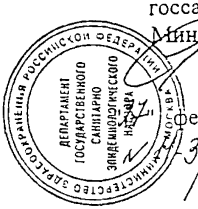
Министерство здравоохранения Российской Федерации

Утверждаю
Руководитель Департамента
госсанэпиднадзора
Минздрава России
С И. Иванов



февраля 2001 г.

3/61-09

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ И АНАЛИЗУ ДАННЫХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Москва, 2001 г.

gost.e-ecolog.ru

Настоящие методические рекомендации разработаны с учетом имеющегося опыта России и других стран по изучению и применению оценки риска здоровью населения, сравнительной оценки рисков и выбора на этой основе приоритетов деятельности по предупреждению и снижению неблагоприятных техногенных воздействий на окружающую природную среду и здоровье человека.

В последние годы разработана целая серия новых методических документов, позволяющих на более высоком методическом уровне и глубже рассматривать проблему и анализировать связь «окружающая среда - здоровье населения». Данные методические рекомендации являются продолжением этой серии.

Документ подготовлен сотрудниками Федеральной группы реализации Компонента «Экологическая эпидемиология» Центра Подготовки и Реализации Международных Проектов Технического Содействия (ЦПРП) (руководитель - В.Д.Фурман, тел.: 124-10-03) в соответствии с планом внедрения результатов работ Компонента и рабочей группой Минздрава РФ в составе: В.И.Чибураев - руководитель; С.Л.Авалиани, К.А.Буштуева, М.Ф.Глазкова, Н.В.Лебедева, С.И.Плитман, А.И.Роговец.

Методические рекомендации согласованы Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды письмо № 05-19/42-9 от 23.05.00.

Содержание

1 Введение 4
2 Основные понятия / Термины и определения/ 7
3 Основная часть 11
3 1 Общие положения 11
3 2 Анализ информации, необходимой для принятия решений 12
3 2 1 Место оценки экспозиции при ранжировании опасных факторов и обосновании «рисковых» приоритетов 12
3 2 2 Характеристика риска - основа для принятия решений по управлению риском 13
3 2 3. Расчет рисков и их характеристика для канцерогенов и неканцерогенных эффектов 14
3 2 3 1 Оценка зависимости доза - ответ для канцерогенов 14
3 2 3 2 Оценка риска для веществ не обладающих канцерогенным действием 16
3 2 4 Использование результатов оценки риска в сравнительной характеристике рисков 17
3 2 4 1 Анализ информации для ранжирования канцерогенных рисков 17
3 2 4 2 Анализ информации для ранжирования неканцерогенных рисков 21
4 Управление риском путем разработки сценария сокращения риска 30
5 Список литературы 31

1.Введение

При осуществлении государственной политики в области охраны окружающей среды в нашей стране главной задачей является обеспечение благополучия и здоровья человека. В соответствии с Законами Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «Об охране окружающей природной среды» в России проводится большая работа по анализу и предупреждению вредного влияния факторов окружающей среды на здоровье населения. Одной из основных проблем этой деятельности является выбор и осуществление мероприятий, в наибольшей степени обеспечивающих сохранение здоровья.

Достижение прогресса в этой области в значительной степени зависит от улучшения исходной информации, отражающей сложный, многопараметрический процесс взаимодействия в системе «окружающая среда - здоровье человека». То есть речь идет о повышении качества необходимых аналитических данных (показателей), характеризующих связь уровней загрязнения различных объектов окружающей человека среды с состоянием здоровья населения. С учетом современных требований эти данные должны быть установлены на основе эпидемиологических исследований, оценки экспозиции (фактических уровней воздействия на человека) и других методических подходов, качественно и количественно отражающих потенциальный и реальный ущерб здоровью от загрязнения окружающей среды. Основная задача следующего этапа заключается в необходимости трансформации и интерпретации полученной информации, чтобы она была представлена в доступном, понятном виде для лиц, ответственных за проведение оздоровительных мероприятий, и, возможно, населения в целом и, главное, пригодна для быстрого принятия управленческих решений.

До последнего времени в нашей стране практически единственным в подавляющем большинстве случаев способом регулирования качества различных объектов окружающей среды оставались гигиенические нормативы, разработанные с учетом того, что при их соблюдении не должны наблюдаться изменения в состоянии здоровья не только настоящего, но и будущего поколений. За последние годы возникло понимание того, что традиционно сложившийся и законодательно закрепленный акцент на установление и использование гигиенических нормативов для управления качеством окружающей среды не может гарантировать полную безопасность в отношении последствий для здоровья населения и правильное определение приоритетов в действиях, направленных на улучшение экологической ситуации, как в масштабах всей страны, так и в конкретном регионе.

