

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ГОРОДСКИМ ТРАНСПОРТОМ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

УДК 504.3.054:657.471:656.13

С.А. Колин, к.т.н., Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности (Санкт-Петербург, Россия), pt196@mail.ru

С.Е. Кондратенко, к.полит.н., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (Санкт-Петербург, Россия), s.kondratenko@spbu.ru

Н.А. Бортников, Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, thebortnik@gmail.com

Загрязнение окружающей среды – ключевой вызов XXI в. По данным Всемирной организации здравоохранения, свыше 4 млн человек ежегодно умирает от загрязнения атмосферы. Эта проблема особенно остро стоит перед крупными городами, где постоянно растущее потребление энергии и увеличение дорожного трафика приводят к значительному ухудшению качества воздуха. Городские власти, обладая полномочиями по регулированию дорожного движения, могут повлиять на сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу. Один из потенциальных путей воздействия – это стимулирование использования более экологичных альтернативных видов топлива, к числу которых относится метан. Администрация города способна структурировать общественный и коммунальный транспорт, а также определять политику в отношении частных перевозчиков. Перевод городского транспорта (общественного и коммунального) на газомоторное топливо требует существенных инвестиций, при этом эффект от данных вложений трудно количественно измерить, т.к., кроме прямой экономии средств на топливе, существует косвенное воздействие на экономику города. Администрациям необходима точная информация о том, какой комплексный эффект будет достигнут от расширения использования газомоторного топлива. В связи с этим целью данной статьи¹ стала разработка количественной методики оценки сокращения экономических издержек при переводе общественного и коммунального транспорта на метан. Апробирование предложенного подхода и соответствующие расчеты были произведены на примере Санкт-Петербурга. По итогам вычислений суммарное уменьшение экономических издержек при реализации предложенных мер может составить около 5,8 млрд руб./год. Полученные результаты демонстрируют, что политика городских властей, направленная на расширение использования газомоторного топлива на общественном и коммунальном транспорте, способна существенно улучшить жизнь в мегаполисе и значительно сократить экономические издержки от загрязнения воздуха.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА, ЭКОЛОГИЯ, АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИЗДЕРЖКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА, ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ, ГОРОДСКОЙ ВОЗДУХ.

В декабре 2020 г. Филип Барлоу, коронер² Южного Лондона, закончил расследование обстоятельств смерти девятилетней жительницы города, скончавшейся в 2013 г. Согласно его заключению основ-

ной причиной стала остановка сердца из-за резкого приступа удушья, вызванного чрезмерным загрязнением воздуха. В период с 2010 по 2013 г. девочка неоднократно подвергалась воздействию

твердых частиц, концентрация которых значительно превышала максимально допустимые значения, установленные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Элла Кисси-Дебора стала

¹ Данная статья – первая из планируемого цикла, посвященного оценке экономических эффектов от использования метана в качестве моторного топлива.

² Должностное лицо в Великобритании, расследующее смерти, имеющие необычные обстоятельства или произошедшие внезапно, и непосредственно определяющее причину смерти.

S.A. Kolin, PhD in Engineering, International Academy of Ecology and Life Protection Sciences (Saint Petersburg, Russia), pt196@mail.ru

S.E. Kondratenko, PhD in Politics, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russia), s.kondratenko@spbu.ru

N.A. Bortnikov, International Academy of Ecology and Life Protection Sciences, thebortnik@gmail.com

Evaluation of the economic costs of air pollution by urban transport (a case study of Saint Petersburg)

Environmental pollution is a key challenge of the 21st century. According to the World Health Organization, more than 4 million people die each year from air pollution. This problem is urgent in large cities, where ever-increasing energy consumption and increased traffic lead to significant deterioration of air quality. City governments, with their authority to regulate traffic, can have an impact on reducing air emissions. One possible way is to encourage the use of more environmentally friendly alternative fuels, which include methane. The city administrations are able to manage public and municipal transport, as well as to determine the policy with regard to private carriers. Conversion of urban transport (public and municipal) to natural gas requires significant investments, while the effect of these investments is difficult to quantify, because, in addition to direct savings on fuel, there is an indirect impact on the economy of the city. Administrations need accurate information on what effect will be achieved from the increased use of natural gas vehicle. In this regard, the purpose of this article was to develop a quantitative approach for evaluating the reduction of economic costs when converting public and municipal transport to methane. The proposed approach was tested and the corresponding calculations were made on the example of Saint Petersburg. According to the results, the total reduction of economic costs can be about 5.8 billion rubles/year. The results obtained demonstrate that the policy of the city authorities aimed at expanding the use of natural gas vehicle in public and municipal transport can significantly improve life in the megapolis and reduce the economic costs of air pollution.

