

УДК 502.3:504.1

Регион: экономика и социология, 2024, № 3 (123), с. 222–250

Д.Ю. Верченко, А.И. Пыжев, М.В. Курбатова

**ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА
ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ
В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ
РЕГИОНОВ СИБИРИ**

Проблема загрязнения воздуха российских городов не утрачивает своей актуальности как один из важнейших вызовов социально-экономического развития страны. В статье представлены результаты исследования факторов загрязнения атмосферного воздуха от стационарных источников в муниципальных образованиях Сибирского федерального округа в 2008–2020 гг. С использованием эконометрического моделирования панельных данных, в том числе с контролем возможной эндогенности, установлено положительное влияние объема отгруженной продукции и инвестиций в основной капитал на загрязнение атмосферного воздуха. Затраты на охрану окружающей среды на данном этапе развития муниципальных образований не сопровождаются сокращением загрязнений, что может свидетельствовать о дефицитах инвестиций в природоохранные мероприятия. Увеличение числа источников теплоснабжения приводит к росту выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников. Выявлен разрыв в загрязнении между территориями с разными типами преобладающих производств; установлена различная степень влияния указанных факторов в зависимости от типа и отраслевой специализации муниципального образования.

Развитие исследований социально-экономических причин загрязнения атмосферного воздуха на муниципальном уровне необходимо для формирования эффективных стратегий оптимизации выбросов загрязняющих веществ в рамках государственной экологической политики.

Ключевые слова: загрязнение воздуха; стационарные источники загрязнения воздуха; муниципальные образования; Сибирь; социальные и экономические факторы экологической обстановки; эконометрическое моделирование

Для цитирования: *Верченко Д.Ю., Пыжжев А.И., Курбатова М.В.* Факторы загрязнения воздуха от стационарных источников в муниципальных образованиях регионов Сибири // Регион: экономика и социология. – 2024. – № 3 (123). – С. 222–250. DOI: 10.15372/REG20240310.

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение качества атмосферного воздуха не случайно является одной из национальных целей социально-экономического развития в Российской Федерации¹. По данным Росгидромета, почти половина городского населения России живет в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха². При этом большая часть российских городов с наиболее высокой экологической нагрузкой расположены в относительно малонаселенных по сравнению с европейской территорией страны регионах Сибири и Дальнего Востока³.

В городах с более высоким совокупным уровнем загрязнения население чаще болеет гриппом и ОРВИ [2]. Однако наиболее негативные эффекты проявляются для специфических смертельно опасных заболеваний органов дыхания. Например, в г. Красноярске, где загрязнение атмосферы за последние пять лет характеризовалось Рос-

¹ См.: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Правительство Российской Федерации: официальный сайт. – URL: <http://government.ru/docs/all/128943/>.

² См.: *Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2021 год.* – М., 2022. – URL: <http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2021.pdf>.

³ См.: *Ежегодник: Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2018 г.* – СПб., 2019. – URL: http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2019/ejegodnik_zagr_atm_2018.pdf.

гидрометом как «высокое» и «очень высокое»⁴, жители в два раза чаще умирают от рака легких, чем в других городах [28]. Повышенные концентрации диоксида серы и азота приводят к более частым, по сравнению с менее загрязненной территорией, обращениям жителей за медицинской помощью в связи с различными болезнями органов дыхания [19]. Повышение концентраций взвешенных частиц РМ⁵ в воздухе связывают с увеличением рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний [13; 25], дополнительная смертность от которых в России оценивается в 140 тыс. случаев в год⁶, или около 7% от всех смертей [23].

Серия работ, посвященных расчетам недополученного ВРП регионов нашей страны, выявляет влияние онкологических заболеваний для всех субъектов на уровне 1% ВРП, болезней системы кровообращения – на уровне от 4 до 15%. Эти результаты могут быть заниженными, так как существующие методики оценки стоимости человеческой жизни позволяют получать лишь самые простые оценки [16; 17]. По некоторым расчетам, экономические издержки для здоровья населения, связанные с загрязнением воздуха и воды, составляют не менее 4–6% ВВП России [30]. Например, в работе [18] были подсчитаны потери ВРП Пермской области и бюджета г. Перми от загрязнения атмосферного воздуха. Для региона в целом они составили в среднем 3,5% за период 2009–2011 гг., причем 80% из них приходится на стационарные источники загрязнения. В потерях бюджета г. Перми, наоборот, больший удельный вес (60%) приходится на

⁴ См.: *Категории* качества атмосферного воздуха в городах России. – URL: <http://voeikovmgo.ru/index.php/izmenenie-klimata-v-rossii-v-xxi-veke?id=1047>. Также Красноярск является одним из 12 городов – участников национального проекта «Чистый воздух», направленного на улучшение экологической обстановки и снижение объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух до 78% от уровня 2017 г. (URL: <https://ecologyofrussia.ru/proekt/chistyj-vozduh/?ysclid=199n38ag39652449274>).

⁵ РМ (англ. Particulate Matter) – смесь твердых и жидких частиц в атмосферном воздухе.

⁶ В 2016 г., согласно данным Росстата, в России умерли около 1 900 тыс. чел. (URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>).

передвижные источники; ежегодно бюджет города теряет около 4,5% своих доходов.

Исследования экономических факторов загрязнения атмосферного воздуха чаще всего выполняются на национальном [32], наднациональном [20] или региональном уровнях [7; 8]. Было выявлено, что объемы выбросов на территории зависят от структуры экономики [10; 32] и увеличиваются с ростом ВВП (ВРП) на душу населения [6; 8; 10]. Рост численности населения сопровождается увеличением загрязнения атмосферы, при этом в регионах с высоким уровнем урбанизации (от 80%) выбросов будет сравнительно меньше. Снижению выбросов способствует рост инвестиций, направленных как на охрану окружающей среды, так и на приобретение машин и оборудования в целом [8–10]. Очевидно также влияние модернизации [7] и повышения энергоэффективности предприятий [32]. Среди неочевидных и трудноизмеримых факторов можно отметить уровень контроля над коррупцией [6].

Методологические проблемы использования агрегированных показателей заключаются в том, что полученные оценки не всегда репрезентативны. В пользу этого говорят не только статистические доводы о возможной утрате существенной информации, но и особенности пространственного размещения эффектов загрязнения воздуха: высокие значения уровней загрязнения на одной части территории могут компенсироваться низкими на другой [24]. В работе [27] объясняющая способность моделей, описывающих зависимость между состоянием воздуха и заболеваемостью в субъектах РФ, оказалась относительно низкой; авторы предполагают, что причиной этого стало отсутствие в модели факторов, описывающих специфику территорий. Обычно для получения несмещенных оценок факторов в межрегиональных исследованиях применяют классификацию. Один из ее вариантов – в зависимости от среднедушевых доходов населения: регионы с более низким подушевым ВРП обычно имеют более низкие показатели загрязнения. В регионах с высокими показателями подушевого ВРП обычно присутствует развитый промышленный сектор, который предполагает высокую нагрузку на окружающую среду [29]. Классификация также может производиться в зависимости от струк-

туры экономики региона [8; 9]. Еще одним способом является территориальное разбиение. Одни исследователи сравнивают между собой совокупные показатели по федеральным округам [1; 5; 30], другие выбирают совокупность субъектов, расположенных в одном федеральном округе, и сравнивают их показатели с показателями соседней страны [11]. Но Россия – огромная страна с разнообразнейшими природно-климатическими условиями, которые могут серьезно различаться даже внутри одного региона [26]. Поэтому целесообразно использовать для анализа данные и по муниципальным образованиям.

