

УДК 504.06

DOI 10.17513/use.38040

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КАК ИНСТРУМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Шкрабтак Н.В., Праскова Ю.А., Фролова Н.А.

*ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет», Благовещенск,
e-mail: mmip2013@mail.ru*

В настоящее время проблема обеспечения необходимого уровня качества окружающей среды и в первую очередь атмосферного воздуха является достаточно острой для России. Одним из базовых инструментов государственного механизма охраны окружающей среды является мониторинг, обеспечивающий исходной информацией для последующего анализа и принятия решений в области экологической политики. Загрязнение воздуха представляет собой сложную смесь газообразных и взвешенных компонентов, меняющуюся в пространстве и во времени. После быстрой индустриализации загрязнение воздуха стало одной из самых важных экологических проблем во всем мире. Даже кратковременное воздействие загрязненного воздуха в концентрациях, превышающих нормативные, может вызвать кашель разной степени, затруднение дыхания и другие симптомы. Проведена сравнительная характеристика состава и структуры выбросов. Рассмотрено распределение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от стационарных и передвижных источников в разрезе федеральных округов. Авторами произведены исследования по определению выбросов на миллион рублей валового регионального продукта. Произведено сопоставление вклада каждого федерального округа в общее загрязнение атмосферного воздуха в стране с его вкладом в ВВП страны.

Ключевые слова: экология, мониторинг, качество воздуха, стационарные источники, передвижные источники, динамика выбросов

AIR QUALITY MONITORING AS A TOOL OF THE STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION MECHANISM

Shkrabtak N.V., Praskova Yu.A., Frolova N.A.

Amur State University, Blagoveschensk, e-mail: mmip2013@mail.ru

At present, the problem of ensuring the required level of environmental quality, and first of all, atmospheric air, is quite acute for modern Russia. One of the basic tools of the state mechanism of environmental protection is monitoring, which provides initial information for subsequent analysis and decision-making in the field of environmental policy. Air pollution is a complex mixture of gaseous and particulate components that varies in space and time. After rapid industrialization, air pollution has become one of the most important environmental problems worldwide. Even short-term exposure to polluted air at concentrations exceeding the guidelines can cause varying degrees of coughing, difficulty breathing, and other symptoms. A comparative characteristic of the composition and structure of emissions has been carried out. The distribution of pollutants in the atmospheric air from stationary and mobile sources in the context of federal districts is considered. The authors carried out studies to determine emissions per million rubles of gross regional product. The contribution of each federal district to the total atmospheric air pollution in the country is compared with its contribution to the country's GDP.

Keywords: ecology, monitoring, air quality, stationary sources, mobile sources, emission dynamics

Проблема обеспечения необходимого уровня качества окружающей среды и в первую очередь атмосферного воздуха является достаточно острой для современной России. Одним из базовых инструментов государственного механизма охраны окружающей среды является мониторинг, обеспечивающий исходной информацией для последующего анализа и принятия решений в области экологической политики. Загрязнение окружающей среды вызывает озабоченность уже много лет. Оно представляет собой сложную смесь газообразных и взвешенных компонентов, меняющуюся в пространстве и во времени. После быстрой индустриализации загрязнение воздуха стало одной из самых важных экологических проблем во всем мире. Россия добилась значительных успехов в экономике за последние десятилетия,

в то время как рост ВВП и защита окружающей среды были разбалансированы, что привело к таким тяжелым условиям, как высокое потребление ресурсов и сильное загрязнение окружающей среды. Защита окружающей среды, особенно защита воздуха, считается важной проблемой во всей России. Некоторые ученые обнаружили, что более крупная экономика может увеличить загрязнение воздуха, сохраняя при этом политику охраны окружающей среды неизменной. Другие ученые установили, что некоторые загрязнители воздуха оказывают негативное влияние на здоровье человека. Поэтому синергия между окружающей средой и экономикой и влияние окружающей среды на здоровье людей являются ключевыми вопросами, которые должны быть решены правительствами во всем мире [1].

