

УДК 614.7

Балашов С.Ю., Май И.В., Клейн С.В.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ В ХРОНИЧЕСКИЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, г. Пермь, Россия, 614015

Представлены методические подходы к оценке долевого вклада хозяйствующих субъектов в формирование индивидуального и популяционного рисков при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, и практика их применения. В основе оценки лежат расчеты рассеивания компонентов пылегазовых выбросов с использованием сводной базы данных об источниках загрязнения. Результаты расчетов сопрягаются с векторной картой территории, к которой «привязаны» места постоянного проживания населения, что позволяет выделить «зоны ответственности» отдельных хозяйствующих субъектов, где их вклад в риски для здоровья превышает 50%. Получаемые результаты применяют для оптимизации программ производственного контроля с целью их совместной реализации несколькими предприятиями и определения долевых вкладов отдельных юридических лиц в финансирование природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятий.

**Ключевые слова:** выбросы загрязняющих веществ; расчеты рассеивания; карта химического загрязнения; карта риска для здоровья; геоинформационные системы

Balashov S.Yu., May I.V., Kleyn S.V. **Methodic approaches to evaluating share of managing entities in chronic risk for public health**

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies Str. Monastyrskaya, 82, Perm, Russia, 614015

The authors presented methodic approaches to evaluating share of managing entities into individual and population risks formation under exposure to chemical pollutants of ambient air, and practical application of those approaches. The evaluation is based on calculation of dust and gas releases dispersion, using composite database on pollution sources. The calculation results are matched with vector map of territory with attached populated area, helps to identify «responsibility zones» for certain managing entities, where their share into health risks exceeds 50%. The results obtained help to optimize occupational control programs for mutual implementation by several enterprises and assessment of shares made by certain legal entities into financing of environmental protection and sanitary hygienic measures.

**Key words:** chemical pollutant releases; dispersion calculation; chemical pollution map; health risk map; geoinformation system

**Введение.** Уральские и сибирские города, такие как Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Иркутск и пр. в годы Второй мировой войны приняли и разместили на своих территориях значительные по площади и мощности производственные объекты в дополнение к уже существовавшим. Города постепенно разрастались. Промышленные зоны смыкались с селитебными территориями, повышая риски для здоровья населения [3,5,10]. Постепенно все более актуальной проблемой становилось выделение доли ответственности отдельных хозяйствующих субъектов за загрязнение окружающей среды, выполнение природоохранных мероприятий, минимизацию угроз и опасностей для жителей [2,9].

Долевой вклад отдельных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха в конкретных точках оценивается во многих исследованиях. В работах Watson с соавт. [11] применяется метод химического масс-баланса. М.Ю. Семенов с соавт. [7] использует метод построения коррелирующих профилей источников загрязнения. В ряде случаев используются методики по расчетам рассеивания примесей и основанные на их математиче-

ском аппарате программные средства [1,2,8] Методические подходы к оценке вклада предприятий и организаций в пространственную картину загрязнения среды обитания и формирование популяционных рисков для здоровья населения требуют совершенствования.

Объектами исследования являлись территория, прилегающая к крупному промышленному узлу на территории Перми, и центральная часть территории г. Братска. В обоих поселениях население испытывает негативное влияние загрязнения атмосферного воздуха, формируемого выбросами комплекса производственных объектов. Задачи разработки оптимальных программ мониторинга загрязнения, планирования природоохранных мероприятий, формирования и реализации медико-профилактической помощи населению требуют выделения сфер ответственности каждого конкретного хозяйствующего субъекта. Актуальным представляется и пространственный анализ рисков с выделением территориальных зон, загрязнение которых сформировано конкретным объектом. Оценка вклада отдельных загрязнителей в риски для

жителей города рассматривается как информационная основа разработки, финансирования и реализации адресных и наиболее эффективных по критериям риска мер первичной профилактики.