Гораздо меньше исследований по влиянию загрязнения воздуха на здоровье и заболеваемость сосредоточено на местном (муниципальном) уровне [4; 18; 31]. Среди методологических трудностей в работе с муниципальными данными можно назвать

- неравномерное представление данных по разным регионам, наличие информации за разные промежутки времени [4; 26];
- неточности в данных, что требует более тщательной их проверки [7];
- несовершенство методик расчета выбросов на территории. В агрегированном виде для региона или страны в целом это не играет существенной роли, но становится значимым для отдельного муниципалитета. Например, для г. Красноярска выявлено существенное расхождение между среднегодовыми расчетными и инструментально наблюдаемыми концентрациями [12];
- сложности в адаптации методик расчета. Большинство экологических показателей требуют данных, которые не публикуются для муниципальных образований.

Целью настоящей работы является анализ зависимостей между объемом выбросов загрязняющих веществ и некоторыми факторами социально-экономического развития муниципальных образований. С использованием Базы данных показателей муниципальных образований Росстата (БД ПМО) были собраны и обработаны данные по 326 муниципалитетам Сибири за период с 2008 по 2020 г. (всего 4 238 наблюдений). С учетом доступности статистики и опыта преды-

дущих работ были отобраны показатели, которые будут использованы для эконометрического моделирования.

Предметом исследования является загрязнение атмосферного воздуха только от стационарных источников. Несомненно, выбросы от передвижных источников с годами стали составлять все большую долю в структуре загрязнения [14; 22; 33; и др.]. Проблема высокой автомобилизации и связанного с этим загрязнения воздуха более актуальна для крупных городов. Например, в исследовании [33] такими считаются города с населением от 300 тыс. жителей. Данному критерию соответствуют всего восемь городов СФО из 31, по которым проведены расчеты объемов выбросов от передвижных источников. По этой причине исследование в указанном направлении продолжаться не будет. Доля выбросов от стационарных источников снижается, но в абсолютных значениях объемы загрязнения в последнее десятилетие в целом по России остаются стабильно высокими, и это требует изучения [21].

РАЗРАБОТКА НАБОРА ДАННЫХ

В сформированную статистическую выборку вошли муниципальные образования трех типов: городские округа (один или несколько населенных пунктов, не менее двух третей населения которых проживают в городских поселениях), муниципальные районы (включают в себя несколько муниципальных образований – сельских поселений) и муниципальные округа (входящие в них сельские поселения не являются муниципальными образованиями; образуются из соответствующих районов). Статистика по городским и сельским поселениям, входящим в состав округов и районов, существует только за ограниченный период и лишь по некоторым показателям, поэтому не будет использована для анализа.

В качестве зависимой переменной будет использован показатель «объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников». Выбросы распределены по муниципальным образованиям неравномерно (рис. 1): в половине из них суммарные годовые выбросы в 2019 г. не превышают 1 тыс. т, еще в чет-

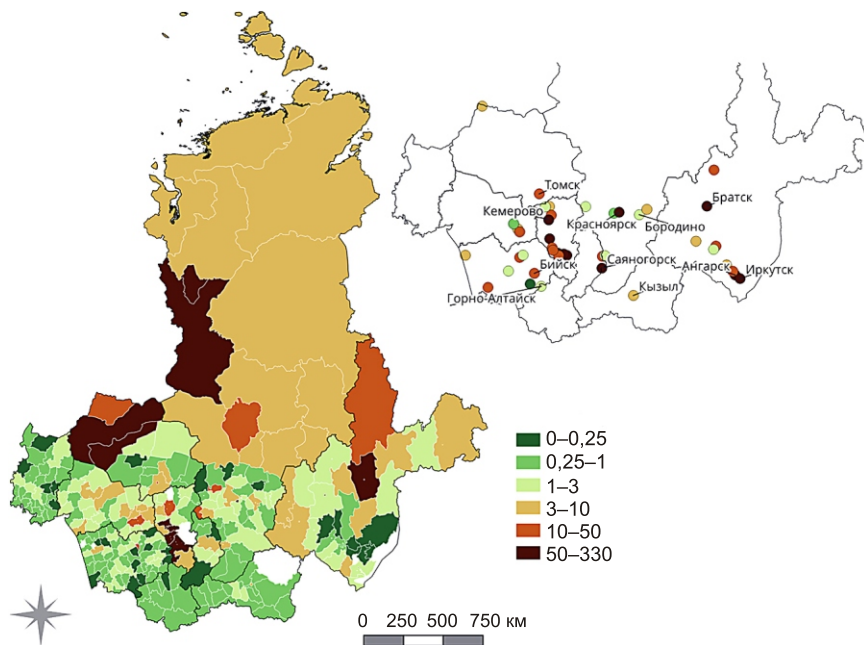


Рис. 1. Пространственное распределение выбросов загрязняющих веществ по муниципальным образованиям регионов Сибирского федерального округа, 2018 г., тыс. т

Источники: данные Росстата; расчеты и картографическая визуализация авторов

верти составляют от 1 до 3 тыс. т. Объем выбросов свыше 100 тыс. т наблюдается лишь в 10 муниципальных образованиях, среди них те, в которых расположены угольные шахты и разрезы Кузбасса, и города, включенные в федеральный проект «Чистый воздух». Абсолютный максимум с 1,8 млн т зафиксирован в г. Норильске.

Согласно проведенным ранее исследованиям, основным фактором, определяющим объем загрязнения воздуха, является уровень экономической активности на территории, обычно измеряемый с помощью показателя ВВП (ВРП). Для проверки зависимости на муниципальном уровне логично было бы использовать аналогичный показатель – валовой муниципальный продукт, но он не рассчитывается

Росстатом. Существуют различные методики оценки ВМП, например с помощью оценки вклада производств, расположенных в конкретном муниципалитете, в региональный показатель [33]. Такие оценки существуют для крупных городов, получить их для всех МО региона не представляется возможным. Другая методика предлагает рассчитывать ВМП по методике ВРП, но с использованием доступной статистики по МО [15]. Большинство компонентов ВМП получаются равными нулю, поскольку необходимые данные для их оценки отсутствуют, а основной вклад вносит показатель «объем отгруженной продукции». Именно его мы будем использовать в качестве заместителя показателя ВМП (рис. 2).

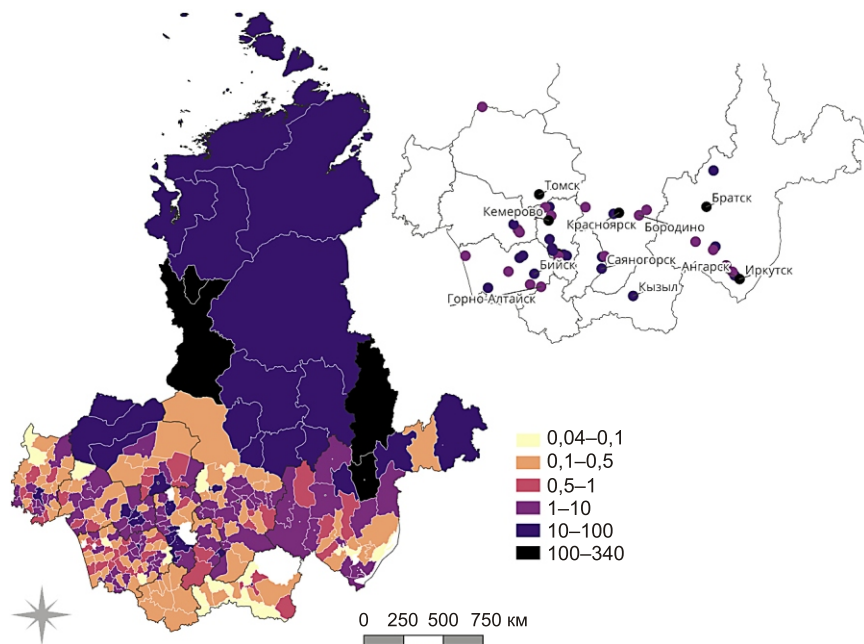


Рис. 2. Пространственное распределение объемов отгруженной продукции по муниципальным образованиям регионов Сибирского федерального округа, 2019 г., млрд руб.

