

Т. А. Мещурова

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Т. А. Meshchurova

ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN THE CITIES OF PERM REGION

Аннотация. Выбросы химических веществ от стационарных и передвижных источников в атмосферный воздух современных городов оказывают вредное влияние на население, способствуя росту заболеваемости и смертности, причиняют ущерб природной среде. В Пермском крае в атмосферу от промышленных источников поступает около 360 видов химических веществ. Основными источниками загрязнения воздушной среды являются химическая промышленность, добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, металлургическая промышленность, электроэнергетика, транспорт. Целью данного исследования явилась оценка загрязнения воздуха городов Пермского края. В работе использовались материалы Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, размещенные в ежегодных экологических докладах. Установлено, что основной объем выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ от стационарных источников составляют жидкие и газообразные вещества. Ведущим компонентом являются углеводороды, как результат деятельности предприятий трубопроводного транспорта. На втором месте по величине – оксид углерода, образующийся в процессе сжигания различных видов топлива. Отмечена тенденция увеличения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу с 2014 г. по 2018 г. при стабильном росте выброса от передвижных источников. Оценка загрязнения воздуха производилась по критерию комплексного индекса загрязнения атмосферы, учитывающему несколько примесей, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы (в текущем году). Проводился анализ результатов мониторинга в Березниках, Губахе, Краснокамске, Лысьве, Перми, Соликамске и Чайковском. Представлена динамика значений индекса загрязнения атмосферы за период 2008–2018 гг. в городах Пермского края. Сравнительный анализ показал, что самая большая величина индекса («очень высокая») наблюдалась в г. Соликамске в 2012 г. Наименьшая величина отмечена в г. Чайковском. За последние 6 лет замечена тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха по данному критерию во всех наблюдаемых городах. Возможно, это связано с применением наилучших доступных технологий на предприятиях (по производству продукции, по очистке выбросов) и частично с сокращением некоторых технологических линий. Проведено исследование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в ряде городов Пермского края за 2008–2018 гг. Установлено, что наибольшую экологическую нагрузку от выбросов стационарных источников испытывают города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия: Пермь, Березники, Лысьва, Соликамск. Отмечен рост выбросов летучих органических соединений и диоксида серы от стационарных источ-

Abstract. The chemicals emitted from stationary and mobile sources into the air in cities have a harmful effect on the population, contributing to the growth of morbidity and mortality and disturbing the natural environment. In Perm Krai, Russia, industrial facilities discharge about 360 chemicals into the air. The airborne pollution mostly comes from chemical industry, oil and minerals extraction, metallurgical industry, power generation, and transport. This study focused on the assessment of airborne pollution in the cities of Perm Krai. The study used data of the Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, published in annual environmental reports. It was found that the main pollutant emissions from stationary sources are liquid and gaseous substances. The most common emission components are hydrocarbons coming from pipeline transportation facilities. The second most common substance is carbon monoxide emitted by combustion of various fuels. Gross pollutant emissions tended to increase from 2014 to 2018, with a steady growth of emissions from mobile sources. Airborne pollution was assessed by the comprehensive air quality index, taking into account several substances that make the largest contribution to airborne pollution (this year). The monitoring results from Berezniki, Gubakha, Krasnokamsk, Lysva, Perm, Solikamsk and Tchaikovsky were analyzed. The paper presents the dynamics of air quality index in these cities from 2008 to 2018. The highest index value ('very high') was observed in Solikamsk in 2012; the lowest index value, in Tchaikovsky. The airborne pollution in these cities showed a tendency to decrease over the past six years, possibly, due to the use of more advanced emissions cleaning technologies and the decommissioning of some industrial facilities. The cities that have large industrial companies, such as Perm, Berezniki, Lysva and Solikamsk, experience the greatest environmental burden from stationary sources. Emissions of volatile organic compounds and sulfur dioxide from stationary sources increased from 2016 to 2018, although neither

ников с 2016 по 2018 гг. Степени загрязнения в градации «высокая» и «очень высокая» за период с 2013 по 2018 гг. в промышленных городах Пермского края не наблюдались.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха; выбросы; стационарные и передвижные источники; мониторинг; Пермский край; критерий комплексного индекса загрязнения атмосферы.

Сведения об авторе: Мешурова Татьяна Александровна, ORCID: 0000-0003-2987-2198, канд. биол. наук, Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем, г. Пермь, Россия, tmeshurova@mail.ru.

About the authors: Meshchurova Tatiana Alexandrovna, ORCID: 0000-0003-2987-2198, Ph.D., Ural Research Institute of Ecology, Perm, Russia, tmeshurova@mail.ru.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из самых серьезных экологических проблем современных городов. Оно оказывает вредное влияние на население, способствуя росту заболеваемости и смертности. Воздействие загрязненного воздуха, в том числе посредством сухих и влажных выпадений, причиняет ущерб природной среде: лесам, зеленым насаждениям, водным объектам, почвам. В 89% городов России отмечается превышение санитарно-гигиенических нормативов загрязнения атмосферного воздуха [24]. Особо актуален выбор приоритетов для защиты благополучия человека на основе анализа связей «среда обитания – здоровье», а именно зависимости здоровья населения от техногенного загрязнения воздушного пространства.

