

УДК 504.03

*А.В. Семакина***АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ИЖЕВСКЕ**

Представлен пространственно-временной анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Ижевска. Проведена оценка вклада стационарных и передвижных источников. При проведении замеров концентрация примеси в атмосферном воздухе и обработке результатов было выяснено, что среднегодовые показатели загрязнения атмосферного воздуха на проезжей части были выше в 2,2 раза, чем внутри жилой зоны. Получена карта значений комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Ижевска. Выделены 4 зоны загрязнения атмосферного воздуха г.Ижевска: 1 зона с наиболее сильным загрязнением (более 4 КИЗА). Высокие значения уровня загрязнения атмосферного воздуха на данной территории связаны с выбросами промышленных предприятий, высокой концентрацией автодорог и интенсивностью транспортного потока на них в данной части города; 2 зона – значения КИЗА от 3 до 4, характерен приоритет влияния стационарных источников; 3 зона – с загрязнением от 2 до 3 КИЗА (к ней относятся территории, характерные для жилой зоны с многоэтажной застройкой; 4 зона – территория, характеризующаяся значениями КИЗА менее 1 относится к рекреационным зонам г. Ижевска и к территориям с частной низкоэтажной застройкой. В целом формированию различных зон загрязнения атмосферного воздуха на территории города Ижевска способствует сочетание воздействия как стационарных, так и передвижных источников.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, Ижевск, карта, стационарные и передвижные источники.

Важная роль экологических факторов в современной экономике и политике порождает потребность в корректном и точном представлении соответствующей информации. Поскольку все экологические проблемы неотделимы от территорий, на которых они так или иначе проявляются, их конструктивное обсуждение и решение невозможно без соответствующих картографических материалов. Атмосферный воздух среди компонентов окружающей среды характеризуется наибольшей динамичностью и в то же время наибольшей степенью воздействия на состояние здоровья населения. Особенности состояния атмосферного воздуха регионального уровня выявляются путем математического моделирования процессов переноса загрязняющих веществ в приземном слое, с сопоставлением измеренных и расчетных концентраций и (при необходимости) корректировкой расчетных методик и моделей. Отработка методики количественного картографирования состояния атмосферного воздуха на территории крупного города проведена для ряда городов России и за рубежом, например, в г. Москва, Воронеж [2], Санкт-Петербург [3], Лондон, Париж и др.

Материалы и методы исследования

Методика количественной характеристики степени загрязненности атмосферного воздуха может реализовываться различными путями:

- характеристика уровней загрязнения по постам или в среднем по городу. В первом случае не производится пространственная интерпретация в значительной степени географических данных, она оставляется на их усмотрение пользователя информации. Во втором случае происходит значительное пространственное осреднение характеристик, что формирует географически некорректное представление о территории как о едином пространстве, постоянном в своих количественных характеристиках;
- характеристика объемов выбросов как фактор загрязнения атмосферного воздуха. При этом не учитывается такой важный фактор загрязнения атмосферного воздуха, как условия рассеяния. Необходимо отметить, что для территории ряда городов Восточной Сибири (Иркутск, Шелехов, Зима) данные факторы в условиях резко континентального климата во многие периоды времени являются ведущими в формировании повышенных уровней загрязнения [1].
- характеристика уровней загрязнения при помощи полей концентраций, построенных на основании множества точек, с учетом значимости факторов загрязнения [8]. Поскольку географическая среда в целом континуальна с отдельными элементами дискретности, то наиболее объективным способом передачи уровней загрязнения атмосферного воздуха будет способ изолиний полей концентраций или комплексного показателя загрязненности (комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха)

Для территории города Ижевска такого рода работы проводились под руководством В.И. Стурмана в середине 1990-х гг., а в 2000 г. стали основанием для дальнейшего расчета суммарного показателя антропогенной нагрузки [8]. В то же время в связи со значительными качественными и количественными изменениями, которые произошли в структуре выбросов г.Ижевска за последние 20 лет, пространственно-временная количественная характеристика уровней загрязнения атмосферного воздуха города Ижевска остается актуальной и в настоящее время.

Целью данного исследования является пространственно-временной анализ уровней загрязнения атмосферного воздуха на территории города Ижевска. Для достижения данных целей были поставлены задачи: характеристика пространственно-временной динамики выбросов от источников, расположенных на территории г.Ижевска; характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории г.Ижевска.

Результаты динамики выбросов за период с 1992 по 2014 гг. по данным государственных докладов о состоянии окружающей среды г. Ижевска свидетельствуют, что за указанный период суммарный объем выбросов от стационарных источников снизился в 1,8 раза (рис.1). Особенно значительное снижение отмечалось в 2015 г. когда данное значение достигало 15 тыс. т. На 2016 г. суммарные выбросы от стационарных источников составили 24 тыс. т.

