



УДК 504.3.064 (571.54)

Оценка загрязнения воздушного бассейна г. Улан-Удэ

С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail.com)

Аннотация. Обсуждается проблема загрязнения атмосферы. Рассмотрены две методики расчета загрязнения атмосферного воздуха. Представлены расчеты по оценке загрязнения воздушного бассейна основными промышленными предприятиями г. Улан-Удэ. Проанализирована заболеваемость населения г. Улан-Удэ.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, источники, моделирование, оценка, заболеваемость населения.

Введение

Наиболее значимым фактором окружающей среды для здоровья населения является атмосферный воздух. Опасность загрязненного воздуха обусловлена наличием разнообразных загрязняющих веществ, оказывающих комбинированное действие, а также трудностью защиты от загрязненного воздуха, который действует на население круглосуточно.

Загрязнение атмосферы городов всевозможными примесями антропогенного характера отмечалось уже в древности. Упоминание о загрязнении воздуха дымом в Древнем Риме встречается уже около 24 г. до н. э. в одах Горация (65–8 гг. до н. э.). Еще более определенно об этом сказано у Сенеки (3 г. до н. э. – 65 г. н. э.): «Я почувствовал перемену в настроении, лишь только покинул смрадный воздух Рима, воняющий дымными печами, которые изрыгают отвратительный чад и сажу» [8].

Особенно острой проблема загрязнения атмосферного воздуха городов стала в наше время, когда объемы выпускаемой продукции на промышленных объектах увеличиваются, но при этом производятся на устаревшем оборудовании, происходит сокращение площадей лесных массивов, широко используются минеральные удобрения и химические средства для борьбы с вредителями и т. д.

Высокая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере наносит большой ущерб здоровью населения, творениям архитектуры, историческим памятникам, жилым домам, растительному миру и др. Прямое и косвенное воздействие загрязненной атмосферы приводит к снижению производительности труда, повышенной заболеваемости и даже смертности среди населения [4].

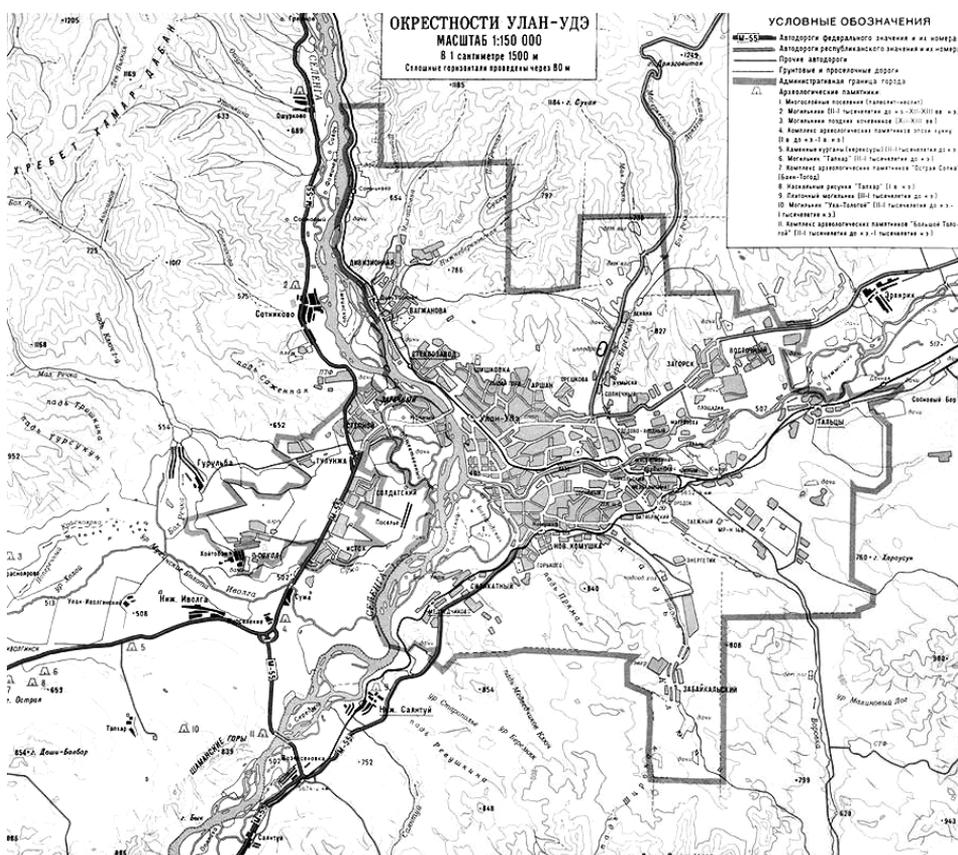
Даже при отсутствии смога загрязненная атмосфера сильно ослабляет приток радиации, в особенности в ультрафиолетовой области спектра земной поверхности, в некоторых случаях до 90 %. Поскольку ультрафиолето-