KEYWORDS: AIR POLLUTION, ECOLOGY, ALTERNATIVE FUEL, ECONOMIC COSTS OF AIR POLLUTION, URBAN TRANSPORT, URBAN AIR.

первым человеком в мире, основной причиной смерти которого официально объявили загрязнение воздуха [1].

Случай с девятилетней жительницей Лондона далеко не единственный. По данным ВОЗ, ежегодно от загрязнения воздуха в мире умирает около 4,2 млн человек, что составляет примерно 7,5 % от всех случаев смерти [2].

Наиболее опасное вещество для здоровья человека – твердые (взвешенные) частицы. Их хроническое воздействие усугубляет риск развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также рака легких, трахеи и бронхов. Выбросы вредных частиц также являются причиной роста числа преждевременных родов и инвалидности среди населения [3]. Помимо серьезного ухудшения качества жизни пострадавших людей, последствия загрязнения увеличивают затраты системы здравоохранения.

Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 показала, что международные и национальные институты здравоохранения

нуждаются в серьезных структурных изменениях. Для решения выявленных проблем потребуются существенные финансовые затраты. Сокращение расходов на лечение заболеваний, вызванных загрязнением атмосферы, позволит найти необходимые на проведение реформ ресурсы.

Ухудшение качества воздуха оказывает негативное воздействие на экономику как отдельно взятой страны, так и мира в целом. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в 2020 г. опубликовала отчет, в котором исследовалось влияние концентрации твердых частиц в атмосфере на ВВП государств, входящих в Европейский союз. Результаты наглядно продемонстрировали, что увеличение содержания взвешенных частиц на 1 мкг/м³ (или на 10 % от среднего значения по выборке) приводит к снижению реального ВВП страны на 0,8 % в тот же год [4].

Выявленная взаимосвязь объясняется тем, что высокая концентрация твердых частиц в атмосфере приводит к увеличению больничных

дней, а также к снижению физических и когнитивных способностей людей [5]. Например, по результатам проведенного в 2017 г. крупномасштабного исследования, основанного на данных производственных предприятий Китая, удалось установить, что увеличение среднегодового содержания взвешенных частиц на 1 мкг/м³ снижает производительность труда работников (добавленную стоимость на одного человека) на 1,1 % в год [6].

Существуют также доказательства того, что загрязнение воздуха влияет на выполнение задач, требующих высокой квалификации, например таких, как сдача учащимися стандартизированных экзаменов [7] или торговля на Нью-Йоркской фондовой бирже (увеличение выбросов твердых частиц на 7 мкг/м³ в Нью-Йорке приводит к падению доходности биржи на 12 % в тот же день) [8].

Таким образом, результаты имеющихся исследований свидетельствуют о том, что государственная политика в сфере защиты атмосферы может внести позитивный

вклад в экономический рост. При этом потенциальная выгода значительно превосходит затраты на борьбу с загрязнением [4]. Данная проблема весьма актуальна и для России.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Всемирная организация здравоохранения выделяет четыре основных загрязнителя воздуха, представляющих риск для здоровья человека:

- твердые (взвешенные) или мелкодисперсные частицы;
- озон (O_3);
- диоксид азота (NO_2);
- диоксид серы (SO_2).

Первые, согласно Руководящим принципам ВОЗ по качеству воздуха, наиболее опасны. Основные составные элементы взвешенных частиц – сульфаты, нитраты, аммиак, хлористый натрий, сажа, минеральная пыль и вода. Таким образом, это сложная смесь твердых и жидких органических и неорганических веществ, находящихся во взвешенном состоянии [9].

Из-за своего маленького диаметра (мелкодисперсности) твердые частицы могут проникать в легкие и оседать в них, преодолевать аэрогематический барьер и попадать в кровеносную систему. Постоянное воздействие этого загрязнителя повышает риск развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также рака дыхательных путей.

