

УДК 504.06:613.1/9

М.А.Мукашева<sup>1</sup>, Д.В.Суржиков<sup>2</sup>, Р.А.Голиков<sup>2</sup>, В.В.Кислицына<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова;  
<sup>2</sup>НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН, Новокузнецк, Россия  
(E-mail: <sup>1</sup>manara07@mail.ru; <sup>2</sup>ecologia\_nie@mail.ru)

## Анализ ущерба для здоровья населения промышленного центра от загрязнения окружающей среды

В статье представлены результаты исследования по оценке риска воздействия загрязнений крупного промышленного города на здоровье населения. Представлены результаты оценки индивидуального как немедленного, так и хронического риска для селитебной зоны города. Выявлены регрессионные соотношения между концентрациями различных веществ и общей заболеваемостью населения, на основании которых проведена оценка риска дополнительной заболеваемости и получены величины, характеризующие вклад отдельных загрязняющих веществ в риск нарушения здоровья населения.

*Ключевые слова:* факторы среды обитания, гигиенические нормативы, экологический мониторинг, хроническая интоксикация, токсические эффекты, антициклонные барические образования, инверсии, ПДК, селитебные зоны, заболеваемость, загрязняющие примеси, аэрогенные факторы, ингаляционный риск, пероральный канцерогенный риск.

Многообразие критериев при оценке состояния здоровья населения и факторов среды обитания определяет задачи по обоснованию интегральных оценок состояния здоровья населения на популяционном уровне. При этом важно рассматривать происходящие негативные изменения в среде обитания с применением новых гигиенических технологий оценки риска для здоровья [1, 2]. Оценка риска для здоровья является международно признанным научным инструментом для разработки оптимальных решений по управлению качеством окружающей среды и состоянием здоровья населения. Сложившаяся ситуация с загрязнением окружающей среды и состоянием здоровья населения в Российской Федерации, неэффективность и недостаточная эколого-гигиеническая обоснованность природоохранных мероприятий, разрабатываемых без количественных критериев ущерба для здоровья населения, недостижимость некоторых гигиенических нормативов требуют переноса акцентов с проблем эколого-гигиенического нормирования на количественную оценку риска для здоровья населения. Отечественная наука и международное сообщество используют такие показатели медико-социального ущерба, как число преждевременных дополнительных случаев смерти от сердечно-сосудистых и респираторных, а также онкологических заболеваний [3–8].

Атмосферный воздух является сегодня ведущим объектом окружающей среды, с которым связана наибольшая часть всех рисков здоровью от воздействия факторов окружающей среды. Для корректной оценки ущербов от этого фактора необходимы: радикальное изменение системы мониторинга воздушных загрязнений; приближение ее к международным требованиям; гармонизация нормативной базы, которая пока как по структуре нормативов, так и по их значениям существенно отличается от рекомендаций международных организаций. При наличии в РФ и СНГ большого числа нормативов ПДК имеет смысл использовать их для оценки риска неспецифических эффектов, возникающих у населения. Проблемой остается несоответствие между гигиеническими нормативами и критериями оценки риска, используемыми в ведущих странах мира [7, 9]. Представляется целесообразным отказаться от регламентирования каждого из аэрогенных факторов в отдельности и перейти к нормированию наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне комбинаций ведущих факто-

ров, которых, очевидно, не так много [5]. Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, от высоты, на которой осуществляются выбросы, и от метеорологических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ. Техногенные выбросы от промышленных источников и транспорта больших городов распространяются на значительные площади, являясь причиной загрязнения прилегающих территорий. Обеспечение нормальной с эколого-гигиенических позиций среды обитания требует постоянно совершенствования организационных, правовых, научных и инженерных мер, а также гибкой системы управления их реализацией [3]. Реформирование экономики России привело в ряде регионов к увеличению давления на окружающую среду, что связано с приоритетом принципа получения максимальных прибылей в условиях экстенсивного метода использования природных ресурсов. Наиболее критическое положение сложилось в городах с металлургической промышленностью, в которых загрязнение окружающей среды и экологический риск находятся на высоком уровне из-за несовершенства применяемых технологий, износа оборудования, низкой эффективности очистных сооружений [10].