вая радиация обладает бактерицидными свойствами, это явление косвенным образом может способствовать развитию вирусных и других заболеваний [3].

Поэтому оценка загрязнения атмосферы и подстилающей поверхности промышленными предприятиями и выделение наиболее экологически неблагоприятных зон в зависимости от сезонов года становятся необходимыми, чтобы впоследствии разработать мероприятия по снижению на здоровье населения негативного воздействия выбросов промышленных предприятий.

Объект исследования

Улан-Удэ – столица Республики Бурятия, крупный промышленный центр Восточной Сибири. Город расположен почти в центре республики, у слияния двух рек – Селенги и Уды (рис. 1), и занимает выгодное географическое положение. Город расположен на расстоянии около 100 км на восток от оз. Байкал в пределах Иволгино-Удинской межгорной впадины, которая представляет собой обширное понижение, вытянутое в широтном направлении и ограниченное с севера хребтами Хамар-Дабан и Улан-Бургасы, с юга – хребтами Ганзуриинский и Цаган-Дабан. Это преимущественно среднегорная область [7].



Примечание: сплошная линия обозначает административную границу города

Рис. 1. Карта-схема г. Улан-Удэ

Климат любого района определяется его географическим положением и формируется под воздействием солнечной радиации, подстилающей поверхности и метеорологических условий. Улан-Удэ расположен в удалении от океанов и морей, в глубине азиатского материка и значительно приподнят над уровнем моря. Это и определяет основные черты его климата.

Согласно классификации климатов Б. П. Алисова [1], в основу которой положена атмосферная циркуляция, т. е. преобладание воздушных масс определенного типа, Улан-Удэ находится в умеренном климатическом поясе. Здесь преобладают континентальные полярные воздушные массы с преимуществом летом конвективных типов погоды, зимой – радиационного выхолаживания в антициклонах.

Кроме того, на климат Улан-Удэ в некоторой степени влияет близость водной поверхности озера Байкал. Влияние этого огромного водоема сказывается здесь в основном на характере распределения облачности, промерзании и оттаивании почв, образовании ледового покрова на реках и вскрытии их.

В течение года в Улан-Удэ преобладают скорости ветра 1–5 м/с, т. е. ветры слабые и умеренные. При этом продолжительность периодов со штилями достигает зимой 40 %, но весной снижается примерно до 20 %. Чаще всего сильные ветры наблюдаются весной, в основном при западных направлениях, но повторяемость их незначительна. Преобладающее направление ветра в Улан-Удэ в целом за год – северо-западное; зимой и осенью чаще дуют западные и восточные ветры, весной и летом – северо-западные [7].

Основные источники загрязнения атмосферного воздуха г. Улан-Удэ

Основными стационарными источниками загрязняющих веществ в г. Улан-Удэ являются ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, локомотивовагоноремонтный завод, авиационный завод, предприятия строительной и пищевой промышленности и т. д. [12].

Электроэнергетика – ведущая отрасль современной индустрии, лидирует по вредному влиянию на окружающую среду. Одной из форм ее техногенного воздействия на окружающую среду является загрязнение атмосферы. Топливо-энергетический комплекс г. Улан-Удэ выбрасывает в атмосферу почти половину от всего объема общегородской эмиссии вредных веществ. Продукты сгорания, выброшенные из труб тепловых электростанций, котельных и других энергетических объектов, разносятся на большие расстояния, порядка нескольких километров, по направлениям господствующих ветров, участвуя в региональном загрязнении окружающей среды. Но наиболее опасны для г. Улан-Удэ те выбросы, которые осаждаются на близлежащие от источника территории, в сфере так называемого интенсивного техногенного загрязнения. Опасность усугубляется еще тем, что большинство предприятий топливо-энергетического комплекса находятся вблизи густонаселенных районов города (например, ТЭЦ-1) [6].

