor pollution of atmospheric air (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 2. P. 26–34 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034

21. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2022: state report. Moskva: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2023. 368 p. (in Russian).

22. Syrchina N.V., Pilip L.V., Ashikhmina T.Ya. Basic approaches to reducing odor pollution of the environment by livestock farms (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2024. No. 3. P. 6–19 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2024-3-006-019