На человека, проживающего в промышленном районе, потенциально может воздействовать до нескольких сотен химических компонентов [4]. Большое количество исследований показало, что экологически неблагоприятная воздушная среда создает риск развития заболеваний населения, особенно детского, и в первую очередь со стороны органов дыхания [6–10; 15–17; 19; 20; 27; 28; 30–32; 35; 37]. Отмечено возрастание вероятности развития аллергического ринита, патологии лимфоидной ткани носоглотки и нарушений пищеварительной системы при аэрогенном воздействии бензола, фенола, формальдегида, взвешенных веществ у детей разного возраста [17]. Выявлено истощение потенциала иммунной системы у детского населения, проживающего в условиях загрязнения атмосферного воздуха алюминием [6; 39] и другими металлами [7]. Установлено, что загрязнение атмосферного воздуха (взвешенными веществами, оксидом и диоксидом азота, диоксидом серы) отражается, прежде всего, на морфофункциональном состоянии органов дыхания и влияет на частоту возникновения различных заболеваний [13; 14; 33]. Доказано обострение хронических нарушений органов дыхания, астмы при высоком уровне оксида серы (IV) [2; 38] и других загрязняющих веществ в воздухе [17].

Установлена зависимость между уровнем заболеваемости органов дыхания и загрязнением атмосферы в результате выбросов химических веществ от стационарных и передвижных источников [4; 5; 12; 16]. Учеными описано негативное воздействие загрязнения вредными веществами воздуха на животных, растения, почву. Отмечено токсическое, аллергенное, возможное мутагенное и канцерогенное действие формальдегида (на примере животных и человека) [9; 17]. При воздействии на растения диоксида серы отмечается появление белесых пятен, некротических полос на листьях, обесцвечивание хлорофилла, приводящее к пожелтению листьев, снижение продуктивности, замедление роста. SO₂ отчасти способствует подкислению почвы [1]. Посадка вредных химических веществ атмосферного воздуха (от транспорта, котельных, работающих на твердом и жидком топливе, при сжигании мусора) может приводить к нарушению продуктивных земель [35]. В одной из работ [31] показано негативное действие тяжелых металлов, которые попадают в атмосферу из антропогенных источников и загрязняют воду, почву, могут накапливаться в растениях и в организме человека и животных.

Проблема мониторинга состояния воздушного бассейна и охраны здоровья населения промышленных городов, сформированных вокруг крупных градообразующих предприятий, требует особого внимания.

Загрязнение атмосферного воздуха является значительным и постоянным фактором воздействия на сердечно-сосудистую, дыхательную, иммунную системы организма человека. В Пермском крае в последние годы наблюдается рост показателя заболеваемости органов дыхания взрослого и детского населения. Ведущее место в структуре первичной заболеваемости взрослого населения в 2018 г. занимали болезни органов дыхания – 34% [25; 26]. На протяжении ряда лет в атмосферном воздухе территорий городов края фиксируются превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ: формальдегида, этилбензола, фенола, диоксида азота, ксилола, хлорида водорода, взвешенных веществ

и других опасных компонентов. В г. Перми в 2018 г. отмечены случаи превышения ПДК среднесуточных концентраций металлов в атмосфере (марганца, меди, свинца). С каждым годом в Пермском крае увеличивается общее количество источников выбросов загрязняющих веществ и число единиц автотранспорта [26].

Основными источниками загрязнения воздушной среды в Пермском крае являются химическая промышленность, добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, металлургическая промышленность, электроэнергетика, транспорт. В атмосферный воздух от промышленных источников поступает около 360 видов химических веществ, в том числе 30 веществ 1 класса опасности. Выбросы предприятий г. Краснокамска и Осенцовского промузла при определенных метеоусловиях накладываются на выбросы предприятий г. Перми и приводят к повышению уровня загрязнения воздуха [24].

Принимая во внимание большое количество выбросов вредных веществ в атмосферу, их влияние на человека и окружающую среду, рост заболеваемости органов дыхания населения, целью настоящего исследования явилась оценка загрязнения воздуха городов Пермского края.

Материалы и методы

В работе использовались материалы Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, информация из докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2012–2018 гг. Сеть мониторинга загрязнения атмосферы в Пермском крае состоит из 14 станций регулярных наблюдений в 4 городах. Контроль осуществляется в 7 пунктах Перми, на 3 станциях Соликамска и на 2 – в Березниках и Губахе [24]. Кроме того мониторинг загрязнения атмосферного воздуха производится на 1 стационарном посту в гг. Краснокамске, Лысьве, Чайковском [24]. Исследовалась динамика выбросов распространенных загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников в Пермском крае в 2015–2018 гг.

Оценка загрязнения воздуха осуществлялась с использованием критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающего несколько примесей, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы (в текущем году). Рассчитывается ИЗА по специальной формуле, которая учитывает среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества, его среднесуточную предельно допустимую концентрацию и коэффициент, зависящий от степени вредности загрязняющего вещества. Проводилось сравнение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников ряда городов Пермского края (Пермь, Березники, Соликамск, Губаха, Кунгур, Лысьва, Кудымкар) за период 2008–2018 гг.