Во многих странах мира качество воздуха оценивается через среднесуточный или годовой уровень концентрации твердых частиц на 1 м^3 объема воздуха [9]. То есть фактически содержание взвешенных частиц приравнивается к критерию загрязненности воздуха.

Высокая концентрация озона в атмосфере на протяжении 8 ч и более также оказывает пагубное воздействие на человеческий организм. Превышение рекомендуемого ВОЗ содержания O_3 приводит

к появлению проблем с дыханием, провоцирует астму, снижает легочную функцию и вызывает болезни легких [9].

Что касается NO_2 , то даже краткосрочное превышение концентрации этого вещества вызывает сильное воспаление дыхательных путей. Кроме того, NO_2 – это главный источник нитратных аэрозолей, которые при воздействии солнечного света образуют одну из основных фракций твердых частиц [9].

Эпидемиологические исследования ВОЗ показали, что выбросы SO_2 приводят к появлению кашля, раздражению глаз, развитию бронхита, а также делают людей более уязвимыми перед инфекционными заболеваниями дыхательных путей. В дни превышения рекомендуемой нормы по концентрации SO_2 наблюдается увеличение случаев госпитализаций с кардиологическими болезнями и смертей [9].

МЕТАН КАК МОТОРНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Более всего от загрязнения воздуха страдают жители городов, особенно крупных мегаполисов. В первую очередь это связано с постоянно растущим потреблением энергии и увеличением транспортного трафика. По данным Программы Организации Объединенных Наций по населенным пунктам, на города приходится 78 % мирового потребления энергии и более 60 % выбросов загрязняющих веществ, но по площади они занимают менее 2 % поверхности земли [10].

Местные власти, обладая полномочиями по регулированию дорожного движения, могут повлиять на сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу. Один из возможных способов воздействия – это стимулирование использования более экологичных альтернативных видов топлива, к числу которых относится метан. Расширение его применения приведет к значительному улучшению качества городского воздуха, а также сократит

экономические издержки от вредных выбросов.

Администрация мегаполиса способна структурировать общественный (ОТ) и коммунальный транспорт (КТ), а также регламентировать политику в отношении частных перевозчиков. Перевод ОТ и КТ на газомоторное топливо требует существенных инвестиций, при этом эффект от данных вложений трудно количественно измерить. Кроме прямой экономии средств при закупках, существует косвенное воздействие на экономику города. Администрациям необходима информация о том, какой комплексный эффект будет достигнут от расширения использования газомоторного топлива на ОТ и КТ. В связи с этим целью данной статьи стала разработка количественной методики оценки сокращения экономических издержек при переводе ОТ и КТ на метан. Апробирование и расчеты были произведены на примере Санкт-Петербурга.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Согласно данным Правительства Санкт-Петербурга, основанным на методических рекомендациях АО «НИИ Атмосфера», в 2019 г. выбросы от автомобильного транспорта в городе составили 467,0 тыс. т загрязняющих веществ. Это примерно 84 % от всех выбросов [11]. Их структура по элементам представлена в табл. 1.

Из табл. 1 очевидно, что основная доля выбросов приходится на угарный газ (CO). Он смертельно опасен для человека при высоких концентрациях. Тем не менее его вред для здоровья в рамках городского пространства требует дополнительного исследования.

Однако, как уже отмечалось ранее, достаточно точно установлено, что в мегаполисах наибольшую опасность для населения представляют твердые частицы [9]. Сокращение именно таких выбросов позволит значительно улучшить здоровье горожан, поэтому

Таблица 1. Структура выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в Санкт-Петербурге
Table 1. Structure of pollutant emissions from road transport in Saint Petersburg

Загрязняющее вещество Pollutant	Количество выбросов Amount of emissions	
	абсолютное, тыс. т absolute, thousand t	относительное, % от общего количества percentage of total
Взвешенные частицы Particulate matter	0,9	0,2
SO ₂	2,1	0,5
CO	376,6	80,6
NO ₂	39,3	8,4
CH ₄	2,0	0,4
NH ₃	0,8	0,2
Летучие органические соединения Volatile organic compound	45,3	9,7
<i>Всего</i> <i>Total</i>	467,0	100

