

ВКЛАД ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН г. ИЖЕВСКА В ФОРМИРОВАНИЕ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

© С. А. ГАГАРИН,¹ И. Л. МАЛЬКОВА,² А. В. СЕМАКИНА³

Удмуртский государственный университет, Ижевск

E-mail: ¹ 2002gsa@mail.ru,

² mi.izhevsk@mail.ru,

³ alsen13@list.ru

В статье представлена краткая характеристика основных промышленных зон Ижевска как источников загрязнения воздушного бассейна. Исходя из объемов и структуры выбросов загрязняющих веществ, дана оценка потенциальной аэротехногенной опасности промплощадок, их вклада в формирование и пространственную дифференциацию комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха. Отбор проб воздуха на подфакельных постах наблюдения позволил сделать заключение о том, что максимальные концентрации загрязняющих веществ наблюдаются на расстоянии 2—3 км от границ промзон по направлению преобладающих ветров южного и юго-западного направления. Территориальный анализ уровня общей заболеваемости детского населения по территориям обслуживания 12 детских городских поликлиник и 170 педиатрических участков подтверждает эти выводы. Наиболее неблагоприятная ситуация характерна для микрорайонов, расположенных на севере и северо-востоке относительно центральной промышленной зоны. Несмотря на существенное снижение объемов выбросов предприятиями этой промзоны, следует отметить ее существенный вклад в формирование напряженной медико-экологической обстановки большинства жилых микрорайонов города. Увеличение объемов выбросов в последние годы крупнейшей в Ижевске северо-восточной промышленной зоны, даже с учетом ее наиболее выгодного эколого-географического положения, стало причиной значительного роста показателей общей заболеваемости и распространенности болезней органов дыхания детского населения на прилегающей территории. В формировании ингаляционного неканцерогенного риска здоровью населения вклад формальдегида составляет более 90 %.

Ключевые слова: Ижевск, промышленные зоны, стационарные источники загрязнения, медико-экологическая ситуация, оценка ингаляционного риска.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в Ижевске в настоящее время является автотранспорт. На его долю приходится от 72 до 85 % от общего объема выбросов загрязняющих веществ [3]. За последние 27 лет объемы выбросов от автотранспорта возросли на 19,7 %, в то время как выбросы от стационарных источников снизились на 67 %. Несмотря на значительное снижение объемов выбросов загрязняющих веществ, вклад промышленных предприятий в формирование медико-экологической ситуации в городе остается существенным.

Материалы и методика исследования. При оценке состояния воздушного бассейна Ижевска рассматривалось 174 объекта I—IV категорий опасности по данным отчетности за 2016 г. [7]. Учитывая неравномерность распределения производств в пространственном отношении, на территории города условно выделяется 5 промышленных зон: *западная, южная, центральная, северо-западная и северо-восточная*. Распределение выбросов загрязняющих веществ с учетом классов опасности и агрегатного состояния позволило оценить потенциальную опасность каждой промзоны.

Методика оценки потенциальной опасности воздействий источников аэротехногенного загрязнения была разработана под руководством профессора С. А. Куролапа в Воронежском государственном университете [4]. Данная оригинальная методика включает поэтапную реализацию расчетных процедур. На первом этапе по каждому промышленному объекту (промзоне) расчетным путем определяются индексы опасности выбросов загрязняющих веществ (ЗВ)

1—4 классов опасности с учетом их доли в общегородских выбросах. Также определяется индекс суммарного воздействия. Далее рассчитывается средневзвешенный индекс экологической опасности промышленной зоны ($I_{\text{прм}}$) с учетом весовых коэффициентов опасности ЗВ разных классов опасности, используемых для расчета суммарного индекса загрязнения атмосферы $K_{\text{атм}}$, по формуле:

$$K_{\text{атм}} = \left(\frac{C_1}{N_1 \cdot \text{ПДК}_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 \cdot \text{ПДК}_{C_2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n \cdot \text{ПДК}_{C_n}} \right) \cdot t$$

где C_i — средняя за год концентрация i -вещества; ПДК_i — среднесуточная предельно допустимая концентрация i -вещества; N_i — константа, принимающая значение 1, 1.5, 2, 4 соответственно для веществ 1, 2, 3, 4-го классов опасности; $t = P/P_0$, где P — среднегодовой процент повторяемости штилей, %.

Используя весовые константы для каждой из промышленных зон Ижевска была вычислена суммарная оценка потенциальной опасности с применением следующей формулы:

$$I_{\text{прм}} = \frac{I_{1\text{кл}}}{N_1} + \frac{I_{2\text{кл}}}{N_2} + \frac{I_{3\text{кл}}}{N_3} + \frac{I_{4\text{кл}}}{N_4}.$$

Расчет проводился по четырем наиболее распространенным загрязняющим веществам 2, 3, 4-го класса опасности — оксид углерода (СО), диоксид серы (SO₂), диоксид азота (NO₂), формальдегид (СН₂О).