Результаты и обсуждение

Наибольший «вклад» в загрязнение атмосферы Пермского края (82,9% от общей массы выбросов) в 2017–2018 гг. внесли предприятия с видом экономической деятельности: «добыча полезных ископаемых», «транспорт и связь» и «обрабатывающие производства». Среди 14 субъектов Приволжского федерального округа Российской Федерации Пермский край по уровню антропогенного воздействия на окружающую среду в 2017–2018 гг. занимал 12 место [24–26].

По материалам Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Пермскому краю [24–26] наиболее распространенными загрязняющими атмосферу от стационарных источников, являются вещества, выбросы которых за 2015–2018 гг. представлены в таблице 1. Из нее следует, что основной объем выбросов составляют жидкие и газообразные вещества, ведущим компонентом в выбросах загрязняющих веществ являются углеводороды, как результат деятельности предприятий трубопроводного транспорта.

На втором месте – оксид углерода, образующийся в процессе сжигания различных видов топлива. С 2016 по 2018 гг. возросла величина выбросов диоксида серы и летучих органических соединений.

Таблица 1

Величина выбросов распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников в Пермском крае в 2015–2018 гг.

Загрязняющее вещество	Величина выбросов по годам, тыс. т			
	2015	2016	2017	2018
Всего	298,6	308,9	310,841	292,773
В том числе:				
твердые вещества	15,4	13,9	14,603	11,665
газообразные и жидкие вещества	283,2	295,0	296,238	292,773
из них:				
диоксид серы	8,4	8,0	8,917	10,532

оксиды азота	38,9	39,9	44,004	40,277
оксид углерода	67,1	70,3	68,733	67,773
углеводороды (без ЛОС)	113,7	124,8	121,759	105,229
летучие органические соединения (ЛОС)	52,4	49,5	50,390	54,885
прочие	2,7	2,5	2,435	2,412

Рост валового выброса наиболее распространенных загрязняющих веществ в атмосферный воздух Пермского края от стационарных источников прослеживается до 2017 г., в 2018 г. произошло его уменьшение (табл. 1). Однако в последние годы наблюдается тенденция увеличения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу с 581,9 тыс. т/год в 2014 г. до 658,1 тыс. т/год в 2018 г. при стабильном росте выброса от передвижных источников [25].

Оценка загрязнения воздуха проводилась с использованием критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Этот индекс характеризует уровень длительного, хронического загрязнения воздуха. В зависимости от полученных значений комплексного ИЗА степень загрязнения оценивается как [25; 26]: «низкая» при ИЗА = 5; «повышенная» – ИЗА = 5–6; «высокая» – ИЗА = 7–13; «очень высокая» – ИЗА ≥ 14.

Многими исследователями установлено, что с увеличением уровня ИЗА возрастает количество случаев злокачественных новообразований [1; 4; 11; 18; 34].

В таблице 2 приведены значения ИЗА по 7 промышленным городам Пермского края за период с 2008 по 2018 гг. По результатам таблицы повышенный уровень загрязнения атмосферы имели города Березники, Губаха, Краснокамск, Пермь, Соликамск в 2017 г., в 2018 г. только г. Пермь. В 2016–2018 гг. более «чистыми» городами можно считать Лысьву и Чайковский, более загрязненными – Березники, Соликамск, Пермь, Краснокамск.

Сравнительный анализ показал, что самая большая величина критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы наблюдалась в г. Соликамске в 2012 г. Наименьшая величина ИЗА отмечена в г. Чайковский в 2009, 2016 гг. В 2012 г. в г. Соликамске степень загрязнения атмосферы была очень высокая, в Березниках – высокая. В г. Перми с 2008 по 2012 гг. уровень загрязнения оценивался как высокий, с 2013 по 2016 гг. степень загрязнения была низкая, затем в 2017 г. и 2018 г. характеризуется как повышенная (табл. 2).

В г. Губахе наблюдалась повышенная степень загрязнения атмосферного воздуха в период с 2008 по 2012 гг., в 2013–2018 гг. она характеризуется как низкая (табл. 2).

Динамика значений ИЗА за период 2008–2018 гг. в городах Пермского края представлена на рисунке 1. До 2013 г. самыми загрязненными городами были Соликамск, Пермь, Березники. За последние 6 лет замечена тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха по критерию ИЗА во всех наблюдаемых городах (рис. 1).

Таблица 2

Значения ИЗА по городам Пермского края за период 2008–2018 гг.

Города	Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по годам										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Березники	6,1	7,0	8,0	6,2	10,6	5,0	4,0	5,0	6,0	5,0	4,0
Губаха	7,1	6,1	6,4	6,0	6,2	4,0	3,8	3,0	4,0	4,8	4,0
Краснокамск	3,9	3,4	5,2	5,3	6,3	5,3	5,3	5,4	5,8	5,2	4,0
Лысьва	4,5	5,5	4,7	3,6	4,5	4,0	4,2	3,9	3,5	4,0	3,5
Пермь	9,6	7,9	8,6	10,0	9,4	4,0	3,2	4,0	4,0	5,0	5,0
Соликамск	10,8	11,4	13,9	8,2	16,0	5,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0
Чайковский	4,6	2,3	2,9	2,5	2,4	2,7	2,5	2,8	2,3	2,7	2,9