Решение этого вопроса сопряжено со значительными трудностями, так как, во-первых, попытки определить этиологически обусловленное заболевание или специфическую реакцию организма человека в ответ на каждое воздействие с любой степенью достоверности оказываются чрезвычайно сложными, во-вторых, уровни воздействующих факторов в условиях населенных мест варьируют в значительной степени, в третьих, методы анализа количественных зависимостей влияния отдельных факторов на здоровье населения еще не получили достаточного научного обоснования и качество доступных данных оставляет

желать лучшего. В связи с этим, в практической деятельности по оздоровлению окружающей человека среды часто отсутствует возможность ранжирования факторов по степени их значимости, что является основным препятствием для определения приоритетов при принятии управленческих решений. Низкая эффективность затрачиваемых на снижение загрязнения средств также обусловлена отсутствием обязательной оценки долевого вклада того или иного источника загрязнения в ухудшение состояния здоровья населения.

Как показывает зарубежный опыт, методология оценки риска здоровью человека от воздействия факторов окружающей среды, которая является новым, относительно молодым, интенсивно развиваемым во всем мире междисциплинарным научным направлением, и внедрение которой стало осуществляться за последние годы в России, позволяет существенно восполнить этот пробел.

Первые пилотные исследования с использованием методологии оценки риска в России проводились в рамках Проекта по управлению качеством окружающей среды и экономике природопользования совместно со специалистами Гарвардского института международного развития и Гарвардской школы здравоохранения и финансировались Агентством международного развития США. Результаты этих исследований опубликованы в серии брошюр, изданных Консультационным Центром по Оценке Риска, и в ряде международных публикаций. ЦПРП проводил исследования по оценке риска в Верхневолжском регионе и в Свердловской области.

После выхода совместного Постановления Главного государственного санитарного врача РФ и Главного государственного инспектора РФ по охране природы от 10.11.97 г. (N 25 и N 19-0-11/530) «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации» в стране стали развиваться широкие исследования с применением данной методологии. В соответствии с Постановлением, методология оценки риска должна использоваться при проведении государственного санитарного надзора и государственного экологического надзора, экологической и гигиенической экспертизы, экологического аудита, гигиенической и экологической паспортизации, определении зон экологического бедствия и чрезвычайной экологической ситуации, внедрении и развитии системы социально-гигиенического мониторинга, обосновании приоритетных мероприятий в планах действия по охране окружающей среды и оценке их эффективности.

На сегодняшний день методология оценки риска была апробирована и показала свою перспективность почти в 20 городах России. В последнее время в ряде регионов России (Самарская область, Свердловская область, г. Серпухов, г. Великий Новгород, г. Москва) была проведена оценка многосредового риска от комплекса факторов, воздействующих на население из различных сред и разными путями. Проведение этих работ открывает новые возможности для оценки многосредовых воздействий и комплексного поступления химических веществ с максимальным учетом множества источников, маршрутов и путей воздействия, различных спектров возникающих эффектов. Этот более сложный интегрированный подход основан на оценке, так называемого, кумулятивного

риска, который обусловлен накоплением токсических однонаправленных эффектов, возникающих при комбинированном и комплексном воздействии химических факторов при их одновременном поступлении из разных объектов окружающей среды.

Результаты оценки риска имеют, в основном, рекомендательный характер и используются для сравнительной характеристики рисков с целью выявления приоритетных региональных проблем, связанных с качеством окружающей среды, при обосновании и принятии решений по управлению риском. В целом, применение методологии оценки риска имеет ряд ощутимых преимуществ при разработке природоохранных мероприятий, по сравнению с традиционными командно-контрольными методами регулирования, основанными на сопоставлении уровней фактического загрязнения единичных факторов в отдельных средах с их нормативными величинами, и позволяет решить ряд важных задач:

