DOI:10.24412/2782-3237-2025-1-2-107-125 УДК 504.064

К вопросу об объективной оценке показателей снижения выбросов загрязняющих веществ в рамках выполнения федерального проекта «Чистый воздух»

*П.В. Росляков[1], О.Е. Кондратьева[1], И.О. Тихонова[2], Ю.Н. Бурвикова[3]**

[1] Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Российская Федерация, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

[2] Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
Российская Федерация, 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 9

[3] Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Российская Федерация, 141006, Московская обл., г. Мытищи, Олимпийский проспект, д. 42

* Адрес для переписки: *u.burvikova@eipc.center*

Реферат. В статье предложен подход к оценке показателей снижения выбросов приоритетных загрязняющих веществ с учётом приведённой массы этих веществ. Актуальность исследования определяется объективными сложностями в установлении квот на выбросы загрязняющих веществ и оценке результатов, достигнутых в ходе эксперимента, осуществляемого в рамках выполнения федерального проекта «Чистый воздух». Показано, что квоты устанавливаются без учёта (1) особенностей технологических процессов производства и характерных (маркерных) загрязняющих веществ; (2) технологических и технических возможностей достижения целевых показателей. Не вполне учитывается и вклад источников негативного воздействия в выбросы конкретных веществ. Приведённую массу загрязняющих веществ предложено рассчитывать исходя из их относительной опасности, используя в качестве «эталонного» загрязняющего вещества монооксид углерода. Предложены расчётные формулы для определения (1) исходной приведённой массы выбросов, (2) приведённой массы в отчётном году и (3) достигнутого снижения выбросов загрязняющих веществ. В качестве примера рассмотрены результаты мероприятий, выполненных объектом негативного воздействия, реализующим химико-технологические процессы производства продукции. Показано, что учёт приведённой массы и включение в перечень оцениваемых характерных для производственных процессов (маркерных) загрязняющих веществ позволяет сделать вывод о значительном снижении негативного воздействия на окружающую среду (эмиссии сокращены примерно на 45%). На основании результатов проведённых исследований предложено учитывать при оценке достижения планового показателя снижения выбросов загрязняющих веществ в рамках эксперимента по их квотированию приведённую массу этих веществ. Этот подход позволяет (1) дифференцировать выбросы в атмосферный воздух с учётом относительной опасности химических веществ; (2) более объективно оценивать негативное воздействие на окружающую среду, обусловленное как поступлением в атмосферный воздух отдельных веществ, так и всей совокупностью выбросов загрязняющих веществ в городах – участниках эксперимента; (3) целенаправленно разрабатывать программы мероприятий по достижению плановых показателей снижения выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. Выдвинуто предположение о том, что в дальнейшем предложенный подход можно было бы использовать и для совершенствования методики установления квот на выбросы загрязняющих веществ в рамках расширения федерального проекта «Чистый воздух», учитывая также вклад конкретных объектов в загрязнение атмосферного воздуха приоритетными веществами и наличие технологических и технических решений для их сокращения.

Ключевые слова. Экологический мониторинг, приоритетное загрязняющее вещество, технологический процесс, техническое решение, выброс в воздух, методика квотирования, результат квотирования, приведённая масса, расчёт.

On the issue of an objective assessment of pollutant emissions reduction within the framework of the implementation of the "Clean Air" federal project

P.V. Roslyakov[1), O.E. Kondratyeva[1), I.O. Tikhonova[2), Yu.N. Burvikova[3)]*

[1)] National Research University "Moscow Power Engineering Institute",
14, Krasnokazarmennaya Street, 111250, Moscow, Russian Federation

[2)] D. I. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia,
9, Miusskaya Square, 125047, Moscow, Russian Federation

[3)] Research Institute "Environmental Industrial Policy Center",
42, Olympic Avenue, 141006, Moscow Region, Mytishchi, Russian Federation

* Correspondence address: *u.burvikova@eipc.center*

Abstract. The article proposes an approach to assessing parameters of reducing emissions of priority pollutants, taking into account the reduced mass of these substances. The study is relevant of the study due to objective difficulties in setting quotas for pollutant emissions and evaluating results achieved as part of regulatory experiments run within the framework of the "Clean Air" federal project. Authors show that quotas are set not considering (1) key features of technological processes and characteristic (marker) pollutants; and (2) technological and technical opportunities to achieve the targets. Contributions of various installations to emissions of specific substances is also not thoroughly considered. Authors suggest calculating the effective mass of pollutants based on their relative danger, using carbon monoxide as a "reference" pollutant. They propose calculation formulas for determining: (1) the initial effective mass of emissions, (2) the reduced mass in the reporting year, and (3) the achieved reduction in pollutant emissions. As an example, the article considers results of the projects implemented by the installation running chemical technology based production processes. Authors show that taking into account the effective mass and including marker pollutants, characteristic for production processes, in the list of assessed substances, allows to conclude that the negative environmental impact has been significantly reduced (emissions have been decreased by about 45%). Based on the research, authors propose considering the effective mass of these substances when assessing the achievement of targets for reducing pollutant emissions as part of an experiment on their quoting. This approach allows to: (1) differentiate emissions, considering the relative danger of chemicals; (2) more objectively assess the negative environmental impacts caused by emissions of individual substances and total emission loads in the cities participating in the experiment; and (3) to purposefully develop action programmes aimed at achieving reduction targets set for industrial enterprises. Authors suggest in the future, using the proposed approach to improve the methodology for setting quotas for pollutants within the framework of the widened "Clean Air" project, taking into account contributions of specific installations in terms of releases of priority substances and availabilities to implement technological and technical solutions to reduce emissions.

Keywords. Environmental monitoring, priority pollutant, technological process, technical solution, air emission, quoting methodology, quoting result, effective mass, calculation.

Введение

Развитию системы экологического мониторинга значительное внимание уделяют в настоящее время Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (далее – Минприроды России) и другие федеральные органы исполнительной власти (далее – ФОИВ). В сотрудничестве с научно-исследовательскими институтами и образовательными учреждениями сотрудники ФОИВ разрабатывают Государственную информационную систему (далее – ГИС), призванную в цифровом пространстве реализовать идею академика Ю.А. Израэля об экологическом мониторинге как системе наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды и выделения антропогенной составляющей изменений этого состояния на фоне изменений природных. По замыслу Ю.А. Израэля система мониторинга не включала управление качеством окружающей среды, но создавала необходимые условия для принятия обоснованных управленческих решений по сокращению антропогенного воздействия (Израэль, 1984). В наши дни роль управленческих решений возрастает, о чём свидетельствует принятие национальных целей развития, предусматривающих формирование динамичной и устойчивой экономики, технологическое лидерство и достижение экологического благополучия населения[1)].