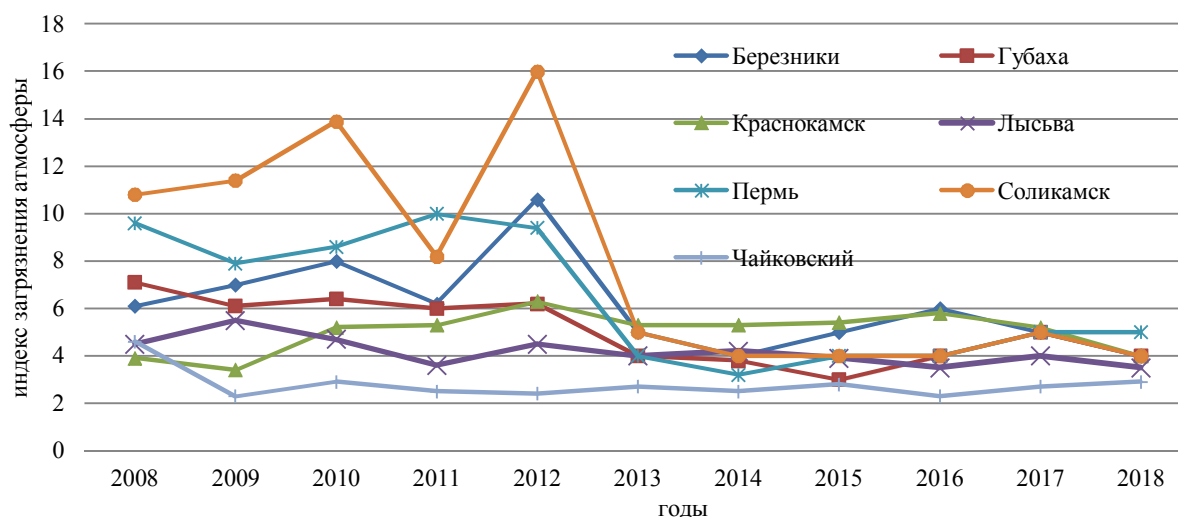


Рис. 1. Изменение ИЗА за период 2008–2018 гг. в городах Пермского края

По результатам наблюдений за степенью загрязнения атмосферы в Пермском крае в 2018 г. критерий ИЗА оценивался как повышенный только в г. Перми (самыми загрязненными являются Мотовилихинский и Ленинский районы), а в гг. Соликамск, Березники, Губаха, Краснокамск, Чайковский, Лысьва – как низкий [25].

Возможно, изменения величины критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы (уменьшение) в промышленных городах Пермского края связаны с применением наилучших доступных технологий на предприятиях (по производству продукции, по очистке выбросов) и частично с сокращением некоторых технологических линий.

В докладах о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2016, 2017, 2018 гг. сообщается, что на промышленных предприятиях проводились различные виды воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов в атмосферу (работы по совершенствованию технологических процессов, по повышению эффективности действующих очистных установок и др.) [21–26].

В связи с тенденцией роста валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух Пермского края нами проводилось сравнение выбросов в атмосферу от стационарных источников в ряде городов. Использовали данные из ежегодных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края [21–26]. В таблице 3 они представлены по 7 городам Пермского края за период 2008–2017 гг.

Исследование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в Пермском крае показало, что наибольшие величины в 2008–2018 гг. характерны для Перми, Березников, Лысьвы, Соликамска, Губахи. Наименьшие показатели выбросов в г. Кудымкаре за 2010–2018 гг. и в г. Кунгуре за 2008–2018 гг. (табл. 3). Изменение величины выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников за 2010–2018 гг. в наблюдаемых городах Пермского края представлено на рисунке 2. Результаты исследования показали, что тенденция роста величины выбросов загрязняющих веществ прослеживается к 2018 г. в городах: Пермь, Березники, Лысьва. Уменьшение выбросов к 2018 г. по сравнению с 2010 г. отмечено в гг. Кунгуре и Кудымкаре, а для г. Губахи характерно увеличение показателя к 2018 г. (рис. 2).

Таблица 3

Величины выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников ряда городов Пермского края за период 2008–2018 гг.

Города	Величина выбросов по годам, тыс. т										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Пермь	33,967	34,106	34,466	35,200	35,131	37,218	36,336	38,843	41,292	41,958	40,150
Березники	17,919	16,125	16,682	18,169	17,625	18,411	20,043	19,495	18,754	19,386	19,812
Губаха	7,256	5,585	6,055	6,507	5,058	4,955	6,689	5,826	5,075	4,786	7,825
Кунгур	0,727	0,736	3,365*	3,031*	1,627	1,336	1,594	1,232	1,204	0,919	0,892
Лысьва	14,538	8,195	5,245	11,811	7,435	12,367	10,721	9,767	12,319	9,763	11,787
Соликамск	5,277	4,936	5,644	5,735*	5,811	7,485	6,782	7,453	6,337	6,489	6,420
Кудымкар	–	–	1,103	0,989	0,269	0,709	0,794	0,804	0,816	0,250	0,283