С дымовыми газами электростанций в воздушный бассейн выбрасывается большое число твердых и газообразных загрязнителей, среди которых такие вредные вещества, как зола, оксид углерода, диоксиды серы и азота [14].

Источники машиностроительных предприятий выбрасывают в атмосферу такие вещества, как пыль, различные кислоты и щелочи, цианистые и другие соединения, фенол, метанол, полициклические ароматические углеводороды, пары растворителей (толуол, ксилол, сольвент, хлорбензол, дихлорэтан, спирты, ацетаты и др.), ингредиенты органических и неорганических наполнителей (соли и оксиды титана, цинка, свинца, хрома и других металлов), а также составляющие пленкообразующих веществ (стирол, формальдегид и т. д.). К основным источникам загрязнения относятся гальванические, окрасочные, литейные цеха, гальванические и аккумуляторные участки, ремонтные помещения и др. [6].

Исходные данные и методы исследования

Уровень загрязнения воздушного бассейна определяется за счет двух основных факторов: выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и метеорологических условий местности. При исследовании загрязнения территории промышленными выбросами существенно важное значение имеет их пространственное распределение. Уровни загрязнения поверхности на какой-либо территории образуют двумерное поле, которое может быть изображено в виде карты. Такие карты позволяют рассчитать воздействие этих веществ на природу, здоровье и деятельность людей и т. д.

В данной работе расчет загрязнения атмосферы был выполнен с использованием двух методик:

- стандартной (гостированной) методики ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы УПРЗА «ЭКО центр»;
- моделирование распределения антропогенных выбросов в атмосфере с использованием математической модели, основанной на аналитических решениях дифференциального уравнения, описывающего перенос и турбулентную диффузию примеси.

В качестве входной информации для обеих методик использовались инвентаризационные данные о параметрах источников выбросов предприятий г. Улан-Удэ: мощность выброса, координаты относительного размещения источников, скорость выброса, радиус и высота труб, температура газовой смеси.

Кроме того, для второй методики (моделирование) использовались многолетние данные ежедневных 8-срочных метеорологических наблюдений за вектором скорости ветра с целью получения статистически устойчивых климатических характеристик.

Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)

Методика устанавливает требования в части расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе при размещении и проектировании предприятий, нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании воздухозаборных сооружений.

Она предназначена для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций. Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасной скорости ветра. Нормы не распространяются на расчет концентраций на дальних (более 100 км) расстояниях от источников выброса.

Расчетами определяются разовые концентрации, относящиеся к 20–30-минутному интервалу осреднения.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества c_M (мг/м³) при выбросе газовойоздушной смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_M (м) от источника и определяется по рабочей формуле:

$$c_M = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса; H (м) – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м); η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$); ΔT (°C) – разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси T_g и температурой окружающего атмосферного воздуха T_a ; V_1 (м³/с) – расход газовойоздушной смеси, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0,$$

где D (м) – диаметр устья источника выброса; ω_0 (м/с) – средняя скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса [9].

Недостатки методики:

1. Симметричность расчета по секторам с выбранным шагом (особенно это проявляется при расчете загрязнения от одиночного источника).

2. Приоритетным значением критерия качества атмосферного воздуха в методике является максимально разовая предельно допустимая концентрация.

3. Некорректность учета стратификации атмосферы. Один и тот же коэффициент температурной стратификации применяется в расчетах для различных территорий, например, $A = 200$ для территории Восточной Сибири, Нижнего Поволжья, Кавказа и Дальнего Востока.

4. Из полученных результатов выбирается тот, что характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасной скорости ветра. Следовательно, все расчетные точки поля загрязнения могут соответствовать разным скоростям ветра, что не отражает единую картину загрязнения.

Моделирование распределения антропогенных выбросов в атмосфере с использованием математической модели, основанной на аналитических решениях дифференциального уравнения

В качестве исходного уравнения, описывающего процесс переноса и турбулентной диффузии примеси, принимается уравнение:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial s}{\partial z} + \alpha s = \frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial s}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial s}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial s}{\partial z},$$

где t – время; x, y, z – оси декартовой прямоугольной системы координат (оси x, y – направлены по горизонтали, ось z – вертикально вверх); s – концентрация примеси; u, v, w – компоненты вектора скорости ветра соответственно по осям x, y, z ; w_g – скорость гравитационного осаждения частиц; α – коэффициент распада примеси.