Быстрая урбанизация и индустриализация ускорили загрязнение воздуха в городах. Качество жизни в городах напрямую зависит от состояния воздуха. Это касается в первую очередь здоровья горожан: загрязненный воздух негативно влияет на состояние легких и сердца, иммунной, нервной и репродуктивной систем и может стать одним из факторов, которые провоцируют развитие онкологических заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения, дышат воздухом с повышенным содержанием загрязнителей 9 из 10 чел. При этом ежегодно умирают 7 млн чел. вследствие загрязнения воздуха внутри помещения и атмосферного [2].

Все чаще признается, что реализация стратегий по сокращению загрязнения может иметь существенные преимущества для здоровья. Это привело к созданию индексов качества воздуха, которые используются для анализа серьезности загрязнения воздуха и уровня риска для здоровья, возникающего в результате загрязнения воздуха твердыми частицами и газами. Хотя управление качеством воздуха в развитых странах было несколько успешным, есть возможности для дальнейшего совершенствования. Что касается развивающихся стран, то повышенный спрос на энергию, индустриализация и рост населения требуют более эффективного управления качеством воздуха. Индексы качества воздуха сообщают людям о точном состоянии качества воздуха, что приводит как к осознанию, так и к самоанализу необходимых изменений в правилах и действиях. В раз-

личных регионах мира используются различные индексы. Воздействие на людей загрязнителей, которые в основном находятся в открытом воздухе, также может влиять на внутреннюю среду. Здания лишь частично защищают находящихся внутри людей. Наружное загрязнение является достаточно стойким, чтобы проникать в окружающую среду внутри помещений и вызывать устойчивое сильное воздействие некоторых загрязняющих веществ на находящихся в них людей. Поэтому крайне важно понимать связь между конкретными источниками загрязняющих веществ и результирующим воздействием на население, чтобы иметь надлежащее управление качеством воздуха. Цель работы – проведение систематического обзора для оценки состояния атмосферного воздуха и определения выбросов на миллион рублей валового регионального продукта.

Материалы и методы исследования

Литературный обзор включал в себя полнотекстовые оригинальные и обзорные статьи на русском и английском языках. Глубина поиска составляет 10 лет, с 2012 по 2021 г. Общая методология междисциплинарных исследований представлена комплексом методологических подходов: экономического, экологического, аналитико-синтетического, статистического.

Результаты исследования и их обсуждение

Представим динамику объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Российской Федерации (рис. 1).

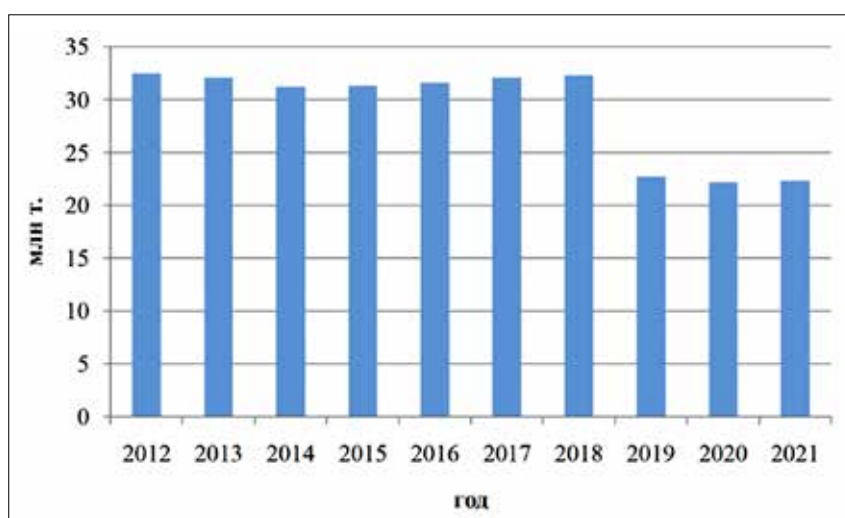


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ за 2012–2021 гг.
 Источник: составлено авторами на основе данных Росстата (статистический сборник «Охрана окружающей среды в России») [3]