Примечание: * – величины выбросов указаны с учетом района

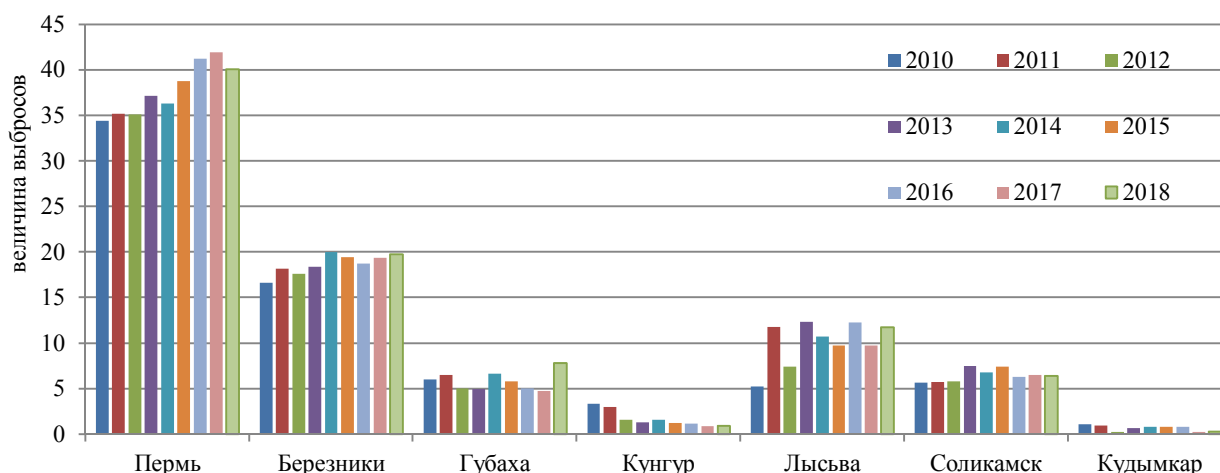


Рис. 2. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в городах Пермского края за 2010–2018 гг.

Мониторинг атмосферного воздуха за период 2014–2018 гг. показал, что в г. Перми средние концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, оксида азота, фенола, фторида водорода и тяжелых металлов (железо, марганец, медь, никель, цинк) повысились. Снизилась средняя концентрация оксида углерода, диоксида азота, сероводорода, хлорида водорода, аммиака, формальдегида, ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы, этилбензол), бенз(а)пирена, тяжелых металлов (свинец, хром). В г. Соликамске за этот период средние концентрации взвешенных веществ, хлора, аммиака, формальдегида, ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы) повысились. Снизилась концентрация диоксида серы, диоксида азота, оксида азота, хлорида водорода бенз(а)пирена, тяжелых металлов (железо, магний, медь, свинец, хром, цинк). В г. Березники повысились показатели взвешенных веществ, фенола, формальдегида, ароматических углеводородов (бензол, этилбензол, ксилолы, толуол), тяжелых металлов (никель, кадмий). Снизилась концентрация диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, сероводорода, хлорида водорода, аммиака, тяжелых металлов (свинец, хром, железо, магний, марганец), бенз(а)пирена [25].

В г. Губаха средние концентрации взвешенных веществ, диоксида азота, оксида азота, фенола, аммиака, формальдегида, бензола, толуола, этилбензола, тяжелых металлов (железо, магний, марганец, медь, цинк,) повысились. Снизилась средняя концентрация диоксида серы, оксида углерода, сероводорода, бенз(а)пирена. В г. Лысьве отмечено снижение концентраций диоксида азота, фторида водорода, но повысились средние годовые концентрации фенола, взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода. В г. Краснокамске за пятилетний период средние концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота повысились, а снизилась средняя концентрация оксида углерода, сероводорода, фенола, аммиака, формальдегида [25].

Заключение

В целом можно заключить, что наибольшую экологическую нагрузку от выбросов стационарных источников испытывают города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия: Пермь, Березники, Лысьва, Соликамск. При этом в Пермском крае с 2016 по 2018 гг. прослеживается рост выбросов летучих органических соединений и диоксида серы, отходящих от стационарных источников. Степени загрязнения в градации ИЗА «высокая» и «очень высокая» за период с 2013 по 2018 гг. в промышленных городах Пермского края не наблюдались. Основными загрязнителями атмосферного воздуха в городах региона, определяющими наибольший вклад в экологический ущерб и риск здоровью населения, являются этилбензол, ксилол, формальдегид, взвешенные вещества, фенол, диоксид азота, оксид углерода, среднегодовые концентрации которых превышают ПДК в 1,5–5 и более раз.

Проведенная оценка загрязнения воздуха городов Пермского края имеет практическое значение для принятия управленческих решений и повышения эффективности планирования природоохранных мероприятий на производственных объектах не только в Пермском крае, но и в других регионах Российской Федерации, особенно в экологически неблагоприятных.