Таблица 2. Структура выбросов от ОТ и КТ при использовании дизельного топлива, бензина и метана
Table 2. Structure of emissions from public and municipal transport on diesel fuel, gasoline, and methane

Загрязняющее вещество Pollutant	Объем выбросов от ОТ и КТ, тыс. т Amount of emissions from public and municipal transport, thousand t	
	при использовании дизельного топлива и бензина on diesel fuel and gasoline	при использовании метана on methane
Взвешенные частицы Particulate matter	0,3	0,0
SO ₂	0,1	0,0
CO	20,3	4,3
NO ₂	3,8	2,5
CH ₄	0,0	1,0
NH ₃	0,0	0,0
Летучие органические соединения Volatile organic compound	2,2	0,0
<i>Всего</i> <i>Total</i>	26,7	7,8

в настоящем исследовании авторы сосредоточились только на данном загрязнителе.

Для определения объема поступления в атмосферу твердых частиц от ОТ и КТ была использована методика АО «НИИ Атмосфера». Этот подход предполагает расчет усредненного количества выбро-

сов вредных веществ, в том числе и взвешенных частиц, на 1 км пробега в зависимости от типа транспортного средства, еврокласса двигателя и вида используемого топлива [12]. Для вычислений было взято количество ОТ и КТ в Санкт-Петербурге и усредненный годовой пробег данного транспорта.

Ежедневно на улицы Санкт-Петербурга выходит около 6000 автобусов и 2800 ед. коммунальной техники. Годовой пробег одного автобуса составляет около 91 тыс. км, одной ед. коммунальной техники – около 21 тыс. км. С помощью упомянутой методологии было рассчитано, что ОТ и КТ Санкт-Петербурга в среднем выбрасывает 28 тыс. т поллютантов в год. Это составляет примерно 6 % от всего загрязнения, произведенного транспортными средствами в городе. При переходе на газомоторное топливо выбросы от КТ и ОТ сократятся на 18,9 тыс. т (4 %) в год. Данное значение с первого взгляда кажется незначительным. Однако если посмотреть на него в разрезе элементов (и веществ), то перевод городской техники на газ существенно уменьшает выбросы наиболее опасных из них – взвешенных частиц (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что количество взвешенных частиц в атмосфере сократится на ~ 300 т, или 28 % в год. Всего же объем их выбросов в Санкт-Петербурге от стационарных и нестационарных источников составляет 5,2 тыс. т [10]. Соответственно, при переводе ОТ и КТ на метан общее количество выбросов твердых частиц уменьшится примерно на 5 % в год.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИЗДЕРЖКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОТ И КТ

Оценку экономических издержек от загрязнения воздуха проводят такие международные организации, как Greenpeace, Европейская комиссия, ОЭСР и др. Все они используют примерно одну и ту же методологию, которая состоит из следующих элементов:

- количество потерянных лет потенциальной жизни в результате преждевременной смерти (смерти человека, наступившей ранее, чем он достиг возраста, соответствующего ожидаемой продолжительности жизни). Этот показатель умножается на среднестатистическую «цену» жизни

(условная расчетная экономическая величина, включающая объем товаров и услуг, которые примерно производит один человек в год). Другими словами, если человек умирает, то экономика общества или ВВП страны недополучает определенный объем услуг и продукции. Например, один потерянный год жизни среднестатистического жителя Европейского союза приравнивается к 56 тыс. евро экономических потерь общества [3];

- количество дней в году, проведенных работниками на больничном из-за недомоганий, вызванных загрязнением воздуха. Рассчитанная величина умножается на стоимость одного больничного дня в экономике данной страны, которая в Европейском союзе составляет 130 евро [3];

- количество случаев преждевременных родов в год, вызванных выбросами загрязняющих веществ. Рассчитанная величина умножается на стоимость ухода за таким новорожденным;

- количество вызовов неотложной помощи в год из-за неожиданного приступа астмы. Рассчитанная величина умножается на стоимость одного вызова.

Например, по расчетам Greenpeace, выбросы взвешенных частиц от потребленного человечеством топлива в 2018 г. привели к 3 млн случаев преждевременной смерти (это эквивалентно 62,7 млн лет потерянной потенциальной жизни), 2,7 млн вызовов неотложной помощи из-за резкого приступа астмы, 2 млн случаев преждевременных родов и 1,8 млрд больничных дней. Общие экономические издержки при этом составили примерно 2,2 трлн долл. США, что эквивалентно 2,5 % мирового ВВП [13].