- разработать механизм и стратегию различных регулирующих мер по снижению риска;
- получить количественные характеристики потенциального и реального ущерба здоровью от воздействия вредных факторов окружающей среды с детальным представлением всех этапов исследования и анализом неопределенностей, присущих этому процессу;
- сравнивать и ранжировать различные по степени выраженности эффекты воздействия загрязнения среды;
- показать границы вариабельности рисковых характеристик в условиях неопределенностей, связанных с ограниченностью исходных данных и с существованием научных проблем;
- снизить уровень неопределенности в процессе принятия решений;
- способствовать установлению более надежных безопасных уровней и гигиенических нормативов;
- идентифицировать в конкретных условиях как наиболее подверженные неблагоприятному воздействию, так и наиболее чувствительные и ранимые субгруппы популяции;
- определить приоритеты экологической политики на территориальном и, особенно, местном уровнях и с первоочередным регулированием тех источников и факторов риска, которые представляют наибольшую угрозу для здоровья населения;
- выявить наиболее критические области, где снижение уровня неопределенности приведет к наиболее достоверной оценке риска и, тем самым, обеспечит наилучшие способы его снижения;
- описать и количественно оценить уровни риска, которые сохранились после применения мер по его снижению.

Вместе с тем, авторы хорошо понимают, что методология оценки риска является одним из методов анализа, наряду с другими хорошо известными и использующимися в практике.

2. Основные понятия / Термины и определения/

Опасность - источник возможного повреждения; совокупность неотъемлемых свойств вещества, любого фактора, определенного обстоятельства обладать способностью вызывать нежелательные последствия для здоровья человека. В методологии оценки риска принято считать, что опасность представляет собой качественный признак и существует без какого - либо воздействия, в то время как риск рассчитывается количественно и является результатом фактического или потенциального воздействия в конкретных условиях. Это положение выражается формулой: риск = опасность х экспозиция. Другими словами опасность - это источник риска, который не обязательно обладает способностью к реализации.

Риск для здоровья - вероятность развития неблагоприятного эффекта у индивидуума или группы людей при воздействии определенной дозы или концентрации опасного агента в конкретных обстоятельствах. В количественном отношении риск выражается в величинах, колеблющихся от нуля (представляющего уверенность в том, что вред не будет иметь места) до единицы (представляющей уверенность в том, что вред будет иметь место).

Оценка риска - процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов на основе научного анализа токсических свойств химического вещества и условий воздействия на человека и состоящий из четырех основных этапов: идентификации опасности, оценки зависимости «доза - ответ», оценки экспозиции (воздействия) и характеристики риска.

Приемлемый риск - вероятность наступления события, негативные последствия которого настолько незначительны, что ради получаемой выгоды от фактора риска человек, или группа людей, или общество в целом готовы пойти на этот риск. Уровень приемлемого риска устанавливается путем его сопоставления с риском, который существует в повседневной деятельности или жизни людей. Эта концепция связана с допущением определенной вероятности болезней или повреждений, которую приемлет человек, группа людей или общество. Уровень приемлемого риска зависит от научных данных, социальных, экономических и политических факторов, а также от ощущаемых выгод, получаемых от использования химического соединения или процесса. В качестве приемлемых уровней риска для населения чаще всего используются величины от 1 на 10^{-4} до 1 на 10^{-6}, однако целевой уровень риска, т.е. риск, к которому следует стремиться, который должен быть достигнут в результате проведения оздоровительных мероприятий, как правило, принимается равным 1×10^{-6}.

Анализ риска - аналитический процесс для получения информации, необходимой для предупреждения негативных последствий для здоровья и жизни человека, состоящий из трех компонентов: оценки риска, управления риском и распространения информации о риске.

Факторы риска - факторы, провоцирующие или увеличивающие риск развития определенных заболеваний; некоторые факторы могут являться наследственными или приобретенными, но в любом случае их влияние проявляется при определенном воздействии.

Командно-административные (административно-управленческие) меры - нормативно-правовые, административно-контрольные и другие меры прямого регламентирования, направленные на снижение загрязнения окружающей среды путем установления нормативов для производства, технологий или выбросов в окружающую среду загрязнителей.

Управление риском - процесс принятия решений, использующий результаты оценки риска и включающий соображения технического, научного, социального, экономического и политического характера для обоснования наиболее оптимальных регулирующих действий в отношении загрязнения окружающей среды с целью предупреждения или уменьшения опасности для здоровья. Объединяет три основных процедуры: сравнительную характеристику риска, контроль воздействия и мониторинг риска.