Регулярные наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха Ижевска ведутся на 4 стационарных и 2 маршрутных постах наблюдения. Мониторинг на подфакельных постах не проводится с конца 1990-х годов. Существующая сеть мониторинга не позволяет проводить детальный пространственно-временной анализ уровня загрязнения городской среды. Потому в период 2014–2016 гг. с использованием газоанализатора ГАНК-4 аккредитованной лаборатории Удмуртского госуниверситета были проведены дополнительные исследования состояния атмосферного воздуха согласно официально утвержденному руководству [8]. Замерялись концентрации таких загрязняющих веществ, как оксид углерода, формальдегид, диоксид азота, диоксид серы. Отбор проб воздуха осуществлялся в течение 10 дней в апреле, августе и декабре 3 раза в сутки в 12 точках наблюдения. Общее количество замеров составило около 4500. Замеры, проведенные параллельно на пунктах наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, показали сходимости замеренных концентраций загрязняющих веществ. Результаты различались в пределах зоны округления десятых и тысячных долей единицы (погрешность составила менее 0.05).

Кроме того, дополнительно были отобраны подфакельные пробы воздуха с учетом расположения основных промышленных зон Ижевска (рис. 1). При выборе месторасположения пунктов контроля было учтено преобладающее направление ветра и максимально возможное удаление пункта контроля от крупных автодорог города. Точки контроля располагались на расстоянии 500 м, 1, 2 и 3 км от границ промзон.

Объемы выбросов и концентрации загрязняющих веществ сопоставлялись в пространственно-временном аспекте с медико-статистической информации

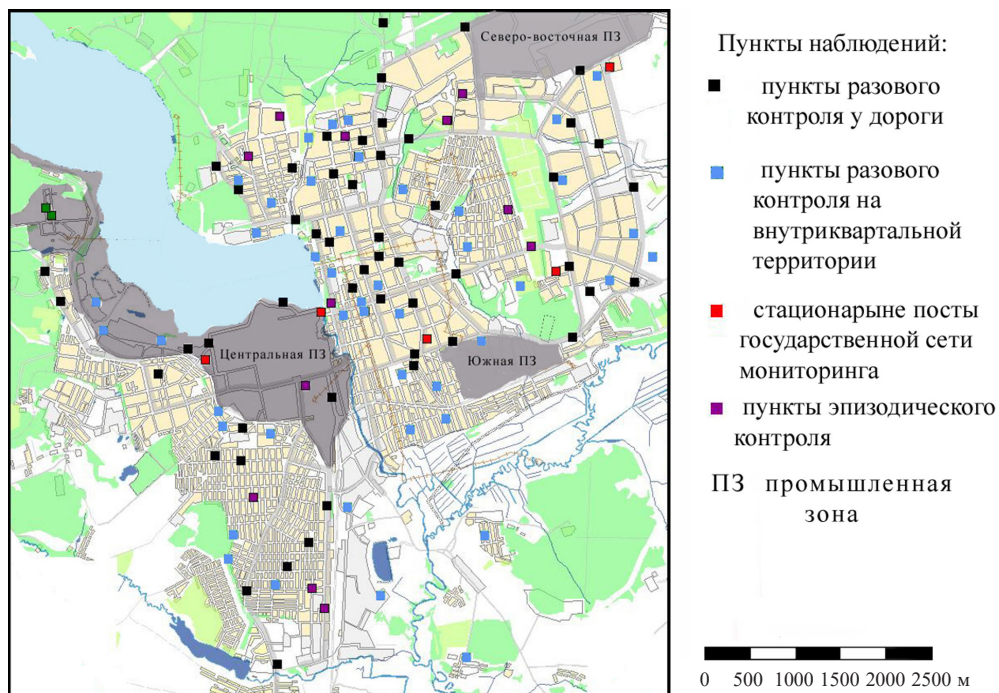


Рис. 1. Расположение промышленных зон и пунктов мониторинга состояния атмосферного воздуха Ижевска.

Fig. 1. The location of industrial zones and monitoring points of the air in Izhevsk.

ей. Данные о заболеваемости за 2015—2018 гг. были предоставлены статистическими отделами детских городских поликлиник (ДГП) в виде формы № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения». Были использованы относительные показатели (на 1000 населения до 14 лет включительно) по общей заболеваемости и распространенности болезней органов дыхания по территориям обслуживания 12 ДГП и 170 педиатрических участков.

Количественная оценка неканцерогенного (общетоксического) и канцерогенного риска здоровью детского населения, а также времени наступления потенциального токсического эффекта рассчитывались согласно методических рекомендаций «Унифицированные методы сбора данных, анализа и оценки заболеваемости населения с учетом комплексного действия факторов окружающей среды [9].

