

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

© 2016 А. С. Фролов, С. А. Фомин

Воронежский институт высоких технологий
Российский новый университет

Статья посвящена описанию методики оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы. Для оценки канцерогенного риска предприятия отбираются по величине приведенного выброса канцерогенов. Далее предприятия ранжируются в порядке убывания величины приведенного выброса и для моделирования рассеивания отбираются лишь те, суммарный приведенный выброс которых будет близок к 90 %.

Ключевые слова: оценка риска, здоровье, загрязнение, методика, предприятие.

Рассмотрим формализованные этапы оценки ингаляционного канцерогенного риска и риска дополнительной смертности от вдыхания суммы взвешенных частиц, NO_x, SO₂, CO для населения промышленного города от стационарных источников загрязнения воздушного бассейна.

Взвешенные частицы (TSP) при оценке риска в данных методических рекомендациях представлены непосредственно как более специфичные частицы диаметром 10 микрон и менее (PM₁₀), а не как общий объем TSP с учетом допущения, принятого в США, что PM₁₀ = 0.6 × TSP.

Мы методику условно разделим на шесть этапов.

Этапы оценки риска:

1. Анализ инвентаризации выбросов предприятий по отчетной форме 2ТП-Воздух за прошлый год и отбор предприятий и веществ для последующей оценки риска.

2. Анализ данных по плотности населения в городе. Выбор системы координат и рецепторных точек для расчета воздействующих концентраций.

3. Моделирование рассеивания выбросов предприятий и расчет среднегодовых концентраций канцерогенов и суммы взвешенных частиц (PM₁₀), NO_x, SO₂, CO в рецепторных точках.

4. Оценка индивидуального и популяционного канцерогенного риска, и риска смертности для населения промышленного

города от атмосферных выбросов промышленных предприятий.

5. Составление таблиц (матриц) риска.

6. Анализ погрешностей и неопределенностей результатов к различным упрощающим предположениям, принятым при оценке риска.

Далее даются детальные инструкции по каждому из этапов.

1 этап. При постановке задачи анализа риска от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха четко определяется территория, на которой проводится оценка риска (город или район города). Оценка риска проводится только для предприятий, расположенных на указанной территории.

При этом вклад в воздействующую дозу от других источников не учитывается. Обычно на изучаемой территории находится несколько десятков или сотен предприятий, выбросы которых сильно различаются по объему и составу.

Поэтому цель первого этапа – отобрать ведущие предприятия, которые обуславливают основной вклад в риск для здоровья. Отдельно отбираются предприятия для оценки канцерогенного риска и риска дополнительных случаев смертности от воздействия пыли (взвешенных веществ, PM₁₀), NO_x, SO₂, CO.

Для отбора предприятий необходимо составить выборку из отчетной формы 2ТП-Воздух по следующему образцу (табл. 1). Для оценки канцерогенного риска предприятия отбираются по величине приведенного выброса канцерогенов.

Фролов Александр Серафимович – ВИГТ АНОО ВО, студент, e-mail: florrasc1shm@yandex.ru.
Фомин Сергей Александрович – РосНОУ, аспирант, e-mail: f105648kondy@yandex.ru.

Таблица 1

Выбросы по предприятию X	T /год
Канцероген 1	x
Канцероген 2	x
Канцероген n	x
Взвешенных веществ всего:	x
В т. ч. вещества 1	x
Вещество 2	x
...	
Вещество n	x

Приведенный выброс канцерогенов вычисляется для каждого предприятия по формуле:

$$C = \sum SF_i * E_i$$

C – приведенный выброс канцерогенов для данного предприятия;

SF_i – фактор потенциала ингаляционного канцерогенного эффекта для канцерогена i;

E_i – объем выброса этого канцерогена в т/г.

Суммирование проводится по всем канцерогенам, выбрасываемым данным

предприятием. Далее предприятия ранжируются в порядке убывания величины приведенного выброса и для моделирования рассеивания отбираются лишь те, суммарный приведенный выброс которых составляет 90 % от общего приведенного выброса канцерогенов по городу (вычисленному по той же формуле). Для этого полезно составить следующую таблицу, в которой предприятия расположены в порядке убывания приведенного выброса C:

Таблица 2

Приведенный выброс канцерогенов	(т/год)(мг/кг-день)
Всего по городу	x
Предприятия 1	x
...	x
...	...
Предприятие n	x

Аналогично отбираются предприятия для расчета риска дополнительных случаев смертности от воздействия пыли (взвешенных веществ, PM10), только в этом случае критерием отбора является сумма выбросов твердых веществ (такая позиция уже существует в отчетной форме 2ТП-Воздух) и от воздействия NO_x, SO₂ и CO.