[1)] Указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». https://www.consultant.ru/law/hotdocs/84648.html.

Заметное место в ГИС «Экологический мониторинг» занимает информация, поступающая в рамках реализации федерального проекта (далее – ФП) «Чистый воздух», направленного на снижение загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах[2)]. В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ[3)] в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха в период с 1 января 2020 г. по 31 декабря 2026 г. проводится эксперимент по квотированию выбросов загрязняющих веществ (далее – ЗВ). К настоящему времени к территориям эксперимента отнесены 43 города – из них 12 городов с 2020 г.: Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Чита; позже были добавлены 29 новых городов и заключены дополнительные соглашения с руководством Стерлитамака и Салавата[1,2)].

Для мониторинга реализации обсуждаемого ФП используются так называемые «целевые показатели снижения совокупного объёма выбросов»[1,2)] (отметим сразу: речь должна идти не об объёме, а о массе, что в контексте экологического мониторинга и контроля принципиально), расчёт которых (в %) «проводится ежегодно … по отношению к базовому периоду (2017 г.)»[2)]. Таким образом, фактически проводится сопоставление валовых показателей – масс ЗВ, поступивших в воздух в разные годы реализации эксперимента. То есть, вклад каждого загрязняющего вещества в достижение целевых показателей снижения выбросов считается равнозначным; классы опасности веществ в атмосферном воздухе не учитываются.

Цель статьи состоит в анализе подходов к (1) установлению квот выбросов загрязняющих веществ и (2) оценке достигнутых результатов эксперимента по квотированию выбросов, применяемых в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух».

Методы исследования

Авторы использовали характерные для выполнения междисциплинарных исследований методы анализа и синтеза (Бочкарева, 2013). Выполнен анализ литературных источников, а также статистических данных, отражающих как достигнутые результаты реализации ФП «Чистый воздух», так и загрязнение воздуха в городах, участвующих в эксперименте по квотированию выбросов. Отраслевое ситуационное исследование основано на материалах НИИ «Центр экологической промышленной политики». Сведения о конкретных объектах негативного воздействия на окружающую среду (далее

[2)] Паспорт федерального проекта «Чистый воздух». https://www.mnr.gov.ru/activity/direions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/federalnyy_proekt_chistyy_vozdukh/?ysclid=m8n9h61y8r10-5954974.

[3)] Федеральный закон РФ от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ (ред. от 25 декабря 2023 г.) «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/.

– НВОС) обезличены, что соответствует принципам экологического аудита, использованным для сбора информации о приоритетных экологических аспектах (Дайман и др., 2010).

Результаты и обсуждение

Перечень ЗВ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, определён Правительством Российской Федерации[4)]. Для атмосферного воздуха список насчитывает 293 загрязняющих вещества. Однако для каждой отрасли (и во многих случаях даже для конкретной технологии) в рамках эколого-технологического регулирования на основе концепции наилучших доступных технологий (далее – НДТ) (Скобелев, 2020) в нашей стране установлены так называемые маркерные, наиболее существенные вещества, которые характеризуют как течение технологических процессов, так и эмиссии ЗВ[5)] (Гусева и др., 2016; Бутовский, Олейникова, 2015). Регуляторная конструкция НДТ построена таким образом, что регулируемое сообщество (промышленность), регуляторы (ФОИВ) и эксперты активно участвуют в обсуждении подходов к нормированию, в установлении требований, которые должны быть как стимулирующими российские предприятия к модернизации, к отказу от устаревших технологий, так и достижимыми. При этом НДТ рассматриваются как «совокупность технологических, технических и управленческих решений, позволяющих предприятиям добиваться повышения ресурсной и экологической эффективности производства и ограничивать эмиссии парниковых газов» (Скобелев и др., 2022). По мере развития эколого-технологического регулирования требования НДТ уточняются, однако на отраслевом уровне они являются общими и не учитывают (и не должны учитывать) особенности конкретных ситуаций, складывающихся на местах, например, в городах – участниках ФП «Чистый воздух» (Скобелев, 2022). В таких ситуациях объекты НВОС получают комплексные экологические разрешения с дополнительными обременениями (или ограничениями, то есть – квотами на выбросы ЗВ).

Вернёмся к обсуждению маркерных веществ. Их перечни приведены в соответствующих отраслевых информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям (далее – ИТС НДТ, справочники)[6)].

[4)] Распоряжение Правительства РФ от 20 октября 2023 г. № 2909-р (ред. от 5 июня 2024 г.) «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». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_460257/.

[5)] ГОСТ Р 56828.44-2018. Наилучшие доступные технологии. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. Выбор маркерных веществ для выбросов в атмосферу от промышленных источников.

[6)] ГОСТ Р 113.00.03-2019. Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.

Количество таких веществ и интегральных показателей в различных справочниках варьирует обычно от 2 до 6. В ИТС НДТ обоснованы также численные значения технологических показателей выбросов в атмосферный воздух (и сбросов в природные водные объекты) маркерных ЗВ, которые в установленном порядке утверждаются приказами Минприроды России. В международной практике для описания маркерных веществ и показателей используется собирательный термин «ключевые экологические аспекты» (Key Environmental Issues, KEI) (Marazza et al., 2010; Marie et al., 2024). Эти аспекты представлены в справочниках НДТ, выпущенных, например, в Европейском союзе, в Республике Казахстан, Республике Индия, и учитывают отраслевую специфику, особенности применяемых технологий. При этом в перечнях KEI получают отражение глобальные и региональные экологические проблемы (закисление, эвтрофикация, накопление тяжёлых металлов в трофических сетях и пр.). Нередко в предисловиях к справочникам представлены позиции регуляторов в части предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды и ослабления проявления той или иной экологической проблемы (OECD, 2017).