Результаты исследования. Сравнительный анализ потенциального вклада промышленных предприятий показал, что максимальную экологическую нагрузку на атмосферный воздух Ижевска оказывает северо-восточная промышленная зона (рис. 2). На долю выбросов ЗВ предприятий этой зоны приходится более 86 % суммарного объема выбросов от стационарных источников (табл. 1). При этом вклад выбросов наиболее токсичных соединений (1-го и 2-го классов опасности) составляет 57—60 %. Доля газообразных соединений — 77 %, из которых 19 % приходится на летучие углеводороды (табл. 2).

Северо-восточная промзона находится в пределах Устиновского района и является самым крупным промышленным узлом в Ижевске. Здесь представ-

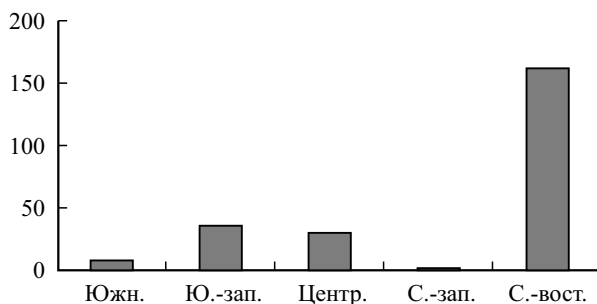


Рис. 2. Индекс потенциальной опасности промышленных зон Ижевска как источников аэротехногенного загрязнения.

Fig. 2. Potential hazard index of industrial zones of Izhevsk as sources of aerotechnogenic pollution.

Таблица 1

Вклад промышленных зон Ижевска в суммарные объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, % (расчеты по статистическим данным Росприроднадзора РФ по УР [7])
Table 1. Contribution of industrial zones of Izhevsk to total emissions pollutants from stationary sources, in % [7]

Загрязняющие вещества	Промзона				
	южная	юго-западная	центральная	северо-западная	северо-восточная
Всего	1.7	6.2	4.6	1.0	86.6
1-го класса опасности	0.5	28.7	12.4	0.9	57.7
2-го класса опасности	7.7	7.4	22.5	1.7	60.7
3-го класса опасности	5.3	0.4	2.8	0.6	90.9
4-го класса опасности	2.2	10.9	7.7	1.5	76.9
С ОБУВ	9.4	2.1	9.7	1.6	77.3

Примечание. ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия (временная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, установленная расчетным путем).

Таблица 2

Распределение выбросов загрязняющих веществ с учетом агрегатного состояния по промышленным зонам в Ижевске (расчеты по статистическим данным Росприроднадзора РФ по УР [7])
Table 2. Distribution of pollutant emissions taking into account the state of aggregation in industrial zones in Izhevsk [4]

Загрязняющие вещества	Промзона					
	в целом	южная	юго-западная	центральная	северо-западная	северо-восточная
Твердые, %	22	17	6	35	18	23
Летучие углеводороды, %	19	9	5	20	36	19
Прочие газообразные, %	59	74	89	45	46	58

лены предприятия разной промышленной принадлежности: машиностроение, химическое производство, теплоэнергетика, пищевая промышленность, строительное и ремонтное производство, жилищно-коммунальное хозяйство. Большая часть предприятий, согласно данным о присвоении категории опасности включенных в реестр объектов негативного воздействия на окружающую среду, имеет III категорию опасности. Предприятиям ООО «ЛАДА Ижевск» и АО «Ижметмаш» присвоена I категория опасности.

Общие объемы выбросов предприятий северо-восточной промзоны в последние годы составляет более 17 000 т/год. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха Ижевска от стационарных источников вносит предприятие теплоэнергетики — «Ижевская ТЭЦ-2». Увеличение объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в 2014 г. и идентичная тенденция в последующие годы объясняется переходом ТЭЦ-2 на твердое топливо (уголь). Это привело к увеличению валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу до 15 тыс. т, что составило 74 % суммарных объемов выбросов. В последующие годы выбросы загрязняющих веществ несколько снизились.

Северо-восточная промзона расположена на окраине города. В годовой розе ветров Ижевска ветра северного и северо-восточного направлений (дующие на жилые кварталы) составляют чуть более 20 %. То есть эколого-географическое положение этого промышленного узла наиболее благоприятно в сравнении с другими промзонами. Но расширяющиеся городские многоквартирные застройки в районе пересечения улиц Автозаводская и Берша все более внедряются в зону влияния промышленных выбросов предприятий. Таким образом, создаются условия, характеризующиеся близостью промышленной и жилой застройки или рекреации при недостаточных или вовсе отсутствующих (согласно требованиям российского законодательства) разрывов.

Ближайшим к данной промзоне постом мониторинга состояния атмосферного воздуха является ПНЗ-8. По данным Докладов об экологической обстановке в Ижевске именно здесь чаще всего регистрируются превышения предельно допустимых концентраций (ПДК). В 2010—2013 гг. фиксировались 1.4—5.6 ПДК взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота и формальдегида. В последние годы отмечаются только повышенные максимально разовые концентрации формальдегида (3.6—8.9 ПДК).

Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА) в северо-восточной части города существенно ниже, чем в пределах центральной промзоны (рис. 3). Но в последние годы здесь наметилась выраженная тенденция ухудшения медико-экологической ситуации. В пределах ДПП, обслуживающих жилые кварталы, прилегающие к северо-восточной промзоне, с 2015 г. зарегистрирован наибольший рост уровня общей заболеваемости детей (с 2500 до 3500 ‰). При этом доля болезней органов дыхания в структуре общей заболеваемости составляет более 60 %.

Допустимый общетоксический риск (менее 0.8) для здоровья населения характерен для оксида углерода, диоксида азота и бензола. Среднегодовые концентрации этих соединений ниже референтных (безопасных) величин. То есть вероятность развития у человека токсических эффектов при условии хронического воздействия и поступления данных веществ ингаляционным путем в течение жизни незначительна. Значительную опасность представляют фенол, взвешенные вещества и формальдегид. Для данных веществ коэффициент опасности превышает единицу, а время проявления потенциальных токси-

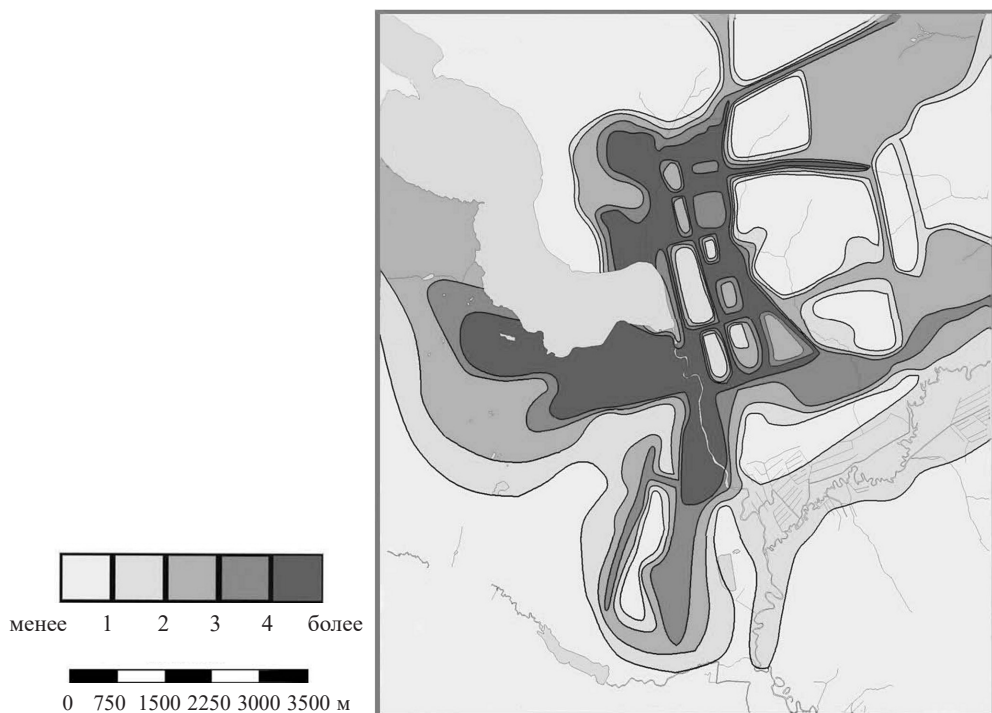


Рис. 3. Комплексный индекс загрязнения атмосферы Ижевска (по данным 2014—2016 гг.).
 Fig. 3. Comprehensive index of air pollution in Izhevsk (according to 2014—2016).

ческих эффектов составляет 8—14 лет, что соответствует «опасному» уровню. При этом наибольшую нагрузку испытывают органы дыхания, центральная нервная и сердечно-сосудистая системы.

Из рассмотренных соединений наибольшую опасность представляет формальдегид. Это соединение 2-го класса опасности оказывает влияние на центральную нервную систему, вызывает головные боли, усталость, депрессию, может вызвать астму и астматические приступы. Формальдегид внесен в список канцерогенов согласно ГН 1.1.725-98 в группу веществ «вероятно канцерогенных для человека» [6]. Экспертами доказана связь формальдегида с повышенным риском развития злокачественных опухолей носоглотки [11]. Индивидуальный канцерогенный риск здоровью детского населения, обусловленного воздействием формальдегида, составил $5.36 \cdot 10^{-5}$. Полученная величина характеризуется как «риск, вызывающий беспокойство». То есть такой уровень канцерогенного риска приемлем только для профессиональных групп в производственных условиях, но не приемлем для детей и населения в целом.