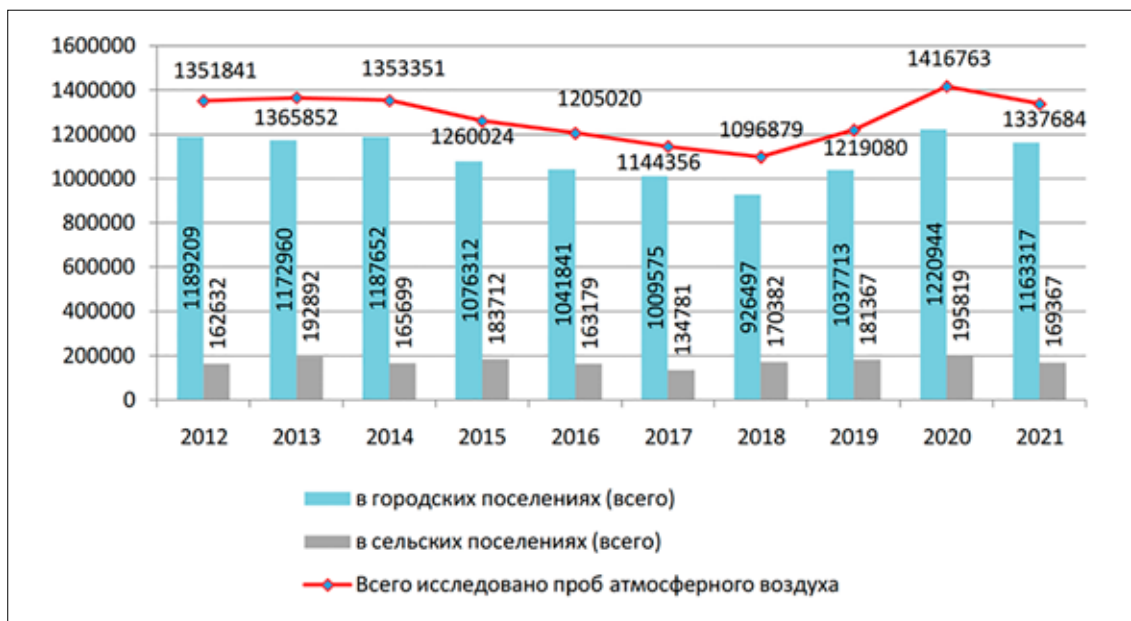


Рис. 2. Динамика количества проб атмосферного воздуха населенных мест
 Источник: данные Роспотребнадзора (Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году») [4]