В рамках проведения эксперимента по квотированию выбросов для расчёта целевого показателя снижения массы выбросов используется понятие «приоритетные загрязняющие вещества»[7)]; определены они как «загрязняющие вещества, выбросы которых влияют на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, создают риски для здоровья человека на территориях эксперимента»[8)]. Перечень приоритетных загрязняющих веществ определён Роспотребнадзором (Зайцева и др., 2022). Отметим, что понятие это – далеко не новое: ещё в 1970-е гг. оно получило распространение при разработке подходов к развитию Глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды (ГСМОС) (Израэль, 1984). Для фонового мониторинга атмосферного воздуха в качестве приоритетных были названы взвешенные вещества (аэрозоли), озон, диоксид серы, оксиды азота, диоксид углерода, а также тяжёлые металлы, металлоиды и хлорорганические соеди-

---

[7)] Приказ Росприроднадзора от 29 июля 2021 г. № 480 (ред. от 24 мая 2022 г.) «Об утверждении методик расчёта целевых показателей «Снижение совокупного объёма выбросов опасных загрязняющих веществ в городах – участниках проекта», «Снижение совокупного объёма выбросов за отчетный месяц», «Количество выданных комплексных экологических разрешений всем объектам, оказывающим значительное негативное воздействие на атмосферный воздух и реализующим программы повышения экологической эффективности с применением наилучших доступных технологий для снижения выбросов в крупных промышленных центрах России, включая города Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Читу», «Численность населения, качество жизни которого улучшится в связи с сокращением объёма вредных выбросов в крупных промышленных центрах Российской Федерации» федерального проекта «Чистый воздух».

[8)] Федеральный закон РФ от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ (ред. от 25 декабря 2023 г.) «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/.

нения (Израэль, 1974). Система продолжает совершенствоваться при активном участии Российской Федерации. В Стратегическом плане развития ГСМОС, выпущенном в 2022 г., подчёркнуто: «Загрязнение воздуха является одной из наиболее серьёзных проблем состояния окружающей среды, затрагивающих каждого человека. Во всём мире 9 из 10 человек подвергаются воздействию загрязнения воздуха, которое влияет не только на здоровье населения, но и на продуктивность сельского хозяйства, биоразнообразие и климат»[9)].

В работах академика Ю.А. Израэля и его последователей было указано, что для импактного и регионального мониторинга загрязняющие вещества и интегральные показатели следует ранжировать с учётом характеристик источников воздействия на окружающую среду и особенностей состояния природно-антропогенных систем (Израэль, 1990; Павлов, Кулеш, 2000). То есть, на импактном уровне в перечне приоритетных ЗВ ключевую роль играют маркерные вещества, поступающие в окружающую среду от источников воздействия. По мере изменения масштаба (от локального к региональному и глобальному) внимание сосредотачивается на веществах, которые признаны приоритетными на международном уровне и отнесены к таковым в документах ГСМОС (Gizatullina et al., 2024).

Регуляторная конструкция, лежащая в основе ФП «Чистый воздух», предполагает обязательность достижения целевого показателя снижения выбросов приоритетных загрязняющих веществ (20%). В качестве приоритетных на основании результатов сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха определены 56 загрязняющих веществ[10)]. К их числу отнесены такие ЗВ, как оксид и диоксид азота, бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, пыль неорганическая, диоксид серы, монооксид углерода. Судя по публикациям специалистов в сфере охраны здоровья населения, при выборе подходов к определению приоритетных ЗВ рассматривали «…выбор приоритетов по вкладу в суммарную валовую массу выбросов, по рангу численного значения отношения масс выбросов и предельно допустимым концентрациям или комплексным индексам загрязнения атмосферы, по наличию у химических веществ мутагенных, канцерогенных, тератогенных свойств» и др. (Зайцева и др., 2022; Путятин, Оводков, 2022). Тем не менее, при обосновании целевого показателя снижения загрязнения остановились на учёте масс выбросов, и именно массы приоритетных ЗВ, ежегодно поступающих в атмосферный воздух, надлежит сократить на 20%. Авторы подчёркивают: «Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»[11)] наделяет главных государственных санитарных врачей и их заместителей полно-

[9)] GEMS Air Strategic Plan. https://www.unep.org/explore-topics/air/what-we-do/monitoring-air-quality/gems-air-strategic-plan#achieving-scale-and-impact.

[10)] Приказ Минприроды России от 6 октября 2022 г. № 657 «Об утверждении методик расчёта целевых показателей «Снижение совокупного объёма выбросов», «Снижение совокупного объёма выбросов опасных загрязняющих веществ в городах – участниках проекта» федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология». https://base.garant.ru/407416476/.

мочиями по внесению в органы всех уровней предложений о реализации мер по улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки, охране и укреплению здоровья населения. Данные полномочия целесообразно и важно реализовывать, в том числе в ходе реализации проекта «Чистый воздух» (Зайцева и др., 2022). Справедливое высказывание.

При этом в обсуждении перечня приоритетных ЗВ и целевого показателя снижения их выбросов не принимали участия ни представители регулируемого сообщества, ни эксперты-технологи. То есть, в ряде случаев требование двадцатипроцентного сокращения выбросов приоритетных ЗВ могут приводить к ситуациям, когда технологические и (или) технические решения, позволяющие обеспечить такое снижение, неизвестны. Управленческое решение, к сожалению, очевидно: ограничение выпуска продукции.

Итак, для оценки достижения целевого показателя ФП «Чистый воздух» используются ежегодные показатели снижения выбросов, которые определяются как отношение фактических совокупных масс выбросов приоритетных ЗВ (т/год) в отчётном и базовом периодах. Сведения, необходимые для проведения оценки, поступают из отчётов о выполнении Комплексных планов мероприятий по снижению выбросов ЗВ в атмосферный воздух. Подчеркнём: в Комплексных планах представлены целевые значения суммарных масс выбросов, без указания конкретных приоритетных ЗВ; то есть, оценить информацию о конкретных мероприятиях (решениях) и об их ожидаемой и достигнутой результативности не представляется возможным.

Представляется, что такой порядок расчёта целевого показателя не вполне объективно и не в полной мере позволяет оценить реальное снижение НВОС на территориях проведения эксперимента. Очевидно, что совокупные массы выбросов ЗВ на разных промышленных предприятиях представляют собой разные сочетания отраслевых маркерных ЗВ, а также и других ЗВ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. Это вещества разных классов опасности, что следует принимать во внимание для объективной оценки НВОС.

