

О ВОЗМЕЩЕНИИ УЩЕРБА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

А. В. Матешева

ФГБУН Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 24 апреля 2017 г.

Представлен комплексный методический подход, направленный на повышение социально-экономической защищенности и качества жизни населения арктических территорий в условиях техногенного загрязнения атмосферы. Предлагается адресная компенсация ущерба здоровью граждан вследствие загрязнения воздуха техногенными выбросами. Механизм компенсации основан на применении хеджирования с использованием прогноза загрязнения атмосферы и обусловленного этим риска для здоровья, а также идентификации источников загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: *загрязнение атмосферы, источник выбросов, риск для здоровья, компенсация, хеджирование, страхование.*

Введение

Арктическая зона Российской Федерации характеризуется мощным ресурсным и производственным потенциалом. При этом состояние атмосферного воздуха в арктических городах в большинстве случаев более неблагоприятное, чем в целом по стране [1]. Актуальной проблемой для работающих в Арктике, а также для других групп населения (детей, пенсионеров и др.) является проживание и осуществление трудовой деятельности в условиях повышенного загрязнения атмосферного воздуха на жилых и производственных территориях. Техногенное загрязнение атмосферы в сочетании с суровыми климатическими условиями способствует повышению риска для здоровья [2] и помимо заболеваний и связанного с этим дискомфорта вызывает у населения дополнительные финансовые потери. Это, например, недополучение заработной платы во время болезни в связи с ограничениями на выплаты по листку нетрудоспособности, потери заработка в случае сдельной работы, затраты на лекарства, а в некоторых случаях, несмотря на существующие социальные гарантии [3], — оплата за свой счет

диагностических, лечебных, профилактических и реабилитационных мероприятий [4; 5].

В настоящее время для работающих граждан предусмотрена компенсация за счет работодателя в виде денежных выплат и других льгот при наличии на рабочем месте вредных производственных факторов [6]. В случае профессионального заболевания предусмотрены страховые выплаты, оплата дополнительных расходов на лечение и реабилитацию [3].

Для работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях сегодня действуют процентные надбавки к заработной плате и повышающий районный коэффициент [6; 7], которые направлены, однако, лишь на компенсацию неблагоприятного влияния на человека тяжелых климатических условий, которыми характеризуется Арктическая зона России.

Возмещение ущерба здоровью от фонового загрязнения атмосферного воздуха в настоящее время не предусмотрено. Таким образом, очевидна необходимость повышения социально-экономической защиты граждан на экологически неблагоприятных территориях, особенно в Арктической зоне. В связи с этим целью исследования является разработка подхода для возмещения вреда, причиняемого

здоровью населения загрязнением атмосферного воздуха. Данный подход представляет собой комплекс инженерно-технических [8; 9] и экономических [10; 11] методических разработок.

Методический комплекс для решения задачи возмещения ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха

Так как наступление различных неспецифических заболеваний нельзя однозначно связать с загрязнением атмосферного воздуха, целесообразно использовать понятие риска для здоровья. Поэтому возмещение вреда здоровью населения должно определяться в соответствии с мерой риска.

Еще один важный вопрос — источник финансирования денежного фонда, предназначенного для возмещения убытков и вреда, связанного с нарушением здоровья населения от техногенного загрязнения атмосферного воздуха. Представляется логичным возложить финансовую ответственность по компенсации на объекты, выбросы которых в атмосферу приводят к загрязнению воздуха на конкретной территории.

В соответствии с этими особенностями в основе предлагаемого комплексного методического подхода лежит известный экономический (финансовый) инструмент — хеджирование, представляющий собой особую форму страхования, предназначенную не для полной компенсации убытков в экстремальной ситуации, а для сохранения экономического положения на стабильном уровне при наступлении неблагоприятных, но не чрезвычайных условий. Хеджирование целесообразно применять в случае заболеваемости, обусловленной постоянным или частым (но не аварийным) загрязнением атмосферного воздуха [10; 11], с целью возмещения потенциальных финансовых потерь гражданам и поддержания их социально-экономического благополучия при повышенном риске для здоровья.