В настоящее время при использовании концепции риска в российских условиях недостаточно разработаны методы количественной оценки потенциальной опасности от уровней воздействия ряда аэрогенных примесей, в частности озона, недостаточно унифицированы практические методы управления риском в системе эколого-гигиенического мониторинга. Накопление информации о механизме и степени влияния факторов окружающей среды на здоровье населения, количественное описание существующих закономерностей в системе «окружающая среда — здоровье» могут позволить оптимизировать разработку и реализацию природоохранных мероприятий. Актуальной является верификация степени выраженности факторов риска для здоровья человека. Остаётся актуальным изучение количественных зависимостей показателей здоровья от комбинированного и комплексного воздействия на организм человека многокомпонентного загрязнения окружающей среды в районах размещения промышленных комплексов металлургии и теплоэнергетики с использованием как расчетных концентраций вредных примесей, так и натуральных показателей загрязнения. Перечисленные нерешенные вопросы определили актуальность настоящего исследования.

#### *Материалы и методы*

Для оценки риска, имплицитного загрязнением атмосферного воздуха, нами проанализированы данные лаборатории экологического мониторинга воздушной среды Новокузнецкого филиала-института Кемеровского государственного университета (НФИ КемГУ). Стационарная лаборатория, расположенная в Центральном районе г. Новокузнецка, является комплексом оборудования по мониторингу воздушной среды, определяющим концентрации 8 атмосферных примесей, в том числе и озона. Ежедневные 30-минутные концентрации атмосферных загрязнений по изучаемым ингредиентам были статистически обработаны. Нами также определялись взвешенные индексы сезонности, позволяющие оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха отдельными примесями по сезонам года [4]. Для расчета эффектов, связанных с длительным (хроническим) воздействием веществ, загрязняющих воздух, использовалась информация об их осредненных (за несколько лет) концентрациях. Оценка риска хронической интоксикации основывалась на апостериори, что при длительном воздействии примеси на уровне пороговой концентрации риск проявления неспецифических токсических эффектов составляет 0,16 в долях единицы [6].

С целью верификации риска нами были получены данные о заболеваемости населения на основе информации персонифицированной базы данных «Заболеваемость, форма 025–2/у» Кустового медицинского информационно-аналитического центра г. Новокузнецка. На территории Центрального района г. Новокузнецка была выбрана селитебная зона радиусом 2 км. Центром данного круга являлась лаборатория экологического мониторинга НФИ КемГУ. Из базы данных «Заболеваемость» были выбраны только те случаи обращения к врачу, которые были зафиксированы среди жителей выделенной зоны. Для установления зависимости между состоянием здоровья населения и концентрациями загрязняющих веществ в воздушном бассейне нами были использованы методы множественного регрессионного анализа [1].

Оценка неканцерогенного риска, связанного с расчетными концентрациями 5 атмосферных примесей, проводилась на основе расчетов максимальных и среднегодовых концентраций с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (вариант «Базовый», версия 3.0(w)). Рассматриваемые 5 неканцерогенных примесей — взвешенные вещества, диоксид се-