**Цель исследования:** разработка и апробация методики установления долевого вклада хозяйствующих субъектов в риск здоровью населения с учетом многокомпонентного состава выбрасываемых примесей предприятиями крупного промышленного узла.

**Методы исследований.** Сформированы сводные базы данных о стационарных и передвижных источниках выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на каждой территории (порядка 1100 стационарных источников на исследованной территории г. Перми и 850 стационарных источников на территории г. Братска). Все источники были «привязаны» к векторным картам территорий. На карты масштаба 1:5000 наносили границы промышленных площадок, улично-дорожную сеть, жилые кварталы, здания и сооружения. В каждом случае был создан тематический слой плотности проживания населения.

Загрязнение атмосферного воздуха оценивалось по данным инструментальных замеров на стационарных постах наблюдения Росгидромета и/или социально-гигиенического мониторинга. Вклады в загрязнение воздуха и риски для здоровья оценивались по результатам расчетов рассеивания по регулярной сетке. В г. Братске расчетный прямоугольник имел площадь 24 км<sup>2</sup> (5 км × 4,8 км, шаг по осям X и Y равен 100 м, геометрический центр — в центре промышленного узла), в г. Перми расчеты выполнены для площади 22 км<sup>2</sup> с таким же шагом сетки. В обоих случаях приняты во внимание выбросы автомобильного транспорта через учет элементов улично-дорожной сети и суточную интенсивность транспортного потока. Рассеивание загрязняющих веществ выполнялось с использованием программы «Эколог-Город» сборка 3.1.118.160, реализующей общепринятые для РФ методические подходы [4]. Константа целесообразности проведения расчетов задана уровнем 0,00001. Для оценки среднегодового уровня загрязнения атмосферы также использовали программу «Эколог-Город» с блоком расчета «Средние». Метеорологические характеристики района были получены по специальному запросу от ГГО им. А.И. Воейкова в виде метеофайла.

На основании результатов расчетов рассеивания по регулярной сетке пошагово оценивались риски здоровью населения в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух» [6]. Риски оценивали по индексам опасности (hazard index, HI), принимая в качестве допустимого (приемлемого) индекс, равный 1,0. В данной работе рассмотрены результаты выделения вкладов отдельных хозяйствующих субъектов в хронический аэрогенный риск.

Долевой вклад предприятия  $\Delta R_p^{risk}$  оценивался как отношение риска для определенного критического органа или системы, формируемого только выбросами

данного предприятия к суммарному риску, формируемому всеми химическими примесями всех хозяйствующих субъектов территории:

$$\Delta R_p^{risk} = \left( \frac{R_p^{risk}(x, y)}{\sum_{\forall p \in \mathcal{R}} R_p^{risk}(x, y)} \right) \times 100$$

$R_p^{risk}$  – риск, формируемый хозяйствующим субъектом р в точке x, y веществами, выбрасываемыми данным объектом;

$\sum_{\forall p \in \mathcal{R}} R_p^{risk}$  — суммарный риск, формируемый в точке x, y всеми веществами от всех хозяйствующих субъектов;

$\mathcal{R}$  — множество хозяйствующих субъектов, участвующих в расчете.

Вклад предприятия в риск рассчитывался в каждой расчетной точке. Это позволило строить на картах изолинии и поля вкладов. При зонировании территорий выделяли участки, где вклад конкретного субъекта в риск для здоровья превышал 50%. Такие зоны рассматривались как «зоны ответственности» предприятий.

**Основные результаты.** Проведенные расчеты рассеивания и последующая оценка неканцерогенного хронического риска здоровью населения показали, что в г. Перми на исследованной территории вблизи промышленного узла формируются неприемлемые уровни риска нарушений органов дыхания (до HI = 4,5). Хозяйствующие субъекты по составу выбросов были близки друг другу, что осложняло прямую идентификацию основного «виновника» рисков. Установлено, что от 80 до 98% суммарного риска (в зависимости от расположения участка) формировали только 6 предприятий из более чем 40 хозяйствующих субъектов промузла. Вклад прочих предприятий составлял от 0,1 до 6% и оценивался как незначительный.