При этом возмещение вреда здоровью населения не может осуществляться само по себе, а требует для реализации оценки (прогноза) загрязнения атмосферы и обусловленного этим риска для здоровья, а также идентификации источников выбросов (места и мощности эмиссии), оказывающих влияние на загрязнение воздуха на конкретной жилой или производственной территории.

Методический комплекс состоит из методики прогноза загрязнения атмосферного воздуха и риска для здоровья, метода идентификации источников загрязнения атмосферы и методики снижения социально-экономических последствий для населения от загрязнения атмосферного воздуха, которые подробно рассмотрены ниже.

Методика прогноза загрязнения атмосферного воздуха и обусловленного этим риска для здоровья [8] предполагает заблаговременную оценку концентраций загрязняющих примесей

в атмосфере и на основе этого оценку канцерогенного риска (т. е. риска онкологических заболеваний) и относительной опасности (риска) неонкологических заболеваний. Методика построена на основе методологии оценки риска для здоровья, представленной в [12; 13], и методов теории чувствительности [14], применение которых обусловлено необходимостью учета вариабельности выбросов, метеорологических условий и климата.

Определим термины «вектор состояния» и «вектор параметров». Под вектором состояния понимается вектор $R = (r, h)'$, составляющими которого являются канцерогенный риск $r = \sum r_i$ и показатель относительной опасности неонкологических заболеваний $h = \sum h_j$, обусловленные соответственно i -ми канцерогенными и j -ми неканцерогенными примесями. Под вектором параметров понимается вектор $\alpha = (Y, f)$, составляющие которого описывают управляющие воздействия на модель рисков (опасности) заболеваний: значения метеовеличин Y и характеристики источников примесей f . Здесь

$$r_i = r_i(q_i(Y, f)), \quad h_j = \frac{q_j(Y, f)}{q_{jm}}, \quad (1)$$

где q — концентрация вещества; q_{jm} — предельно допустимая (референтная) концентрация j -го вещества.

Введем функцию чувствительности [8; 14]

$$G = \frac{\partial R}{\partial \alpha}, \quad (2)$$

которая представляет собой изменения вектора состояния, соответствующие единичным вариациям составляющих вектора параметров, т. е. частные производные от решений уравнений (1) по составляющим вектора параметров в области невозмущенных решений.

Согласно выражениям (1) r_i и h_j суть функции от концентрации загрязняющей примеси. Поэтому преобразуем правую часть соотношения (2) к виду

$$\frac{\partial R}{\partial \alpha} = \frac{\partial R}{\partial q} \cdot \frac{\partial q}{\partial \alpha}.$$

Производная $\frac{\partial R}{\partial q} = \left(\frac{\partial r}{\partial q}, \frac{\partial h}{\partial q} \right)'$ является функцией

чувствительности вектора состояния к изменениям концентрации загрязняющих примесей и известна априори из результатов медико-биологических исследований [15—17]. Составляющими функции

чувствительности $\frac{\partial R}{\partial q}$ являются единичный фактор

канцерогенного риска для i -го вещества F_i ($\text{м}^3/\text{мкг}$) и показатель относительной опасности неонкологических заболеваний для j -го вещества H_j ($\text{мкг}/\text{м}^3$) [12], или в общем виде

$$\frac{\partial R}{\partial q} = (F, H^{-1})',$$

$$\text{где } F = (F_i)', H = (H_j)'.$$

Составляющие производной

$$\frac{\partial q}{\partial \alpha} = \left(\frac{\partial q}{\partial Y}, \frac{\partial q}{\partial f} \right)'$$

рассчитываются на основе реше-

ния трехмерного уравнения переноса и диффузии загрязняющей примеси в атмосфере, записанного в вариациях относительно невозмущенного состояния [8; 14]. Полученные в результате решения этого уравнения трехмерные поля функций чувствитель-

ности $Q = \frac{\partial q}{\partial \alpha}$ позволяют количественно оценивать

изменения составляющих вектора состояния Δq , соответствующих заданному полю вариаций параметров $\Delta \alpha$, т. е. $\Delta q = Q \cdot \Delta \alpha$.