Исходное уравнение после некоторых упрощений принимает вид:

$$u \frac{\partial s}{\partial x} - w_g \frac{\partial s}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial s}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial s}{\partial z}.$$

Рассмотренная математическая модель распределения примесей в атмосфере позволяет не только давать диагноз, но и прогнозировать изменение экологической ситуации в зависимости, например, от реконструкции предприятий, смены вида топлива, изменения режима работы, ввода в эксплуатацию новых объектов, выбора варианта оптимального размещения предприятий с точки зрения наименьшей нагрузки на жилые объекты, экологически значимые районы и т. д. [10].

Использование аналитических решений значительно упрощает решение задачи о распространении примесей и часто приводит к довольно интересным и важным результатам. Однако сами аналитические решения можно получить при существенных упрощениях изучаемых процессов. Поэтому наряду с достоинствами аналитические решения обладают и не-

достатками. Так, в случаях больших уклонов рельефа и термической неоднородности подстилающей поверхности детально описать распространение примесей от действующей системы источников возможно только с помощью численных методов [2].

Результаты расчетов

По двум представленным методикам были рассчитаны характеристики области загрязнения атмосферы от антропогенных источников, определены зоны превышения среднесуточной предельной допустимой концентрации (ПДК_{с.с.}) и их размеры. Расчеты были произведены для 16 веществ и для четырех месяцев: для декабря и февраля, как неблагоприятных месяцев для рассеяния примесей, и июля и августа, когда наибольшей повторяемости достигают сильные ветры при северо-западном направлении [7].

В результате произведенных расчетов были получены 64 карты-схемы загрязнения территории двух типов: с изолиниями, проведенными по долям ПДК_{с.с.} (ОНД-86), и с изолиниями, проведенными по частоте превышения ПДК_{с.с.} в часах (моделирование по математической модели).

По таким веществам, как фториды газообразные, оксид железа, фтористый водород, соединения марганца, аммиак, соединения свинца, взвешенные вещества, соединения олова, пыль неорганическая с содержанием кремния более 70 % превышений ПДК_{с.с.} обнаружено не было.

Превышение ПДК_{с.с.} было получено по таким веществам, как оксид углерода, оксид и диоксид азота, бенз(а)пирен, сажа, диоксид серы, пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 % и с содержанием кремния от 20 до 70 %.

В качестве примера приведены результаты по распределению диоксида серы.

На рис. 2 *а, б* представлены карты-схемы распределения диоксида серы, поступающего от стационарных источников г. Улан-Удэ, в феврале и июле, построенные по результатам расчетов по математической модели распределения примесей в атмосфере.

Изолиния 24 оконтуривает область, в которой не менее 24 ч в месяц концентрация диоксида серы превышает установленную ПДК_{с.с.}, далее все изолинии проведены с шагом 24 ч (сутки). Как видно, наибольшее загрязнение наблюдается в районах сосредоточения промышленных предприятий (авиационный и локомотивовогоремонтный заводы). В июле рассеяние примесей происходит на большие расстояния, чем в феврале, но с меньшими концентрациями. Максимальное превышение ПДК_{с.с.} диоксида серы в феврале составляет 600 ч из 672 ч возможных, а в июле 450 ч из 744 ч возможных.