Предложенные подходы позволили выделить для каждого из основных вкладчиков ту часть прилегающей к промузлу территории, на которой вклад в риск для здоровья жителей составлял более 50%. Такие территории рассматривались как «зоны ответственности» конкретного хозяйствующего субъекта. На этих участках предприятиям было рекомендовано размещать точки (посты) производственного контроля и импактного мониторинга состояния атмосферного воздуха.

Установлено, что в зоне влияния предприятия № 1 основной вклад в параметры риска в отношении органов дыхания вносит аммиак, в зоне влияния предприятия № 2 — взвешенные вещества, предприятия № 3 — алифатические и ароматические углеводороды и оксиды азота и т. п.

Выделенные участки могут рассматриваться и как территории размещения точек социально-гигиенического мониторинга. При выявлении нарушений гигиенических нормативов результаты могут доказательно применяться в ходе контрольно-надзорных мероприятий без взаимодействия с юридическими лицами.

Предлагаемые подходы позволили установить и вклад иных хозяйствующих субъектов в загрязнение,

что явилось основой для организации совместных лабораторных исследований (с разделением объемов натурных измерений или объемов финансирования). К примеру, если в зонах ответственности предприятий № 1, 3 и 5 риски формировались практически одним хозяйствующим субъектом (вклад иных предприятий и организаций не превышал в отдельности 2%, а в сумме 10–15%), то в зонах ответственности предприятий №№ 2, 4, 6 вклады более 10% каждый формировали еще по 2–3 предприятия. Это позволило в соответствующей пропорции определить ответственность каждого предприятия за ведение мониторинга загрязнения и снижения рисков для здоровья.

Исследования качества атмосферного воздуха и уровней риска для здоровья жителей г. Братска выявили следующее: большая часть исследуемой селитебной территории города находится в зонах неприемлемого риска в отношении органов дыхания, глаз, процессов развития и системного воздействия (таблица).

Таблица

**Уровень неканцерогенного риска здоровью населения при ингаляционном комбинированном воздействии химических веществ в г. Братске (центральный территориальный округ)**

Критические органы и системы	Суммарный уровень хронического риска (НІсг)		
	Min	Среднее	Max
Органы дыхания	27,72	31,02	37,72
Иммунная система	11,05	22,07	30,24
Процессы развития	2,45	14,85	20,86
Смертность	2,93	6,46	11,18
Кровь и кроветворные органы	4,78	8,38	10,14
Органы зрения	4,34	7,56	10,02
Центральная нервная система	3,61	5,42	6,14
Вегетативная нервная система	1,0	1,96	3,09
Сердечно-сосудистая система	0,96	1,65	2,35
Костная система	1,18	1,40	1,82
Почки	0,83	1,40	1,76
Печень	0,79	1,59	1,72

Установлено, что в формирование хронического риска возникновения патологии процессов развития вклад бенз(а)пирена, содержащегося в воздухе города, содержание от 76,56 до 97,95 %. Риск развития болезней органов дыхания обусловлен присутствием в воздухе жилых зон повышенными уровнями формальдегида (вклад в суммарный риск в среднем 24,1%), соединений никеля (20%), взвешенных веществ (16,7%), диоксида азота (4,4%) и т. п. Никель формирует от 39,19 до 84,60% риска возникновения болезней крови и кроветворной системы. Фенол является приоритетным веществом, оказывающим влияние на формирование хронического риска возникновения болезней сердечно-сосудистой системы (от 63,77 до 81,13 % вклада в риск) и т. п.

Риски формируются двумя крупными промышленными узлами, расположенными на удалении от жилых

кварталов, внутригородским автотранспортом, объектами энергетики и всем комплексом производственных и коммунальных объектов на территории города.