Сравнительная характеристика риска - начальный этап управления риском, в котором формулируется суждение о выраженности и приемлемости риска; сравнение рассчитанных рисков или нарушений здоровья от воздействия фактора окружающей среды с рисками, вызываемыми другими агентами или социальными факторами, и выгодами, связанными с применением этого фактора среды. На этой основе принимается решения о «приемлемом риске». Сравнительную характеристику риска следует рассматривать не только как аналитический процесс, но и как систему методов, включающих постоянное измерение, сопоставление и ранжирование факторов окружающей среды.

Контроль воздействия - компонент управления риском, предусматривающий действия, предпринимаемые для поддержания экспозиции ниже допустимого максимального уровня. Процесс включает установление этого уровня на основе сравнительной характеристики риска и установления зависимостей между эмиссиями из различных источников и воздействиями на человека.

Мониторинг риска - один из компонентов управления риском - процесс, заключающийся в принятии решений и действиях в рамках управления риском, с целью проверки, достигнута ли цель уменьшения риска при снижении воздействия.

Сравнительный риск - выражение рисков, возникающих от двух различных (или более) факторов и ведущих к одному и тому же эффекту; может выражаться количественно (например, как отношение 1,5) или качественно (один риск больше, чем другой); другими словами любое сравнение рисков двух или

более опасностей в единой шкале.

Сравнительный анализ риска - **процесс сравнения** и ранжирования различных типов риска для определения **приоритетов при его** регулировании и распределении финансовых вложений.

Распространение информации о риске - взаимный процесс обмена информацией и мнением о риске между специалистами по оценке риска, лицами, регулирующими риск, средствами массовой информации, заинтересованными группами и общественностью в целом.

Идентификация опасности - первый этап процедуры оценки риска, предусматривающий выявление всех потенциально опасных факторов, оценку весомости доказательств их способности вызывать определенные вредные эффекты у человека при предполагаемых условиях воздействия, отбор приоритетных факторов, подлежащих углубленному исследованию в процессе оценки риска.

Оценка зависимости доза - ответ - один из четырех основных компонентов процедуры оценки риска - процесс характеристики связи между дозой введенного или полученного агента и числом случаев вредного для здоровья эффекта в экспонируемой популяции.

Экспозиция - контакт организма с вредным для здоровья химическим агентом, количество агента, присутствующее на обменных оболочках тела (например, на коже, в легких, желудочно-кишечном тракте), доступное для абсорбции; временной интеграл концентрации токсиканта, находящегося в непосредственной близости от различных входных путей организма (легкие, желудочно-кишечный тракт, кожа).

Оценка экспозиции - один из основных этапов оценки риска, включающий определение и оценку (качественную и количественную) уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов на оцениваемые группы населения.

Характеристика риска - установление источников возникновения и степени выраженности рисков при конкретных сценариях и маршрутах воздействия изучаемых факторов. Как заключительный четвертый этап процедуры оценки риска он интегрирует информацию, полученную на предшествующих этапах, с целью ее последующего использования на первой стадии управления риском, объединяя обе эти процедуры в рамках единого процесса принятия решений.

Вредный эффект - изменения в морфологии, физиологии, росте, развитии или продолжительности жизни организма, проявляющиеся в ухудшении функциональной способности или способности компенсировать дополнительный

стрессе, или в увеличении чувствительности к вредным эффектам воздействия других факторов окружающей среды; биохимические изменения, функциональные нарушения или патологическое повреждение, которые изолированно или в комбинации неблагоприятно воздействуют на деятельность целого организма или снижают способность организма реагировать на дополнительные изменения окружающей среды.

Референтная доза - допустимое суточное поступление химического вещества в течение всей жизни (выражаемое в мг/кг-день), которое, вероятно, не сопровождается ощутимым риском для здоровья; устанавливается на основе всех фактов, имеющихся ко времени проведения токсикологической оценки.

Референтная концентрация - оценка/расчет (с возможной неопределенностью одного порядка) непрерывного ингаляционного воздействия на человеческую популяцию (включая чувствительные подгруппы), которое, вероятно, не сопровождается заметным риском вредных неканцерогенных эффектов на протяжении всей жизни. Эта концентрация устанавливается Агентством по охране окружающей среды США в качестве предела ингаляционного воздействия на человека потенциально опасных уровней химических веществ в воздухе.

Канцероген - химический, физический или биологический агент, способный вызвать развитие рака (малигнизацию ткани).

Канцерогенный эффект - возникновение злокачественных новообразований при воздействии факторов окружающей среды.