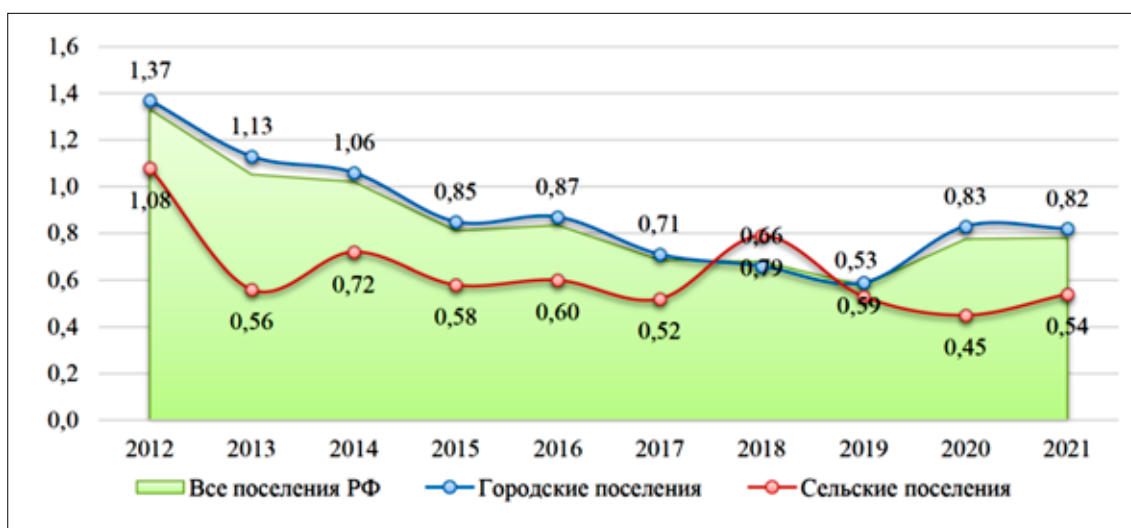


Рис. 3. Доля (%) проб атмосферного воздуха с превышением ПДК
 Источник: данные Роспотребнадзора (Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году») [4]

Как видно из представленных данных, количество выбросов загрязняющих атмосферу веществ в 2021 г. сократилось на 31,4%. При этом общий объем выбросов загрязняющих веществ в 2021 г. увеличился на 0,4% по сравнению с 2020 г. и составил 22,3 млн т [3].

В 2021 г. был проанализирован атмосферный воздух на территории Российской Федерации на содержание 54 химических веществ и групп веществ. Результаты по-

лученных исследований представлены на рис. 2. На территории сельских поселений проанализировано более 169,3 тыс. проб воздуха, что на 4,1% больше, чем в 2012 г., городских – свыше 1163 тыс. проб [4].

За анализируемый период (2012–2021 гг.) наблюдалась тенденция к снижению неудовлетворительных проб атмосферного воздуха с превышением ПДК на 44,5% по сравнению с уровнем 2012 г. (рис. 3).

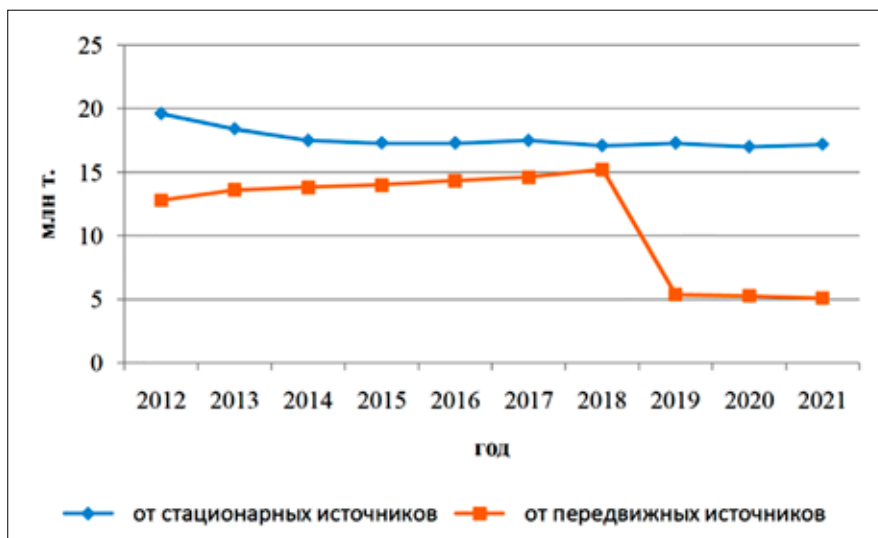


Рис. 4. Динамика выбросов от стационарных и передвижных источников
 Источник: составлено авторами на основе данных Росстата
 (статистический сборник «Охрана окружающей среды в России») [3]