ры, оксид углерода, диоксид азота, фтористый водород — характеризуются наибольшим удельным весом в валовых выбросах загрязняющих веществ от стационарных источников промышленных предприятий в г. Новокузнецке. Модель «Эколог» позволяет рассчитать приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в соответствии с «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)». Оценка риска проводилась только для предприятий, расположенных на территории г. Новокузнецка. Так как на территории города находится несколько десятков предприятий, выбросы которых сильно различаются по объему и составу, были отобраны 10 ведущих: Западно-Сибирский металлургический комбинат (ЗСМК), Кузнецкий завод ферросплавов, Новокузнецкий алюминиевый завод (НКАЗ), аглофабрика «Абагурская», ТЭЦ «Кузнецкая», ТЭЦ «Западно-Сибирская», шахта «Абашевская», ЦОФ «Абашевская», ЦОФ «Кузнецкая», Кузнецкий цементный завод. Удельный вес этих промышленных предприятий в суммарных выбросах взвешенных веществ в г. Новокузнецке составляет 85,6 %, диоксида серы — 95,5 %, оксида углерода — 93,6 %, диоксида азота — 83,5 %, фтористого водорода — 98,5 %. Нами было проведено разбиение всей территории города на 230 ячеек, в каждой из которых проживает 5 % населения. Поскольку плотность населения неодинакова по территории г. Новокузнецка, то площади ячеек различались. В районах современной застройки плотность выше, площадь ячейки меньше, и наоборот — в районах малоэтажной застройки ячейки были большими по площади. Рецепторная точка, в которой определялись расчетные концентрации атмосферных примесей, выбирались в центре ячейки, а точнее в ближайшем к нему узле координатной сетки, которая используется в модели рассеяния «Эколог». При расчете максимальных концентраций каждое из 10 рассматриваемых предприятий аппроксимировалось одним точечным источником с усредненными параметрами — высотой трубы, температурой отходящих газов, координатами, расходом газовой смеси. Переход от максимальных расчетных концентраций атмосферных примесей к среднегодовым концентрациям осуществлялся при помощи расчетного блока «Средние», входящего в состав модели «Эколог». Данный расчетный блок служит для определения осредненных за длительный период концентрации загрязняющих веществ. Результатом явились вычисленные для каждой из 20 рецепторных точек и каждого из 10 рассматриваемых предприятий максимальные и среднегодовые концентрации 5 атмосферных примесей, имплицитированные с риском немедленного действия и риском хронической интоксикации.

#### *Результаты и обсуждение*

Собственная сырьевая база по добыче угля и железной руды обусловила развитие на юге Кемеровской области отраслей тяжелой промышленности. В промузел г. Новокузнецка входят два металлургических комбината, алюминиевый завод и завод ферросплавов, агломерационная и углеобогачительные фабрики, ряд шахт и разрезов, три крупных ТЭЦ и свыше 60 небольших котельных. Предприятия города характеризуются сосредоточением большого количества источников выбросов в воздушный бассейн на ограниченной территории, остаточным финансированием природоохранной деятельности, использованием устаревших технологий, низкой эффективностью очистных сооружений. Фактором, усугубляющим неблагоприятную градостроительную ситуацию и способствующим накоплению атмосферных загрязнений в приземном слое воздуха, являются климатические условия местности. Застройка и выбор местоположения промышленных предприятий в г. Новокузнецке осуществлялись без учета климатических характеристик, обуславливающих рассеивание в воздухе примесей. При северных (повторяемость 8–10 %) и северо-восточных (повторяемость 3–6 %) ветрах факелы предприятий почти полностью накрывают центральную часть города. На метеорологический режим города влияют изменения альbedo земной поверхности, которая для застроенных районов меньше альbedo загородной местности, выделения тепла, создаваемого различными видами хозяйственной деятельности.

Одной из наиболее значительных особенностей климата г. Новокузнецка является возникновение в центре города острова тепла, который характеризуется повышенными, по сравнению с загородной местностью, температурами воздуха, что объясняется большой теплоемкостью городских сооружений, которые сравнительно быстро нагреваются днем и медленно остывают ночью. Остров тепла вызывает поток воздуха, направленный от окраин города к центру, и восходящие движения воздуха над ним. В этих условиях в районах, расположенных ближе к окраинам, наблюдается приток чистого воздуха, а в центр, в район острова тепла, поступает загрязненный воздух от промышленных предприятий. Важным фактором формирования острова тепла является наличие в городском воздухе

большого количества выбросов твердых частиц, скапливающихся в дымовой шапке над городом и поглощающих часть солнечной радиации, что способствует дополнительному нагреванию воздуха.

Другой особенностью климата г. Новокузнецка является преобладание антициклонных барических образований. В течение значительной части года (с сентября по апрель) юг Кузбасса находится под воздействием области высокого давления. Антициклон отгораживает территорию района от Атлантического океана, в летний период сюда проникают морские воздушные массы со стороны Атлантики, и то в трансформированном виде. В результате в воздушной среде г. Новокузнецка часты инверсионные распределения температуры, т.е. холодный воздух располагается над теплым. Приземные инверсии возникают в зимний период в результате застаивания и выхолаживания воздуха над почвой. В летний период в городе преобладают приподнятые инверсии, связанные с атмосферными циркуляционными процессами. Приземные и приподнятые инверсии температуры являются задерживающими слоями, препятствующими распространению примесей в верхние слои атмосферы. В условиях г. Новокузнецка, при наличии большого числа низких источников выбросов, при инверсиях создаются условия, способствующие накоплению примесей в приземном слое воздуха.