Из всех промузлов Ижевска наиболее неблагоприятное эколого-географическое положение характерно для центральной промышленной зоны. Началом формирования этой зоны послужил Ижевский железодобывающий завод. Для завода было создано водохранилище на р. Иж. Завод был построен с применением технологий XVIII в. и был расположен, исходя из нужд того времени, — в низине, около запруды, вокруг которой постепенно разрастался город. На сегодняшний день в пределах центральной промзоны крупными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются три промыш-

ленных объекта I—II категории опасности: ПАО «Ижсталь», ОАО «Ижмаш» и ТЭЦ-1.

Общий объем выбросов загрязняющих веществ от трех предприятий за 2018 г. составил 1180.3 т — 9 % общего объема выбросов от стационарных источников Ижевска. В 2009 г. в результате реструктуризации ПАО «Ижсталь» было закрыто мартеновское производство, в связи с чем произошло существенное снижение (в 14—16 раз) объемов выбросов пыли, угарного и сернистого газа, оксида азота. Выбросы предприятия ОАО «Ижмаш» по данным Докладов об экологической обстановке в Ижевске за 1995—2018 гг. сократились в 96 раз. Динамика выбросов предприятия ТЭЦ-1 менее однозначна. Наиболее значительное снижение объемов отмечено в конце 1990-х—начале 2000-х гг. (с 2423 до 235 т/год). При последующем повышении выбросов их объемы не превышали 430 т/год, что в три раза меньше, чем от ТЭЦ-2. В результате за последние годы индекс потенциальной опасности аэротехногенного загрязнения от предприятий центральной промзоны в 5 раз ниже в сравнении с северо-восточным промузлом.

Центральная промышленная зона расположена на стыке трех административных районов Ижевска в зоне особо важных транспортных узлов. Здесь пересекается исторический центр города с неширокими улицами и многополосными автодорогами. Поэтому в часы пик часто образуются автомобильные пробки. Таким образом, данная территория испытывает значительную экологическую нагрузку. Наибольший вклад в общем объеме выбросов (почти 80 %) принадлежит веществам 3-го (умеренно опасные) и 4-го (малоопасные) класса опасности. Доля поллютантов этих групп в объеме выбросов стационарных источников Ижевска не превышает 7.7 % (табл. 1). Вклад веществ 1-го и 2-го классов опасности существенно выше — 12.4 и 22.5 % соответственно. На 35 % выбросы представлены твердыми и пылевидными загрязняющими веществами (табл. 2). Их доля существенно выше, чем в выбросах других промышленных зон города (6—23 %). Доля летучих углеводородов — 20 %, большинство из которых относятся к ароматическим — особенно опасным для здоровья человека. Наибольший объем выбросов (45 %) представлен газообразными соединениями. По другим промзонам их вклад составляет от 46 до 89 %.

Ближайшими к центральной промышленной зоне постами мониторинга являются маршрутный ПНЗ-1 и стационарный ПНЗ-2. По данным Доклада об экологической обстановке [3] здесь в последние годы периодически фиксируются превышения ПДК по взвешенным веществам, в единичных случаях — по диоксиду азота, сероводороду и формальдегиду. Согласно исследованиям, проведенным кафедрой экологии и природопользования УдГУ в 2014—2016 гг., максимальные для города значения КИЗА (более 4, что по критериям «вызывает беспокойство») характерны для центральной части Ижевска. Такой уровень загрязнения обусловлен, прежде всего, высокими концентрациями формальдегида (более 3 ПДК) и диоксида азота (более 1.25 ПДК) и регистрируется не только в пределах центральной промышленной зоны, но и в прилегающих к ней жилых микрорайонах Октябрьского и Ленинского районов (см. рис. 2). Гораздо в меньшей степени осуществляется перенос загрязняющих веществ на восток в сторону Первомайского района.

На процесс рассеивания выбросов промышленных предприятий оказывает влияние множество факторов: состояние атмосферы, месторасположение

источника загрязнения, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника выбросов, диаметр устья источника [1]. Рассеяние загрязняющих веществ от высоких источников (дымовых труб) происходит таким образом, что максимум приземных концентраций наблюдается не вблизи места выброса, а на некотором удалении от него по направлению ветра. В среднем это расстояние равно 10-кратной высоте источника для холодных выбросов и 20-кратной — для горячих. В реальных условиях это расстояние напрямую зависит от скорости ветра. Так проведенные нами замеры на подфакельных постах наблюдения показали, что максимальные концентрации формальдегида фиксируются на расстоянии 3000 м от границы центральной промышленной зоны по направлению преобладающих ветров южного и юго-западного направления. Именно на таком расстоянии величина общетоксического ингаляционного риска для здоровья детского населения наиболее высока (2.4—3.2). При этом время наступления потенциального токсического эффекта составляет всего 7 лет, что представляет серьезную опасность. В августе, когда потенциал загрязнения воздушного бассейна Ижевска наиболее высок, повторяемость ветров южного и юго-западного румба наибольшая — 36 % [10]. Такое сочетание метеоусловий во многом определяет перенос выбросов центральной промышленной зоны в сторону микрорайонов Металлург и Север.