Источники: данные Росстата; расчеты и картографическая визуализация авторов

В качестве других факторов в исследовании будут использованы объем инвестиций в основной капитал, текущие затраты на охрану окружающей среды и количество источников теплоснабжения.

Описательная статистика для всех переменных представлена в табл. 1. Все показатели имеют ненормальное распределение, характеризуются правосторонней асимметрией. Для уменьшения эффекта масштаба они были переведены в относительные (на 1000 жителей), а затем прологарифмированы. Стоимостные показатели приведены в ценах 2008 г.

Объем выбросов от стационарных источников напрямую связан с наличием на территории муниципального образования предприятий, оборудованных такими источниками загрязнений. К ним относятся все «непередвижные технологические агрегаты, выделяющие в процессе эксплуатации загрязняющие атмосферу вещества»⁷. В исследованиях по странам и регионам это легко учесть, рассчитав долю промышленности в ВВП (ВРП). Для муниципальных образований провести такие расчеты невозможно из-за недостатка статистических данных. В качестве альтернативы на основании отчетов о реализации стратегий социально-экономического развития муниципальных образований⁸ была выделена преобладающая отрасль производства для каждого МО в соответствии с ОКВЭД2. Для дальнейшего анализа муниципальные образования были разделены по этому признаку на группы. Согласно статистике о выбросах по России в целом, по некоторым видам экономической деятельности производится значительно больше выбросов, чем по другим (табл. 2, рис. 3). При построении модели этот фактор будет использован как бинарная переменная, отражающая отраслевую специализацию МО.

Предварительный анализ также показал наличие существенных различий между муниципальными образованиями разных типов:

⁷ См.: *Охрана* атмосферного воздуха. Основные понятия. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/DPZGRx3Y/ohrana-air_met.html.

⁸ См., например: *Отчет* о реализации Стратегии социально-экономического развития Шарыповского района до 2030 года в 2021 году. – URL: https://www.shr24.ru/images/docs/FEU/SER/real_strat_2021.docx?ysclid=la72jd52w67353129.

Таблица 1

Описательная статистика переменных

| Переменная | Описание | Среднее | Станд. отклонение | Медиана | Минимум | Максимум | Всего наблюдений (из них восстановлено) |
|------------|--|---------|-------------------|---------|---------|-----------|---|
| Emis | Выбросы загрязняющих веществ, тыс. т | 16,7 | 108,7 | 1,3 | 0,001 | 1 957,9 | 4 238 (1 380) |
| Prod | Объем отгруженной продукции, млрд руб. | 11,9 | 44,4 | 1,0 | 0,01 | 566,2 | 4 238 (2 089) |
| Inv | Инвестиции в основной капитал, млрд руб. | 1,8 | 6,0 | 0,2 | 0,00001 | 75,7 | 4 238 (1 146) |
| Env | Затраты на охрану окружающей среды, млрд руб. | 0,1 | 0,6 | 0,001 | 0 | 10,3 | 4 238 (1 359) |
| Heat | Кол-во источников теплоснабжения, ед. | 33 | 21 | 30 | 0 | 121 | 4 238 (766) |
| Pop | Численность населения, чел. | 51 530 | 140 769 | 20 780 | 3 214 | 1 625 631 | 4 238 (426) |
| S | Площадь, кв. км | 13 101 | 66 188 | 3 618 | 19 | 879 931 | 4 238 (0) |
| Ind | 0 – для МО из группы А 1 – для МО из группы В | – | – | – | – | – | – |
| Type | 0 – для городских округов 1 – для муниципальных районов/округов | – | – | – | – | – | – |

Примечание: в группу А входят МО со специализацией на отраслях, в которых производят много выбросов, в группу В – МО со специализацией на более «чистых» отраслях, практически не имеющих источников загрязнения атмосферного воздуха.

Источники: данные Росстата; расчеты авторов.

Таблица 2

Структура муниципальных образований Сибирского федерального округа по отраслевой специализации

| Группа А | | | Группа В | | |
|---|--------------------|-----------|---|--------------------|-----------|
| Отрасль | % от выбросов в РФ | Кол-во МО | Отрасль | % от выбросов в РФ | Кол-во МО |
| Добыча металлических руд | 14,1 | 27 | Сельское, лесное хозяйство | 2,5 | 237 |
| Добыча нефти и природного газа | 13,8 | 16 | Производство прочих транспортных средств и оборудования (локомотивов) | 0,2 | 5 |
| Производство металлургическое | 8,8 | 14 | | | |
| Добыча угля | 8,1 | 4 | Производство машин и оборудования | 0,1 | 5 |
| Производство кокса и нефтепродуктов; химических веществ и продуктов | 6,5 | 7 | Другое (в т.ч. туризм) | — | 11 |

Источники: данные Росстата; расчеты авторов.

городские округа при прочих равных обычно имеют более высокие абсолютные показатели выбросов, чем муниципальные районы (округа). При моделировании это также будет учтено как бинарная переменная.

Проверка построенной модели, учитывающей все муниципальные образования, на структурные сдвиги относительно типа МО и его специализации показала, что предпочтительно разделить выборку на группы по данным признакам.

Группа I – муниципальные районы (округа) со специализацией на добыче полезных ископаемых. Группа состоит в основном из северных районов Красноярского края, нефтедобывающих районов Иркутской области и угольных районов Кемеровской области. Эти тер-

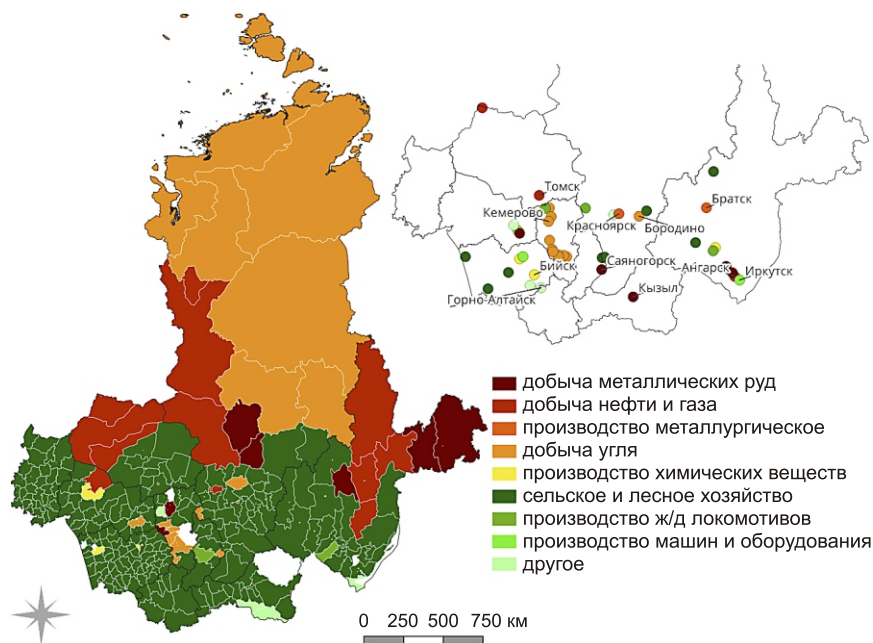


Рис. 3. Пространственное распределение преимущественной специализации муниципальных образований регионов Сибирского федерального округа, 2019 г.