Таким образом, выражения в общем виде для расчета риска здоровью населения приобретают вид:

$$\Delta r_i = F_i \cdot Q_i \cdot \Delta \alpha_i \quad (\text{для канцерогенного риска});$$

$$\Delta h_j = (H_j)^{-1} \cdot Q_j \cdot \Delta \alpha_j \quad (\text{для опасности неонкологических заболеваний}).$$

Метод идентификации источников загрязнения атмосферы необходим для выявления объектов, выбросы которых влияют на загрязнение атмосферного воздуха на конкретной территории, а также для определения их вклада в общий уровень загрязнения с целью последующей компенсации вреда здоровью населения. Методический подход к идентификации источников загрязнения атмосферы основан на минимизации специального функционала, построенного с помощью основного и сопряженного решений задачи переноса и диффузии примеси [9].

Пусть в области Ω имеется m источников загрязнения воздуха, каждый из которых располагается в зоне G_i ($i = 1, \dots, m$) и характеризуется интенсивностью $I_i \delta(x - x_i)(y - y_i)(z - z_i)$. Здесь δ — дельта-функция Дирака; x_i, y_i, z_i — координаты источников загрязнения. Предположим, что в n зонах D_k ($k = 1, \dots, n$) области Ω имеются измерения концентрации загрязняющей примеси q_0, q_τ соответственно в моменты времени $t = 0$ и $t = \tau$. Требуется в каждой i -й зоне определить среднюю за период τ интенсивность \bar{I}_i .

Следуя [18], основной задаче переноса и диффузии примеси поставим в соответствие сопряженную на основе тождества Лагранжа и получим для каждой из зон D_k функционал

$$J_k = \int_{\Omega} q_{k0} q_{k0}^* d\Omega' + \int_0^\tau dt \int_{\Omega} I q_k^* d\Omega', \quad k = 1, \dots, n, \quad (4)$$

где q_k^* — решение сопряженной задачи в зоне D_k ; q_{k0}^* — значение q_k^* при $t = 0$; q_{k0} — концентрация примеси в момент $t = 0$ в зоне D_k .

Из выражения (4) следует, что средняя концентрация примеси за интервал времени $[0; \tau]$ в зоне D_k определяется концентрацией примеси в начальный момент и количеством примеси за период τ от всех источников в области Ω , оказывающих влияние на эту точку.

Полученное выражение перепишем в виде

$$J_k = \int_{\Omega} q_{k0} \bar{q}_{k0}^* d\Omega' + \sum_{i=1}^m \bar{I}_i \int_0^\tau q_{ki}^* dt, \quad k = 1, \dots, n,$$

где нижние индексы у функции q_{ki}^* означают, что значение сопряженной функции, характеризующей влияние на k -ю зону, берется в i -й точке.

С другой стороны, в моменты времени $t = 0$ и $t = \tau$ концентрации загрязняющей примеси (q_0 и q_τ соответственно) согласно условиям постановки задачи известны. Следовательно, средняя за интервал времени $[0; \tau]$ концентрация примеси на основе данных измерений в зоне D_k может быть приближенно определена средним арифметическим

$$\bar{q}_k = \frac{(q_{k0} + q_{k\tau})}{2}.$$

Понятно, что разность $\varepsilon = (J_k - \bar{q}_k)$ между расчетным (полученным при задании некоторых приближенных значений интенсивности \bar{I}_i) и измеренным значениями концентрации примеси отлична от нуля и в каждой точке k различна. Это обстоятельство является основой для решения задачи по идентификации выбросов от источников загрязнения атмосферы. Из условия минимума разности ε стандартными методами, например, методом наименьших квадратов, легко получается система линейных уравнений относительно \bar{I}_i , подлежащих определению.

Методика снижения социально-экономических последствий для населения от загрязнения атмосферного воздуха основана на применении хеджирования — механизма страхования рисков и снижения таким образом финансовых потерь с использованием производных финансовых инструментов — деривативов (специальных контрактов).