В силу того, что именно промышленные узлы являются источниками основной массы выбросов в воздух, они рассматривались как основные источники недопустимого риска для здоровья и объекты, требующие мер по управлению рисками. Вместе с тем, удаленные промышленные узлы вносят вклад в риски болезней органов дыхания на уровне 45% (около 28,6 и 17,1%). Зоны ответственности обоих промышленных узлов лежат за пределами густонаселенных селитебных территорий. Остальной вклад (55%, или риски на уровне около 15НІ) формируется объектами, расположенными на внутригородских территориях — ТЭЦ, автотранспортом, мелкими и средними предприятиями, расположенными в непосредственной близости к жилой застройке.

В зонах, где вклад первого промышленного узла (удаленного от жилой застройки на расстояние порядка 9 км) превышает 25%, проживает порядка 126 тыс. человек (т. е. около 52% населения города). Почти 66 тыс. человек проживают на территориях, где вклад в риски выше 25% формирует второй промышленный узел.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в городе требуется принятие комплексных мероприятий по минимизации угроз опасностей здоровью населения, связанных с загрязнением атмосферного воздуха. Внедрение санитарно-гигиенических мероприятий только на крупных промышленных предприятиях не позволит полностью решить проблему достижения приемлемого риска для здоровья. Актуальность сохраняет снижение загрязнения от автотранспорта, вклад которого в риски составляет от 10,8 до 44,2% на разных участках города. Требуется совершенствование системы обеспечения санитарно-гигиенической безопасности функционирования объектов городской энергетики.

#### **Выводы:**

1. Методические подходы к выделению долевых вкладов хозяйствующих субъектов в риски здоровью жителей, основанные на применении сводных баз данных стационарных и передвижных источников выбросов городов и сопряжении расчетных данных при оценке уровней экспозиции, обеспечивают доказательную информационно-аналитическую базу для принятия широкого круга управляющих решений.

2. Необходимо обосновывать точки размещения постов наблюдения, разделять ответственность за формирование рисков для здоровья жителей, формировать оптимальные программы мероприятий по минимизации рисков.

3. Требуется развивать межведомственные взаимодействия, повышать качество и открытость доступа к информации об источниках загрязнения и расширять практику применения геоинформационных технологий в задачах гигиенических оценок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 10,11)

1. Иваненко А.В., Новиков С.М., Шашина Т.А., Волкова И.Ф., Кислицин В.А., Скворцов С.А., Додина Н.С. Анализ вклада выбросов ТЭЦ в загрязнение атмосферного воздуха города Москвы // Здоровье населения и среда обитания. — 2006. — № 9. — С. 26–29.

2. Кучменко Е.В., Зароднюк М.С., Бальшев О.А., Чипанина Е.В., Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Онищук Н.А. Оценка вклада промышленной зоны города Шелехова в загрязнение геосистемы долины реки Олхи // Известия Самарского научного центра РАН. — 2009. — Т. 11, № 1–3. — С. 300–306.

3. Малаяр К.В. Техногенное воздействие в формировании экологической обстановки и состояния здоровья населения // Паллиативная медицина и реабилитация. — 2013. — № 3. — С. 43–49.

4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. — Л.: Госкомгидромет, 1987. — 93 с.

5. Негреева М.Б., Копылов В.С., Улянов В.С. Особенности сочетанной патологии позвоночника и таза у детей, проживающих в условиях воздействия вредных факторов алюминиевого производства // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 3 — С. 13–22. DOI: 10.21668/health.risk/2016.3.02.

6. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.

7. Семенов М.Ю., Снытко В.А., Маринайте И.И. Новый метод оценки вкладов источников полициклических ароматических углеводородов в загрязнение объектов природной среды // Доклады Академии наук. — 2015. — Т. 463, № 1. — С. 94.

8. Степкин Ю.И., Кузмичев М.К., Журихина И.В. Оценка вклада загрязнения атмосферного воздуха от производства шин в риск для здоровья населения // Здоровье населения и среда обитания. — 2008. — № 7. — С. 55–57.