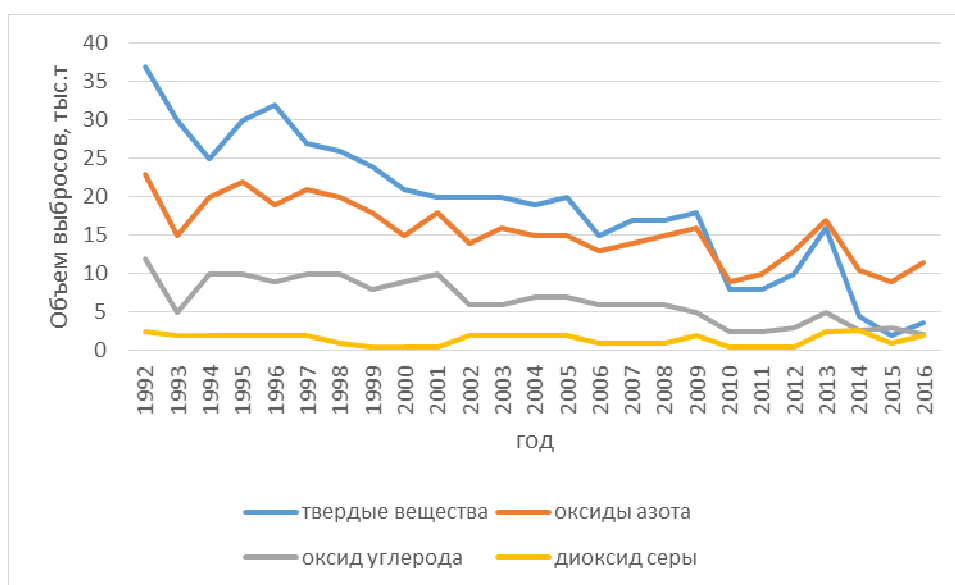


Рис. 1. Динамика объемов выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на территории г. Ижевска (тыс.т.)

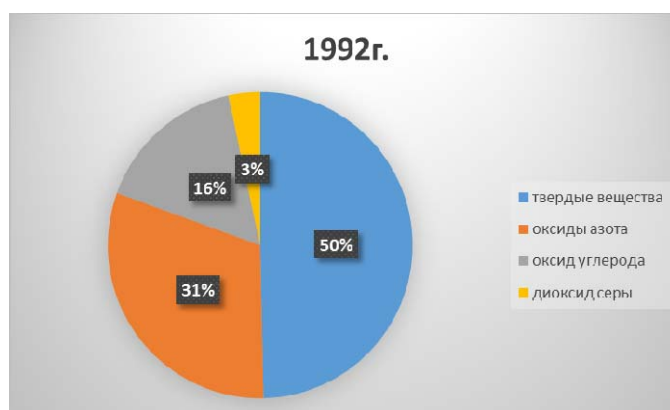


Рис. 2. Покомпонентная структура загрязнения веществами в г. Ижевск в 1992 г.

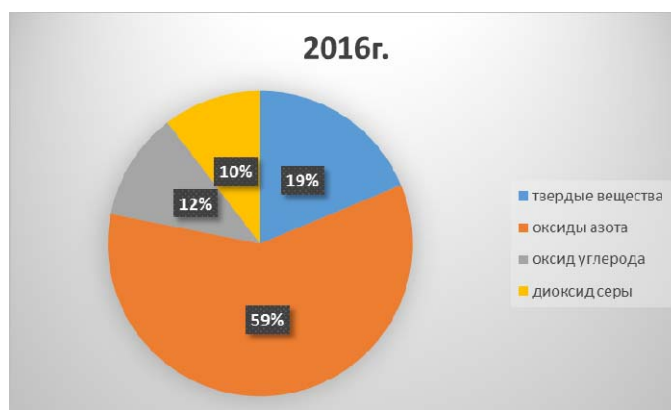


Рис. 3. Покомпонентная структура загрязнения веществами в г. Ижевск в 2016 г.

Анализ структуры выбросов от стационарных источников (рис. 2, 3) показал, что в исследуемый период произошли не только количественные, но и качественные изменения параметров выбросов. Так, на начало 90-х гг. главным загрязняющим веществом, поступающим в атмосферный воздух от стационарных источников, были твердые вещества. Их выбросы составляли около 50 % от суммарных выбросов стационарных источников. В дальнейшем в результате реструктуризации некоторых производств и изменении технологических циклов (например, замена мартеновских печей на электросталеплавильные на предприятии ОАО «Ижсталь») произошло существенное снижение объемов выбросов твердых веществ и оксидов углерода. На 2016 г. 59 % выбросов стационарных источников приходится на оксиды азота, 19 % на твердые вещества, 12 % оксид углерода и около 10 % диоксид серы.