Источники: отчеты муниципальных районов; расчеты и картографическая визуализация авторов

ритории относительно слабо заселены: в половине из них плотность населения не превышает 1 чел./кв. км. Относительные показатели выбросов на 1000 жителей из-за этого получаются выше, чем на остальных территориях. Наличие на территории предприятий добывающей отрасли подтверждается сравнительно более высоким объемом отгруженной продукции (в 20 раз в абсолютных и в 4 раза в относительных значениях по сравнению с районами, не связанными с добычей полезных ископаемых).

Группа II – городские округа, специализирующиеся на переработке полезных ископаемых. Сюда входят почти все города Кемерово-

ской области и Республики Хакасии; связанные с производством химических веществ города Алтайского края, а также некоторые города Иркутской области и Красноярского края, в первую очередь г. Норильск. Они характеризуются высокой плотностью населения (от 100 до 3000 жителей на 1 кв. км). В абсолютном выражении их показатели

Таблица 3

Распределение муниципальных образований Сибирского федерального округа на группы и их характеристики на 2019 г.

| Показатель | Группа I – муниципальные районы/округа со специализацией на добыче полезных ископаемых | Группа II – городские округа со специализацией на переработке полезных ископаемых | Группа III – городские округа со специализацией на сельском хозяйстве и машиностроении | Группа IV – муниципальные районы/округа со специализацией на сельском, лесном хозяйстве |
|--|--|---|--|---|
| Выбросы загрязняющих веществ, т на 1000 жителей | 1891,9 | 791,8 | 78,4 | 52,6 |
| Объем отгруженной продукции, млн руб. на 1000 жителей | 2700 | 400 | 200 | 50 |
| Инвестиции, млн руб. на 1000 жителей | 500 | 30 | 20 | 10 |
| Текущие затраты на охрану окружающей среды, млн руб. на 1000 жителей | 10,0 | 4,0 | 1,0 | 0,2 |
| Кол-во источников теплоснабжения, ед. на 1000 жителей | 1,4 | 0,2 | 0,3 | 2,1 |
| Площадь, тыс. кв. км | 88,1 | 0,6 | 0,2 | 7,0 |
| Плотность населения, чел./кв. км | 4,8 | 671,4 | 880,0 | 5,3 |
| Кол-во МО, ед. | 30 | 37 | 26 | 233 |

Источники: данные Росстата; расчеты авторов.

сопоставимы с показателями группы I, при переводе в относительные показатели (на 1000 жителей) районы из группы I будут сравнительно более загрязненными.

Группа III – городские округа, занимающиеся переработкой сельскохозяйственной продукции, производством машин и оборудования, железнодорожных локомотивов и подвижного состава. Группа состоит в основном из городов Красноярского и Алтайского краев, Иркутской и Новосибирской областей. Относительные выбросы в МО данной группы в 10 раз меньше, чем в городах группы II.

Группа IV – муниципальные районы со специализацией на сельском и лесном хозяйстве. Эта группа включает в себя 70% всех МО Сибирского федерального округа и характеризуется самыми низкими показателями выбросов, так как на их территории практически нет стационарных источников загрязнения.

Сравнительные характеристики групп представлены в табл. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании собранных данных с помощью взвешенного метода наименьших квадратов (WLS) был построен набор регрессионных моделей: для всей совокупности муниципальных образований СФО и для каждой из групп (табл. 4). Это позволяет как охарактеризовать зависимости в целом, так и учесть разницу во влиянии факторов между территориями, где проблема загрязнения стоит наиболее остро, и относительно «чистыми» муниципальными образованиями. Предполагая наличие эндогенности из-за возможных пропущенных переменных, разумно провести оценки с помощью модели с фиктивными переменными (LSDV), учитывающей специфические особенности каждого МО. В качестве контрольной переменной был использован показатель «площадь муниципального образования».

Общая модель показала важность учтенных при разбиении на группы факторов: в муниципальных образованиях со специализацией на добыче и переработке полезных ископаемых в среднем на 80% больше выбросов. Подтвердилось влияние объема производства на увеличение выбросов. В отличие от расчетов на региональных дан-

Сравнение результатов

| Переменная | Все муниципальные образования | | Группа I – муниципальные районы/округа со специализацией на добыче полезных ископаемых | |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|---------------------|
| | WLS | LSDV | WLS | LSDV |
| Константа | –5,249*** (0,100) | –4,047*** (0,547) | –8,077*** (0,284) | –5,071** (1,848) |
| Объем отгруженной продукции | 0,280*** (0,008) | 0,102** (0,040) | 0,400*** (0,039) | 0,161 (0,116) |
| Инвестиции | 0,070*** (0,007) | 0,026** (0,013) | 0,294*** (0,032) | 0,100** (0,043) |
| Затраты на охрану окружающей среды | –0,002*** (0,001) | 0,001 (0,002) | 0,046*** (0,015) | 0,017 (0,012) |
| Количество источников теплоснабжения | 0,071*** (0,006) | 0,037 (0,039) | 0,386*** (0,031) | 0,298** (0,142) |
| Площадь | 0,023*** (0,008) | –0,003 (0,037) | –0,201*** (0,021) | 0,093** (0,039) |
| Преобладающая отрасль производства | –1,616*** (0,024) | – | – | – |
| Тип МО | –0,042 (0,036) | – | – | – |
| n | 4238 | 4238 | 390 | 390 |
| R ² | 0,86 | 0,94 | 0,83 | 0,91 |

Примечание: * – значимость на уровне 10%, ** – значимость на уровне 5%, *** –
Источник: расчеты авторов.

ных, в которых рост инвестиций сопровождается снижением загрязнения, направление связи между показателями оказалось прямым. Достаточно большое положительное влияние продемонстрировал фактор «количество источников теплоснабжения» – по причине того, что источники теплоснабжения – один из основных стационарных

Таблица 4

оценки моделей

| Группа II – городские округа со специализацией на переработке полезных ископаемых | | Группа III – городские округа со специализацией на сельском хозяйстве и машиностроении | | Группа IV – муниципальные районы/округа со специализацией на сельском, лесном хозяйстве | |
|---|-------------------|--|----------------------|---|----------------------|
| WLS | LSDV | WLS | LSDV | WLS | LSDV |
| –8,535*** (0,312) | –1,121 (1,236) | –1,145*** (0,363) | –3,555*** (0,794) | –5,382*** (0,145) | –3,744*** (1,066) |
| 0,406*** (0,034) | –0,010 (0,092) | –0,316*** (0,036) | 0,055 (0,058) | 0,206*** (0,010) | 0,096** (0,048) |
| –0,008 (0,021) | 0,014 (0,029) | –0,008 (0,020) | 0,026 (0,023) | 0,030*** (0,008) | 0,014 (0,015) |
| 0,353*** (0,022) | –0,047 (0,051) | 0,223*** (0,029) | –0,009 (0,016) | –0,001*** (0,001) | 0,001 (0,002) |
| 0,448** (0,191) | –0,006 (0,722) | 0,549*** (0,097) | –0,349 (0,318) | 0,027*** (0,006) | 0,012 (0,034) |
| –0,038* (0,020) | 0,056 (0,160) | 0,126*** (0,024) | –0,010 (0,019) | –0,018* (0,010) | –0,066 (0,105) |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| 481 | 481 | 338 | 338 | 3029 | 3029 |
| 0,68 | 0,95 | 0,39 | 0,95 | 0,19 | 0,85 |

значимость на уровне 1%.