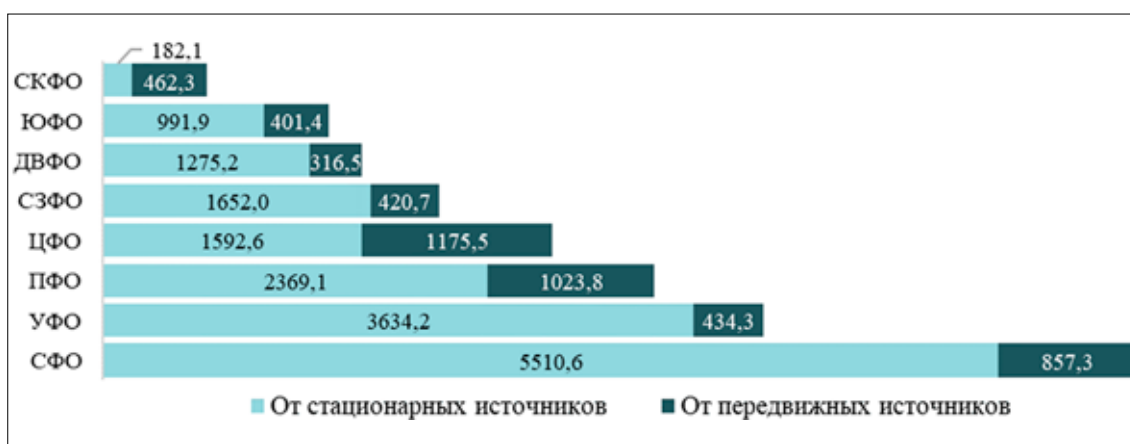


Рис. 5. Распределение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе
 в разрезе федеральных округов в 2021 г., тыс. т.
 Источник: данные Росприроднадзора (Государственный доклад
 «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году») [5]

В городских поселениях данный показатель снизился на 40,1%, в сельских поселениях – на 50% [4].

Согласно данным Роспотребнадзора, в 68 регионах превышены предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. При этом превышение среднероссийского показателя доли проб атмосферного воздуха (0,82%), превышающего ПДК, отмечается на территории городских поселений в 19 субъектах Российской Федерации [4]. Выбросы от стационарных источников увеличились на 1,1% и в 2021 г. составили 17,2 млн т

(рис. 4) [3]. Согласно представленным данным количество вредных выбросов от передвижных источников сократилось на 60,1% по сравнению с 2012 г. и на 3,8% по сравнению с 2021 г.

Высокий уровень воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от стационарных источников в 2021 г. зафиксирован в Сибирском федеральном округе (5510,6 тыс. т). Наименьшее количество загрязняющих веществ в Северо-Кавказском федеральном округе от стационарных источников составило 182,1 тыс. т (рис. 5) [5].



Рис. 6. Динамика основных загрязняющих выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников, тыс. т.
 Источник: данные Росстата (2012–2017 гг.) и Росприроднадзора (2018–2021 гг.) (Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году») [5]

Поскольку промышленная деятельность способствует снижению качества воздуха, важно решить эту проблему и определить новые пути улучшения ситуации. Поскольку промышленные предприятия выбрасывают в окружающий воздух ряд загрязняющих веществ, нам необходимо понять источники загрязнения в этих отраслях и природу загрязняющих веществ, чтобы разработать эффективные стратегии контроля. Знание глобального сценария и тенденций выбросов на различных промышленных объектах может дать нам общую картину загрязнителей, которые обнаруживаются в атмосферном воздухе вокруг этих источников, и того, как они могут влиять на качество воздуха [6].

Среди загрязняющих веществ, выбрасываемых этими объектами, основными являются летучие органические соединения (ЛОС), твердые частицы и парниковые газы, обнаруживаемые в окружающем воздухе вблизи промышленных, относятся как к ароматическим, так и к алифатическим типам. Углеводороды, как алифатические, так и ароматические, являются основными ЛОС (летучими органическими соединениями).

Ароматические ЛОС в основном состоят из бензола, толуола, этилбензола и ксилола, и бензол вызывает особую озабоченность, поскольку он канцерогенен. ЛОС связаны

с рядом потенциальных последствий для здоровья. Кратковременное воздействие ЛОС может вызвать головокружение, усталость, тошноту и депрессию. Воздействие некоторых ЛОС может даже привести к мутациям и раку, а другие могут вызвать повреждение центральной нервной системы, почек и печени [7].

Динамика выбросов распространенных загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников представлена на рис. 6.

Эти выбросы могут значительно снизить качество воздуха и вызвать краткосрочные и долгосрочные последствия для здоровья людей. Единственный способ улучшить ситуацию – это детально проанализировать процесс и операции и определить области, где можно принять меры контроля для сокращения этих выбросов.