Канцерогенный риск - возрастание вероятности развития рака у индивидуума на протяжении всей его жизни как результат воздействия потенциального канцерогена.

Индивидуальный канцерогенный риск - оценка вероятности развития рака у экспонируемого индивидуума при воздействии потенциального канцерогена в течение всей жизни (средняя продолжительность жизни принимается равной 70 годам).

Популяционный канцерогенный риск - агрегированная мера ожидаемой частоты эффектов (случаев рака) среди всех подвергшихся воздействию людей. Обычно устанавливается для годовой экспозиции.

Фактор канцерогенного потенциала (фактор наклона) - наклон кривой доза-ответ в области низких доз. Факторы наклона канцерогенного потенциала разработаны в экспериментальных исследованиях на животных на основе использования линейной многоступенчатой модели и с учетом статистической экстраполяции с высоких доз, где наблюдаются эффекты в лабораторных условиях, на малые дозы, реально встречающиеся в объектах окружающей среды,

при которых эффект в эксперименте не выявляется. Это мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена. Определяется как верхняя 95% граница доверительного интервала наклона зависимости доза - ответ в нижней, линейной части кривой. Факторы наклона разработаны отдельно для двух путей поступления: ингаляционного и перорального и обычно выражаются в единицах $(мг/кг\text{-}день)^{-1}$.

Единичный канцерогенный риск (единичный фактор риска, удельный риск, единица риска) - результат применения линейной модели для определения верхней доверительной границы риска развития рака в течение всей жизни на единицу дозы, оцененной как результат воздействия агента в концентрации 1 мг/л в воде или 1 $мг/м^3$ в воздухе. Обычно рассчитывается исходя из фактора наклона канцерогенного потенциала для ингаляционного и перорального воздействия.

Неопределенность - несовершенные знания, касающиеся настоящего или будущего состояния рассматриваемой системы. Компонент риска, возникающий от несовершенного понимания степени опасности или ее пространственного и временного выражения.

Анализ неопределенностей - детальное исследование систематических и случайных ошибок измерений или оценок в концепции риска.

Экологический риск - вероятность развития у растений и животных (кроме человека) неблагоприятных эффектов, обусловленных воздействием факторов окружающей среды.

3. Основная часть

3.1. Общие положения

В настоящем разделе представлена последовательность действий, принятая в процедуре оценки риска, на завершающей стадии которой проводится сравнительная характеристика рисков, являющаяся основой для установления приоритетов - выделения круга вопросов, требующих первоочередного внимания, ибо риск, связанный с ними наиболее серьезен. **Императивность выбора приоритетов связана как с задачей снижения совокупного риска для всей системы и необходимостью использования для этой цели системного подхода, так и с наличием ресурсных и временных ограничений, накладываемых на область возможных решений данной задачи.**

Риск здоровью человека, связанный с загрязнением окружающей среды, возникает при следующих необходимых и достаточных условиях: 1) существование самого источника риска (токсичного вещества в объектах окружающей среды или продуктах питания; технологического процесса, предусматривающего использование вредных веществ, и т.п.); 2) присутствие данного источника риска в определенной, вредной для человека дозе, 3)

подверженность населения воздействию упомянутой дозы токсичного вещества. Перечисленные условия образуют в совокупности реальную угрозу или опасность для здоровья человека.

Оценка риска - это процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов у человека, обусловленных воздействием факторов окружающей среды. Основными этапами оценки риска являются:

• Идентификация опасности, которая предусматривает выявление всех потенциально опасных факторов, оценку весомости доказательств их способности вызывать определенные вредные эффекты у человека при предполагаемых условиях воздействия, а также отбор приоритетных факторов, подлежащих углубленному исследованию в процессе оценки риска.

• Оценка зависимости «доза - ответ» - количественная характеристика связей между концентрацией, экспозицией или дозой изучаемого фактора и вызываемыми им вредными эффектами.

• Оценка экспозиции - характеристика уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов на оцениваемые группы населения. На данном этапе анализируются и определяются: 1) источники поступления загрязнения в окружающую среду; 2) маршруты воздействия и потенциальные пути распространения, транспортная и воздействующие среды; 3) окончательный сценарий воздействия с установлением мест потенциального контакта определенных групп населения с вредными факторами (точек воздействия) и путей поступления их в организм человека (при дыхании, потреблении воды, случайном заглатывании почвы и т.д.); 4) количественная характеристика экспозиции, предусматривающая установление и оценку величины, частоты и продолжительности воздействия для каждого анализируемого пути, идентифицированного на предыдущем этапе; 5) поступление в организм (воздействующие дозы).