источников выбросов. Модель имеет высокую объясняющую способность (86%), несмотря на малый набор факторов, включенных в нее.

Для группы I можно сделать следующие выводы. При увеличении на 1% объема отгруженной продукции выбросы увеличатся на 0,4%; это показывает, что производство в данных районах действительно

зависит от работ, связанных с негативным влиянием на окружающую среду. Роль инвестиций, в сравнении с другими моделями, наиболее высока, и можно предположить, что эти средства идут на расширение предприятий-загрязнителей, а не на их модернизацию. Некоторое положительное влияние отмечается и для затрат на охрану окружающей среды – скорее потому, что в этот показатель входит финансирование природоохранных фондов и мероприятий по снижению вредного воздействия, которое увеличивается пропорционально росту выбросов. Значимый вклад в загрязнение вносят источники теплоснабжения: большинство МО группы расположены на севере, и, возможно, модель это косвенно учитывает.

Для группы II характерно высокое положительное влияние как объема отгруженной продукции, так и количества источников теплоснабжения – возможно, потому что в крупных городах они являются одним из основных стационарных источников загрязнений атмосферного воздуха. Инвестиции не оказывают значимого влияния на зависимый признак, затраты на охрану окружающей среды не приводят к снижению загрязнения. Скорее всего, существует временной лаг между инвестированием средств и отдачей от них в виде снижения выбросов, либо предприятиям выгоднее платить за производимые выбросы, чем внедрять наилучшие доступные технологии. Объясняющая способность модели упала на 15% в сравнении с моделью для группы I – возможно, для городских округов необходимо больше показателей, учитывающих их специфику. Это можно увидеть на LSDV-модели: в ней значимы только фиктивные переменные, отвечающие за ненаблюдаемые особенности каждого города.

Модель для группы III отличается от остальных тем, что увеличение объема производства ведет к снижению выбросов. Возможно, дело в том, что в этой группе максимальная концентрация МО со специализацией на деятельности, не производящей выбросов (например, г. Дивногорск и расположенная в его границах гидроэлектростанция, курорт Белокуриха и др.). Объясняющая способность модели также упала в сравнении с моделями для групп I и II – предположительно, в связи с тем, что выбросы стационарных источников не являются необходимым условием работы местных предприятий. Текущие затраты на охрану окружающей среды имеют положитель-

ное влияние – из-за того, что производство выбросов приводит к выплатам на устранение их воздействия. Для этой группы выявлено сравнительно более высокое влияние количества источников теплоснабжения, в особенности по сравнению с группой IV, в которую включены преимущественно южные муниципальные районы. Возможно, так удастся уловить разницу в мощности этих источников.

Модель для группы IV показала, что значимые факторы и направления связи аналогичны таковым в модели для всех муниципальных образований – по причине того, что в эту группу входит большая часть МО в выборке. Количество источников теплоснабжения имеет положительное, но небольшое влияние в сравнении с моделью для городов, при том что на 1000 жителей в данных МО приходится большее число источников. Можно предположить, что мощность этих источников гораздо меньше, хотя сам показатель не делает различий между сельской котельной и мощной ТЭЦ. Объясняющая способность модели достаточно низка (20%): стационарные источники выбросов, скорее всего, являются сопутствующими, но не главными в деятельности предприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования дана количественная оценка влияния на объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух экономических факторов развития муниципальных образований Сибирского федерального округа. Эмпирической базой исследования послужили данные о 326 муниципалитетах СФО за период с 2008 по 2020 г., для которых была проведена масштабная работа по восстановлению пропущенных наблюдений и исправлению множества ошибок. Методологические трудности работы связаны с существенными различиями между муниципальными образованиями по размерам территорий, на которые распространяются выбросы, по численности населения и плотности его проживания. В работе выделены четыре группы МО в зависимости от их типа и специализации: муниципальные районы со специализацией на добыче полезных ископаемых; города, связанные с их переработкой; сельскохозяйственные муниципальные районы; городские округа,

в которых преобладающие отрасли – машиностроение и переработка сельскохозяйственной продукции. Для всех МО в целом и для каждой из групп были построены эконометрические модели.

Подтвердилось положительное влияние объема отгруженной продукции для большинства МО, но при этом не выявлено обратной зависимости между инвестициями в основной капитал и выбросами, т.е. в настоящий момент объемов финансирования недостаточно для снижения загрязнения. Возможной причиной этого может быть учет инвестиций за конкретный год, а не кумулятивных инвестиций за больший период времени. Статистика по муниципальным образованиям также позволяет рассмотреть структуру инвестиций по видам деятельности и источникам финансирования, но не по видам основных фондов, что может иметь решающее значение для получившихся оценок моделей. На региональных данных было показано, что преобладание в структуре инвестиций средств на строительство зданий и сооружений приводит к росту выбросов, а снижению выбросов способствует приобретение машин и оборудования. Специфика муниципальных данных не дает возможности рассмотреть инвестиции в таком разрезе, а также увидеть, какая часть из них направлена именно на охрану окружающей среды, но мы можем сделать предположения об этом на основании значимости оценок моделей и направления связи. В моделях для муниципальных образований групп I и II, где проблема выбросов стоит особенно остро, инвестиции не приводят к снижению выбросов, что может говорить о том, что в текущем периоде на модернизацию производств и финансирование природоохранных мероприятий направляется сравнительно мало средств.

Аналогичные выводы можно сделать для показателя «текущие затраты на охрану окружающей среды». Рассмотреть структуру показателя, например то, какая доля расходуется на интересующую нас охрану атмосферного воздуха, можно по стране в целом, но не на данных по муниципальным образованиям. Нельзя сделать точные выводы о том, какая часть средств идет на содержание имеющихся природоохранных фондов, а какая – на введение новых. Нет возможности учесть, сколько было потрачено на услуги природоохранного назначения. Модели для городских округов выявили сильную положительную зависимость между затратами на охрану окружающей

среды и выбросами на территории МО. Это может свидетельствовать о том, что лишь малая часть затрат в настоящем периоде направлена на уменьшение вредного воздействия. В данной модели также не учитывались кумулятивные затраты и временные лаги, что тоже может иметь значение для получившихся оценок. Хотя показатель, описывающий источники теплоснабжения, отражает только их количество без указания мощности и других важных для рассеивания выбросов характеристик, его влияние оказалось значимым во всех моделях и особенно высоким в моделях по городам.

Для муниципальных районов, специализирующихся на добыче, деятельность предприятий имеет первостепенное значение как в создании загрязнений, так и в их снижении, которое невозможно без переоборудования и модернизации существующих производств. В сельскохозяйственных муниципальных районах в работе над снижением выбросов нет необходимости, но важно понимать, за счет чего они могут увеличиться в будущем.

Результаты, полученные на данном этапе работы, могут использоваться на практике при принятии управленческих решений, а также в дальнейших исследованиях по экологическому развитию российских муниципалитетов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 20-410-242913. База данных была сформирована в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр научной темы FSRZ-2021–0011)

Список источников

1. Аистов А.В., Александрова Е.А. Здоровье населения и загрязнение окружающей среды: региональные аспекты // Регион: экономика и социология. – 2018. – № 2 (98). – С. 216–240. DOI: 10.15372/REG20180210.
2. Безуглая Э.Ю., Завадская Е.К., Излева Т.П. Влияние загрязнения атмосферы городов на заболеваемость гриппом и ОРЗ // Общество. Среда. Развитие. – 2007. – № 1 (2). – С. 93–102.
3. Бобылев С.Н., Соловьева С.В., Астапович М. Качество воздуха как приоритет для новой экономики // Мир новой экономики. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 76–88. DOI: 10.26794/2220-6469-2022-16-2-76-88.