Территориальный анализ медико-статистической информации позволяет сделать аналогичные выводы. В пределах микрорайонов Металлург и Север (ДГП № 9 и 7) уровень общей заболеваемости детей вырос с 2270 до 3857 ‰ — это самые высокие показатели по городу (рис. 4). На территории ДГП № 2 ситуация последние 25 лет остается напряженной [5]. При этом следует отметить, что доля болезней органов дыхания в структуре общей заболеваемости в северных микрорайонах города составляет почти 70 %, тогда как на территории других ДГП — от 37.5 до 58 %. Это еще раз подтверждает вклад аэрогенного загрязнения в формирование структуры заболеваемости детского населения на территориях, подверженных выбросам промышленных зон. На территориях обслуживания других поликлиник, примыкающих к центральной промышленной зоне, на протяжении многих лет распространенность болезней среди детского контингента не превышает 2900 ‰.

Территориальная дифференциация показателей общей заболеваемости детского населения на уровне педиатрических участков показала, что наиболее неблагоприятная медико-экологическая ситуация наблюдается на некотором отдалении от границы центральной промышленной зоны. На расстоянии 2.5—3 км (за исключением южных микрорайонов) возрастает количество педиатрических участков с уровнем заболеваемости 2500—3500 ‰ и выше. Это совпадает с ареалом максимально высоких концентраций основных загрязняющих веществ, обусловленных выбросами центральной промзоны, что вполне закономерно с учетом высоты большинства дымовых труб, температуры выбросов и повторяемости ветров южного и юго-западного направлений.

Таким образом, несмотря на существенное снижение объемов выбросов загрязняющих веществ в последнее 10-летие, центральная промышленная зона, исторически оказавшись в центре города, на берегу Ижевского водохранилища, в понижении рельефа, имея на своей территории крупнейшие предприятия теплоэнергетики, металлургии и машиностроения с множественными точечными и площадными источниками загрязнения, остается ареалом повышенного аэрогенного риска для значительной части территории Ижевска.

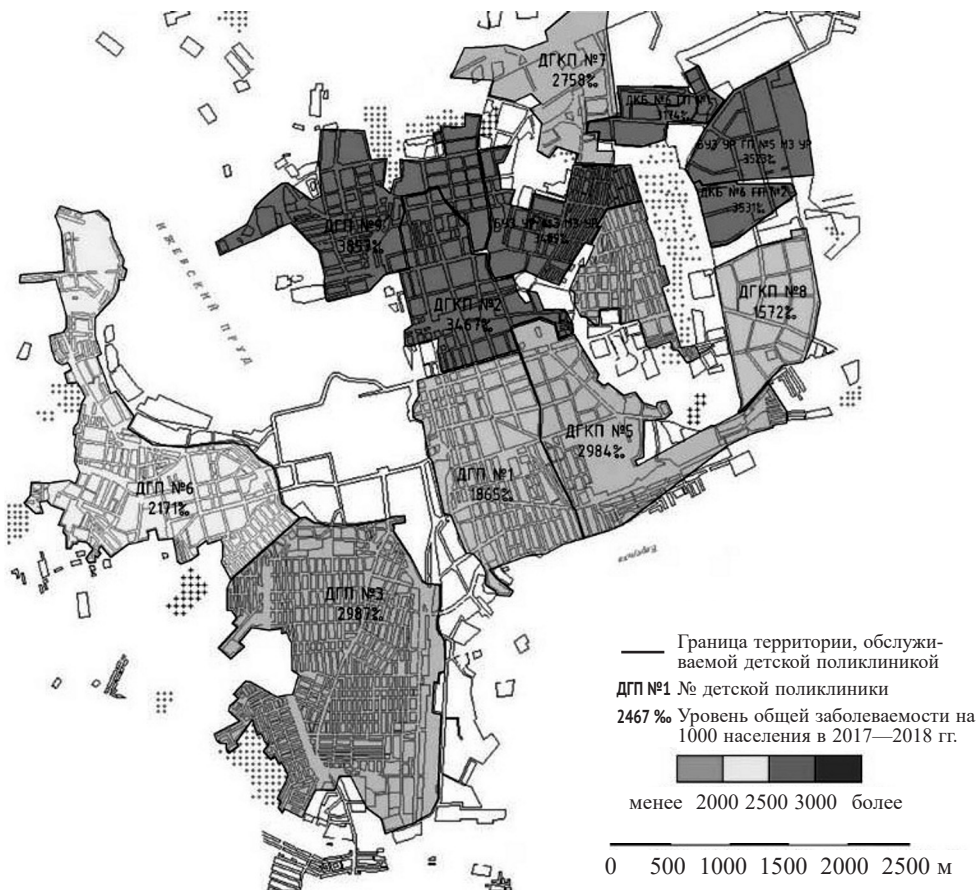


Рис. 4. Уровень общей заболеваемости детского населения Ижевска в пределах территории обслуживания детских городских поликлиник, 2017—2018 гг.