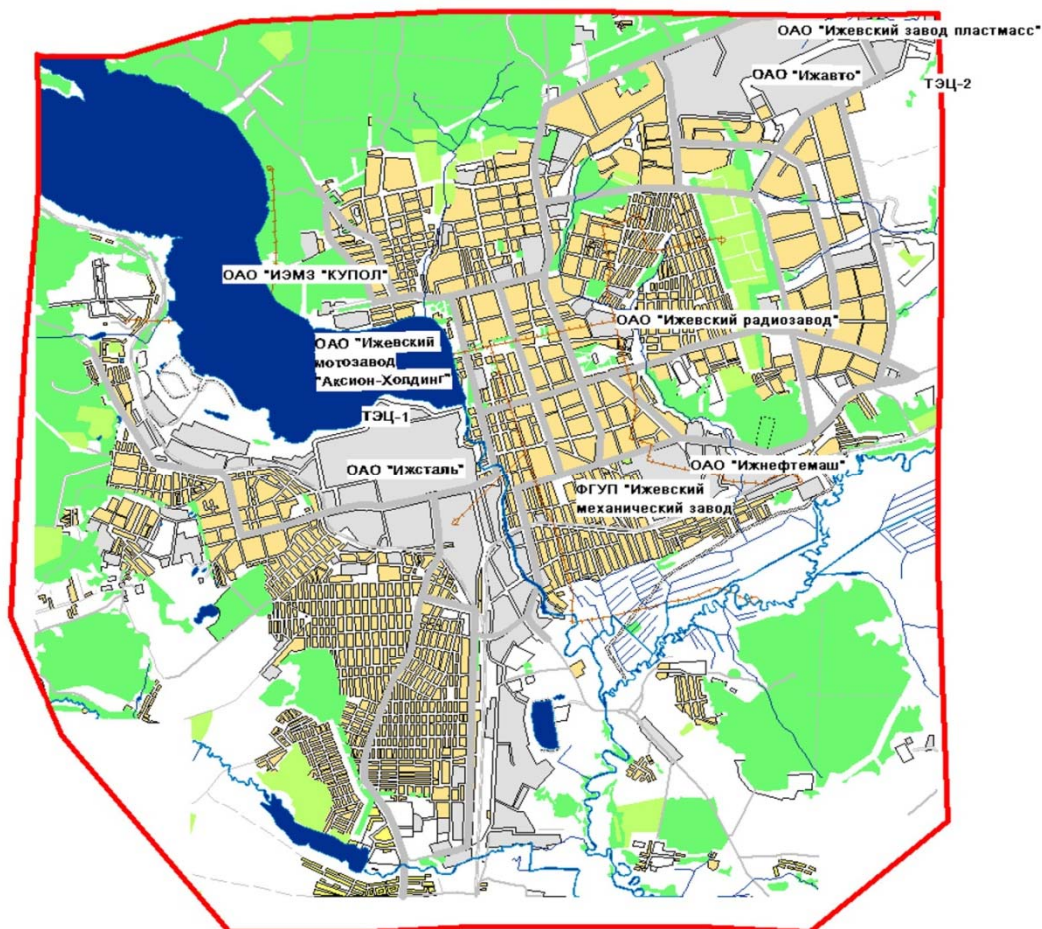


Рис. 4. Картограмма размещения промышленных предприятий на территории г. Ижевска

Основными стационарными источниками, выбрасывающими загрязняющие вещества в атмосферу города Ижевска, являются предприятия: ОАО «Ижсталь», ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ООО «Объединенная Автомобильная Группа» («ИжАвто»), ФГУП «Ижевский механический завод», ОАО «Ижевский моторзавод «Аксион-Холдинг», ОАО «Ижнефтемаш», ОАО «ИЭМЗ «КУПОЛ», ОАО «Ижевский радиозавод», ОАО «Ижевский завод пластмасс» (рис.4).

Необходимо отметить возрастающее участие в суммарном выбросе атмосферного воздуха передвижных источников. К сожалению, данные о выбросах от данного вида источников на территории г. Ижевска имеются лишь за период с 2003 по 2012 гг. (рис. 5). На 2012 г. доля участия данного источника в суммарных выбросах составила 85,5 %. В то же время значимость учета данного источника связана еще и с двумя его характерными особенностями: повсеместное распространение и невозможность регулирования объемов выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях.