Очищение воздушного бассейна, снижение выбросов промышленных объектов целесообразно осуществлять внедрением в производство более совершенного оборудования и наилучших доступных

технологий, применением в технологических процессах нетоксичных или малотоксичных материалов, герметизацией технологических агрегатов и коммуникаций. Необходимо обеспечивать промышленные предприятия аппаратурой и установками для газоочистки и рекуперации выбросов. Кроме того, рекомендуется шире внедрять экологически чистые виды транспорта и топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. С. Диоксид серы и основные источники загрязнения атмосферы диоксидом серы // Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук. 2017. № 6–1(19). С. 18–20.
2. Арсентьева И. Л., Арсентьева Н. Л. Современные представления об этиопатогенезе, клинике, диагностике и лечении бронхиальной астмы // Медицинские новости. 2011. № 5. С. 20–25.
3. Аскараров Р. А., Аскарарова З. Ф., Чуенкова Г. А., Абдуллина А. А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха химическими соединениями на заболеваемость злокачественными новообразованиями // Медицинский вестник Башкортостана. 2011. № 4. С. 6–9.
4. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион. 2008.
5. Гарапова Р. А. Оценка экологического состояния промышленного города и здоровье населения (на примере Усть-Каменогорска) // Ползуновский вестник. 2011. № 4–2. С. 72–75.
6. Долгих О. В., Кривцов А. В., Бубнова О. А., и др. Анализ показателей иммунного статуса у детей в условиях аэрогенной экспозиции металлами // Гигиена и санитария. 2017. № 96(1). С. 26–29.
7. Долгих О. В., Отавина Е. А., Кривцов А. В., Жданова И. Г., Гусельников М. А., Аликина И. Н., Никоношина Н. А. Иммунологические маркеры нарушения здоровья детей, проживающих в условиях загрязнения атмосферного воздуха алюминием // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 2(311). С. 15–18.
8. Долгушина Н. А., Кувшинова И. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. 2019. № 6. С. 17–22. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-17-22>
9. Дорогова В. Б., Тараненко Н. А., Рычагова О. А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) // Acta Biomedica Scientifica. 2010. № 1. С. 32–35.
10. Землянова М. А., Тихонова И. В. Реализация рисков развития заболеваний органов дыхания у детей, подвергающихся воздействию химических факторов экспозиции, связанной с хозяйственной деятельностью субъекта по производству глинозема // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 11(320). С. 42–47.
11. Искандарова Г. Т., Акротов Д. А., Юсупхужаева А. М., Атамуратова А. С., Саидова С. А. Влияние атмосферных загрязнений на распространение рака легкого // Молодой ученый. 2019. № 2. С. 225–227.
12. Калинин Д. Е., Карпов А. Б., Тахауов Р. М., Самойлова Ю. А. Динамика показателей здоровья населения промышленного города // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2013. № 4. С. 14–19.
13. Капранов С. В. и др. Влияние загрязнителей атмосферного воздуха на возникновение заболеваний органов дыхания у детей и подростков // Медицинский вестник Юга России. 2017. № 8(3). С. 38–45.
14. Капранов С. В., Ноженко А. А. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в городе с крупными производствами черной металлургии и коксохимии // Гігієна населених місць. 2013. 62. С. 50–54.
15. Корочкина Ю. В., Перекусихин М. В., Васильев В. В., Пантелеев Г. В. Гигиеническая оценка окружающей среды и здоровье детей города Пензы // Анализ риска здоровью. 2015. № 3. С. 33–39.
16. Лежнин В. Л., Коньшина Л. Г., Сергеева М. В. Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда // Гигиена и санитария. 2014. № 1. С. 83–86.
17. Маклакова О. А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование) // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 56–61.
18. Мун С. А., Зинчук С. Ф. Оценка экологической опасности территорий и онкологической заболеваемости населения Кемеровской области в зависимости от загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 321.
19. Оборин М. С., Гаврилова И. Н. Экологическая ситуация региона как индикатор состояния качества населения (на примере Пермского края) // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 1. С. 22–29.
20. Омарова М. Н., Черепанова Л. Ю., Таханова Г. К., Глубоковских Л. К. Комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха крупного промышленного города // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–5. С. 822–827.
21. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2012 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2013.
22. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2015 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2016.
23. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2016 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2017.
24. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2017 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2018.
25. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2018 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2019.

26. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2018 году. Доклад управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». Пермь, 2019.
27. Петров С. Б., Петров Б. А. Оценка риска здоровью населения при воздействии твердых частиц в составе атмосферных выбросов многопливных теплоэлектроцентралей // *Экология человека*. 2019. № 6. С. 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-4-10>
28. Просвирякова И. А., Шевчук Л. М. Гигиеническая оценка содержания твердых частиц PM10 и PM25 в атмосферном воздухе и риска для здоровья жителей в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 2. С. 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02>
29. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г. СПб.: Росгидромет, 2018.
30. Степанов Н. А., Ледяйкина Л. В., Верещагина В. С., Куняева Т. А. Показатели заболеваемости бронхиальной астмой в Мордовии // *Здоровье населения и среда обитания*. 2018. № 7(304). С. 57–60.
31. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // *Астраханский вестник экологического образования*. 2013. № 1(23). С. 182–192.
32. Ушаков А. А., Турбинский В. В., Пащенко И. Г., Катунина А. С. Гигиеническая оценка социальных, санитарно-гигиенических факторов окружающей среды на территории Алтайского края // *Анализ риска здоровью*. 2015. № 4. С. 50–61.
33. Харламова Е. Н., Вальцева Е. А. Оценка влияния факторов среды на заболеваемость органов дыхания и сердечно-сосудистой системы среди подростков г. Самары // *Гигиена и санитария*. 2014. № 6. С. 87–91.
34. Чойнзонов Е. Л., Мухамедов М. Р., Балацкая Л. Н. Рак гортани: современные аспекты лечения и реабилитации. Томск, 2006.
35. Чубирко М. И., Пичужкина Н. М. Гигиеническая диагностика влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения // *Здоровье населения и среда обитания*. 2008. № 1. С. 19–20.
36. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // *Epidemiologia e prevenzione*. 2010. Vol. 34. № 5-6. P. 138–138.
37. MacGillivray D. M., Kollmann T. R. The role of environmental factors in modulating immune responses in early life // *Frontiers in immunology*. 2014. Vol. 5. P. 434. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00434>
38. Zhang J. J. et al. Children's respiratory morbidity prevalence in relation to air pollution in four Chinese cities // *Environmental health perspectives*. 2002. Vol. 110. № 9. P. 961–967. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110961>
39. Zhu Y. Z. et al. Impact of aluminum exposure on the immune system: a mini review // *Environmental toxicology and pharmacology*. 2013. Vol. 35. № 1. P. 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.11.009>