Fig. 4. The level of the general incidence of the child population of Izhevsk within the service areas of children's city polyclinics, 2017—2018.

Наличие в выбросах формальдегида и других летучих углеводородов, в сочетании с интенсивной автотранспортной нагрузкой, определяет напряженную медико-экологическую ситуацию во многих прилегающих микрорайонах города.

Южный и северо-западный промышленные районы имеют наименьший индекс потенциальной опасности аэротехногенного загрязнения среди промышленных зон Ижевска. В пределах южной промзоны, несмотря на неблагоприятную для прилегающих жилых кварталов розу ветров, производственные объекты 1-й и 2-й категорий расположены на значительном удалении от города — Ижводоканал, площадки «Российских железных дорог». Выбросы твердых веществ составляют 17 %, данный промузел насыщен предприятиями строительного цикла. Твердые вещества, как правило, представляют опасность для территории, расположенной в относительной близости от пылящих источников выбросов. Большинство предприятий строительного типа, где образуется большее количество взвешенных веществ (пыль

кремнезема, древесная пыль и др.), оснащены пылеулавливающим оборудованием, которое имеет относительно низкую стоимость и достаточно эффективно.

Доля газообразных соединений в выбросах южной и северо-западной промышленных зон составляет 83 %. По сравнению с выбросами других промзон (кроме северо-восточной) здесь высоко содержание загрязняющих веществ 2-го классов опасности — 7.7 %. Максимальные концентрации формальдегида, соответственно и наибольшие значения ингаляционного риска здоровью детского населения, фиксируются на расстоянии 2 км по направлению преобладающих ветров. Индекс риска (2.39) при времени наступления токсического эффекта в 8 лет характеризуют медико-экологическую ситуацию в микрорайонах, прилегающих к южной промзоне с северной и северо-восточной стороны, как напряженную.

Заключение. Территориальный анализ медико-экологической обстановки в Ижевске с учетом КИЗА, интенсивности транспортных потоков и шумового загрязнения, площади зеленых насаждений и уровня общей заболеваемости детского населения (по 170-ти педиатрическим участкам) показал, что в пределах 20 % жилых микрорайонов Ижевска ситуация оценивается как напряженная [2]. Прежде всего, это территории, прилегающие к центральной и северо-восточной промышленным зонам. Для центральных микрорайонов характерны стабильно высокие показатели антропогенной нагрузки [10], несмотря на существенное снижение суммарных объемов выбросов загрязняющих веществ от предприятий центральной промзоны. В пределах северо-восточных микрорайонов тенденция ухудшения медико-экологической ситуации наметилась в 2015 г., что обусловлено, прежде всего, переходом ТЭЦ-2 на уголь в качестве основного вида топлива.

Несмотря на достаточно напряженную медико-экологическую ситуацию, центральные, северные и северо-восточные микрорайоны города в настоящий момент активно застраиваются жилыми кварталами. Уплотнительная застройка может привести как к росту объемов выбросов от автотранспорта, так и к снижению продуваемости территории, что еще в большей степени увеличит вероятность экологического риска для здоровья населения.

Список литературы

- [1] Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион, 2008. 254 с.
- [2] Гагарин С. А., Малькова И. Л., Семакина А. В. Оценка уровня медико-экологического благополучия территории г. Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29 С. 274—382.
- [3] Ковальчук А. Г., Ермакова Т. Н., Копысов С. Г., Рябов Д. С., Семакова Л. А., Шельякова Ю. В. Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2016 г. Ижевск: Упр. природ. ресурсов и охраны окруж. среды Админ. г. Ижевска, 2017. 80 с.
- [4] Куропан С. А., Клепиков О. В. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха и аэротехногенного риска для здоровья населения // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2014. С. 71—93.
- [5] Малькова И. Л., Семакина А. В. Социально-гигиенический мониторинг состояния атмосферного воздуха г. Ижевска: монография. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2018. 122 с.

- [6] Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. Приложение 2 к ГН 1.1.725-98 от 23 декабря 1998 г. № 32.
- [7] Программно-техническое обеспечение учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (Публичный портал ПТО УОНВОС). URL: <https://onv.fsrpn.ru> (дата обращения: 19.07.2017)
- [8] Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.01.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
- [9] Унифицированные методы сбора данных, анализа и оценки заболеваемости населения с учетом комплексного действия факторов окружающей среды. Методические рекомендации. М., 1996. 28 с.
- [10] Экология и природопользование на территории г. Ижевска: Монография. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. 272 с.
- [11] *Stanek L. W., Brown J. S., Stanek J., Gift J., Costa D. L.* Air Pollution Toxicology — A Brief Review of the Role of the Science in Shaping the Current Understanding of Air Pollution Health Risks // *Oxford Journals. Toxicological Sciences*. 2010. Vol. 120, Issue suppl 1. P. S8—S27.