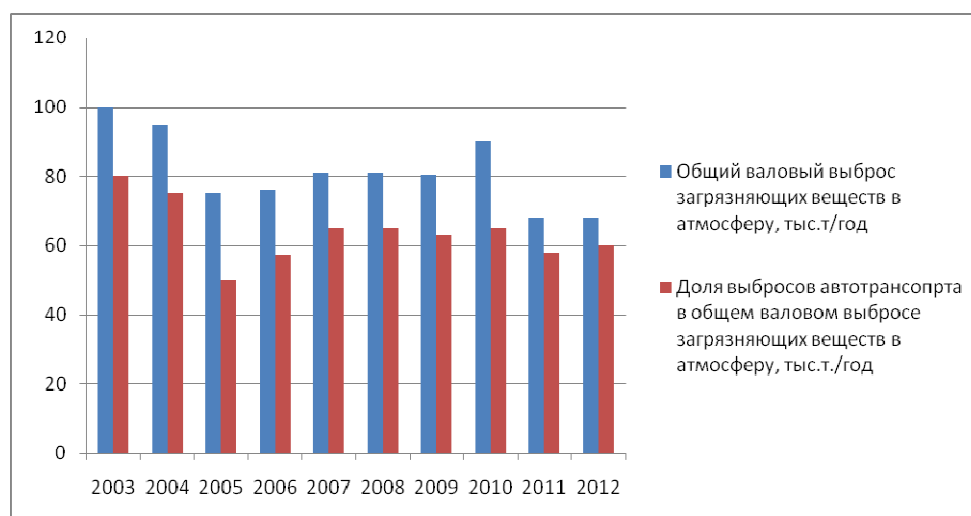


Рис. 5. Доля выбросов от автотранспорта в общем валовом выбросе загрязняющих веществ в атмосферу по г. Ижевску за период 2003–2012 гг.

На территории города Ижевска Комплексная лаборатория мониторинга окружающей среды Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды проводит регулярные наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха на 4 стационарных и 2 маршрутных постах. За период 2000–2013 гг. отмечается тенденция к снижению уровня загрязнения диоксидом серы, оксидом углерода, диоксидом азота. Содержание в атмосферном воздухе взвешенных веществ, оксида азота и формальдегида остается стабильным. За период с 2000 по 2016 гг., минимальное значение КИЗА, рассчитанное по 5-ти приоритетным загрязнителям, отмечалось в 2001 г. и составляло 7,44. Максимальное значение было зафиксировано в 2003 г. и составляло 13,68. В целом линия тренда удерживается на значении ниже 8 и показывает постепенное снижение уровня загрязнения (рис. 6)

Существующей сети мониторинга недостаточно для комплексной характеристики загрязнения атмосферного воздуха, так как территория города Ижевска заселена неравномерно, следовательно, загрязнение воздуха тоже будет распределяться неравномерно. В связи с этим при кафедре Экологии и природопользования ФГБОУ ВО «УдГУ» в период с 2014 по 2016 гг. были организованы исследования состояния атмосферного воздуха по программе эпизодического отбора проб [7]. Исследования производились 1 раз в 3-4 месяца, на протяжении 10 дней (последовательно, без перерыва) на 12 точках, расположенных как внутри жилых кварталов, так и вблизи проезжей части автодорог. Измерения проводилось при помощи газоанализатора ГАНК-4 на предмет определения среднесуточных концентраций по следующим веществам: углеводороды предельные, углерода оксид, формальдегид, азота диоксид. Замеры осуществлялись 3 раза в сутки по маршруту в установленной последовательности. Отбор проб на первой точке утреннего маршрута начинался в 6.00, дневного – в 12.00, вечернего – в 18.00. В общей сложности, в рамках программы эпизодического исследования состояния атмосферного воздуха по каждому компоненту было осуществлено чуть более 3500 отборов проб. Одновременно с отбором проб определялись метеорологические показатели, осуществлялся контроль интенсивности транспортного потока (с учетом структуры потока) в точках, расположенных на автодорогах.

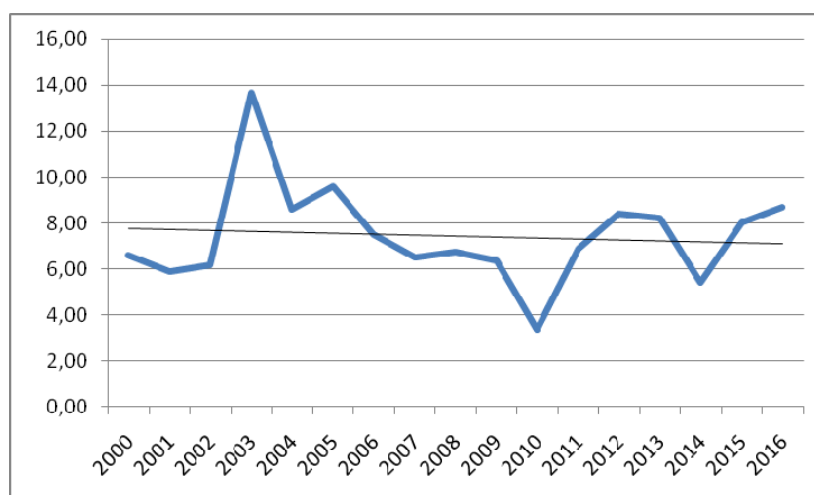


Рис. 6. Значения комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА), рассчитанного по данным мониторинга по 5 приоритетным примесям в период с 2000 по 2016 гг.