При использовании принятого на настоящий момент подхода к расчётам совокупной массы выбросов приоритетных ЗВ и показателей снижения этой массы в реальных условиях возникают следующие проблемы:

– в ряде случаев квоты для объектов НВОС устанавливаются в отношении веществ, выбросы которых не вносят определяющего вклада в загрязнение воздуха на территории эксперимента (вклад предприятий составляет 5-7% от общего потока этого ЗВ, поступающего от совокупности промышленных предприятий);

– промышленные предприятия далеко не всегда имеют технологические, технические, а также финансовые возможности снижения массы выбро-

[11] Федеральный закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ (в ред. от 30 мая 2023 г.). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/.

сов всех квотируемых ЗВ одновременно до одинаковых плановых уровней (т. е. на 20%);

– нарушается очерёдность внедрения воздухоохранных мероприятий на объектах НВОС, направленных на снижение выбросов маркерных ЗВ, по которым предприятия не достигают соответствия технологическим показателям НДТ или нормативам выбросов (если это вещества I или II классов опасности).

В этой связи представляется более объективным оценивать показатель снижения НВОС, принимая во внимание не только физическую массу выбросов ЗВ, но и их опасность. Для этого логично учитывать установленные гигиенические нормативы, то есть, предельно допустимые концентрации (далее – ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе[12)]. Кроме того, предлагается использовать аналогичный показатель для оценки суммарного НВОС отходящих газов, в которых присутствует сразу несколько ЗВ (как для отдельного источника выделения или выбросов ЗВ, так и для промышленного объекта (предприятия) в целом).

В соответствии с приказом Минприроды России от 19 ноября 2021 г. № 871[13)] «источником выделения загрязняющих веществ» является непосредственно оборудование, которое как правило установлено внутри производственных помещений и производит выбросы (например, печи, котлы, установки, агрегаты и проч.)». В свою очередь «источниками выбросов загрязняющих веществ» является оборудование, через которое ЗВ выделяются в атмосферный воздух (трубы или вентиляционные отверстия – оборудование, которое располагается уже не внутри производственного помещения, а на границе помещения и окружающей среды)»[14)].

Негативное воздействие на атмосферный воздух (в соответствии с пониманием, которое соответствует подходам стандартов ИСО серии 14000) – это те изменения, которые происходят как в воздухе, так и в сопредельных средах в результате поступления загрязняющих веществ; следует также учитывать и другие факторы, не только химические[15)].

[12)] Постановление Главного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2 «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». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/fa69e15a74de57cbe09d3-47462434c11fcfeeaca/.

[13)] Приказ Минприроды России от 19 ноября 2021 г. № 871 «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 таких инвентаризации и корректировки». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402560/.

[14)] Приказ Минприроды России от 5 июля 2023 г. № 418 «О внесении изменений в приложения 1 и 2 к приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 октября 2022 г. № 657 «Об утверждении методик расчёта целевых показателей «Снижение совокупного объёма выбросов», «Снижение совокупного объёма выбросов опасных загрязняющих веществ в городах – участниках проекта» федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология». https://base.garant.ru/407416476/.

Основным критерием гигиенической оценки качества атмосферного воздуха является среднегодовая (а при её отсутствии – среднесуточная) предельно допустимая концентрация (далее – ПДК$_{СГ}$) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе городских и сельских поселений; считается, что присутствующее в воздухе в количествах, не превышающих ПДК$_{СГ}$, химическое вещество при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме и неблагоприятных наследственных изменений у потомства (Беспамятнов, Кротов, 1985).

Для сравнительной количественной оценки (сопоставления) реального НВОС любого i-го ЗВ предлагается использовать приведённую массу выброса ($\overline{M}_i$), которая представляет собой массу годового выброса i-го ЗВ (M_i, *т/год*) от конкретного объекта НВОС, умноженную на отношение среднегодовых предельно допустимых концентраций рассматриваемого i-го ЗВ и некоторого эталонного ЗВ:

$$\overline{M}_i = \frac{(ПДК_{СГ})_{эт}}{(ПДК_{СГ})_i} \times M_i \ , \qquad (1)$$

где i – конкретное ЗВ (SO_2, NO, NO_2 и др.), $ПДК_{СГ}$ – среднегодовая предельно допустимая концентрация этого ЗВ в атмосферном воздухе.

Приведённая годовая масса выброса ЗВ измеряется в условных тоннах в год. Отметим, что подобная формула и размерность ($\overline{M}_i$, усл. т/год) были предложены в 1980-е гг. специалистами Госкомитета по науке и технике СССР для оценки ущерба окружающей среде от выбросов загрязняющих веществ. Этот подход был описан в первых учебниках по промышленной экологии, и на их основе в 1990-е гг. разрабатывались ставки платежей за НВОС (Зайцев, 2015). В те годы эталонным загрязняющим веществом для таких расчётов и оценок считался монооксид углерода, для которого была установлена ПДК$_{СС}$ (не среднегодовая, но среднесуточная), численно равная 1 мг/м^3.

Отметим, что примерно в эти же годы были разработаны подходы к расчёту индекса загрязнения атмосферы (далее – ИЗА) (Безуглая, 1986), в котором относительная опасность различных веществ было предложено приводить к ПДК$_{СС}$ диоксида серы. ИЗА в течение многих лет используется при подготовке Росгидрометом Обзоров состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации; также он нашёл применение в Методике расчёта показателя «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха» (в настоящее время действует приказ Минприроды России от 9 сентября 2022 г. № 599[16)]).

[15)] ГОСТ Р ИСО 14001–2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.

[16)] Приказ Минприроды России от 9 сентября 2022 г. № 599 (ред. от 12.05.2023 г.) «Об утверждении методики расчёта целевого показателя «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха» федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология».

Очевидно, чем больше значение приведённой массы $\overline{M_i}$, тем выше НВОС (вне зависимости от того, какое именно вещество принято в качестве эталонного).

Значение валового выброса M_i устанавливается из отчётов об инвентаризации выбросов объекта НВОС. В качестве эталонного ЗВ в формуле (1) предлагается выбрать монооксид углерода (СО), который является одним из самых распространённых веществ, включённых в перечень[17)]; СО относится к IV классу опасности (малоопасные ЗВ) с наибольшим значением $ПДК_{СГ}$ среди приоритетных ЗВ. Поэтому отношение среднегодовых ПДК в формуле (1) будет характеризовать относительную опасность конкретного ЗВ.