Страхование работающих граждан и остального населения на основе хеджирования предполагает взаимодействие трех основных участников (рис. 1): жителя или работника, источника выбросов в атмосферу (далее — загрязнителя), страхового фонда. Это взаимодействие регулируется деривативом — специальным контрактом, в соответствии с которым одна из сторон (житель или работник) «перекладывает» риск для своего здоровья на другую сторону

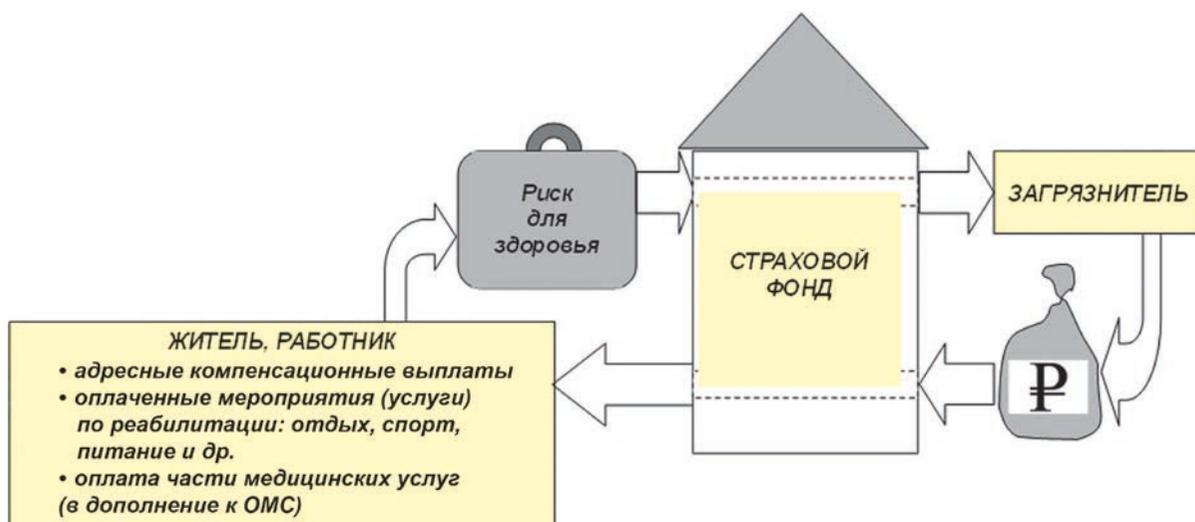


Рис. 1. Структурная схема механизма возмещения ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха

(страховой фонд) за вознаграждение (страховую премию), которое, однако, оплачивает не сам житель или работник, а загрязнитель воздуха.

Базовым индексом контракта, на основании которого осуществляются расчеты, является риск для здоровья, обусловленный загрязнением атмосферного воздуха (канцерогенный риск и опасность неонкологических заболеваний).

Соответственно компенсация населению в случае повышенного риска для здоровья и возросших потенциальных затрат на профилактику, лечение и реабилитацию перекладывается исключительно на загрязнителя и не требует привлечения бюджетных средств. Компенсация может иметь различные формы: адресные выплаты, оплаченные мероприятия (услуги) по реабилитации (отдых, питание, спорт и др.), оплата части медицинских услуг (помимо обязательного медицинского страхования).

Если фактически наблюдаемый риск ниже ожидаемого уровня, загрязнитель получает выплату, соответствующую разнице между прогнозируемым и наблюдаемым воздействиями и уровнями загрязнения.

Условно процесс применения хеджирования можно разделить на несколько этапов. На первом этапе выполняется прогноз риска заболеваний [8], на основе которого составляется градация уровней риска по степени опасности для здоровья.

На втором этапе осуществляется идентификация источников, оказывающих влияние на загрязнение атмосферного воздуха на конкретной территории [9], определяются местоположение и мощность выбросов, оценивается вклад в общий уровень загрязнения.

Третий этап включает определение возможных видов ущерба в связи с нарушением здоровья, стоимости единицы базового индекса (риска) и потенциальных финансовых потерь гражданина в результате заболеваний в течение страхового периода на

основании полученного прогноза риска для здоровья [5; 19].

На четвертом этапе с учетом стоимости единицы риска, прогноза риска для здоровья и обусловленных этим потенциальных финансовых потерь, результатов идентификации источника выбросов и его вклада в общий уровень загрязнения определяется стоимость самого контракта, т. е. страховая премия, которую загрязнитель должен перечислить с целью возмещения за вред, причиняемый здоровью населения.