От точечных и линейных стационарных источников ежегодно в атмосферный воздух поступают взвешенные частицы, диоксид азота, диоксид серы, фтористый водород в среднем количестве 51,2; 19,2; 40,1; 1,07 тыс. тонн соответственно, что значительно больше, чем в других городах РФ, за исключением гг. Норильска и Магнитогорска. Предприятия города выбрасывают в воздух фенол, сажу, сероводород и аммиак, в среднем 243; 824; 276; и 715 тонн в год соответственно. Удельный вес предприятий черной металлургии в выбросах взвешенных частиц от стационарных источников составил 48,42 %, диоксида серы — 63,4 %, оксида углерода — 92,2 %, диоксида азота — 33,5 %, бенз(а)пирена — 15,16 %. Удельный вес предприятий теплоэнергетики весьма высок в выбросах взвешенных частиц — 17,23 %, диоксида серы — 30,8 % и диоксида азота — 56,4 %. Причем ТЭЦ поставляют в воздушный бассейн взвешенные вещества с высоким содержанием в своем составе диоксида кремния (от 20 до 70 %). Средние за рассматриваемый временной период концентрации фтористого водорода превышали среднесуточную ПДК в 1,2–1,4 раза (в зависимости от селитебной зоны), формальдегида — в 3,67–5,87 раза, взвешенных частиц — в 1,39–2,05 раза, диоксида азота — в 1,15–1,59 раза. Средние из максимальных (за год) концентрации фенола превышали максимальную разовую ПДК в 2,76–3,7 раза (в зависимости от селитебной зоны), сажи — в 1,64–2,31 раза, фтористого водорода — в 4,39–5,96 раза, формальдегида — в 2,64–4,43 раза. Средний из максимальных (за год) уровень загрязнения взвешенными частицами был выше предельно допустимого уровня в 2,68–3,44 раза, оксидом углерода — в 1,4–2,92 раза, диоксидом азота — в 1,76–2,53 раза. Комплексный показатель *P*, исчисленный по среднегодовым концентрациям 10 атмосферных примесей, находился в пределах 12,07–14,7 баллов (в зависимости от района города); значения данного показателя, установленные по максимальным (за год) концентрациям, колебались от 51,04 до 78,84 балла, в зависимости от селитебной зоны. Степень загрязнения воздушного бассейна г. Новокузнецка как по среднегодовым, так и по максимальным концентрациям оценивается как опасная.

Апостериорная оценка риска для здоровья населения нами была проведена на основе регрессионных соотношений между показателями загрязнения атмосферного воздуха и общей заболеваемости населения. Установлено, что от 16,9 до 67,4 % (в зависимости от рассматриваемой регрессионной модели) дисперсии общей заболеваемости имплицировано с факторами загрязнения атмосферного воздуха. Установлено, что увеличение средней (за текущий месяц) концентрации взвешенных веществ на 10 % приводит к возрастанию уровня общей заболеваемости на 0,69–0,96 %, диоксида серы — на 0,54–0,95 %, озона — на 0,1–0,69 %, оксида углерода — на 1,29–2,04 %, сероводорода — на 0,42–0,88 %. Аналогичное увеличение лагированной среднемесячной концентрации оксида азота связано с ростом показателя заболеваемости населения на 0,18–0,79 %, диоксида серы — на 0,59–0,74 %, оксида углерода — на 0,16–0,57 %, сероводорода — на 0,95–1,54 %, аммиака — на 0,68–2,07 %. Наблюдается тенденция совместного влияния ряда атмосферных примесей на заболеваемость населения, причем их совместный эффект может быть как простой суммой соответствующих эффектов отдельных веществ, так и, скорее всего, превышать эту величину, т.е. смесь атмосферных загрязнителей, вероятно, обладает синергетическими характеристиками. В связи с отмеченным выше выделить примеси, оказывающие наибольшее влияние на заболеваемость населения, является трудноразрешимой задачей. Тем не менее следует отметить, что положительные значения показателя эластичности имплицированы со средними (по текущему месяцу) концентрациями взвешенных веществ, диоксида серы, озона, оксида углерода и сероводорода. По коэффициентам эластичности также отмеча-