Для проведения пространственного анализа уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Ижевска в период с мая по октябрь 2016 г. на территории г. Ижевска были проведены разовые исследования состояния атмосферного воздуха на 120 точках (рис. 7).

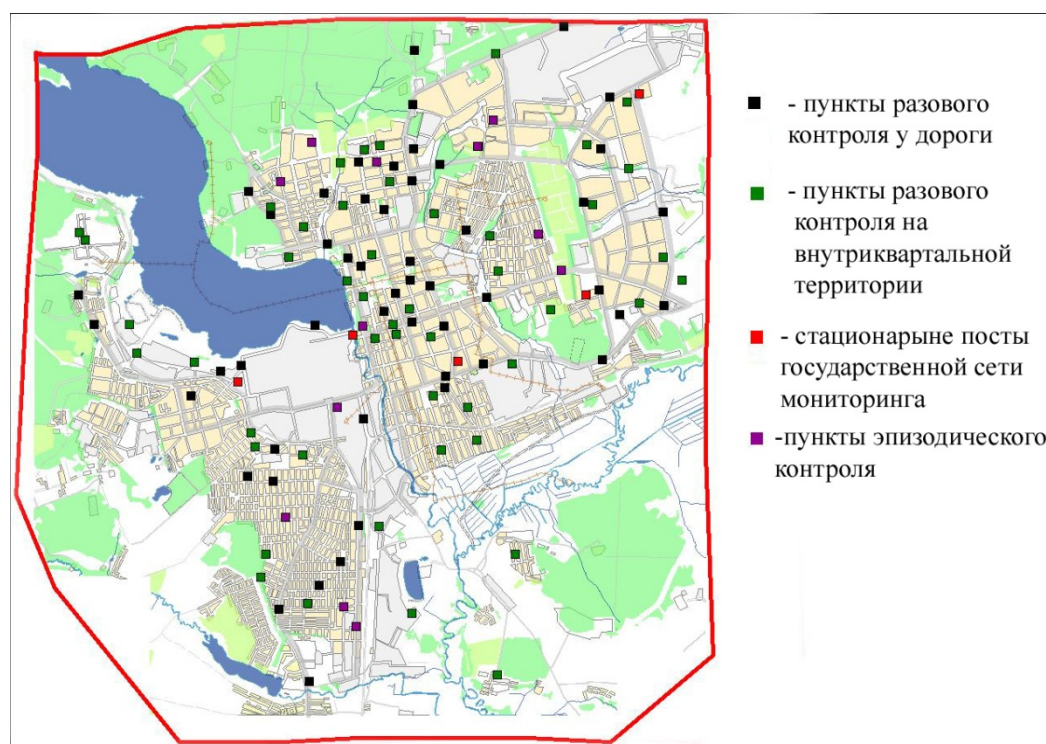


Рис. 7. Схема размещения постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха г. Ижевска

Исследования проводились в апреле 2016 г. (Октябрьский район) и в сентябре 2016 г. (Первомайский, Устиновский, Индустриальный, Ленинский районы). В общей сложности разовый отбор осуществлялся 3 дня, в середине недели, в период с 8.00 до 16.00 часов. В период отбора проб не отмечалось неблагоприятных метеоусловий. Привязка полученных разовых значений концентраций к среднегодовым значениям, по данным эпизодических исследований, производилась через коэффициент, рассчитываемый как отношение среднего значения концентрации примеси в точках эпизодического контроля состояния атмосферного воздуха за период с 2014 по 2016 г. к среднему значению в точках эпизодического контроля, полученному в период разовых исследований:

$$K = C_{\text{эп.}(2014-2016)} / C_{\text{эп. разовые}},$$

где K – коэффициент, позволяющий произвести временную интеграцию разовых и многолетних исследований;

$C_{\text{эп.}(2014-2016)}$ – среднее значение концентрации примеси в точках эпизодического контроля состояния атмосферного воздуха за период с 2014 по 2016 г.;

$C_{\text{эп. разовые}}$ – среднее значение в точках эпизодического контроля, полученное в период разовых исследований, проводимых в период с мая по октябрь 2016 г.

Необходимо отметить, что значения данного коэффициента составили 1,2, что свидетельствует о достаточно близких к среднегодовым значениям, полученным в ходе разовых исследований.

Результаты и их обсуждение

При проведении замеров и обработке результатов было выяснено, что показатели загрязнения атмосферного воздуха в среднем за год на проезжей части были выше, чем внутриквартальные (рис. 8). Это обусловлено интенсивным поступлением в атмосферный воздух продуктов сгорания топлива. Среднее значение ИЗА по загрязняющим веществам для города Ижевска по данным результатов замеров составило 4,9. При этом расчет ИЗА для точек, расположенных вблизи автодорог, показал значение, равное 6,19, а во внутриквартальной территории равное 3,61, что в 1,7 раза меньше. Анализ среднегодового хода концентраций загрязняющих веществ показал увеличение концентраций по контролируемым примесям в теплый период почти в 1,5 раза.