4. Бурматова О.П. Экологическая информация: проблемы доступности и транспарентности для анализа экологической ситуации в регионе // Регион: экономика и социология. – 2022. – № 3 (115). – С. 262–284. DOI: 10.15372/REG20220311.

5. Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К., Тагаева Т.О., Кугаевская К.С. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения регионов России // Регион: экономика и социология. – 2013. – № 1 (77). – С. 209–228.

6. Давидсон Н.Б., Мариев О.С., Баев Д.В. Эконометрическая оценка влияния прямых зарубежных инвестиций на окружающую среду // Журнал экономической теории. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 575–580. DOI: 10.31063/2073-6517/2019.16-3.22.

7. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В. Влияние развития экономики регионов Европейского Севера на окружающую среду // Труды Кольского научного центра РАН. – 2020. – Т. 11, № 2-8 (8). – С. 144–154. DOI: 10.37614/2307-5252.2020.2.8.016.

8. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В. Особенности развития российских регионов и экологическая кривая Кузнеця // Региональная экономика. Юг России. – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 155–167. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.1.14.

9. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В. Оценка влияния развития экономики на окружающую среду (пространственные особенности) // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2017. – № 3 (54). – С. 228–237.

10. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В., Зимин Д.А. Оценка влияния развития экономики на загрязнение воздушной среды // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 125–142. DOI: 10.15838/esc.2020.2.68.8.

11. Забелина И.А. Эффект декаплинга в эколого-экономическом развитии регионов – участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15.

12. Заворуев В.В., Мальцева И.В., Заворуева Е.Н. Верификация результатов сводных расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города Красноярска от передвижных и стационарных источников // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 59-1. – С. 27–31. DOI: 10.18411/lj-03-2020-06.

13. Заворуев В.В., Соколова О.В., Заворуева Е.Н., Тихонова Е.В. Взвешенные частицы в приземном слое атмосферы Красноярска и пригорода в 2020 году // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 71-1. – С. 97–101. DOI: 10.18411/lj-03-2021-21.

14. Зиязов Д.С., Пыжжев А.И., Пыжжева Ю.И. Экономические механизмы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха крупных российских городов // Региональная экономика: теория и практика. – 2019. – Т. 17, № 10 (469). – С. 1991–2008. DOI: 10.24891/re.17.10.1991.

15. Колечков Д.В., Гаджиев Ю.А., Тимашев С.А., Макарова М.Н. Валовой муниципальный продукт: методы расчета и применение // Экономика региона. – 2012. – № 4 (32). – С. 49–59. DOI: 10.17059/2012-4-4.

16. Коробицын Б.А., Куклин А.А., Манжуров И.Л., Никулина Н.Л. Оценка ущерба от сокращения ожидаемой продолжительности жизни в результате онкологических заболеваний // Экономика региона. – 2013. – № 3 (35). – С. 257–265.

17. Коробицын Б.А., Куклин А.А., Никулина Н.Л. Ущерб от основных причин смертности для субъектов Российской Федерации и оценка приоритетов по увеличению продолжительности жизни // Народонаселение. – 2014. – № 3 (65). – С. 42–56.

18. Левда Н.М., Постников В.П. Оценка экологического ущерба населению и экономике региона от загрязнений атмосферного воздуха // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 25 (328). – С. 37–45.

19. Макоско А.А., Матешева А.В. О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // Инновации. – 2012. – № 10 (168). – С. 98–105.

20. Никифорова В.А., Колесникова О.А., Руми Н.А., Воронцова Е.В. Оценка риска здоровью населения в условиях техногенного загрязнения // Труды Братского государственного университета. Сер.: Естественные и инженерные науки. – 2018. – Т. 1. – С. 253–257.

21. Пудовкина А.Ю., Вигдорович В.И. Влияние состояния атмосферы на здоровье населения Тамбовской области и некоторые пути борьбы с загрязнением окружающей среды // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № S3 (43). – С. 7–14.

22. Пыжсева Ю.И., Пыжсев А.И., Зандер Е.В. Перспективы решения проблемы загрязнения атмосферного воздуха регионов России // Экономический анализ: теория и практика. – 2019. – Т. 18, № 3 (486). – С. 496–513. DOI: 10.24891/ea.18.3.496.

23. Ревич Б.А. Мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2018. – Т. 29, № 3. – С. 53–78. DOI: 10.21513/0207-2564-2018-3-53-78.

24. Рюмина Е.В. Влияние экологической обстановки на человеческий потенциал: аспект здоровья // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 9-1 (48). – С. 152–160. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-11002.

25. Салтыкова М.М., Балакаева А.В., Шопина О.В., Бобровницкий И.П. Анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на смертность от основных неинфекционных заболеваний в зависимости от пола и возраста // Экология человека. – 2021. – № 12. – С. 14–22. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-12-14-22.

26. Сырцова Е.А. Влияние экологических факторов на здоровье населения муниципалитетов Сибири // Труды II Гранберговской конференции: Сборник докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Г. Гранберга, «Пространственный анализ социально-эконо-

мических систем: история и современность», Новосибирск, 11–15 октября 2021 года / Отв. ред. В.И. Суслов, Л.В. Мельникова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2021. – С. 513–520. DOI: 10.53954/9785604607893_513.

27. Тагаева Т.О., Гильмундинов В.М. Статистический анализ влияния факторов риска на ухудшение общественного здоровья // Проблемы прогнозирования. – 2015. – № 1 (148). – С. 105–118.

28. Харькова Т.Л., Кваща Е.А., Ревич Б.А. Сравнительная оценка смертности населения в российских и зарубежных мегаполисах // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 6 (171). – С. 150–159.

29. Шкиперова Г.Т. Экологическая кривая Кузнецца как инструмент исследования регионального развития // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 19 (322). – С. 8–16.

30. Bobylev S.N., Kudryaviseva O.V., Yakovleva Y.Y. Regional priorities of green economy // Economy of Regions. – 2015. – No. 2 (42). – P. 148–159. – DOI: 10.17059/2015-2-12.

31. Burmatova O.P., Sumskaia T.V. Methods for taking into account the impact of environmental factors on children's health // Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. – 2022. – Vol. 15, No. 12. – P. 1865–1880. DOI: 10.17516/1997-1370-0958.

32. Miao Z., Baležentis T., Tian Z. Environmental performance and regulation effect of China's atmospheric pollutant emissions: Evidence from "Three Regions and Ten Urban Agglomerations" // Environmental and Resource Economics. – 2019. – No. 74. – P. 211–242.

33. Ziyazov D.S., Pyzhev A.I. N-shaped relationship between economic growth and automotive emissions: Evidence from Russia // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2023. – Vol. 118. – Article 103734. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103734.

Информация об авторах

Верченко Дарья Юрьевна (Россия, Красноярск) – инженер-исследователь лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета (660041, Красноярск, просп. Свободный, 79). E-mail: darya.ver99@mail.ru.

Пыжев Антон Игоревич (Россия, Красноярск) – кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета; заведующий Отделом прогнозирования экономического развития Красноярского края Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (660041, Красноярск, просп. Свободный, 79). E-mail: apyzhev@sfu-kras.ru.