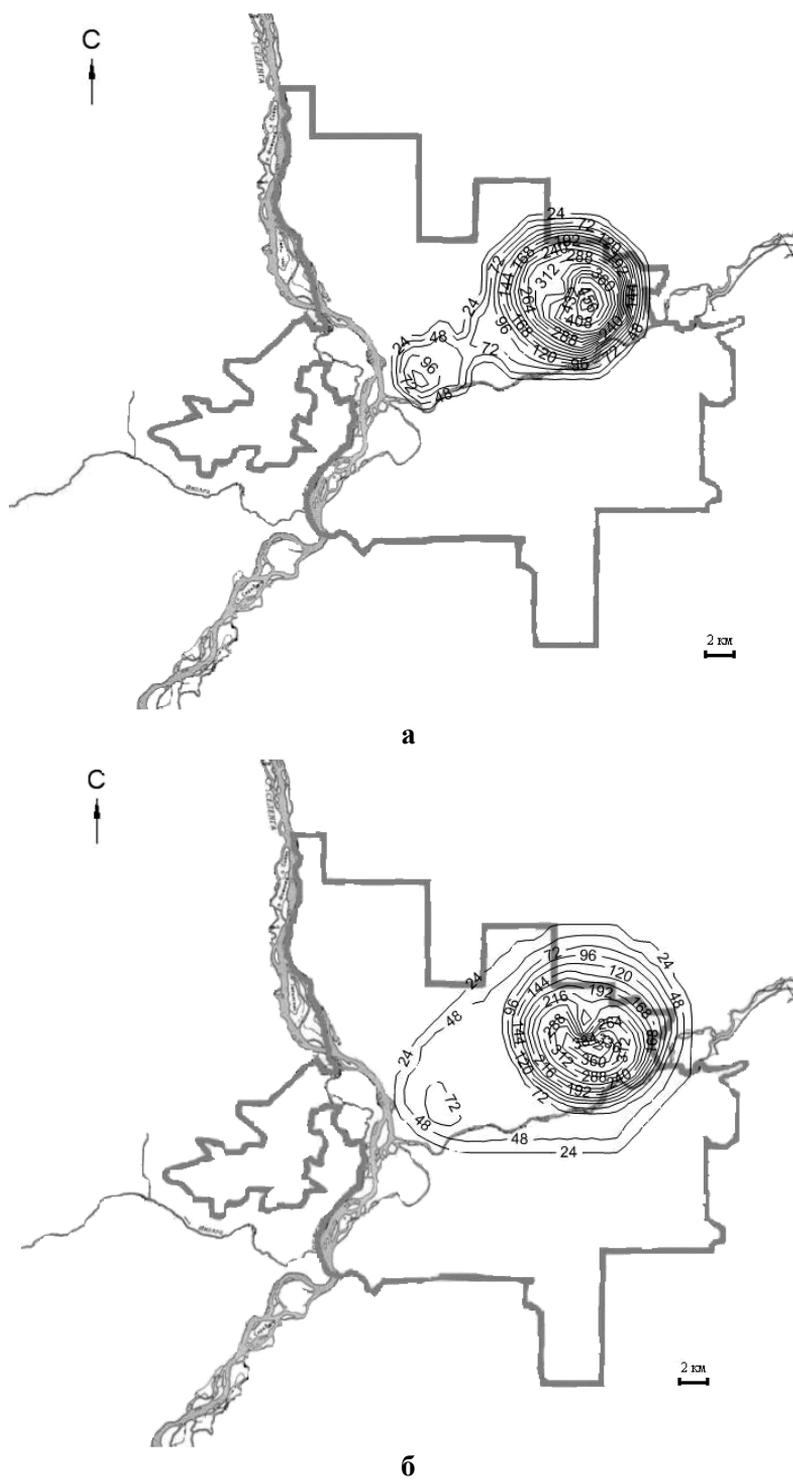


Рис. 2. Частота превышения $\text{PDK}_{\text{с.с}}$ диоксида серы: а – в феврале, б – в июле

На рис. 3 представлена карта-схема распределения концентрации диоксида серы (в долях ПДК_{с.с.}), полученная по стандартной методике ОНД-86.

Изолиния 0,3 ооконтуривает область, в которой концентрация диоксида серы составляет 0,3 ПДК_{с.с.}. До значения 1 ПДК_{с.с.} изолинии проведены с шагом 0,1 ПДК_{с.с.}. Далее расположены изолинии 1,2 ПДК_{с.с.}, 1,5 ПДК_{с.с.}, 2 ПДК_{с.с.}. Следующие изолинии проведены с шагом 1 ПДК_{с.с.}. Максимальное значение составляет 5 ПДК_{с.с.}.