• Характеристика риска - установление источников возникновения и степени выраженности рисков при конкретных сценариях и маршрутах воздействия изучаемых факторов. Данный этап оценки риска интегрирует информацию, полученную на предшествующих этапах, с целью ее последующего использования на стадии управления риском.

3.2. Анализ информации, необходимой для принятия решений

В настоящих рекомендациях не рассматриваются подробно все этапы проведения процедуры оценки риска, так как они приведены в разработанных и разрабатываемых в настоящее время документах, а освещаются вопросы, непосредственно имеющие отношение к анализу информации, необходимой для принятия управленческих решений.

Информация, анализируемая на этапах характеристики риска и оценки экспозиции, непосредственно используется при обосновании регулирующих мер по снижению риска.

3.2.1. Особое место оценки экспозиции при ранжировании опасных

факторов и обосновании «рисковых» приоритетов обусловлено тем, что совершенствование методов оценки экспозиции дает возможность не только сократить число ошибок и неопределенностей при расчете количественных характеристик риска, но и разрабатывать наиболее оптимальные регулирующие меры по его снижению, а также осуществлять мониторинг риска с целью проверки эффективности реализации мероприятий по достижению цели уменьшения риска при снижении воздействия. Следовательно, определение экспозиции является составным компонентом не только оценки риска, но и процесса управления риском, в первую очередь, в части сравнительной характеристики рисков, так как позволяет определить:

- распределение концентраций во времени и пространстве в различных объектах окружающей среды;
- вклад в уровни воздействия от различных источников загрязнения;
- факторы, влияющие на попадание загрязнителей в окружающую среду, пути распространения вредных веществ и пути поступления в организм;
- популяции или субпопуляции с высоким и низким риском;
- приоритетные и наиболее эффективные программы и мероприятия по снижению риска;
- достаточность применяемых мер по снижению загрязнений для достижения гигиенических нормативов.

3.2.2. Характеристика риска служит основой для принятия решений по управлению риском. Механизм реализации целей и задач управления риском представляет собой совокупность политико-административных, правовых, организационных, экономических и технических мероприятий, которые увязаны в конкретные программы действий и осуществляются в определенной последовательности. Она включает шесть этапов, которые одновременно являются основными элементами процедуры управления риском:

- характеристика (ранжирование) рисков с точки зрения установления приоритетов управления;
- определение альтернативных стратегий (путей) снижения риска;
- выбор наиболее эффективной стратегии на многокритериальной основе;
- формирование административно-правовой базы и механизма экономического регулирования уровня риска;
- разработка и осуществление программы организационных и технических мероприятий по снижению риска;
- оценка результативности и эффективности реализации указанных мероприятий и корректировка стратегии и программ действий (обратная связь).

Как видно из вышеизложенного, на первом этапе управления риском проводится ранжирование рисков на основе их сравнительной характеристики. Процедура ранжирования проводится на основе анализа всей информации, полученной в результате осуществления оценки риска.

Таким образом, характеристика риска представляет собой завершающую часть оценки риска и начальную фазу управления риском, объединяя обе эти процедуры. На этом этапе оценки риска интегрируются все данные, полученные в

процессе идентификации опасности, оценки зависимости «доза - ответ» и оценки экспозиции; проводится совокупный анализ степени надежности полученных данных; описываются риски для отдельных факторов и их сочетаний, а также характеризуется вероятность и тяжесть возможных неблагоприятных эффектов на здоровье человека.

На первом этапе же управления риском, продолжающем и углубляющем процесс характеристики рисков, проводится установление «рисковых» приоритетов, определение их иерархии с целью решения на последующих этапах управления риском вопроса о приемлемости риска, необходимости и конкретных формах его контроля.

Так как на практике обычно невозможно провести оценку риска для всех возможных вредных факторов и всех возможных путей поступления их в организм в исследуемом регионе, то вполне оправданным является снижение числа учитываемых факторов. Подобный анализ состоит из шести этапов:

1. Отбор тех вредных и опасных факторов, которые являются приоритетными для исследуемой территории.
2. Определение типичных сценариев воздействия для отобранных факторов.
3. Расчет рисков для этих сценариев, используя стандартные методы и данные о токсичности веществ и их зависимостях «доза-ответ».
4. Экстраполяция результатов, полученных для выбранных факторов и сценариев экспозиции на остальные экологические проблемы региона.
5. Сопоставление информации о канцерогенных и неканцерогенных рисках для различных проблемных областей с целью ранжирования факторов, влияющих на здоровье человека.
6. Совместное рассмотрение канцерогенных и неканцерогенных рисков.