Курбатова Маргарита Владимировна (Россия, Красноярск) – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник научно-учебной лаборатории экономики природных ресурсов и окружающей среды, профессор кафедры социально-экономического планирования Сибирского федерального университета (660041, Красноярск, просп. Свободный, 79). E-mail: kurbatova-07@mail.ru.

DOI: 10.15372/REG20240310

Region: Economics & Sociology, 2024, No. 3 (123), p. 222–250

D.Yu. Verchenko, A.I. Pyzhev, M.V. Kurbatova

FACTORS CONTRIBUTING TO AIR POLLUTION FROM STATIONARY SOURCES IN MUNICIPALITIES OF SIBERIAN REGIONS

The issue of air pollution in Russian cities remains a significant challenge for the country's socio-economic development. This article presents the results of a study on the factors contributing to atmospheric air pollution from stationary sources in municipalities of the Siberian Federal District from 2008 to the 2020s. Through econometric modeling of panel data, including control for potential endogeneity, we establish that the volume of shipped products and investment in fixed capital positively impact atmospheric air pollution. At this stage of municipal development, expenditures on environmental protection do not correlate with a reduction in pollution, suggesting a deficit in investment in environmental protection measures. An increase in the number of heat supply sources leads to higher emissions from stationary sources. The study reveals a gap in pollution levels between areas with different predominant industries and finds varying degrees of influence of these factors depending on the type and sectoral specialization of the municipality.

Further research on the socio-economic causes of atmospheric air pollution at the municipal level is necessary to draft effective strategies for optimizing pollutant emissions as part of state environmental policy.

Keywords: air pollution; stationary sources of air pollution; municipalities; Siberia; social and economic factors of the environmental situation; econometric modeling

For citation: *Verchenko, D.Yu., A.I. Pyzhev & M.V. Kurbatova. (2024). Faktory zagryazneniya vozdukha ot statsionarnykh istochnikov v munitsipalnykh obrazovaniyakh regionov Sibiri [Factors contributing to air pollution from stationary sources in municipalities of Siberian regions]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 3 (123), 222–250. DOI: 10.15372/REG20240310.*

The research was carried out with the financial support of the RFBR, the Government of Krasnoyarsk Krai and the Krasnoyarsk Regional Science Foundation within the framework of scientific project No. 20-410-242913. The database was formed within the framework of the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FSRZ-2021-0011)

References

1. *Aistov, A.V. & E.A. Aleksandrova. (2018). Zdorovye naseleniya i zagryaznenie okruzhayushchey sredy: regionalnye aspekty [Population health and environmental pollution: Regional aspects]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2 (98), 216–240. DOI: 10.15372/REG20180210.*
2. *Bezuglaya, E.Yu., E.K. Zavadskaya & T.P. Ivleva. (2007). Vliyanie zagryazneniya atmosfery gorodov na zaboлеваemost grippom i ORZ [Impact of urban air pollution on influenza and acute respiratory diseases]. Obshchestvo. Sreda. Razvitie [Society. Environment. Development], 1 (2), 93–102.*
3. *Bobylev, S.N., S.V. Solovyeva & M. Astapovich. (2022). Kachestvo vozdukha kak prioritet dlya novoy ekonomiki [Air quality as a priority issue for the new economy]. Mir novoy ekonomiki [The World of New Economy], Vol. 16, No. 2, 76–88. DOI: 10.26794/2220-6469-2022-16-2-76-88.*
4. *Burmatova, O.P. (2022). Ekologicheskaya informatsiya: problemy dostupnosti i transparentnosti dlya analiza ekologicheskoy situatsii v regione [Environmental information: Its availability and transparency for analyzing regional environment]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 3 (115), 262–284. DOI: 10.15372/REG20220311.*
5. *Gilmundinov, V.M., L.K. Kazantseva, T.O. Tagaeva & K.S. Kugaevskaya. (2013). Vliyanie zagryazneniya okruzhayushchey sredy na zdorovye naseleniya regionov Rossii [Environmental pollution and population health in Russian regions]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 1 (77), 209–228.*
6. *Davidson, N.B., O.S. Mariev & D.V. Baev. (2019). Ekonometricheskaya otsenka vliyaniya pryamykh zarubezhnykh investitsiy na okruzhayushchuyu sredu [The impact*

of foreign direct investment on environment: An econometric analysis]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii* [Russian Journal of Economic Theory], Vol. 16, No. 3, 575–580. DOI: 10.31063/2073-6517/2019.16-3.22.

7. *Druzhinin, P.V., G.T. Shkiperova & O.V. Potasheva.* (2020). Vliyanie razvitiya ekonomiki regionov Evropeyskogo Severa na okruzhayushchuyu sredyu [The impact of economy development of European North regions on the environment]. *Trudy Kolskogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Kola Science Center of RAS], Vol. 11, No. 2-8 (8), 144–154. DOI: 10.37614/2307-5252.2020.2.8.016.

8. *Druzhinin, P.V., G.T. Shkiperova & O.V. Potasheva.* (2020). Osobennosti razvitiya rossiyskikh regionov i ekologicheskaya krivaya Kuznetsa [Development specificity of Russian regions and the environmental Kuznets curve]. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia], Vol. 8, No. 1, 155–167. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.1.14.

9. *Druzhinin, P.V., G.T. Shkiperova & O.V. Potasheva.* (2017). Otsenka vliyaniya razvitiya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredyu (prostranstvennye osobennosti) [Estimation of the influence of the economy development on the environment (spatial features)]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 3 (54), 228–237.

10. *Druzhinin, P.V., G.T. Shkiperova, O.V. Potasheva & D.A. Zimin.* (2020). Otsenka vliyaniya razvitiya ekonomiki na zagryaznenie vozduшной sredy [The assessment of the impact of the economy's development on air pollution]. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], Vol. 13, No. 2, 125–142. DOI: 10.15838/esc.2020.2.68.8.

11. *Zabelina, I.A.* (2019). Effekt dekaplinga v ekologo-ekonomicheskom razviti regionov – uchastnikov transgranichnogo vzaimodeystviya [Decoupling in environmental and economic development of regions-participants of cross-border cooperation]. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], Vol. 12, No. 1, 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15.

12. *Zavoruev, V.V., I.V. Maltseva & E.N. Zavorueva.* (2020). Verifikatsiya rezultatov svodnykh raschetov vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu goroda Krasnoyarska ot peredvizhnykh i statsionarnykh istochnikov [Verification of the results of aggregated calculations of emissions of pollutants into the atmosphere of the city of Krasnoyarsk from mobile and stationary sources]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in Science and Education Development], 59-1, 27–31. DOI: 10.18411/lj-03-2020-06.

13. *Zavoruev, V.V., O.V. Sokolova, E.N. Zavorueva & E.V. Tikhonova.* (2021). Vzvshennyye chastitsy v prizemnom sloe atmosfery Krasnoyarska i prigoroda v 2020 godu [Suspended particles in the ground layer of the atmosphere of Krasnoyarsk and its suburbs in 2020]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in Science and Education Development], 71-1, 97–101. DOI: 10.18411/lj-03-2021-21.

14. *Ziyazov, D.S., A.I. Pyzhev & Yu.I. Pyzheva.* (2019). Ekonomicheskie mekhanizmy borby s zagryazneniem atmosfernogo vozdukha krupnykh rossiyskikh gorodov

[Economic mechanisms to control air pollution: Evidence from major Russian cities]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional Economy: Theory and Practice], Vol. 17, No. 10 (469), 1991–2008. DOI: 10.24891/re.17.10.1991.