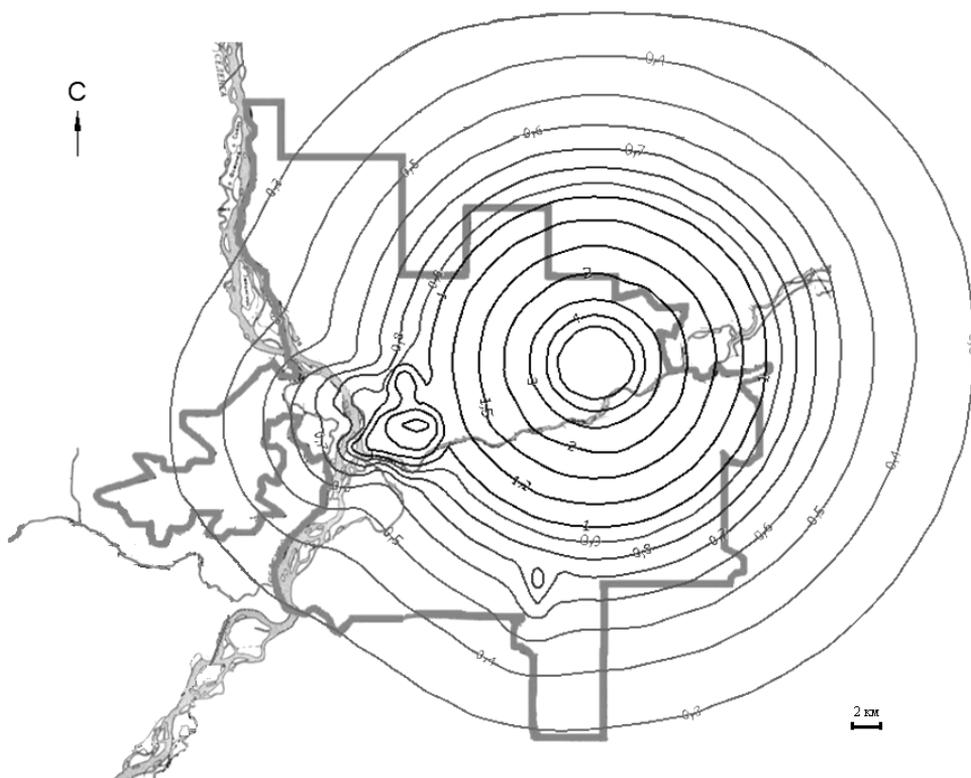


Рис. 3. Распределение концентрации диоксида серы в июле

Сравнивая результаты, полученные по обеим методикам, можно сказать, что обе методики указывают на то, что наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Улан-Удэ вносят авиационный и локомотивовогоноремонтный заводы.

Оценивая влияние выбросов загрязняющих веществ, поступающих от стационарных источников г. Улан-Удэ, на оз. Байкал, которое расположено в 100 км от города, можно сказать о том, что влияние оказывается незначительное либо практически отсутствует.

Анализ заболеваемости населения г. Улан-Удэ

Все загрязняющие атмосферный воздух вещества в большей или меньшей степени оказывают отрицательное влияние на здоровье человека. Эти вещества попадают в организм человека преимущественно через систему дыхания. Органы дыхания страдают от загрязнения непосредственно, поскольку около 50 % частиц примеси радиусом 0,01–0,1 мкм, проникающих в легкие, осаждаются в них. В основном загрязнение атмосферы вызывает такие болезни, как поражение верхних дыхательных путей, сердечная недостаточность, бронхиты, астма, пневмония, эмфизема легких, а также болезни глаз. Резкое повышение концентрации примесей, сохраняющееся в течение нескольких дней, увеличивает смертность людей пожилого возраста от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний [5].

По результатам ведения социально-гигиенического мониторинга в г. Улан-Удэ уровень заболеваемости населения превышает средние показатели по Республике Бурятия в целом в 2,3 раза [11]. Распространенность нарушений здоровья на территории г. Улан-Удэ неоднородна. Наиболее неблагоприятная медико-демографическая ситуация наблюдается в промышленных районах с выраженным техногенным воздействием на атмосферный воздух [13].

О состоянии здоровья населения можно судить по данным заболеваемости в городе и в первую очередь детской.

В таблице представлено сравнение числа случаев заболеваемости детского населения в 1982 и 2008 гг.

Таблица

Заболеваемость детского населения (число случаев на 100 тыс. чел.)

Классы болезней	1982 г.	2008 г.
Общая заболеваемость	114 683	173 166
Болезни органов дыхания	17 461	99 299
Бронхиальная астма	12	219

Как видно из таблицы, к 2008 г. произошло увеличение числа случаев заболеваемости детского населения, в частности число случаев болезней органов дыхания увеличилось в 5,7 раза, а число случаев заболеваемости бронхиальной астмой в 18,2 раза.