Тогда количественное значение приведённой массы выброса $\overline{M_i}$ (усл. т/год) любого i-го ЗВ может быть определено как:

$$\overline{M_i} = \frac{(ПДК_{СГ})_{CO}}{(ПДК_{СГ})_i} \times M_i = \frac{3.0}{(ПДК_{СГ})_i} \times M_i, \tag{2}$$

где – $(ПДК_{СГ})_i$, $(ПДК_{СГ})_{CO}$, мг/м^3 – среднегодовые ПДК соответственно i-го ЗВ и монооксида углерода (3 мг/м^3); M_i – в зависимости от целей расчёта может являться валовым выбросом конкретного i-го ЗВ как от отдельного объекта НВОС, так и в целом по городу или даже по всем территориям эксперимента.

В свою очередь приведённая масса совокупного валового выброса всех приоритетных ЗВ в атмосферный воздух $\overline{M_\Sigma}$ будет равна сумме приведённых масс годовых валовых выбросов $\overline{M_i}$ всех ЗВ, содержащихся в поступающих в атмосферный воздух отходящих газах, рассчитанных по выражению (2):

$$\overline{M_\Sigma} = \sum_{i=1}^{k} \overline{M_i} = \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{3.0}{(ПДК_{СГ})_i} \times M_i \right), \tag{3}$$

где i – приоритетные ЗВ ($i = 1\ldots k$); k – количество приоритетных ЗВ в составе отходящих газов; M_i – как и в формуле (2) в зависимости от целей расчёта может быть валовым выбросом конкретного i-го ЗВ как от отдельного объекта НВОС, так и в целом по городу.

Чем больше значение приведённой массы совокупного валового выброса $\overline{M_\Sigma}$, тем больше НВОС.

Снижение приведённой массы совокупного выброса ЗВ за отчётный период $\Delta\overline{M}_\Sigma^{отч}$ рассчитывается как разница между начальным $\overline{M}_\Sigma^{баз}$ (базо-

[17)] Приказ Минприроды России от 6 октября 2022 г. № 657 «Об утверждении методик расчёта целевых показателей «Снижение совокупного объёма выбросов», «Снижение совокупного объёма выбросов опасных загрязняющих веществ в городах – участниках проекта» федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология». https://base.garant.ru/407416476/.

вым за 2017 г.) и конечным $\overline{M}_{\Sigma}^{отч}$ (отчётным, в нашем случае – за 2024 г.) значениями приведённых масс всех ЗВ:

$$\Delta\overline{M}_{\Sigma}^{отч} = \overline{M}_{\Sigma}^{баз} - \overline{M}_{\Sigma}^{отч}. \quad (4)$$

Достигнутый за отчётный период показатель снижения НВОС $\overline{П}$ (в %) с учётом приведённой массы выбросов оценивается как:

$$\overline{П} = 100 \times \frac{\overline{M}_{\Sigma}^{баз} - \overline{M}_{\Sigma}^{отч}}{\overline{M}_{\Sigma}^{баз}}, \quad (5)$$

В порядке апробации предложенного подхода проведём оценку сокращения выбросов загрязняющих веществ одним из объектов НВОС, реализующим химико-технологические процессы производства продукции в городе – участнике ФП «Чистый воздух».

Согласно отчётам данного предприятия, выбрасываемые в атмосферный воздух маркерными ЗВ являются сероводород и пыль неорганическая с содержанием SiO_2 20-70%. Кроме того, в воздух поступают оксиды азота NO_X, диоксид серы SO_2, монооксид углерода CO, хлор и серная кислота. Все перечисленные вещества входят в перечень приоритетных для ФП «Чистый воздух» загрязняющих веществ, выбросы которых должны быть сокращены на 20%. Есть одна оговорка: не все вещества признаны приоритетными именно для того города, в котором функционирует предприятие. Не входит в список сероводород (H_2S), характерное (маркерное) вещество для обсуждаемого предприятия.

В совокупном валовом выбросе ЗВ данного предприятия, если рассчитывать его в тоннах, основную долю составляют выбросы пыли неорганической (38.4%) и монооксида углерода (34.65%). Далее по значимости следуют выбросы NO_X (18.5%) и SO_2 (7.15%). Доля совокупного (суммарного) выброса всех остальных ЗВ не превышает 5%.

Казалось бы, в данной ситуации основные усилия по снижению НВОС следует направить на снижение валовых выбросов основных ЗВ, не уделяя особого внимания сокращению выбросов остальных веществ ввиду их малости.

Однако, если оценивать показатель снижения НВОС в соответствии с предложенным в данной работе подходом, то приведённые массы выбросов за базовый год , рассчитанные по формулам (2) и (3), будут свидетельствовать о том, что наибольший вклад в НВОС обеспечивают выбросы сероводорода (64.19%), оксидов азота (в пересчёте на NO_2 – 14.28%), пыли неорганической (11.86%) и хлора (4.79%). Вклад остальных трёх ЗВ в совокупную приведённую массу выбросов не достигает 5%.

Таким образом, перечни основных ЗВ, выбрасываемых предприятием в атмосферный воздух, при использовании этих двух подходов существенно различаются. Но приведённая масса является более объективной количественной характеристикой НВОС, и в случае сравнения выбросов разных комбинаций ЗВ большее значение $\overline{M}_{\Sigma}$ будет соответствовать большему загрязнению атмосферного воздуха. То есть, первоочередное внимание следует уделить сокращению выбросов H_2S, NO_X и пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70%.

Однако и здесь не всё так просто. Известные технологические и технические методы (в их числе и селективное некаталитическое восстановление оксидов азота) не позволяют снизить концентрации NO_X в отходящих газах до уровней, которые обеспечивали бы достижение значений установленной для предприятия квоты на выброс этих веществ. Разница существенная: лучшие мировые практики свидетельствуют о достижении концентраций 120-130 мг $NO_X/м^3$ в отходящих газах (Randall et al., 2019), а с учётом их объёма в интересах квотирования показатель должен бы быть снижен до 30 мг $NO_X/м^3$ В то же время, по данным многолетних наблюдений за состоянием атмосферного воздуха (Ефимова, Рукавишников, 2022) превышения $ПДК_{СС}$ для диоксида азота не фиксируются с 2019 г.; измеренные значения концентраций в приземном слое воздуха не превышают 0.065 мг $NO_2/м^3$. Возникает очевидный вопрос: целесообразно ли инвестировать средства в поиск методов снижения концентрации NO_X, если вклад обсуждаемого НВОС в приземные концентрации этих веществ составляет соответственно 6% и 9%?