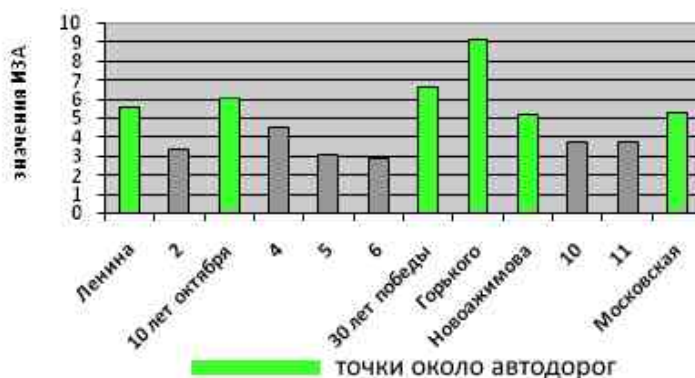


Рис. 8. Среднегодовые значения комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха в г. Ижевске (светло-серый цвет – точки вблизи дорог, темно-серый цвет – внутриквартальные)

Особенно контрастными оказались различия между значениями концентраций ЗВ в теплый и холодный период на точках, расположенных вблизи автодорог, что указывает на влияние метеорологических условий как факторов рассеяния примесей в атмосфере. Опытным путем (расчет коэффициента корреляции, определяющего степень связи между двумя явлениями) было определено, что наиболее сильная связь уровней загрязнения атмосферного воздуха выявлена со значениями температуры атмосферного воздуха и ветровым режимом. Расчет степени связи КИЗА и скорости ветра показал обратную слабую, достоверную связь. Определение степени связи между ветровым режимом и концентрациями отдельных примесей показало тот же результат. Расчет коэффициента корреляции между значениями КИЗА и температурой атмосферного воздуха показал слабую достоверную положительную связь (0,4). В то же время расчет данного коэффициента между значениями температуры и концентрациями отдельных примесей определил более разнородную картину. Наибольшая степень связи отмечалась для формальдегида и характеризовалась как положительная достоверная средняя степень связи (0,58). Необходимо отметить, что выявленная связь «формальдегид-температура» схожа с результатами, полученным в рамках исследований, проведенных на территории других городов, например, в г. Ханты-Мансийск [6].

Поскольку контроль сопоставимости результатов эпизодических измерений и данных, полученных лабораторией Росгидромета на ПНЗ-8 в декабре 2014 г., дал положительный результат, основной причиной различий в значениях, полученных по данным эпизодического контроля и данных сети государственного мониторинга, являются специфика пространственного размещения пунктов отбора проб.

На рис. 9. показаны значения комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха, рассчитанного по данным разового контроля состояния атмосферного воздуха.

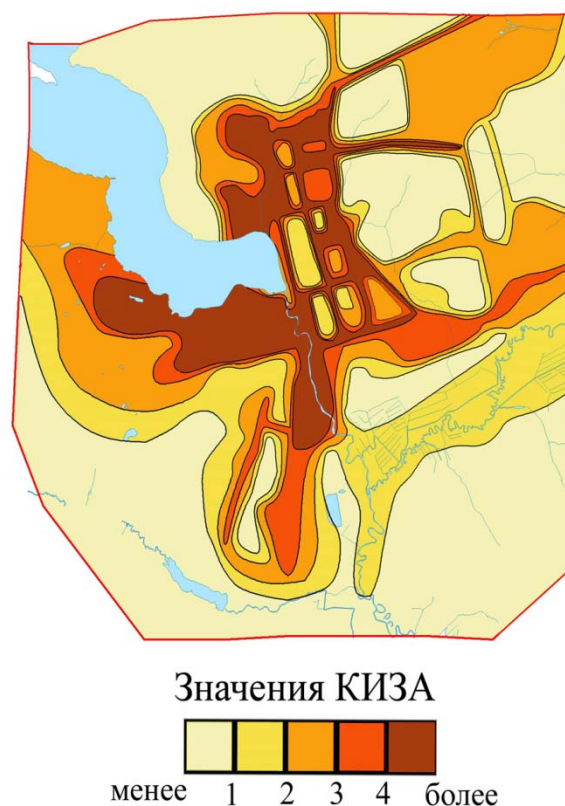


Рис. 9. Значения комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА) на территории г. Ижевска по данным разовых исследований

Пространственный анализ индекса загрязнения атмосферного воздуха города Ижевска показал наибольшие значения КИЗА (более 4) для территории центральной промышленной зоны, представленной такими предприятиями, как ОАО «Ижсталь» и ТЭЦ-1, а также Октябрьского района и восточной окраины Ленинского района г. Ижевска. Высокие значения уровня загрязнения атмосферного воздуха на данной территории связаны с выбросами промышленных предприятий и высокой концентрацией и загруженностью автодорог в данной части города. Необходимо отметить, что значения КИЗА более 4 характерны для всех участков, расположенных в непосредственной близости от крупных автодорог города Ижевска, независимо от места расположения данной дороги. Максимальные значения КИЗА в данной зоне достигали 10 и отмечались на точках, расположенных вблизи автодорог.