В данных исследованиях для расчета количества потерянных лет жизни, случаев преждевременных родов и других вышеупомянутых элементов используются логарифмические линейные функции риска и функции зависимости реакции от концентрации.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОТ И КТ

Методика, применяемая в этой работе, основана на последних научных выводах о рисках для здоровья, связанных с воздействием твердых частиц на человеческий организм. В среде ученых широко признано существование корреляции между концентрацией этих поллютантов в воздухе и ростом смертности [14–16]. Например, увеличение среднегодового содержания твердых частиц на 10 мкг/м³ повышает риск смерти на 6 % [17].

Основываясь на уже доказанной корреляции, в настоящей работе авторы исходили из следующего утверждения: согласно результатам исследования комиссии по загрязнению окружающей среды журнала *The Lancet*, одного из наиболее известных и авторитетных научных изданий по медицине, 21 % смертей и болезней, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, и 43 % случаев рака легких вызываются выбросами твердых частиц [18]. Соответственно, при сокращении этого вида загрязнения предполагается пропорциональное уменьшение числа заболеваний и случаев смерти. Как было отмечено ранее, при переводе ОТ и КТ Санкт-Петербурга на метан общее количество выбросов твердых частиц понизится примерно на 5 % в год. Следовательно, такое сокращение приведет к уменьшению заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний на 1,15 %, от рака легких – на 2,15 % в год.

Экономические издержки от выбросов ОТ и КТ оценивались авторами на основе существующих исследований и имеющихся данных по Санкт-Петербургу по двум направлениям:

- затраты внебюджетного федерального фонда обязательного медицинского страхования (ОМС) на стационарное лечение больных с раком легких и сердечно-сосудистыми заболеваниями, вызванными загрязнением воздуха ОТ и КТ;

- потерянные годы экономически активной жизни в результате преждевременной смерти из-за сердечно-сосудистых заболеваний и рака легких, вызванных загрязнением воздуха ОТ и КТ.

Выбор направлений был обусловлен сведениями, полученными от Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга. Все последующие расчеты опирались на эти данные.

Затраты ОМС

Ежегодно в стационарные отделения больниц Санкт-Петербурга поступает в среднем 217 тыс. человек с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Лечение одного такого больного обходится фонду ОМС в ~ 58 тыс. руб. Для 2,5 тыс. обращений основная причина – выбросы твердых частиц от ОТ и КТ. Использование газа в качестве моторного топлива позволит сократить затраты ОМС на лечение данных заболеваний на 145 млн руб./год.

Около 5,5 тыс. жителей Санкт-Петербурга ежегодно проходят стационарное лечение рака легких. На уход за одним таким больным фонд ОМС тратит в среднем 91 тыс. руб. При переходе ОТ и КТ на метан количество обращений уменьшится на 118, что в свою очередь приведет к сокращению затрат ОМС на 10,8 млн руб./год.

Таким образом, суммарная экономия средств ОМС при переводе всего автопарка ОТ и КТ Санкт-Петербурга на газ составит 155,8 млн руб./год.

Потерянные годы экономически активной жизни

Под экономически активной жизнью в настоящей статье понимаются годы жизни до пенсионного возраста. Если человек умирает раньше, значит, общество несет экономические издержки. Потерянный год потенциальной жизни – это в среднем 1974 экономически активных часа (столько в среднем работает гражданин России в год) [19]. Один россиянин

за час работы производит объем услуг и товаров, равный примерно 1920 руб. [20]. Соответственно, перемножив потерянные экономические активные часы на производительность труда, можно рассчитать экономические издержки от выбросов взвешенных частиц.

В среднем в Санкт-Петербурге умирает от сердечно-сосудистых заболеваний и рака легких, не дожив до пенсионного возраста, 8,4 тыс. человек в год. С учетом статистической корреляции около 109 смертей происходит из-за твердых частиц, выбрасываемых ОТ и КТ. Данные случаи (с учетом смертности по возрастным группам и текущей пенсионной реформы) составляют 1479 лет потерянной потенциальной жизни, или почти 3 млн потерянных экономически активных часов. Учитывая производительность труда одного россиянина в час, недополученный объем услуг и продукции в ВВП от загрязнения воздуха взве-

шенными частицами составляет 5,6 млрд руб./год.