Подчеркнём: мероприятия по сокращению выбросов сероводорода, неорганической пыли и хлора предприятием уже реализованы. Удалось добиться и комплексного подхода к сокращению загрязнения окружающей среды: одновременно снижены и сбросы хлора в водный объект (что способствует снижению риска образования хлорорганических веществ) и его выбросы в атмосферный воздух. Между тем, экспериментальные работы, направленные на снижение концентрации NO_X в выбросах со 150-155 мг/м^3 до 120-130 мг/м^3, ведутся.

Но вернёмся к плановому (целевому) показателю снижения выбросов ЗВ в городе – участнике ФП «Чистый воздух». В случае применения предлагаемого в данной работе подхода картина выглядит вполне приемлемо: при сопоставлении приведённых масс веществ, выброшенных предприятием в атмосферный воздух в 2017 г. и 2024 г. (в том числе выбросов веществ II класса опасности (хлора и H_2S)), можно видеть, что разница составляет 250 тыс. усл. т (около 45%). Отметим также, что даже при оценке результатов, достигнутых обсуждаемым предприятием, в единицах физической массы загрязняющих веществ, учёт мероприятий по снижению выбросов хлора и H_2S позволяет сделать вывод о том, что снижение выбросов приближается к 18% (65 тыс. т) (рис. 1).

Причём плановый показатель снижения выбросов достигнут по загрязняющим веществам, для которых вклад данного объекта НВОС в приземные концентрации приближается к 100% (Ефимова, Рукавишников, 2022), что нельзя считать несущественным достижением.

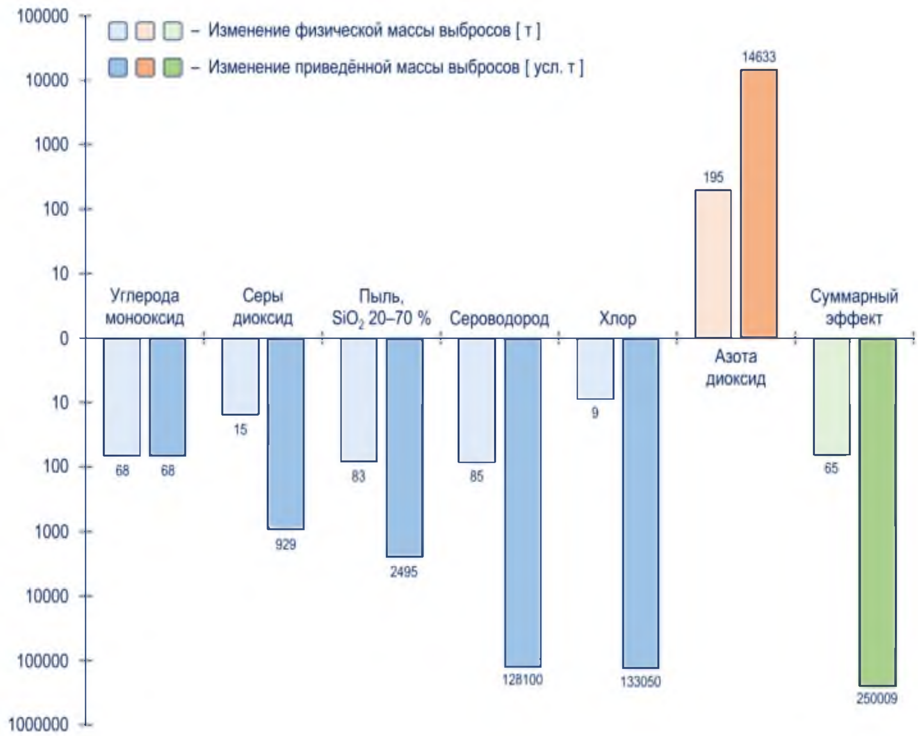

Рисунок 1. Изменение выбросов приоритетных загрязняющих веществ (2017-2024 гг.) (составлен авторами)

Figure 1. Changes in emissions of priority pollutants (2017-2024) (compiled by the authors)

Заключение

Таким образом, в данной статье проанализированы подходы к (1) установлению квот выбросов загрязняющих веществ и (2) оценке достигнутых результатов эксперимента по квотированию выбросов, применяемых в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух».

Предложено учитывать при оценке достижения планового показателя снижения выбросов загрязняющих веществ в рамках эксперимента по их квотированию в городах – участниках ФП «Чистый воздух» приведённую массу ЗВ (в условных тоннах). Этот подход позволяет:

– дифференцировать выбросы ЗВ в атмосферный воздух с учётом относительной опасности химических веществ;

– более объективно оценивать НВОС, обусловленное как поступлением в атмосферный воздух отдельных ЗВ, так и всей совокупностью выбросов загрязняющих веществ в городах – участниках эксперимента;

– целенаправленно и более обосновано разрабатывать программы мероприятий по достижению плановых показателей снижения НВОС, обусловленного выбросами загрязняющих веществ промышленными предприятиями.

В дальнейшем предложенный подход можно было бы использовать и для совершенствования методики установления квот на выбросы ЗВ в рамках расширения ФП «Чистый воздух», учитывая также вклад конкретных объектов НВОС в загрязнение атмосферного воздуха приоритетными веществами и наличие технологических и технических решений для их сокращения.

Список литературы

Безуглая, Э.Ю. (1986) *Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований*, Ленинград, Гидрометеоиздат, 200 с.

Беспамятнов, Г.П., Кротов, Ю.А. (1985) *Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде*, Ленинград, Химия, 528 с.

Бочкарева, Л.В. (2013) Анализ, синтез и предвидение как основные мыслительные операции, лежащие в основе аналитико-синтетической компетентности, *Фундаментальные исследования*, № 4, с. 959-963.

Бутовский, Р.О., Олейникова, М.И. (2015) Сравнительная эффективность НДТ на основании универсальных критериев на примере целлюлознобумажной промышленности, *Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности*, Москва, Перо, т. 3, с. 11-34.

Гусева, Т.В., Бегак, М.В., Молчанова, Я.П., Макеенко, П.А. (2016) Существенные и маркерные показатели в экологическом нормировании на основе наилучших доступных технологий и оценке экологической результативности предприятий I категории, *Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности*, Москва, Перо, т. 5, с. 4-19.