ется возрастание показателя общей заболеваемости населения с увеличением на 10 % максимальной (за текущий месяц) концентрации оксида азота на 1,53–2,11 %, диоксида азота — на 0,01–0,38 %. Увеличение на 10 % максимальной лагированной концентрации диоксида азота приводит к возрастанию уровня заболеваемости на 0,25–0,35 %. Из приведенных материалов можно заключить, что показатели здоровья населения г. Новокузнецка находятся во взаимосвязи с эколого-гигиеническими факторами загрязнения атмосферного воздуха. Ведущими факторами, влияющими на уровень риска для здоровья, в наших исследованиях являлись: сероводород, взвешенные частицы, оксид углерода и озон. Среднемесячные концентрации 5 (из рассматриваемых 8) атмосферных примесей имплицированы с положительными значениями показателя эластичности заболеваемости населения.

По расчетным среднегодовым и максимальным (при неблагоприятных погодных условиях и опасной скорости ветра) концентрациям нами была выполнена оценка риска хронической интоксикации и риска немедленного действия, связанных с рядом атмосферных примесей. Суммарный ингаляционный риск хронической интоксикации, связанный с расчетными среднегодовыми концентрациями, для населения г. Новокузнецка колеблется от 0,1 до 0,36 (в долях единицы) в зависимости от селитебной зоны. Удельный вес взвешенных веществ в формировании суммарного хронического риска составляет 21,22–24,59 % (в зависимости от селитебной зоны), диоксида серы — 29,11–35,47 %, оксида углерода — 5,29–9,28 %, диоксида азота — 27,91–33,2 %, фтористого водорода — 0,83–13,69 %. Суммарный риск немедленного действия по всем рассматриваемым селитебным территориям г. Новокузнецка имплицированы максимальные концентрации диоксида азота, риск, связанный с взвешенными веществами, составляет 23,0–100,0 % от суммарного (в зависимости от зоны воздействия), с диоксидом серы — 4,26–38,21 %, с оксидом углерода — 4,43–23,71 %. Суммарный ингаляционный риск хронической интоксикации по селитебным территориям г. Новокузнецка превышает приемлемый уровень в 4,95–19,18 раза, суммарный риск немедленного действия — в 1,94–18,06 раза. При сохранении выявленного уровня загрязнения атмосферного воздуха на протяжении длительного времени в г. Новокузнецке вероятно ожидать дополнительно к фоновому уровню увеличение общей заболеваемости населения на 1496 случаев в год хроническими нозологиями. При этом у более чем 242 тыс. человек в течение года проявятся различные рефлекторные реакции, имплицированные с достижением максимальных концентраций загрязняющих примесей в воздушном бассейне города. Ведущая роль в формировании как хронического риска, так и риска немедленного действия принадлежит выбросам предприятий металлургической (Западно-Сибирский металлургический комбинат и аглофабрика «Абагурская») и теплоэнергетической (ТЭЦ «Кузнецкая» и ТЭЦ «Западно-Сибирская») отраслей. Учитывая существенный вклад ожидаемого ингаляционного риска, связанного с взвешенными веществами, диоксидами серы и азота, в уровень заболеваемости населения, необходимо рекомендовать органам экологического контроля принятие мер по снижению загрязнения атмосферного воздуха указанными выше примесями.

Основной водной артерией и источником водоснабжения г. Новокузнецка является р. Томь, которая пересекает город примерно на 2 равные части и делает коленаобразный изгиб, меняя направление своего течения с юго-западного на северо-восточное. Химический состав воды р. Томь формируется под влиянием загрязняющих веществ, поступающих в реку с поверхностным стоком и сточными водами, отходящими от предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства. Помимо промышленных и коммунально-бытовых стоков г. Новокузнецка, в р. Томь осуществляют сброс недостаточно очищенных сточных вод предприятия топливно-энергетического комплекса, расположенные выше по течению. Негативное влияние на качество воды в р. Томь оказывают ее притоки — р. Кондома и р. Аба, в которые осуществляют сброс предприятия горнодобывающей промышленности и теплоэнергетики, находящиеся на 50–150 км южнее и на 30–50 км севернее городской черты.