В зависимости от полученных оценок и существующих условий могут быть выбраны различные схемы хеджирования, в соответствии с которыми строится контракт (дериватив), определяется (уточняется) размер страховой премии и выплачивается компенсация [10; 11].

Заключение

Основным положительным эффектом в результате введения механизма возмещения ущерба здоровью населения в городах Арктической зоны Российской Федерации от загрязнения атмосферного воздуха с использованием предложенного комплексного методического подхода является повышение социально-экономической защищенности и качества жизни граждан в неблагоприятной окружающей среде. При этом государственный бюджет разных уровней дополнительных расходов не несет.

Одна из главных целей компенсационных выплат состоит в повышении финансовых возможностей населения для профилактики экологически обусловленной заболеваемости и снижении таким образом риска для здоровья.

Разработанная научно-методическая база направлена также на мотивацию источников-загрязнителей к сокращению выбросов в атмосферу и улучшение за счет этого качества воздуха на

жилых и производственных территориях (внутри производственных и жилых помещений), что, в свою очередь, также ведет к снижению риска для здоровья населения.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 32 «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» и РФФИ (проект № 16-35-00387).

Литература

1. Акимов В. А., Козлов К. А., Косоруков О. А. Современные проблемы Арктической зоны Российской Федерации. — М.: ВНИИ ГОЧС, 2014. — 308 с.
2. Чашин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н. и др. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. — 2014. — № 1. — С. 3—12.
3. Федеральный закон «Об основах обязательного социального страхования» от 16 июля 1999 г. № 165-ФЗ.
4. Просекова Е. В., Дернач В. В., Шестовская Т. Н., Гельцер Б. И. Экономические затраты и медицинские проблемы при аллергических заболеваниях у детей в Приморском крае // Дальневост. мед. журн. — 2008. — № 2. — С. 115—119.
5. Маюско А. А., Матешева А. В., Фетисов В. П. Индивидуально ориентированная экономическая оценка риска здоровью, обусловленного загрязнением атмосферы // Инновации. — 2014. — № 10 (192). — С. 14—19.
6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ.
7. Закон РФ «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» от 19 февраля 1993 г. № 4520-1.
8. Маюско А. А., Матешева А. В. Методические основы долгосрочного прогноза риска здоровью населения мегаполиса при техногенном загрязнении атмосферы // Инновации. — 2009. — № 10 (132). — С. 46—50.
9. Маюско А. А., Матешева А. В. Опыт идентификации источников химического загрязнения атмосферы в Московском регионе // Рос. хим. журн. — 2016. — Т. 40, № 3. — С. 113—120.
10. Маюско А. А., Матешева А. В. О хеджировании рисков для здоровья населения в условиях постоянного воздействия загрязненного воздуха // Геоэкология. Инженер. геология. Гидрогеология. Геоэкология. — 2010. — № 4. — С. 374—382.
11. Маюско А. А., Матешева А. В. О стратегии экологического риск-менеджмента в области загрязнения атмосферы для повышения качества жизни населения в городах // Инновации. — 2010. — № 6 (140). — С. 86—89.
12. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. — Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 5 марта 2004 г.
13. The Air Toxics Hot Spots Program Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessments / Air Toxics Hot Spots Program: Risk Assessment Guidelines; California EPA. — [S. l.], Febr. 2015.
14. Анискина О. Г., Панин Б. Д. Исследование чувствительности дискретной прогностической модели с помощью уравнений в вариациях: Межвуз. сб. — Вып. 114. — Л.: ЛГМИ, 1992. — С. 4—11.
15. Air Toxics Hot Spots Risk Assessment Guidelines. — Pt. II: Technical Support Document for Cancer Potency Factors / California EPA. — [S. l.], May 2009.
16. Air Toxics Hot Spots Risk Assessment Guidelines: Technical Support Document for the Derivation of Noncancer Reference Exposure Levels / California EPA. — [S. l.], June 2008.
17. Integrated Risk Information System (IRIS) Database / U.S. EPA. — URL: <http://www.epa.gov/IRIS/>.
18. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. — М.: Наука, 1982. — 320 с.
19. Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания МР 5.1.0029-11. — Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.