Дайман, С.Ю., Гусева, Т.В., Заика, Е.В., Сокорнова, Т.В. (2010) С*истемы экологического менеджмента: практический курс*, Москва, Форум, 336 с.

Ефимова, Н.В., Рукавишников, В.С. (2022) Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Братска на основе анализа многолетних наблюдений, *Гигиена и санитария*, т. 101, № 9, с. 998-1003.

Зайцев, В.А. (2015) *Промышленная экология*, 2-е изд., Москва, Лаборатория знаний, 385 с.

Зайцева, Н.В., Май, И.В., Кирьянов, Д.А., Горяев, Д.А. (2022) Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации, *Анализ риска здоровью*, № 4, с. 4-17.

Израэль, Ю.А. (1974) Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка изменения состояния окружающей среды. Основы мониторинга, *Метеорология и гидрология*, № 7, с. 14-21.

Израэль, Ю.А. (1984) *Экология и контроль состояния природной среды*, 2-е издание, Ленинград, Гидрометеоиздат, 560 с.

Израэль, Ю.А. (1990) Философия мониторинга, *Метеорология и гидрология*, № 6, с. 5-10.

Павлов, Н.И., Кулеш, М.М. (2000) Глобальные системы мониторинга окружающей среды и фоновый мониторинг, *Вестник ТГЭУ*, № 4 (16), URL: https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-sistemy-monitoringa-okruzhayuschey-sredy-i-fonovyy-monitoring (дата обращения: 14.04.2025).

Путятин, Д.П., Оводков, М.В. (2022) Научно-методическое сопровождение федерального проекта «Чистый воздух» и эксперимента по квотированию выбросов, *Охрана окружающей среды и заповедное дело*, № 3, с. 49-59.

Скобелев, Д.О. (2020) *Наилучшие доступные технологии: опыт повышения ресурсной и экологической эффективности производства*, Москва, АСМС, 257 с.

Скобелев, Д.О. (2022) Очередной этап развития системы эколого-технологического регулирования промышленности в России, *Экономика устойчивого развития*, № 1 (49), с. 83-89.

Скобелев, Д.О., Волосатова, А.А., Гусева, Т.В., Панова, С.В. (2022) Применение концепции наилучших доступных технологий в различных системах зелёного финансирования: международный опыт и перспективы использования в государствах-членах Евразийского экономического союза, *Вестник евразийской науки*, т. 14, № 2, URL: https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf (дата обращения: 14.04.2025).

Gizatullina, G., Nikolaev, M., Valeeva, E., Gaifullina, R., Zaikina, E. (2024) Priority Air Pollutants as Global Risk Factors for Public Health (on the Example of Kazan), *Proceedings of the 24th International Multidisciplinary Conference SGEM 2024*, vol. 24, issue 5.1, doi: 10.5593/sgem2024/5.1/s20.28.

Marazza, D., Bandini, V., Contin, A. (2010) Ranking Environmental Aspects in Environmental Management Systems: A New Method Tested on Local Authorities, *Environment International*, vol. 36, pp. 168-179.

Marie, D., Villot, J., Gaucher, R., Amardeil, A., Laforest, V. (2024) Enhancing Environmental Performance: A Method for Identifying and Prioritizing Key Environmental Issues in Industry, *Clean Technologies*, vol. 6 (4), pp. 1653-1676, doi: https://doi.org/10.3390/cleantechnol6040080.

OECD (2017) *Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution. Activity 1: Policies on BAT or Similar Concepts across the World*, OECD, Environment Directorate, URL: https://www.oecd.org/en/publications/best-available-techniques-bat-for-preventing-and-controlling-industrial-pollution-activity-1-policies-on-bat-or-similar-concepts-across-the-world_51381dbf-en.html (accessed: 14.04.2025).

Randall, D.D., Richardson Fry, C., Schaffner, K.S. (2019) *Selective Non-Catalytic Reduction*, US EPA, URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-12/documents/sncrcostmanualchapter7thedition20162017revisions.pdf (accessed: 14.04.2025).

References

Bezuglaya, E.Yu. (1986) *Monitoring sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodah. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij* [Monitoring of the State of Atmospheric Pollution in Cities. Experimental Research Results], Leningrad, Russia, 200 p.

Bespamyatnov, G.P., Krotov, Yu.A. (1985) *Predel'no dopustimye koncent-racii himicheskih veshchestv v okruzhayushchej srede* [Maximum Permissible Concentrations of Chemicals in the Environment], Leningrad, Russia, 528 p.

Bochkareva, L.V. (2013) Analiz, sintez i predvidenie kak osnovnye myslitel'nye operacii, lezhashchie v osnove analitiko-sinteticheskoj kompetentnosti [Analysis, synthesis and foresight as the main mental operations underlying analytical and synthetic competence], *Fundamental'nye issledovaniya*, no. 4, pp. 959-963.

Butovskij, R.O., Olejnikova, M.I. (2015) Sravnitel'naya effektivnost' NDT na osnovanii universal'nyh kriteriev na primere cellyuloznobumazhnoj promyshlennosti [Comparative Effectiveness of Scientific and Technological Progress Based on Universal Criteria Using the Pulp and Paper Industry as an Example], *Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Opredelenie markernyh veshchestv v razlichnyh otraslyah promyshlennosti* [Best Available Techniques. Identification of Marker Substances in Various Industries], vol. 3, Moscow, Russia, pp. 11-34.

Guseva, T.V., Begak, M.V., Molchanova, Ya.P., Makeenko, P.A. (2016) Sushchestvennye i markernye pokazateli v ekologicheskom normirovanii na osnove nailuchshih dostupnyh tekhnologij i ocenke ekologicheskoj rezul'tativnosti predpriyatij I kategorii [Essential and Marker Indicators in Environmental Regulation Based on the Best Available Techniques and Assessment of Environmental Performance of Category I Enterprises], *Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Opredelenie markernyh veshchestv v razlichnyh otraslyah promyshlennosti* [Best Available Techniques. Identification of Marker Substances in Various Industries], vol. 5, Moscow, Russia, pp. 4-19.

Dajman, S.Yu., Guseva, T.V., Zaika, E.V., Sokornova, T.V. (2010) *Sistemy ekologicheskogo menedzhmenta: prakticheskij kurs* [Environmental Management Systems: a Practical Course], Moscow, Russia, 336 p.