В промышленных и коммунально-бытовых стоках в водные объекты г. Новокузнецка (рр. Томь, Аба, Кондома) присутствует ряд загрязняющих примесей, нормируемых как по органолептическим, так и по санитарно-токсикологическим показателям: алюминий — в количестве в среднем 14,53 тонн/год; железо — 25,06 тонн/год; марганец — 3,66; нитраты — 6677,5; нитриты — 91,7; фториды — 134,6 тонн/год. В состав сбросов от рельефоидных стационарных источников в поверхностные водные объекты г. Новокузнецка входят формальдегид (удельный вес в суммарном индексе опасности сбросов 15 вредных веществ — 0,043 %), метанол (удельный вес 0,0002 %), цианиды (0,38 %), а также такие металлы, как медь (удельный вес в суммарном индексе опасности 0,043 %), никель (0,37 %), свинец (0,056 %) и хром (0,19 %). Наибольшим удельным весом в суммарном индексе

се опасности характеризуются сбросы фенола (удельный вес 32,13 %), фторидов (26,22 %), нитратов (13,0 %), хлоридов (10,94 %), марганца (7,13 %), железа (4,88 %), алюминия (2,83 %).

Выше г. Новокузнецка, кроме ряда населенных пунктов (гг. Междуреченск, Мыски) в р. Томь, являющуюся источником водоснабжения г. Новокузнецка, осуществляют сброс предприятия угольной промышленности, теплоэнергетики, имеющие сбросы недостаточно очищенных сточных вод. Положение усугубляется тем, что до настоящего момента в городе не решены проблемы с очисткой ливневых и талых вод, в результате чего ежегодно в весеннее время происходит дополнительный залповый сброс загрязненного снежного покрова в водоем.

Концентрации примесей, нормируемых по органолептическому показателю вредности, в воде коммунального водопровода г. Новокузнецка составили (по средним показателям): железо — 0,29 ПДК питьевой воды, хлор связанный — 0,28 ПДК, марганец — 0,04 ПДК; по средним из максимальных за год: нитраты — 0,26 ПДК, хлориды — 0,22 ПДК, хлор связанный — 0,97 ПДК. Среднее содержание свободного хлора в питьевой воде г. Новокузнецка превышает гигиенический норматив в 2,2 раза; среднее из максимальных уровней — в 6,6 раза. Среднее содержание вредных веществ, нормируемых по санитарно-токсикологическому показателю вредности, в воде городского водопровода составило: кремний — 0,34 ПДК питьевой воды, бор — 0,09 ПДК; никель — 0,06; фториды — 0,07; хлороформ — 0,17; бромдихлорметан — 0,12 ПДК.

Риск хронической интоксикации, имплицированный с загрязнением водопроводной воды, для среднестатистического жителя г. Новокузнецка установлен на уровне 0,0176 (в долях единицы). Удельный вес кремния в данном типе риска составил 33,8 %, хлороформа — 16,5, бромдихлорметана — 12,2, бора — 8,8, формальдегида — 7,37, фторидов — 6,44, никеля — 5,5 %. Риск немедленного действия, имплицированный загрязнением питьевой воды, для населения промышленного центра составляет 0,903 (в долях единицы). Значение риска показывает долю населения, которая в момент достижения максимальных концентраций примесей в питьевой воде могла бы испытать неблагоприятные рефлекторные реакции — ощущение привкуса, запаха. Наибольший вклад в достижение такого высокого уровня риска вносят железо, свободный хлор и марганец.

Риск дополнительной онкологической заболеваемости, связанный с содержанием в питьевой воде канцерогенных веществ, исчислен как  $1,41 \cdot 10^{-5}$ , что в 1,41 раза превышает приемлемый уровень (приемлемое значение риска  $1 \cdot 10^{-5}$ ). Канцерогенный риск имплицирован загрязнением воды коммунального водопровода хлороформом (удельный вес в риске 41,5 %), бромдихлорметаном (46,8 %) и дибромхлорметаном (11,3 %).