2 этап. Целью этого этапа является определение координат рецепторных точек, для которых будет произведен расчет рассеивания. Не существует строгого алгоритма разделения. Обычно данные по плотности населения представляются в виде численности жителей по микрорайонам. Рецепторная точка выбирается в центре ячейки, а точнее в ближайшем к нему узле координатной сет-

ки, которая используется в модели рассеивания. К отчету по оценке риска прилагается карта города с нанесенными на нее рецепторными точками и предприятиями, отобранными для оценки риска.

3 этап. Целью этого этапа является расчет среднегодовых концентраций каждого из канцерогенов и общетоксических веществ с помощью модели рассеивания. Результатом этого этапа являются вычисленные для каждой рецепторной точки и каждого предприятия среднегодовые концентрации канцерогенов и веществ общетоксического действия. Результаты расчета среднегодовых концентраций для каждого из отобранных предприятий представляются в следующем формате табл. 3).

Таблица 3

Среднегодовые концентрации от предприятия X, мг/м ³	Канцероген 1	Канцероген 2	...	Канцероген n	TSP	NO _x	CO
Рецепторная точка №1	x	x	...	x		x	x
Рецепторная точка №2	x	x	...	x	x	x	x
.....
Рецепторная точка №6	x	x		x	x	x	x

4 этап. Индивидуальный хронический риск определяется как вероятность развития хронического заболевания или вероятность смерти в результате хронического воздействия и рассчитывается на определенный период воздействия. Период воздействия может меняться от нескольких лет до ожидаемой продолжительности жизни. Поскольку индивидуальный риск вычисляется в рецепторной точке, то делается предположение, что в продолжение всего периода воздействия индивидуум находится в данной точке. Для канцерогенных эффектов обычно вычисляется индивидуальный риск в течение всей жизни, поскольку фактор канцерогенного потенциала обоснован с учетом воздействия в течение всей жизни. При этом делается (довольно нереалистичное) предположение о том, что существующие уровни воздействующих доз сохраняются и в будущем. Ингаляционный индивидуальный канцерогенный риск (R) в течение всей жизни (вероятность получения ракового заболевания от вдыхания вещества, идентифицированного как вызывающее рак при ингаляционном поступлении) вычисляется как:

$$R = \frac{C_{\text{ср.годовая}} * SF * (20 \text{ м}^3 / \text{день})}{70 \text{ кг}}$$

C_{ср.год} – среднегодовая концентрация канцерогена, которая предполагается постоянно воздействующей в течение всей жизни индивидуума, в мг/м³;

SF – фактор потенциала канцерогенного эффекта при ингаляционном пути поступления, (измеряется как величина, обратная суточной дозе на единицу веса [мг/кг-день]⁻¹);

20 м³/день и 70 кг – средний суточный объем дыхания и вес тела взрослого человека. Для вычисления годового индивидуального риска установленный риск в течение всей жизни делится на продолжительность жизни при рождении (70 лет) – R/70. 5 этап. Удобное представление результатов оценки риска важно для последующего управления риском. Удобно представить результаты в виде двух матриц: матрицы канцерогенного риска и матрицы не канцерогенного риска. Полный канцерогенный риск от всех предприятий в точке i получается сверткой по индексам j, k.

6 этап. Целью этого этапа является вычисление погрешностей результатов оценки риска в виде доверительного интервала или среднеквадратичного отклонения. Однако это почти никогда не удается сделать идеально из-за многочисленных факторов неопределенности, вовлеченных в анализ риска.

Поэтому ограничиваются анализом обоснованности результатов к различным предположениям, с учетом которых они получены, и качественным описанием возможных источников ошибок. Такими источниками являются неточности в инвентаризации выбросов, погрешности моделирования, предположения о постоянстве численности и структуры населения и объемов выбросов, различные упрощающие предположения (например, пренебрегают изменениями концентраций в зависимости от высоты многоэтажной застройки и различием концентраций снаружи и внутри помещений, рассчитывая только приземные концентрации в атмосферном воздухе). Как правило, точность оценки риска не превышает 300-500 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чопоров О.Н. Интегральное оценивание и прогностическое моделирование состояния здоровья беременных, рожениц и родильниц с учетом их медико-социальных характеристик / О. Н. Чопоров, В. П. Косолапов, Н. В. Наумов, Х. А. Гацайниева // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 91-95.