Обнаружение летучих органических соединений в воздухе обычно осуществляется по одной из двух стратегий: активного и пассивного отбора проб. При активном отборе проб насос всасывает воздух из места отбора проб через адсорбирующую подложку с определенной скоростью потока, либо в сборный контейнер, либо к находящемуся на месте датчику непрерывного действия, в зависимости от типа ЛОС и измеряемой концентрации.

Преимущества использования активных пробоотборников заключаются в сбо-

ре проб большего объема и независимости от факторов окружающей среды, в отличие от пассивных пробоотборников. С другой стороны, пассивный отбор проб не требует использования насосов для отбора проб воздуха, а использует принцип диффузии через статический слой воздуха в собирающую среду. Например, значок, содержащий сорбент, находится в контакте с воздухом в течение определенного времени. Поскольку пассивный отбор проб не требует использования насосов, он менее громоздкий и простой в использовании. Это дешевле, чем активный отбор проб, но зависит от неконтролируемых факторов окружающей среды.

В городских районах качество воздуха снижается из-за комбинированного воз-

действия промышленных выбросов и выбросов от транспортных средств. С учетом вышесказанного целесообразным видится использование результатов и анализа мониторинга качества атмосферного воздуха в качестве некоей отправной точки для определения основных направлений экологической политики в регионах.

Так, авторами были произведены исследования по определению выбросов на миллион рублей валового регионального продукта. В качестве исходной информации взяты данные рис. 5 и данные Федеральной службы государственной статистики по валовому продукту в Российской Федерации за 2021 г. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Выбросы в атмосферный воздух, кг на 1 млн руб. валового продукта

Наименование субъекта	Выбросы в атмосферный воздух, тыс. т	Валовой продукт, тыс. руб.	Выбросы, кг/1 млн руб. ВП
Российская Федерация	22299,5	121 182 987 500	184,015
Центральный федеральный округ	2768,1	41 685 337 015,2	66,405
Северо-Западный федеральный округ	2072,7	16 611 895 275,5	124,772
Южный федеральный округ (с 29.07.2016)	1393,3	7 952 016 608,6	175,213
Северо-Кавказский федеральный округ	644,4	2 695 611 226,2	239,055
Приволжский федеральный округ	3392,9	16 878 414 373,3	201,020
Уральский федеральный округ	4068,5	16 698 970 133,8	243,638
Сибирский федеральный округ	6367,9	11 287 168 006,8	564,172
Дальневосточный федеральный округ	1591,7	7 373 574 860,6	215,865

Примечание: составлено авторами на основе данных Росстата (статистический сборник «Охрана окружающей среды в России») [3] и (Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году») [5].



Рис. 7. Выбросы в атмосферный воздух по федеральным округам в 2021 г., кг на 1 млн руб. ВРП
Источник: составлено авторами

Таблица 2

Вклад федеральных округов в ВВП и в загрязнение атмосферного воздуха

Наименование субъекта	Валовой продукт, тыс. руб.	Доля субъекта в ВВП, %	Выбросы в атмосферный воздух, тыс. т	Доля субъекта в выбросах, %
Российская Федерация	121 182 987 500	100	22299,5	100
Центральный федеральный округ	41 685 337015,2	34,40	2768,1	12,41
Северо-Западный федеральный округ	16 611 895275,5	13,71	2072,7	9,29
Южный федеральный округ (с 29.07.2016)	7 952 016 608,6	6,56	1393,3	6,25
Северо-Кавказский федеральный округ	2 695 611 226,2	2,22	644,4	2,89
Приволжский федеральный округ	16 878 414373,3	13,93	3392,9	15,22
Уральский федеральный округ	16 698 970133,8	13,78	4068,5	18,24
Сибирский федеральный округ	11 287 168006,8	9,31	6367,9	28,56
Дальневосточный федеральный округ	7 373 574 860,6	6,08	1591,7	7,14

Примечание: составлено авторами на основе данных Росстата (статистический сборник «Охрана окружающей среды в России» [3] и Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году») [5].