REFERENCES

1. Akimov, V. S. (2017). Dioksid sery i osnovnye istochniki zagryazneniya atmosfery dioksidom sery. *Ob-shchie i kompleksnye problemy estestvennykh i tochnykh nauk*, (6–1(19)). 18–20.
2. Arsent'eva, I. L., & Arsent'eva, N. L. (2011). Sovremennyye predstavleniya ob etiopatogeneze, klinike, dia-gnostike i lechenii bronkhial'noi astmy. *Meditsinskie novosti*, (5). 20–25.
3. Askarov, R. A., Askarova, Z. F., Chuenkova, G. A., & Abdullina, A. A. (2011). Otsenka vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha khimicheskimi soedineniyami na zaboлеваemost' zlokachestvennyimi novoobrazovaniyami. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*, (4). 6–9.
4. Bezuglaya, E. Yu., & Smirnova, I. V. (2008). *Vozdukh gorodov i ego izmeneniya*. SPb.: Asterion.
5. Garapova, R. A. (2011). Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya promyshlennogo goroda i zdorov'e naseleniya (na primere Ust'-Kamenogorska). *Polzunovskii vestnik*, (4–2). 72–75.
6. Dolgikh, O. V., Krivtsov, A. V., & Bubnova, O. A. (2017). Analiz pokazatelei immunnogo statusa u detei v usloviyakh aerogennoi ekspozitsii metallami. *Gigiena i sanitariya*, 96(1). 26–29.
7. Dolgikh, O. V., Otavina, E. A., Krivtsov, A. V., Zhdanova, I. G., Gusel'nikov, M. A., Alikina, I. N., & Niko-noshina, N. A. (2019). Immunologicheskie markery narusheniya zdorov'ya detei, prozhivayushchikh v usloviyakh zagryazneniya atmosfernogo vozdukha alyuminiem. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2(311). 15–18.
8. Dolgushina, N. A., Kuvshinova, I. A. (2019). Otsenka zagryazneniya atmosfernogo vozdukha promyshlennykh go-rodov Chelyabinskoi oblasti i nekantserogennykh riskov zdorov'yu naseleniya. *Ekologiya cheloveka*, (6), 17–22. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-17-22>
9. Dorogova, V. B., Taranenko, N. A., & Rychagova, O. A. (2010). Formal'degid v okruzhayushchei srede i ego vliyanie na organizm (obzor). *Acta Biomedica Scientifica*, (1). 32–35.
10. Zemlyanova, M. A., Tikhonova, I. V. (2019). Realizatsiya riskov razvitiya zabolevanii organov dykhaniya u de-tei, podvergayushchikhsya vozdeistviyu khimicheskikh faktorov ekspozitsii, svyazannoi s khozyaistvennoi deyatel'no-st'yu sub"ekta po proizvodstvu glinozema. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 11(320). 42–47.
11. Iskandarova, G. T., Akromov, D. A., Yusupkhuzhaeva, A. M., Atamuratova, A. S., & Saidova, S. A. (2019). Vliyanie atmosferykh zagryaznenii na rasprostraneniye raka legkogo. *Molodoi uchenyi*, (22). 225–227.
12. Kalinkin, D. E., Karpov, A. B., Takhaou, R. M., & Samoilo, Yu. A. (2013). Dinamika pokazatelei zdorov'ya naseleniya promyshlennogo goroda. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, (4). 14–19.
13. Kapranov, S. V. (2017). Vliyanie zagryaznitelei atmosfernogo vozdukha na vozniknoveniye zabolevanii organov dykhaniya u detei i podrostkov. *Meditsinskii vestnik Yuga Rossii*, 8(3). 38–45.
14. Kapranov, S. V., & Nozhenko, A. A. (2013). Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya ot zagryazneniya atmosfernogo vozdukha v gorode s krupnymi proizvodstvami chernoii metallurgii i koksokhimii. *Gigiena naselenikh mists'*, 62. 50–54.
15. Korochkina, Yu. V., Perekusikhin, M. V., Vasil'ev, V. V., & Panteleev, G. V. 2015. Gigienicheskaya otsenka okruzhayushchei sredy i zdorov'e detei goroda Penzy. *Analiz riska zdorov'yu*, (3). 33–39.