Информация об авторе

Матешева Анна Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН (119017, Россия, Москва, Пыжевский пер., д. 3), e-mail: matesheva@rambler.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Матешева А. В. О возмещении ущерба здоровью населения в городах Арктической зоны Российской Федерации от загрязнения атмосферного воздуха // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 3 (27). — С. 111—117. DOI 10.25283/2223-4594-2017-3-111-117.

ON COMPENSATION OF DAMAGE TO THE HEALTH OF THE POPULATION IN THE CITIES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION FROM AIR POLLUTION

Matesheva A. V.

A. M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

Abstract

Many Arctic cities are characterized by a high level of air pollution. The air pollution with harsh climatic conditions increases the health risk of population and, except for diseases and associated discomfort, causes the population additional financial losses, which are currently not compensable.

The article presents a complex methodological approach aimed at increasing the socio-economic security and quality of life of the population of the Arctic territories upon the air pollution. We propose address compensation for damage to the health of citizens due to air pollution caused by man-made emissions. The compensation mechanism is based on the application of hedging using the forecast of air pollution and the health risk, as well as identification of air pollution sources.

Hedging involves the interaction of three main participants: a citizen, a source of air pollution (polluter), an insurance fund. This interaction is regulated by a derivative — a special contract, according to which the citizen “shifts” the health risk to the insurance fund for a fee paid by the polluter.

The basic index of the contract is the health risk. We have developed a methodology for forecasting air pollution and the health risk to determine the value of the contract. The methodology is based on the methods of sensitivity theory and the methodology for health risk assessment U.S. EPA.

We have also developed a method for identification of air pollution sources to determine polluters and their contribution into pollution. This will determine the value of the contract for the polluter and the amount of compensation. The method is based on minimization of a special functional constructed with the main and conjugate solutions of the problem of the pollutant transfer-diffusion.

The main positive effects of compensation are increased opportunities for the prevention of environmentally-related diseases for the population, motivation of polluters to reduce emission, reduce of air pollution and health risks.

Keywords: air pollution, pollution source, health risk, compensation, hedging, insurance.

Sources of research financing (Acknowledgements)

The article was prepared with the financial support of the basic research program of the Presidium of RAS no. 32 “Basic scientific research in the interests of development of the Arctic zone of the Russian Federation” and Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-35-00387).

References

1. Akimov V. A., Kozlov K. A., Kosorukov O. A. *Sovremennyye problemy Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii*. [Actual problems of the Arctic zone of the Russian Federation]. Moscow, VNIIGChS, 2014, 308 pp. (In Russian).
2. Chashchin V. P., Gudkov A. B., Popova O. N. et al. *Kharakteristika osnovnykh faktorov riska narusheniya zdorovya naseleniya, prozhivayushchego na territoriyakh aktivnogo prirodopolzovaniya v Arktike*. [Characteristics of the main risk factors of health disorders of the population living in the territories of active nature applying in the Arctic]. *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 1, pp. 3—12. (In Russian).
3. *Federalnyy zakon “Ob osnovakh obyazatel'nogo sotsial'nogo strakhovaniya”* [On the foundation of compulsory social insurance] ot 16 iyulya 1999 g. no. 165-FZ. (In Russian).
4. Prosekova E. V., Derkach V. V., Shestovskaya T. N., Geltser B. I. *Ekonomicheskiye zatraty i meditsinskiye problemy pri allergicheskikh zabolevaniyakh u detey v Primorskom kraye*. [Economic costs and medical problems in allergic diseases of children in the Primorsky region]. *Dalnevost. med. zhurn*, 2008, no. 2, pp. 115—119. (In Russian).
5. Makosko A. A., Matesheva A. V., Fetisov V. P. *Individualno oriyentirovannaya ekonomicheskaya otsenka riska zdorovyu, obuslovlennogo zagryazneniyem atmosfery*. [Individually oriented economic estimation of the risk to health due to pollution of the atmosphere]. *Innovatsii*, 2014, no. 10 (192), pp. 14—19. (In Russian).
6. *Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Labor code of the Russian Federation] ot 30 dekabrya 2001 g. no. 197-FZ. (In Russian).
7. *Zakon RF “O gosudarstvennykh garantiyakh i kompensatsiyakh dlya lits, rabotayushchikh i prozhivayushchikh v rayonakh Kraynego Severa i priravnennykh k nim mestnostyakh”* [On state guarantees and compensations for persons working and living in the Far North and equivalent territories] ot 19 fevralya 1993 g. № 4520-1. (In Russian).