Как видно из полученных результатов, из восьми федеральных округов только в трех (Центральном, Северо-Западном и Южном) выбросы в атмосферный воздух на 1 млн руб. валового регионального продукта ниже, чем в среднем по Российской Федерации. Самое значительное превышение этого показателя наблюдается в Сибирском федеральном округе (более чем в 3 раза). В Северо-Кавказском и Уральском округах превышение среднероссийского показателя составляет около 30% (рис. 7).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости корректировки реализуемой региональной экологической политики в сторону снижения выбросов в атмосферный воздух, прежде всего в Сибирском, Уральском и Северо-Кавказском федеральных округах.

Видится интересным также сопоставление вклада каждого федерального округа в общее загрязнение атмосферного воздуха в стране с его вкладом в ВВП страны. На основе данных рис. 5 и статистической информации нами получены следующие результаты (табл. 2).

Как видно из полученных данных, в целом вклад федеральных округов в создание валового внутреннего продукта Российской Федерации и в общее загрязнение атмосферы

воздуха совпадает. Позитивное исключение составляют Центральный федеральный округ (доля в ВВП страны составляет 34,4%, а в загрязнении атмосферного воздуха – всего 12,41%) и Северо-Западный федеральный округ (13,71 и 9,29% соответственно). Негативно отличается Сибирский федеральный округ: при вкладе в ВВП 9,31%, доля в загрязнении атмосферного воздуха составляет 28,56%.

Полученные результаты, основанные на мониторинге качества атмосферного воздуха, также свидетельствуют о том, что в Сибирском федеральном округе необходимо планировать и реализовывать региональную политику, в том числе и экологическую, с учетом этих данных.

Заключение

В результате проведенного анализа было установлено, что количество выбросов загрязняющих атмосферу веществ в десятилетнем разрезе сократилось. Однако отмечается увеличение количества выбросов от стационарных источников. При этом отмечается их неравномерность по федеральным округам. Так, высокий уровень воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от стационарных источников в 2021 г. зафиксирован в Сибирском

федеральном округе, наименьшее количество загрязняющих веществ – в Северо-Кавказском федеральном округе. Нами получены данные по определению выбросов на 1 млн руб. валового регионального продукта. Только в трех федеральных округах выбросы в атмосферный воздух на 1 млн руб. валового регионального продукта ниже, чем в среднем по Российской Федерации. Вклад федеральных округов в создание валового внутреннего продукта Российской Федерации и в общее загрязнение атмосферного воздуха совпадает.

В целях снижения выбросов в атмосферный воздух целесообразно выстраивать региональную, в том числе экологическую, политику с учетом результатов, полученных в ходе мониторинга, а также использовать мониторинг качества атмосферного воздуха в качестве инструмента государственного механизма охраны окружающей среды. В рамках национальной экологической политики приоритетом является выравнивание качества окружающей среды во всех регионах страны. Поэтому региональная экологическая политика должна выстраиваться с учетом данного вектора развития

и учитывать неравномерность выбросов в регионах при создании валового регионального продукта.

Список литературы

1. Han L., Zhou W., Li W., & Li L. Impact of urbanization level on urban air quality: A case of fine particles (PM_{2.5}) in Chinese cities // *Environmental Pollution*. 2014. Vol. 194. P. 163–170.
2. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/> (дата обращения: 01.02.2023).
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.02.2023).
4. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 01.02.2023).
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году» [Электронный ресурс]. URL: <https://2021.ecology-gosdoklad.ru/doklad/atmosfernyy-vozduh/vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv/> (дата обращения: 01.02.2023).
6. Hakkim H. et al. Air pollution scenario analyses of fleet replacement strategies to accomplish reductions in criteria air pollutants and 74 VOCs over India // *Atmospheric Environment*. 2022. Vol. 13. P. 100150.
7. Rovira J. et al. Environmental impact and human health risks of air pollutants near a large chemical/petrochemical complex: Case study in Tarragona, Spain // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 787. P. 147550.