The contribution of emissions from industrial zones of Izhevsk to the formation of the medical and ecological situation

© S. A. Gagarin,¹ I. L. Malkova,² A. V. Semakina³

Udmurt State University, Department of Ecology and nature management, Izhevsk

E-mail: ¹2002gsa@mail.ru,

²mi.izhevsk@mail.ru,

³alsen13@list.ru

The article presents a brief description of the main industrial zones of Izhevsk as sources of air pollution. The potential aerotechnogenic hazard of industrial sites, their contribution to the formation and spatial differentiation of the complex atmospheric air pollution index, based on the volume and structure of pollutant emissions, are estimated. Air sampling at flare observation posts allowed to conclude that the maximum concentrations of pollutants are observed at a distance of 2—3 km from the borders of industrial zones in the direction of the prevailing south and south-west winds. A territorial analysis of the general incidence rate of the child population in the service territories of 12 children's city clinics and 170 pediatric sites confirms these findings. The most disadvantaged situation is typical for microdistricts located in the north and northeast relative to the Central industrial zone. Despite a significant reduction in emissions by enterprises of this industrial site, it should be noted its significant contribution to the formation of a tense medical and environmental situation in most residential areas of the city. The increase of emissions in recent years, the largest northeastern industrial zone in Izhevsk, even taking into account its most favorable ecological and geographical position, has led to a significant increase in the general incidence and prevalence of respiratory diseases of the children in the adjacent territory. In the formation of inhaled non-carcinogenic risk to public health, the contribution of formaldehyde is more than 90 %.

Key words: Izhevsk, industrial zones, stationary sources of pollution, medical and environmental situation, inhalation risk assessment.

Reference

- [1] *Bezuglaya E. Yu., Smirnova I. V.* *Vozdukh gorodov i yego izmeneniya*. SPb.: Asterion, 2008. 254 s.
- [2] *Gagarin S. A., Mal'kova I. L., Semakina A. V.* *Otsenka urovnya mediko-ekologicheskogo blagopoluchiya territorii g.Izhevsk // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle*. 2019. T. 29 S. 274—382

- [3] Koval'chuk A. G., Yermakova T. N., Kopysov S. G., Ryabov D. S., Semakova L. A., Shel'pyakova Yu. V. Doklad ob ekologicheskoy obstanovke v g. Izhevsk v 2016 g. Izhevsk: Upr. prirod. resursov i okhrany okruzh. sredy Admin. g. Izhevsk, 2017. 80 s.
- [4] Kurolap S. A., Klepikov O. V. Otsenka urovnya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha i aerotekhnogennogo riska dlya zdorov'ya naseleniya // Ekologicheskaya otsenka i kartografirovaniye sostoyaniya gorodskoy sredy. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 2014. S. 71—93.
- [5] Mal'kova I.L., Semakina A. V. Sotsial'no-gigiyenicheskiy monitoring sostoyaniya atmosfernogo vozdukha g. Izhevsk: monografiya. Izhevsk: Izdatel'skiy tsentr «Udmurtskiy universitet». 2018. 122 s.
- [6] Perechen' veshchestv, produktov, proizvodstvennykh protsessov, bytovykh i prirodnykh faktorov, kantserogennykh dlya cheloveka. Prilozheniye 2 k GN 1.1.725—98 ot 23 dekabrya 1998g. № 32.
- [7] Programmno-tekhnicheskoye obespecheniye ucheta ob'yektov, okazyvayushchikh negativnoye vozdeystviye na okruzhayushchuyu sredyu (Publichnyy portal PTO UON-VOS). URL: <https://onv.fsrpn.ru> (data obrashcheniya: 19.07.2017).
- [8] Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery. RD 52.01.186 № 2932—83. M.: Goskomgidromet, 1991. 693 s.
- [9] Unifitsirovannyye metody sbora dannykh, analiza i otsenki zaboлевayemosti naseleniya s uchetom kompleksnogo deystviya faktorov okruzhayushchey sredy. Metodicheskiye rekomendatsii. M., 1996. 28 s.
- [10] Ekologiya i prirodopol'zovaniye na territorii g. Izhevsk: Monografiya. — Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2018. 272 s.
- [11] Stanek L. W., Brown J. S., Stanek J., Gift J., Costa D. L. Air Pollution Toxicology — A Brief Review of the Role of the Science in Shaping the Current Understanding of Air Pollution Health Risks // Oxford Journals. Toxicological Sciences. 2010. Vol. 120, Issue suppl 1. P. S8—S27.

Поступила в редакцию 30.08.2019 г.
После доработки 20.11.2019 г.
Принята к публикации 20.11.2019 г.