2. Клименко Г. Я. Методика и результаты преобразования лингвистических характеристик в численные оценки факторов риска / Г. Я. Клименко, В. П. Косолапов, О. Н. Чопоров // Консилиум. – 2001. – № 4. – С. 25.

3. Клименко Г. Я. Использование балльной оценки для формирования интегрального показателя состояния здоровья населения / Г. Я. Клименко, И. Э. Есауленко, О. Н. Чопоров, В. П. Косолапов, Г. А. Шемаринов // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья им. Н. А. Семашко. – 2003. – № 9. – С. 18-22.

4. Клименко Г. Я. Методика и результаты преобразования лингвистических характеристик в численные оценки факторов риска / Г. Я. Клименко, В. П. Косолапов, О. Н. Чопоров // Сибирский Консилиум. – 2001. – № 4. – С. 25.

5. Чесноков П. Е. Результаты исследования медико-социальных характеристик родильниц / П. Е. Чесноков, В. П. Косолапов, Г. Я. Клименко, Г. А. Шемаринов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2007. – № 6. – С. 10.

6. Косолапов В. П. К вопросу о формировании приоритетных направлений разви-

тия системы охраны материнства и детства на региональном уровне / В. П. Косолапов, П. Е. Чесноков, Г. Я. Клименко // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2011. – № 2. – С. 28-32.

7. Косолапов В. П. Особенности репродуктивного здоровья населения Воронежской области на фоне ЦЧР / В. П. Косолапов, П. Е. Чесноков, Г. Я. Клименко, О. Н. Чопоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9. – № 3. – С. 649-655.

8. Косолапов В. П. Проблемы репродуктивного здоровья населения воронежской области и пути их решения / В. П. Косолапов, П. Е. Чесноков, Г. Я. Клименко // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2010. – № 10. – С. 6.

9. Косолапов В. П. Медико-социальные особенности образа жизни и здоровья детей школьного возраста / В. П. Косолапов, И. Э. Есауленко, П. Е. Чесноков // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2010. – № 4. – С. 45-48.

10. Ермаков В. Б. О проблемах стоматологической профилактики в Краснодарском крае / В. Б. Ермаков, Ю. Е. Антоненков, В. П. Косолапов // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21. – № 4. – С. 148-152.

11. Косолапов В. П. Влияние социально-экономических факторов и образа жизни на здоровье населения в Воронежской области / В. П. Косолапов, Л. И. Летникова, Г. В. Сыч, М. В. Фролов, А. В. Сыч // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14. – № 4. – С. 820-828.

12. Чопоров О. Н. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом моделировании / О. Н. Чопоров, А. Н. Чупеев, С. Ю. Брегеда // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. – № 9. – С. 92-94.

13. Бугакова Е. Н. Анализ медико-социальных факторов риска развития аллергических дерматитов / Е. Н. Бугакова, Г. Я. Клименко, О. Н. Чопоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8. – № 3. – С. 795-798.

14. Чопоров О. Н. Оптимизация управления функционированием медицинских систем различного уровня / О. Н. Чопоров, И. Я. Львович, К. А. Разинкин, А. А. Рындин // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – Т. 53. – № 3. – С. 100-104.

15. Чопоров О. Н. Рационализация управления региональными системами на основе использования методов системного анализа, информационных и ГИС-технологий / О. Н. Чопоров, Н. А. Гладских, С. С. Пронин, М. И. Чудинов, С. Н. Семенов, К. Л. Матюшевский // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2007. – Т. 10. – № 2. – С. 15-19.

16. Гладских Н. А. Применение статистических методов прогнозирования и ГИС-технологий для мониторинга системы регионального здравоохранения / Н. А. Гладских, В. А. Голуб, С. Н. Семенов, О. Н. Чопоров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2008. – № 1. – С. 111-116.

THE BASIC METHODOLOGY OF HEALTH RISK ASSESSMENT THE POPULATION FROM AIR POLLUTION

© 2016 A. S. Frolov, S. A. Fomin

Voronezh Institute of high technologies
Russian new University

The paper describes methods of risk assessment to public health from air pollution. For the evaluation of the carcinogenic risk of enterprises are selected according to the value given to the emission of carcinogens. Further, enterprises are ranked in descending order of magnitude, given the emissions and dispersion modelling selects those, given the total emissions which will be close to 90 %.

Keywords: risk assessment, health, pollution, methods, enterprise.