Efimova, N.V., Rukavishnikov, V.S. (2022) Ocenka zagryazneniya atmosfernogo vozduha g. Bratska na osnove analiza mnogoletnih nablyudenij [Assessment of Atmospheric Air Pollution in Bratsk Based on the Analysis of Long-Term Observations], *Gigiena i sanitariya*, vol. 101, no. 9, pp. 998-1003.

Zajcev, V.A. (2015) *Promyshlennaya ekologiya* [Industrial Ecology], 2nd edition, Moscow, Russia, 385 p.

Zajceva, N.V., Maj, I.V., Kir'yanov, D.A., Goryaev, D.A. (2022) Nauchnoe obosnovanie prioritetnyh veshchestv, ob"ektov kvotirovaniya i napravlenij dejstvij po snizheniyu aerogennyh riskov zdorov'yu naseleniya pri realizacii polnomochij sanitarnoj sluzhby Rossijskoj Federacii [Scientific Substantiation of Priority Substances, Quota Facilities and Directions of Actions to Reduce Aerogenic Risks to Public Health in the Implementation of the Powers of the Sanitary Service of the Russian Federation], *Analiz riska zdorov'yu*, no. 4, pp. 4-17.

Izrael', Yu.A. (1974) Global'naya sistema nablyudenij. Prognoz i ocenka izmeneniya sostoyaniya okruzhayushchej sredy. Osnovy monitoring [The Global Observing System. Forecast and Assessment of Environmental Changes. Basics of Monitoring], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 7, pp. 14-21.

Izrael', Yu. A. (1984) *Ekologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoj sredy* [Ecology and Control of the Natural Environment], 2nd edition, Leningrad, Russia, 560 p.

Izrael', Yu.A. (1990) Filosofiya monitoring [The Philosophy of Monitoring], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 6, pp. 5-10.

Pavlov, N.I., Kulesh, M.M. (2000) Global'nye sistemy monitoringa okruzhayushchej sredy i fonovyj monitoring [Global Environmental Monitoring Systems and Background Monitoring], *Vestnik TGEU*, no. 4 (16), URL: https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-sistemy-monitoringa-okruzhayuschey-sredy-i-fonovyy-monitoring (accessed: 14.04.2025).

Putyatin, D.P., Ovodkov, M.V. (2022) Nauchno-metodicheskoe soprovozhdenie federal'nogo proekta «Chistyj vozduh» i eksperimenta po kvotirovaniyu vybrosov [Scientific and Methodological Support of the Federal Project “Clean Air” and the Experiment on Emission Quotas], *Ohrana okruzhayushchej sredy i zapovednoe delo*, no. 3, pp. 49-59.

Skobelev, D.O. (2020) *Nailuchshie dostupnye tekhnologii: opyt povysheniya resursnoj i ekologicheskoj effektivnosti proizvodstva* [Best Available Techniques: Experience in Increasing Resource and Environmental Efficiency of Production], Moscow, Russia, 257 p.

Skobelev, D.O. (2022) Ocherednoj etap razvitiya sistemy ekologo-tekhnologicheskogo regulirovaniya promyshlennosti v Rossii [The Next Stage in the Development of the System of Environmental and Technological Regulation of Industry in Russia], *Ekonomika ustojchivogo razvitiya*, no. 1 (49), pp. 83-89.

Skobelev, D.O., Volosatova, A.A., Guseva, T.V., Panova, S.V. (2022) Primenenie koncepcii nailuchshih dostupnyh tekhnologij v razlichnyh sistemah zelyonogo finansirovaniya: mezhdunarodnyj opyt i perspektivy ispol'zovaniya v gosudarstvah-chlenah Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza [Application of the Best Available Techniques Concept in Various Systems of Green Finance:

International Experience and Prospects in the Member-States of the Eurasian Economic Union], *Vestnik evrazijskoj nauki*, vol. 14, no. 2, URL: https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf (accessed: 14.04.2025).

Gizatullina, G., Nikolaev, M., Valeeva, E., Gaifullina, R., Zaikina, E. (2024) Priority Air Pollutants as Global Risk Factors for Public Health (on the Example of Kazan), *Proceedings of the 24th International Multidisciplinary Conference SGEM 2024*, vol. 24, issue 5.1, doi: 10.5593/sgem2024/5.1/s20.28.

Marazza, D., Bandini, V., Contin, A. (2010) Ranking Environmental Aspects in Environmental Management Systems: A New Method Tested on Local Authorities, *Environment International*, vol. 36, pp. 168-179.

Marie, D., Villot, J., Gaucher, R., Amardeil, A., Laforest, V. (2024) Enhancing Environmental Performance: A Method for Identifying and Prioritizing Key Environmental Issues in Industry, *Clean Technologies*, vol. 6 (4), pp. 1653-1676, doi: https://doi.org/10.3390/cleantechnol6040080.

OECD (2017) *Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution. Activity 1: Policies on BAT or Similar Concepts across the World*, OECD, Environment Directorate, URL: https://www.oecd.org/en/publications/best-available-techniques-bat-for-preventing-and-controlling-industrial-pollution-activity-1-policies-on-bat-or-similar-concepts-across-the-world_51381dbf-en.html (accessed: 14.04.2025).

Randall, D.D., Richardson Fry, C., Schaffner, K.S. (2019) *Selective Non-Catalytic Reduction*, US EPA, URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-12/documents/sncrcostmanualchapter7thedition20162017revisions.pdf (accessed: 14.04.2025).

Статья поступила в редакцию (Received): 24.04.2025.
Статья доработана после рецензирования (Revised): 21.04.2025.

Для цитирования / For citation:

Росляков, П.В., Кондратьева, О.Е., Тихонова, И.О., Бурвикова, Ю.Н. (2025) К вопросу об объективной оценке показателей снижения выбросов загрязняющих веществ в рамках выполнения федерального проекта «Чистый воздух», *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXVI, № 1-2, с. 107-125, doi:10.24412/2782-3237-2025-1-2-107-125.

Roslyakov, P.V., Kondratyeva, O.E., Tikhonova, I.O., Burvikova, Yu.N. (2025) On the issue of an objective assessment of pollutant emissions reduction within the framework of the implementation of the "Clean Air" federal project, *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, vol. XXXVI, no. 1-2, pp. 107-125, doi:10.24412/2782-3237-2025-1-2-107-125.