15. *Kolechkov, D.V., Yu.A. Gadzhiev, S.A. Timashev & M.N. Makarova.* (2012). Valovoy munitsipalnyy produkt: metody rascheta i primeneniye [Gross municipal product: The design procedure and application]. *Ekonomika regiona* [Economy of Regions], 4 (32), 49–59. DOI: 10.17059/2012-4-4.

16. *Korobitsyn, B.A., A.A. Kuklin, I.L. Manzhurov & N.L. Nikulina.* (2013). Otsenka ushcherba ot sokrashcheniya ozhidaemoy prodolzhitel'nosti zhizni v rezultate onkologicheskikh zabolevaniy [Assessment of damage from reduction of expected lifespan due to cancer]. *Ekonomika regiona* [Economy of Regions], 3 (35), 257–265.

17. *Korobitsyn, B.A., A.A. Kuklin & N.L. Nikulina.* (2014). Ushcherb ot osnovnykh prichin smertnosti dlya subyektov Rossiyskoy Federatsii i otsenka prioritetov po uvelicheniyu prodolzhitel'nosti zhizni [Damage from major causes of mortality for the subjects of the Russian Federation and assessment of priorities for increasing life expectancy]. *Narodonaseleniye* [Population], 3 (65), 42–56.

18. *Levda, N.M. & V.P. Postnikov.* (2013). Otsenka ekologicheskogo ushcherba naseleniyu i ekonomike regiona ot zagryazneniy atmosfernogo vozdukha [Evaluation of environmental damage to population and economy of region from air pollution]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 25 (328), 37–45.

19. *Makosko, A.A. & A.V. Matesheva.* (2012). O tendentsiyakh rasprostranennosti ekologicheskii obuslovlennykh zabolevaniy vsledstvie tekhnogenogo zagryazneniya atmosfery [On trends in the prevalence of environmentally caused diseases due to technogenic air pollution]. *Innovatsii* [Innovations], 10 (168), 98–105.

20. *Nikiforova, V.A., O.A. Kolesnikova, N.A. Rumi & E.V. Vorontsova.* (2018). Otsenka riska zdorov'yu naseleniya v usloviyakh tekhnogenogo zagryazneniya [Risk assessment to the health of the population under conditions of technogenic pollution]. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennye i inzhenernye nauki* [Proceedings of Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences], 1, 253–257.

21. *Pudovkina, A.Yu. & V.I. Vigdorovich.* (2012). Vliyanie sostoyaniya atmosfery na zdorov'ye naseleniya Tambovskoy oblasti i nekotorye puti borby s zagryazneniem okruzhayushchey sredy [The influence of atmosphere on people's health in the Tambov region and some ways of dealing with pollution]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], S3 (43), 7–14.

22. *Pyzheva, Yu.I., A.I. Pyzhev & E.V. Zander.* (2019). Perspektivy resheniya problemy zagryazneniya atmosfernogo vozdukha regionov Rossii [Solving the problem of atmospheric air pollution in Russian regions]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], Vol. 18, No. 3 (486), 496–513. DOI: 10.24891/ea.18.3.496.

23. *Revich, B.A.* (2018). Melkodispersnye vzveshennye chastitsy v atmosfernom vozdukh e i ikh vozdeystvie na zdorovye zhiteley megapolisov [Fine suspended particulates in ambient air and their health effects in megalopolises]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling], Vol. 29, No. 3, 53–78. DOI: 10.21513/0207-2564-2018-3-53-78.

24. *Ryumina, E.V.* (2020). Vliyanie ekologicheskoy obstanovki na chelovecheskiy potentsial: aspekt zdorovya [The impact of the environment on human potential: The health dimension]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 9-1 (48), 152–160. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-11002.

25. *Saltykova, M.M., A.V. Balakaeva, O.V. Shopina & I.P. Bobrovnikskii.* (2021). Analiz vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha na smertnost ot osnovnykh neinfektsionnykh zabolevaniy v zavisimosti ot pola i vozrasta [Analysis of associations between air pollution and mortality from noncommunicable diseases across genders and age-groups]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 12, 14–22. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-12-14-22.

26. *Syrtsova, E.A.* (2021). Vliyanie ekologicheskikh faktorov na zdorovye naseleniya munitsipalitetov Sibiri [Impact of environmental factors on the health of the population of Siberian municipalities]. In: V.I. Suslov & L.V. Melnikova (Eds.). *Trudy II Granbergovskoy konferentsii: Sbornik dokladov Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy pamyati akademika A.G. Granberga, «Prostranstvennyy analiz sotsialno-ekonomicheskikh sistem: istoriya i sovremennost»*, Novosibirsk, 11–15 oktyabrya 2021 goda [Proceedings of the 2nd Granberg Conference: Collection of reports of the all-Russian conference with international participation, dedicated to the memory of Academician A.G. Granberg “Spatial Analysis of Socio-Economic Systems: History and Modernity”, Novosibirsk, October 11–15, 2021]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 513–520. DOI: 10.53954/9785604607893_513.

27. *Tagaeva, T.O. & V.M. Gilmundinov.* (2015). Statisticheskiy analiz vliyaniya faktorov riska na ukhudshenie obshchestvennogo zdorovya [Statistical analysis of how risk factors affect worsening public health]. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development], 1 (148), 105–118.

28. *Kharkova, T.L., E.A. Kvasha & B.A. Revich.* (2018). Sravnitel'naya otsenka smertnosti naseleniya v rossiyskikh i zarubezhnykh megapolisakh [Comparative assessment of mortality rate of the population in Russian and foreign megacities]. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development], 6 (171), 150–159.

29. *Shkiperova, G.T.* (2013). Ekologicheskaya krivaya Kuznetsa kak instrument issledovaniya regionalnogo razvitiya [Environmental Kuznets curve as tool of regional development studies]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 19 (322), 8–16.

30. *Bobylev, S.N., O.V. Kudryavtseva & Y.Y. Yakovleva.* (2015). Regional priorities of green economy. *Economy of Regions*, 2 (42), 148–159. DOI: 10.17059/2015-2-12.

31. *Burmatova, O.P. & T.V. Sumskaia.* (2022). Methods for taking into account the impact of environmental factors on children's health. *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences*, Vol. 15, No. 12, 1865–1880. DOI: 10.17516/1997-1370-0958.

32. *Miao, Z., T. Baležentis & Z. Tian.* (2019). Environmental performance and regulation effect of China's atmospheric pollutant emissions: Evidence from "Three Regions and Ten Urban Agglomerations". *Environmental and Resource Economics*, 74, 211–242.

33. *Ziyazov, D.S. & A.I. Pyzhev.* (2023). N-shaped relationship between economic growth and automotive emissions: Evidence from Russia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 118, article 103734. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103734.

About Authors

Verchenko, Daria Yuryevna (Krasnoyarsk, Russia) – Research Engineer at Siberian Federal University (79, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia). E-mail: darya.ver99@mail.ru.

Pyzhev, Anton Igorevich (Krasnoyarsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Docent, Head of the Laboratory of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University; Head of the Krasnoyarsk Department of Forecasting the Economic Development of the Region, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (79, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia). E-mail: apyzhev@sfu-kras.ru.

Kurbatova, Margarita Vladimirovna (Krasnoyarsk, Russia) – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Chief Researcher at the Research and Training Laboratory for Environmental and Resources Economics, Professor at the Department of Social and Economic Planning, Siberian Federal University (79, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia). E-mail: kurbatova-07@mail.ru.

Поступила в редколлегию 04.07.2023.

После доработки 07.11.2023.

Принята к публикации 14.11.2023.

© Верченко Д.Ю., Пыжев А.И., Курбатова М.В., 2024