В зоне со значениями КИЗА от 3 до 4 располагаются южная промышленная зона (предприятия ФГУП «Ижевский механический завод», ОАО «Ижнефтемаш»), восточная промышленная зона (ООО «Объединенная Автомобильная Группа» («ИжАвто»), ОАО «Ижевский завод пластмасс», ТЭЦ-2) и прилегающие к ним территории. В загрязнении атмосферного воздуха данной территории характерен приоритет влияния стационарных источников.

В зону с загрязнением от 2 до 3 КИЗА попали территории, влияние промышленных выбросов на которые значительно ниже, в связи с удаленностью от промышленных зон. Это внутриквартальные территории жилой зоны с многоэтажной застройкой.

Территория, характеризующаяся значениями КИЗА менее 1, относится к рекреационным зонам г.Ижевска (Парк Кирова, Парк Космонавтов), а также к территории с частной низкоэтажной застройкой (центральная часть Ленинского района, юго-восточная зона Индустриального района и южная Первомайского района). Для данной зоны характерна удаленность от крупных промышленных источников выбросов и незначительный вклад в загрязнение выбросов автотранспорта в связи с отсутствием крупных автодорог.

Заключение

В ходе данного исследования были зафиксированы значительные выбросы передвижными источниками в атмосферу (доля выбросов от автотранспорта составляет более 70%). Данный источник выбросов в связи с приземным характером локализации выбросов является причиной в основном локальных загрязнений: вдоль крупных автодорог. При удалении от автодорожного полотна внутрь жилой зоны влияние данного источника существенно снижается. В целом формированию тех или иных зон загрязнения атмосферного воздуха на территории города Ижевска способствует сочетание воздействия как стационарных, так и передвижных источников. Необходимо отметить некоторые противоречия, которые были выявлены при сравнении полученных результатов с аналогичными, относящимися к концу XX в. На протяжении 17 лет отмечалось снижение объемов выбросов от таких мощных источников выбросов, как ОАО «Ижсталь», ТЭЦ-1, расположенных в центральной промышленной зоне. В преобладающем юго-западном направлении ветра для территории г.Ижевска [5] основной перенос загрязняющих веществ от данных источников как в 2000 г., так и спустя 17 лет, осуществляется в сторону Октябрьского района г. Ижевска. Характерная форма полей концентраций на карте, полученной в конце 2016 г., подтверждает данное предположение. При этом, если учитывать, что к 2016 г. выбросы от стационарных источников от предприятий центральной промышленной зоны сократились почти в 2 раза, то на карте 2000 г. перенос выбросов от центральной промышленной зоны в сторону Октябрьского района г. Ижевска должен отслеживаться еще более ярко. В то же время, этого нет. Данное противоречие вызвано рядом факторов:

– различием в специфике используемых исходных данных (карта загрязнения атмосферного воздуха г. Ижевска 2000 г. формировалась на основании данных наблюдений по постам мониторинга и подфакельных наблюдений);

– недоучет выбросов от ряда дочерних организаций ОАО «Ижсталь», расположенных в центральной промышленной зоне, в официально предоставляемых сведениях об объемах выбросов;

– возросший вклад в загрязнение атмосферного воздуха не учитываемых выбросов от передвижных источников, в том числе от автодорог, расположенных на территории Октябрьского района, таких как ул. М.Горького и ул.Кирова.

Таким образом, необходимо отметить значимость перехода на рецепторные модели исследования загрязнения атмосферного воздуха [4;9], от наиболее распространенных на данный момент моделей источника (зависят от данных о количестве выбросов из источников загрязнения, метеорологических условий рассеяния). В отличие от моделей источника, рецепторные модели предполагают измерение концентраций загрязняющих веществ в заданной точке и в дальнейшем оценку процентного вклада различных источников в формирование тех или иных концентраций примесей. В основе рецепторных моделей исследования загрязнения атмосферного воздуха лежат поля концентраций загрязняющих веществ, полученные при помощи натуральных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа. 2016. 639 с.
2. Дьяков С.А. Диагноз и прогноз уровня загрязнения атмосферы (На примере г. Воронежа): дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2004. 243 с.
3. Лукьянов С.В. Оценка загрязнения воздушной среды в окрестностях автомагистралей при неблагоприятных метеоусловиях // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6122> (дата обращения: 05.02.17).
4. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Региональная публикация ВОЗ. Европейская серия. 2001. №85. 316 с.
5. О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики в 2015 г.: Государственный доклад. Ижевск, 2016. 257с.
6. Обследование населенных пунктов Ханты-мансийского автономного округа для определения источников повышенного содержания формальдегида в атмосферном воздухе. URL: <http://refdb.ru/look/2002247.html> (дата обращения: 05.07.17).
7. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». М., 1991. 615 с.
8. Стурман В.И. Экологическое картографирование: учеб. пособие. Ижевск: Изд. дом «Удмуртский университет», 2003. 152 с.