Суммарное расчетное уменьшение экономических издержек (за счет как уменьшения затрат, так и получения дополнительных объемов произведенной продукции и услуг) от снижения выбросов взвешенных частиц ОТ и КТ Санкт-Петербурга может составить около 5,8 млрд руб./год. Если учитывать влияние сокращения количества других загрязняющих веществ на здоровье населения, а также прочих дополнительных эффектов (например, возможного уменьшения затрат на очистку фасадов зданий в связи с улучшением качества атмосферного воздуха), экономические издержки могут быть дополнительно снижены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение воздуха – одна из главных проблем современных городов. Выхлопы от транс-

порта в мегаполисах не только наносят вред окружающей среде, но и отрицательно воздействуют на здоровье людей и экономику.

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что переход на альтернативные виды топлива (в предложенном случае – метан) как наиболее доступное в настоящее время решение должен стать государственной задачей. Приблизительная экстраполяция полученных результатов на всю территорию России показывает, что государственная политика, направленная на расширение использования газомоторного топлива на ОТ и КТ, позволит сократить смертность населения на 2,8 тыс. человек, а экономические издержки – на 152,3 млрд руб. в год. Плановый перевод транспорта на метан способен обеспечить значительный рост экономики страны в ближайшие десятилетия. ■



ЛИТЕРАТУРА

1. Ella Adoo-Kissi-Debrah: Air pollution a factor in girl's death, inquest finds // BBC: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bbc.com/news/uk-england-london-55330945> (дата обращения: 23.12.2020).
2. Air pollution // WHO: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 (дата обращения: 23.12.2020).
3. Myllyvirta L. Quantifying the economic costs of air pollution from fossil fuels. Helsinki: CREA, 2020.
4. Dechezleprêtre A., Rivers N., Stadler B. The economic cost of air pollution: Evidence from Europe // OECD Economics Department Working Papers. No. 1584. Paris: OECD Publishing, 2019. DOI: doi.org/10.1787/56119490-en.
5. Chang T.Y., Zivin J.G., Gross T., Neidell M. The effect of pollution on worker productivity: Evidence from call-center workers in China // Am. Econ. J. Appl. Econ. 2019. Vol. 1. No. 11. P. 151–172. DOI: 10.1257/app.20160436.
6. Fu S., Viard B., Zhang P. Air quality and manufacturing firm productivity: Comprehensive evidence from China // MPRA. 2017. May. Paper No. 78914.
7. Ebenstein A., Lavy L., Roth S. The long-run economic consequences of high-stakes examinations: Evidence from transitory variation in pollution // Am. Econ. J. Appl. Econ. 2016. Vol. 8. No. 4. P. 36–65. DOI: 10.1257/app.20150213.
8. Archsmith J., Heyes A., Saberian S. Air quality and error quantity: Pollution and performance in a high-skilled, quality-focused occupation // Journal of the AERE. 2018. Vol. 5. No. 4. P. 827–863. DOI: 10.1086/698728.
9. WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva: WHO Press, 2006.
10. World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: UN-Habitat, 2020.
11. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2019 году / под ред. Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого. СПб.: Типография Глори, 2020.
12. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Приложение 2 к распоряжению № 6-р от 01.11.2013 г. Методические рекомендации по оценке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников (автомобильный и железнодорожный транспорт) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70573338/f7ee959fd36b5699076b35abf4f52c5c/> (дата обращения: 23.12.2020).
13. Farrow A., Miller K.A., Myllyvirta L. Toxic air: The price of fossil fuels. Seoul: Greenpeace Southeast Asia, 2020.
14. Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015 // The Lancet. 2017. Vol. 389. No. 10082. P. 13–19. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
15. Dicker D., Nguyen G., Abate D., et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 // The Lancet. 2018. Vol. 392. No. 10159. P. 10–16. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31891-9.
16. Anenberg S.C., Henze D.K., Tinney V. Estimates of the global burden of ambient PM_{2.5}, ozone, and NO₂ on asthma incidence and emergency room visits // Environ. Health Perspect. 2018. Vol. 126. No. 10. CID: 107004. DOI: 10.1289/EHP3766.
17. Pope III C.A., Burnett R.T., Thun M.J., et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution // Jama. 2002. Vol. 287. No. 9. P. 1132–1141. DOI: 10.1001/jama.287.9.1132.
18. Landrigan P.J., Fuller R., Acosta N.J.R., et al. The Lancet Commission on pollution and health // The Lancet. 2018. Vol. 391. No. 10119. P. 462–512. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0.
19. Giattino C., Ortiz-Ospina E., Roser M. Working hours [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ourworldindata.org/working-hours> (дата обращения: 23.12.2020).
20. Level of GDP per capita and productivity // OECD.Stat: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PDB_LV (дата обращения: 23.12.2020).