В завершение данного исследования нами разработан алгоритм оценки риска для промышленного предприятия.

На первом этапе проводится анализ выбросов, отходящих от источников предприятия в атмосферный воздух, с выделением приоритетных химических веществ по потенциальной степени опасности для человека. Осуществляется расчет максимальных и среднегодовых концентраций примесей в приземном слое воздуха селитебной зоны, прилегающей к промышленному предприятию, с использованием моделей рассеивания выбросов.

На втором этапе дается априорная оценка индивидуального и популяционного риска для здоровья населения рассматриваемой селитебной зоны, связанного с выбросами предприятия. Производится сравнение полученных расчетных уровней с приемлемыми и фоновыми значениями риска.

На третьем этапе осуществляется проведение мониторинга загрязнения атмосферы и состояния здоровья населения, проживающего в зоне распространения выбросов предприятия. Определяются натурные среднемесячные и максимальные (за месяц) концентрации атмосферных примесей, а также интенсивные коэффициенты заболеваемости населения.

На четвертом этапе осуществляется верификация риска методами корреляционно-регрессионного статистического анализа между показателями здоровья населения и уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Определяются приоритетные загрязнители воздушного бассейна, на снижение выбросов которых органы эколого-гигиенического контроля должны обратить особое внимание.

На пятом этапе проводится анализ экономической эффективности атмосфероохранных мероприятий, разрабатываемых на предприятии, с использованием показателя удельных затрат на сокращение риска для здоровья человека, связанного с выбросами предприятия.

При условии выделения на территории города селитебных зон ответственности промышленных предприятий за ингаляционный риск, имплицированный их выбросами, и проведения на этих предприятиях приведенного выше алгоритма оценки риска произойдет снижение аэрогенной опасности

для здоровья населения. Применение аналогичного алгоритма возможно и при оценке ущерба для здоровья человека, связанного со сбросами в городские водные объекты от промышленных предприятий.

### Выводы

1. В г. Новокузнецке неблагоприятные для рассеяния метеорологические условия (антициклонные барические образования, приземные инверсии) и крупнотоннажные выбросы от стационарных источников индуцируют превышение нормативных показателей аэрогенными примесями и их накопление в приземном слое воздуха. Степень загрязнения воздушного бассейна, установленная по комплексному показателю  $P$ , как по среднегодовым, так и по максимальным концентрациям, оценивается как опасная.

2. Показатель заболеваемости населения промышленного центра характеризуется корреляционной связью с многокомпонентным загрязнением атмосферного воздуха (степень связи от умеренной до сильной). Определено, что от 16,9 до 67,4 % дисперсии общей заболеваемости имплицировано с аэрогенными факторами загрязнения. Увеличение средней концентрации взвешенных частиц на  $10 \text{ мкг/м}^3$  имплицировывает возрастание показателя общей заболеваемости населения на 0,37–0,51 %, диоксида серы — на 2,58–4,54 %, озона — на 0,26–1,84 %, сероводорода — на 1,23–2,6 %.

3. Ингаляционный риск хронической интоксикации для населения г. Новокузнецка колеблется от 0,1 до 0,36 (в долях единицы) в зависимости от селитебной зоны, что в 4,95–19,18 раза превышает приемлемый уровень. При сохранении выявленного уровня загрязнения атмосферного воздуха на протяжении длительного времени в г. Новокузнецке вероятно ожидать дополнительно к фоновому уровню увеличения заболеваемости населения на 1496 случаев в год. Ведущая роль в формировании неканцерогенного ингаляционного риска принадлежит выбросам предприятий металлургической и теплоэнергетической отраслей.

4. Пероральный канцерогенный риск для населения г. Новокузнецка в 1,41 раза превышает свое приемлемое значение. Ведущая роль в формировании канцерогенного риска, связанного с загрязнением воды коммунального водопровода, принадлежит хлороформу и бромдихлорметану. Наиболее опасными примесями питьевой воды общетоксического действия являются кремний, хлороформ, бромдихлорметан, бор и формальдегид.