9. Armistead G. Russell Mathematical modeling of the effect of emission sources on atmospheric pollutant concentrations. Camagie mellon university. 1988. 692 p.

Поступила в редакцию 20.11.17

A.V. Semakina

THE ANALYSIS OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR IN IZHEVSK

The article presents spatiotemporal analysis of the level of pollution of atmospheric air in Izhevsk. Assessment of a contribution of stationary and mobile sources is carried out. When carrying out measurements of concentration of impurity in atmospheric air and processing results it has been found out that average annual indicators of pollution of atmospheric air on the carriageway were 2,2 times higher than in a residential zone. The card of values of the complex index of pollution of atmospheric air in the territory of Izhevsk is received. 4 zones of pollution of atmospheric air in Izhevsk are allocated. The 1st one is a zone with the strongest pollution (more than 4 KIZA). High values of the level of pollution of atmospheric air in this territory are connected with emissions of industrial enterprises, high concentration of highways and intensity of traffic flow on them in this part of the city; The 2nd zone – KIZA values from 3 to 4, the priority of influence of stationary sources is characteristic; The 3rd zone – pollution from 2 to 3 KIZA, the territories relating to a residential zone with multystoried building belong to it; The 4th zone – the territory which is characterized by KIZA values less than 1 belongs to recreational zones of Izhevsk and to territories with private low floor building.

In general, formation of various zones of pollution of atmospheric air in the territory of the city of Izhevsk is promoted by a combination of influence of both stationary and mobile sources.

Keywords: pollution of atmospheric air, Izhevsk, card, stationary and mobile sources.

REFERENCE

1. *Gosudarstvenni doklad «O sostoianii I ob ohrane okruzhaiushei sredi Rossiiskoi Federacii v 2015 gody»* [The state report "About a state and about environmental protection of the Russian Federation in 2015"], M., Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Russian Federation; NIA-Priroda, 2016, 639 p. (in Russ).
2. Dyakov S.A. *Diagnoz i prognoz urovnja zagrjaznenija atmosfery (Na primere g. Voronezha)* [The diagnosis and the forecast of level of air pollution (On the example of Voronezh)] Abstract of diss. geogr. Sciences, Voronezh, 2004, 243 p. (in Russ).
3. Lukyanov S.V. *Ocenka zagrjaznenija vozduшной среды v okrestnostjakh avtomagistralей pri neblagoprijatnyh meteoslovijah* [Assessment of pollution of the air environment in the neighborhood of highways under adverse meteoconditions] in *Modern problems of science and education*, 2012, No.3, Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6122> (accessed 05.02.2017) (in Russ).
4. *Monitoring kachestva atmosfernogo vozduha dla ocenki vozdeistvia na zdorovie cheloveka* [Monitoring of quality of atmospheric air for assessment of impact on health of the person], Regional publication of WHO, European series, No. 85. 2001, 316 p. (in Russ).
5. *sostoianii okruzhaishey sredi Udmurtskoj Respubliki v 2015 gody* [About a state and about environmental protection of the Udmurt Republic in 2015], State report, Izhevsk: Publishing house, 2016, 257 p. (in Russ).
6. *Obsledovanie naseleennykh punktov Hanti-Mansiiskogo avtonomnogo okruga dla opredelenia istochnikov povishennogo sodержания formaldegida v atmoshfernom vozduhe* [Inspection of settlements of Khanty-Mansi Autonomous Okrug for definition of sources of the increased content of formaldehyde in atmospheric air] Available at: <http://refdb.ru/look/2002247.html> (accessed 05.07.2017) (in Russ).
7. *RD 52.04.186-89 «Rukovodstvo po kontroly zagrznenia atmosheri»* [RD 52.04.186-89 "Guide to air pollution control"], M, 1991, 615 p. (in Russ).
8. Sturman V.I. *Ekologicheskoe kartografirovanie* [Ecological mapping] M, Aspekt the Press, 2003, 251 p. (in Russ).
9. Armistead G. Russell Mathematical modeling of the effect of emission sources on atmospheric pollutant concentrations. Camagie mellon university, 1988, 692 p.

Семакина Алсу Валерьевна,
кандидат географических наук, доцент кафедры
экологии и природопользования
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)
E-mail: alsen13@list.ru

Semakina A.V.,
Candidate of Geography, Associate Professor
at Department of Ecology and nature management
Udmurt State University
Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034
E-mail: alsen13@list.ru