REFERENCES

- (1) BBC. Ella Adoo-Kissi-Debrah: Air pollution a factor in girl's death, inquest finds. Available from: <https://www.bbc.com/news/uk-england-london-55330945> (Accessed: 23 December 2020).
- (2) WHO. Air pollution. Available from: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 (Accessed: 23 December 2020).
- (3) Myllyvirta L. Quantifying the Economic Costs of Air Pollution from Fossil Fuels. Helsinki: CREA; 2020.
- (4) Dechezleprêtre A., Rivers N., Stadler B. The economic cost of air pollution: Evidence from Europe. In: OECD Economics Department Working Papers. No. 1584. Paris: OECD Publishing; 2019. p. 1–62.
- (5) Chang TY, Zivin JG, Gross T, Neidell M. The effect of pollution on worker productivity: Evidence from call-center workers in China. Am. Econ. J. Appl. Econ. 2019; 1(11): 151–172.
- (6) Fu S, Viard B, Zhang P. Air quality and manufacturing firm productivity: Comprehensive evidence from China. MPRA. 2017; (May): paper No. 78914.
- (7) Ebenstein A, Lavy L, Roth S. The long-run economic consequences of high-stakes examinations: Evidence from transitory variation in pollution. Am. Econ. J. Appl. Econ. 2016; 8(4): 36–65.
- (8) Archsmith J, Heyes A, Saberian S. Air quality and error quantity: Pollution and performance in a high-skilled, quality-focused occupation. Journal of the AERE. 2018; 5(4): 827–863.
- (9) WHO. WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Global Update 2005. Summary of Risk Assessment. Geneva: WHO Press; 2006.
- (10) UN-Habitat. World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: UN-Habitat; 2020.
- (11) Belyayev DS, Serebriitskiy IA (eds.). Report on the environmental situation in Saint Petersburg in 2019. Saint Petersburg: Glory Printing House [Tipografiya Glori]; 2020. (In Russian)
- (12) Federal Service for Supervision of Natural Resources. Appendix 2 to Order No. 6-r of 1 November 2013. Methodological recommendations for evaluation of air pollutant emissions from mobile sources (road and railway transport). Available from: <https://base.garant.ru/70573338/f7ee959fd36b5699076b35abf4f52c5c/> (Accessed: 23 December 2020). (In Russian)
- (13) Farrow A, Miller KA, Myllyvirta L. Toxic Air: The Price of Fossil Fuels. Seoul: Greenpeace Southeast Asia; 2020.
- (14) Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. The Lancet. 2017; 389(10082): 13–19.
- (15) Dicker D, Nguyen G, Abate D, Abate KH, Abay SM, Abbafati C, et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. The Lancet. 2018; 392(10159): 10–16.
- (16) Anenberg SC, Henze DK, Tinney V. Estimates of the global burden of ambient PM_{2.5}, ozone, and NO₂ on asthma incidence and emergency room visits. Environ. Health Perspect. 2018; 126(10); CID: 107004.
- (17) Pope III CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. Jama. 2002; 287(9): 1132–1141.
- (18) Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adey O, Arnold R, Basu NN. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet. 2018; 391(10119): 462–512.
- (19) Giattino C, Ortiz-Ospina E, Roser M. Working Hours. Available from: <https://ourworldindata.org/working-hours> (Accessed: 23 December 2020).
- (20) OECD. Level of GDP per Capita and Productivity. Available from: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PDB_LV (Accessed: 23 December 2020).