5. Разработанный алгоритм оценки риска для промышленного предприятия позволяет: провести разбиение площади города на зоны ответственности крупных промышленных предприятий за загрязнение конкретных селитебных участков местности; оценить роль промпредприятий в изменении (или постоянстве) качества окружающей среды; верифицировать риск для здоровья населения методом определения корреляционно-регрессионных характеристик (нормированных коэффициентов регрессии, коэффициентов эластичности); ориентировать административные и санитарный контрольные органы в их работе по улучшению экологической обстановки в промышленном городе.

С позиций практической экологической деятельности считаем необходимостью: в странах СНГ распространить систему оценки риска для здоровья с реконструируемых и впервые пускаемых в эксплуатацию промышленных объектов на действующие предприятия; с целью оптимизации разработки природоохранных мероприятий внедрить на промышленных предприятиях предлагаемый алгоритм оценки риска.

### References

- 1 Aivazian S.A., Mkhitarian V.S. Applied statistics. — Moscow: Yuniti-Dana, 2001. — 272 p.
- 2 Boev B.M. Methodology of complex estimation of anthropogenic and socio-economic factors in forming of risk for the health of population // Hygiene and sanitation. — 2009. — № 4. — P. 4–8.
- 3 Zerbo A.P., Kiselev A.V. et al. Hygienical estimation of contamination of atmospheric air of industrial cities Karelia and risk for the health of child's and juvenile population // Hygiene and sanitation. — 2008. — № 5. — P. 7–11.
- 4 Elisseva I.I., Yzbashev M.M. General theory of statistics. — Moscow: Finances and statistics, 1998. — 368 p.
- 5 Katulski Y.N. To the theory of toxicological-hygienic experiment and regulation of together operating harmful factors // Guard of environment and rational use of natural resources: Collection of scient. works to the 10 year of department. — Angarsk, 2006. — P. 120–135.
- 6 Zerbo A.P., Kiselev A.V. et al. Environment and health: going near the estimation of risk. — St. Petersburg: MAPO, 2002. — 374 p.

7 *Novikov S.M., Ivanenko A.V. et al.* Estimation of damage to the health of population of Moscow from influence of the self-weighted substances in atmospheric air // Hygiene and sanitation. — 2009. — № 6. — P. 41–43.

8 *Rashmanin Y.A., Novikov S.M. et al.* Estimation of damage to the health of man as one of priority directions of ecology of man and instrument of ground of administrative decisions // Hygiene and sanitation. — 2006. — № 5. — P. 10–13.

9 *Novikov S.M., Rashmanin Y.A. et al.* Modern problems of estimation of risks and damages to the health from influence of factors of environment // Hygiene and sanitation. — 2007. — № 5. — P. 18–20.

10 *Maslins D.V., Maslins V.D.* Hygienical estimation of risk of violation of health of population of industrial city from influence of factors of environment // Hygiene and sanitation. — 2007. — № 5. — P. 32–34.

М.А.Мұқашева, Д.В.Суржигов, Р.А.Голиков, В.В.Кислицына

### **Қоршаған ортаның ластануынан өндірістік орталық тұрғындары денсаулығына тиетін зиянды талдау**

Мақалада тұрғындар денсаулығына ірі өнеркәсіп қаланың ластану әсерін бағалау зерттеуінің нәтижелері берілген. Сонымен қатар қаланың жекелеген аймағы бойынша бірсәттік және созылмалы тәуекелдері жеке бағаланған. Адамдардың жалпы сырқаттануы мен әр түрлі улы зат шоғырлануы арасындағы регрессиондық қатынастар айқындалған, солардың негізінде сырқаттанудың қосымша тәуекелдері бағаланып, тұрғындар денсаулығы бұзылуын сипаттайтын кейбір ластану заттардың әсері зерттелген.

M.A.Mukasheva, D.V.Surzhikov, R.A.Golikov, V.V.Kislicyna

### **Analysis of the damage for communities health of industrial centre due to environmental pollution**

The paper deals with the results of the research on risk of pollution exposure in a large industrial city to health of communities. The results of individual both immediate and chronic risk estimation for selectable city zones are presented. Regression ratios of various substances concentrations and disease incidence are revealed. On their basis the estimation of risk of additional disease incidence is carried out and values characterizing the contribution of separate pollutants to risk of health of communities' disorder are received.