По данным обращаемости за медицинской помощью в лечебно-профилактические учреждения г. Улан-Удэ в 2008 г. высокие показатели заболеваемости зарегистрированы среди жителей пос. Загорск, пос. Сосновый, квартал 20а, 19-й квартал. Относительный риск (превышение среднего городского уровня заболеваемости) составляет в пос. Загорск – 4,7; пос. Сосновый – 2,7; квартал 20а – 2,5; 19-й квартал – 1,5 [11].

Выводы

Исследования показали, что в г. Улан-Удэ наблюдается неблагоприятная экологическая обстановка, обусловленная, с одной стороны, высоким уровнем техногенной нагрузки, а с другой – низкой рассеивающей способностью атмосферы, приводящей к застоям загрязненного воздуха. Расположение города в межгорной впадине способствует скоплению промышленных выбросов.

Постоянное нахождение населения в условиях атмосферного загрязнения приводит к ухудшению его общего самочувствия и более частой заболеваемости, особенно органов дыхания.

Также в работе была произведена оценка вклада источников загрязняющих веществ г. Улан-Удэ в загрязнение воздушного бассейна оз. Байкал – Всемирного наследия ЮНЕСКО. Этот вклад был признан как незначительный.

Работа выполнена при поддержке Иркутского государственного университета, индивидуальный исследовательский грант № 091-08-104.

Список литературы

1. Алисов Б. П. Курс климатологии. Ч. I, II / Б. П. Алисов, О. А. Дроздов, Е. С. Рубинштейн. – Л. : Гидрометеоздат, 1952. – 485 с.
2. Аргучинцева А. В. Тенденции и уровень решения проблемы оценки загрязнения атмосферы / А. В. Аргучинцева, В. К. Аргучинцев, С. Ж. Вологжина // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 20–36.
3. Аэрозоль и климат / под ред. К. Я. Кондратьева. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 544 с.
4. Безуглая Э. Ю. Чем дышит промышленный город / Э. Ю. Безуглая, Г. П. Расторгуева, И. В. Смирнова. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 255 с.
5. Влияние загрязнения атмосферы на человека, растительный и животный мир [Электронный ресурс]. – URL: <http://scea.ru/vliyanie-zagryazneniya-atmosfery-na-cheloveka-rastitelnyj-i-zhivotnyj-mir-chast-1.html> (дата обращения 10.04.2011).
6. Иметхенов А. Б. Экология, охрана природы и природопользование : учебник для вузов / А. Б. Иметхенов, А. И. Кульков, А. А. Атутов. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2001. – 422 с.
7. Климат Улан-Удэ / под ред. Сницаренко Н. И., Швер Ц. А. – Л. : Гидрометеоздат, 1983. – 240 с.
8. Ландсберг Г. Е. Климат города / Г. Е. Ландсберг. – Л. : Гидрометеоздат, 1983. – 248 с.
9. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий : общесоюзный нормативный документ (ОНД-86) / науч. рук. М. Е. Берлянд. – Л. : Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.
10. Моделирование и управление процессами регионального развития / А. В. Аргучинцева [и др.]. – М. : Физматлит, 2001. – 431 с.
11. О санитарно-эпидемиологической обстановке в г. Улан-Удэ в 2009 году : гос. доклад / Упр. Федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Респ. Бурятия. – Улан-Удэ, 2010. – 141 с.

12. О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2008 году : гос. доклад. – Иркутск : Сиб. филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2009. – 455 с.

13. Постановление Главного государственного санитарного врача по РБ от 04.06.2007 № 5 «О мерах по предупреждению вредного воздействия атмосферного воздуха на здоровье населения Республики Бурятия» [Электронный ресурс] // Республика Бурятия : сайт. – URL: http://buriatia.news-city.info/docs/sistemst/dok_ieglwi.htm. (дата обращения: 18.03.2011).

14. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельных : метод. пособие / сост. Л. И. Бондалетова, В. Т. Новиков, Н. А. Алексеев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2000. – 39 с.

Assessment of air pollution of Ulan-Ude and its impact on public health

S. Zh. Vologzhina

Annotation. The article is devoted to the problem of air pollution. Two methods of calculating air pollution are considered. There are presented the results of assessment of air pollution from Ulan-Ude industrial enterprises. The level of Ulan-Ude citizens' sickness rate is analyzed.

Key words: air pollution, sources, modeling, assessment, citizens' sickness rate.

Вологжина Саяна Жамсарановна

аспирант

Иркутский государственный университет

664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1

тел.: (3952) 52-10-72