8. Makosko A. A., Matesheva A. V. Metodicheskiye osnovy dolgosrochnogo prognoza riska zdorovyu naseleniya megapolisa pri tekhnogennom zagryaznenii atmosfery. [Methodical foundations of long-term prediction of risk to public health in the metropolis due to technogenic pollution of the atmosphere]. *Innovatsii*, 2009, no. 10 (132), pp. 46—50. (In Russian).
9. Makosko A. A., Matesheva A. V. Opyt identifikatsii istochnikov khimicheskogo zagryazneniya atmosfery v Moskovskom regione. [An experience of the identification of air pollution sources in the Moscow region]. *Ros. khim. zhurn*, 2016, vol. 40, no. 3, pp. 113—120. (In Russian).
10. Makosko A. A., Matesheva A. V. O khedzhировании riskov dlya zdorovia naseleniya v usloviyakh postoyannogo vozdeystviya zagryaznennogo vozdukha. [About hedging of health risks upon the permanent impact of polluted air]. *Geoekologiya. Inzhener. geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, 2010, no. 4, pp. 374—382. (In Russian).
11. Makosko A. A., Matesheva A. V. O strategii ekologicheskogo risk-menedzhmenta v oblasti zagryazneniya atmosfery dlya povysheniya kachestva zhizni naseleniya v gorodakh. [About strategy of environmental risk management in the field of air pollution to improve the quality of life in cities]. *Innovatsii*, 2010, no. 6 (140), pp. 86—89. (In Russian).
12. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorovia naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv. zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu. [Public health risk assessment guidelines due to impact of the chemical substances polluted environment]. R 2.1.10.1920-04. Utv. glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 5 marta 2004 g. (In Russian).
13. The Air Toxics Hot Spots Program Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessments. Air Toxics Hot Spots Program: Risk Assessment Guidelines, California EPA. [S. I.], Febr. 2015.
14. Aniskina O. G., Panin B. D. Issledovaniye chuvstvitel'nosti diskretnoy prognosticheskoy modeli s pomoshchyu uravneniy v variatsiyakh. [Investigation of the sensitivity of a discrete predictive model using equations in variations]. *Mezhvuz. sb. Vyp. 114*. Leningrad, LGMI, 1992, pp. 4—11. (In Russian).
15. Air Toxics Hot Spots Risk Assessment Guidelines. Pt. II. Technical Support Document for Cancer Potency Factors. California EPA. [S. I.], May 2009.
16. Air Toxics Hot Spots Risk Assessment Guidelines. Technical Support Document for the Derivation of Noncancer Reference Exposure Levels. California EPA. [S. I.], June 2008.
17. Integrated Risk Information System (IRIS) Database. U.S. EPA. Available at: <http://www.epa.gov/IRIS/>.
18. Marchuk G. I. Matematicheskoye modelirovaniye v probleme okruzhayushchey sredy. [Mathematical modeling in the environmental problem]. Moscow, Nauka, 1982, 320 p. (In Russian).
19. Metodicheskiye rekomendatsii k ekonomicheskoy otsenke riskov dlya zdorovia naseleniya pri vozdeystvii faktorov sredy obitaniya. [Methodical recommendations for the economic assessment of risks to public health under the influence of environmental factors]. MR 5.1.0029-11. Utv. glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 31 iyulya 2011 g. (In Russian).

Information about the author

Matesheva Anna Vladimirovna, Ph.D (Technics), Senior Researcher, A. M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences (3, Pyzhevsky lane, Moscow, 119017, Russia), e-mail: matesheva@rambler.ru.

Bibliographic description

Matesheva A. V. On compensation of damage to the health of the population in the cities of the Arctic zone of the Russian Federation from air pollution. *The Arctic: ecology and economy*, 2017, no. 3 (27), pp. 111—117. (In Russian). DOI 10.25283/2223-4594-2017-3-111-117.

© Matesheva A. V., 2017