16. Lezhnin, V. L., Kon'shina, L. G., & Sergeeva, M. V. (2014). Otsenka riska dlya zdorov'ya detskogo naseleniya, obuslovlennogo zagryazneniem atmosfernogo vozdukhа vybrosami avtotransporta, na primere g. Salekharda. *Gigiena i sanitariya*, (1), 83–86.
17. Maklakova, O. A. (2019). Otsenka riska razvitiya zabolovaniy organov dykhaniya i komorbidnoi patologii u detei v usloviyakh zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа khimicheskimi veshchestvami tekhnogenno go proiskhozhde-niya (kogortnoe issledovanie). *Analiz riska zdorov'yu*, (2), 56–61.
18. Mun, S. A., & Zinchuk, S. F. (2015). Otsenka ekologicheskoi opasnosti territorii i onkologicheskoi zabolova-emosti nase-leniya Kemerovskoi oblasti v zavisimosti ot zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа. *Sovremen-nye problemy nauki i obrazovaniya*, (6), 321.
19. Oborin, M. S., & Gavrilova, I. N. (2013). Ekologicheskaya situatsiya regiona kak indikator sostoyaniya kache-stva nase-leniya (na primere Permskogo kraя). *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeya-tel'nosti*, (1), 22–29.
20. Omarova, M. N., Cherepanova, L. Yu., Takhanova, G. K., & Glubokovskikh, L. K. (2016). Kompleksnaya otsenka za-gryazneniya atmosfernogo vozdukhа krupnogo promyshlennogo goroda. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamen-tal'nykh issledovaniy*, (12–5), 822–827.
21. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraя v 2012 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraя. (2013). Perm'.
22. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraя v 2015 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraя. (2016). Perm'.
23. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraя v 2016 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraя. (2017). Perm'.
24. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraя v 2017 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraя. (2018). Perm'.
25. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraя v 2018 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraя. (2019). Perm'.
26. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Permskom krae v 2018 godu. Doklad uprav-leniya Rospotrebnadzora po Permskomu kraю, FBUZ “Tsentr gigeny i epidemiologii v Permskom krae”. (2019). Perm'.
27. Petrov, S. B., & Petrov, B. A. (2019). Otsenka riska zdorov'yu naseleniya pri vozdeistvii tverdykh chastits v sostave at-mosferynykh vybrosov mnogotoplivnykh teploelektrotsentralei. *Ekologiya cheloveka*, (6), 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-4-10>
28. Prosviryakova, I. A., & Shevchuk, L. M. (2018). Gigienicheskaya otsenka sodержaniya tverdykh chastits RM10 i RM25 v atmosfernom vozdukhе i riska dlya zdorov'ya zhitelei v zone vliyaniya vybrosov statsionarnykh istoch-nikov promyshlennykh predpriyatii. *Analiz riska zdorov'yu*, (2), 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02>
29. Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2017 g. SPb.: Rosgid-romet. (2018).
30. Stepanov, N. A., Ledyaikina, L. V., Vereshchagina, V. S., & Kunyaeva, T. A. (2018). Pokazateli zabolovaemosti bronkhial'noi astmoi v Mordovii. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 7(304), 57–60.
31. Teplaya, G. A. (2013). Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchei srede (obzor literatury). *Astrakhan-skii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 1(23), 182–192.
32. Ushakov, A. A., Turbinskii, V. V., Pashchenko, I. G., & Katunina, A. S. (2015). Gigienicheskaya otsenka sotsial'nykh, sanitarno-gigienicheskikh faktorov okruzhayushchei srede na territorii Altaiskogo kraя. *Analiz ris-ka zdorov'yu*, (4), 50–61.
33. Kharlamova, E. N., & Val'tseva, E. A. (2014). Otsenka vliyaniya faktorov srede na zabolovaemost' organov dy-khaniya i serdechnosudistoi sistemy sredi podrostkov g. Samary. *Gigiena i sanitariya*, (6), 87–91.
34. Choinzonov, E. L., Mukhamedov, M. R., & Balatskaya, L. N. (2006). Rak gortani: sovremennye aspekty lecheniya i rea-bilitatsii. Tomsk.
35. Chubirko M. I., Pichuzhkina N. M. Chubirko, M. I., & Pichuzhkina, N. M. (2008). Gigienicheskaya diagnostika vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа na zdorov'e naseleniya. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, (1), 19–20. (In Russian).
36. Unguryanu, T., Novikov, S., Buzinov, R., Gudkov, A., & Grjibovski, A. (2010). Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia e prevenzione*, 34(5-6), 138-138.
37. MacGillivray, D. M., & Kollmann, T. R. (2014). The role of environmental factors in modulating immune responses in early life. *Frontiers in immunology*, 5, 434. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00434>
38. Zhang, J. J., Hu, W., Wei, F., Wu, G., Korn, L. R., & Chapman, R. S. (2002). Children's respiratory morbidity prevalence in relation to air pollution in four Chinese cities. *Environmental health perspectives*, 110(9), 961-967. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110961>
39. Zhu, Y. Z., Liu, D. W., Liu, Z. Y., & Li, Y. F. (2013). Impact of aluminum exposure on the immune system: a mini re-view. *Environmental toxicology and pharmacology*, 35(1), 82-87. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.11.009>

Мещурова Т. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах Пермского края // Вестник Нижневарт-овского государственного университета. 2020. № 1. С. 110–119. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/17>

Meshchurova, T. A. (2020). Assessment of air pollution in the cities of Perm region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 110–119. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/17>