9. Филиппов В.А., Рембовский В.Р., Криницын Н.В., Филиппова Ю.В., Медведев Д.С., Касьяненко Е.С. Система объективной оценки медико-экологической ситуации на территориях риска развития заболеваний населения для задач последующего мониторинга // Анализ риска здоровью — 2014–№ 4. — С. 27–36. DOI: 10.21668/health.risk/2014.4.04.

## REFERENCES

1. Ivanenko A.V., Novikov S.M., Shashina T.A., Volkova I.F., Kislitsin V.A., Skvortsov S.A., Dodina N.S. Analysis of contribution by heat power stations releases into ambient air pollution in Moscow // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2006. — 9. — P. 26–29 (in Russian).

2. Kuchmenko E.V., Zorodnyuk M.S., Balyshev O.A., Chipanina E.V., Tomberg I.V., Sorokovikova L.M., Onishchuk N.A. Evaluation of contribution by Shelekhov city industrial zone into pollution of Olkha river valley geosystem // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. — 2009. — Vol 11. — 1–3. — P. 300–306 (in Russian).

3. Malyar K.V. Technogenic influence in formation of ecologic state and public health // Palliativnaya meditsina i rehabilitatsiya. — 2013. — 3. — P. 43–49 (in Russian).

4. Method to calculate airborne concentrations of chemical hazards in industrial releases. ОНД–86. — Leningrad: Goskomgidromet, 1987. — 93 p. (in Russian).

5. Negreeva M.B., Kopylov V.S., Ul'yanov V.S. Features of combined diseases of spine and pelvis in children residing in area exposed to hazards of aluminium production // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 3. — P. 13–22. DOI:10.21668/health.risk/2016.3.02 (in Russian).

6. Р 2.1.10.1920–04. Manual on evaluation of public health risk under exposure to chemicals polluting environment. — Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. — 143 p. (in Russian).

7. Semenov M.Yu., Snytko V.A., Marinayte I.I. New method to assess contributions by polycyclic aromatic hydrocarbon sources into environmental objects pollution // Doklady Akademii nauk, 2015. — Vol 463. — 1. — 94 p. (in Russian).

8. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Zhurikhina I.V. Evaluation of contribution by airborne pollution due to tyre production into public health risk // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2008. — 7. — P. 55–57 (in Russian).

9. Filippov V.L., Rembovskiy V.R., Krinityn N.V., Filippova Yu.V., Medvedev D.S., Kas'yanenko E.S. System of objective evaluation of medical ecologic situation on territories with risk of diseases in population, for subsequent monitoring goals // Analiz riska zdorov'yu. — 2014. — 4. — P. 27–36. DOI: 10.21668/health.risk/2014.4.04 (in Russian).

10. The Future We Want. The City We Need. — Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2013. Available at: <http://unhabitat.org/the-future-we-want-the-city-we-need>.

11. Watson J.G., Robinson N.F., Lewis C.W., Coulter C.T., Chow J.C., Fujita E.M., Lowenthal D.H., Conner T.L., Henry R.C., Willis R.D. Chemical mass balance receptor model / version 8 (CMB) user's manual. Prepared by Desert Research Institute, Reno, NV, for U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1997. Available at: <ftp://eafs.sage.dri.edu/cmb80/model/>

Поступила 21.04.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Балашов Станислав Юрьевич (Balashov S.Yu.)

ст. науч. сотр., зав. лаб. методов комплексного сан.-гиг. анализа и экспертиз ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: stas@fcrisk.ru.

Май Ирина Владиславовна (May I.V.),

зам. дир. по науч. раб. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: may@fcrisk.ru.

Клейн Светлана Владиславовна (Kleyn S.V.)

зав. отд. сист./методов сан./гиг./анализа и экспертиз ФБУН «Федеральный научн. центр медико-проф. технологий управл. рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: may@fcrisk.ru.