3.2.3. Расчет рисков и их характеристика проводятся раздельно для канцерогенов и неканцерогенных эффектов.

3.2.3.1. Для канцерогенов оценка зависимости доза - ответ осуществляется с учетом фактора канцерогенного потенциала (или фактора угла наклона прямой, характеризующей зависимость доза - канцерогенный эффект), с помощью которого устанавливается связь между дозой химического вещества и увеличением индивидуальной вероятности заболеть раком в течение всей жизни. Этот фактор (SF) устанавливается раздельно для ингаляционного (SFi) и перорального (SFo) поступления вещества в организм и имеет размерность: $(мг/кг\text{-}сут.)^{-1}$. Величина индивидуального пожизненного канцерогенного риска (ICR) рассчитывается путем умножения среднесуточной дозы (или среднесуточного поступления) за весь период жизни (LADD) на величину SF:

$$\mathbf{ICR = LADD \times SF}$$

Индивидуальный пожизненный риск канцерогенного воздействия может оцениваться также по величине единичного риска с использованием следующей

формулы:

$$ICR = UR \times C,$$

где UR - единичный риск, отражающий значение риска для одной единицы концентрации вещества в объекте окружающей среды, например 1 мг/м^3 в атмосферном воздухе или 1 мг/л воды;

Единичный риск (UR) рассчитывается с использованием величины SF и стандартных величин массы тела человека (70 кг), суточного потребления воздуха (20 м^3) или питьевой воды (2 л) по формулам:

URi (мг/м^3) = SFi (мг/кг-сут.)$^{-1}$ x 1/70 (кг) x 20 (м^3/сут) для ингаляционного поступления;

URo (мг/л) = SFo (мг/кг-сут.)$^{-1}$ x 1/70 (кг) x 2 (л/сут) для перорального поступления;

C - концентрация вещества.

Полученное значение ICR характеризует верхнюю границу канцерогенного риска за среднюю продолжительность жизни (70 лет). Например, ICR = 10^{-4} означает, что в когорте населения численностью 10000 человек возникнет один дополнительный случай злокачественного новообразования. Таким образом, величина ICR является аггравированной оценкой индивидуального риска развития рака за среднюю продолжительность жизни. Популяционный канцерогенный риск (PCR) характеризует дополнительное (к фоновому уровню заболеваемости) число случаев злокачественных новообразований в исследуемой популяции как при воздействии в течение всей жизни (1), так и за год (2):

$$PCR = LADD \times SF \times POP; \quad (1)$$

$$PCR = LADD \times SF \times POP/70; \quad (2),$$

где POP – численность исследуемой популяции;

70 лет - средняя продолжительность жизни.

В ряде стран в качестве приемлемого индивидуального канцерогенного риска используются величины на уровне от 10^{-4} до 10^{-6}. Целевой уровень риска, который должен быть достигнут в результате проведения оздоровительных мероприятий, как правило, принимается равным 10^{-6}. В соответствии с рекомендациями U.S. EPA и некоторых других зарубежных агентств, при уровнях пожизненного канцерогенного риска более 10^{-3} существует экстренная необходимость проведения мероприятий по его снижению. Для условий производственного воздействия уровни допустимого риска составляют $10^{-3} – 10^{-4}$.

В нашей стране, в Нормах радиационной безопасности (НРБ-99) предусмотрен предел индивидуального пожизненного риска для населения, равный 5,0 x 10^{-5}, в то время как уровень пренебрежимого риска, который разделяет область оптимизации риска и область безусловно приемлемого риска, составляет 10^{-6}.

3.2.3.2. Для большинства веществ, не обладающих канцерогенным действием, оценка риска проводится на основе расчета коэффициента опасности (HQ), представляющего собой соотношение между величиной экспозиции (например, суточной дозой, ADD) и безопасным уровнем воздействия (референтная доза, референтная концентрация /см. термины/ или отечественная предельно допустимая концентрация):

$$HQ = ADD/RfD$$

Чем больше величина HQ превосходит единицу, тем более значительную опасность может представлять анализируемое воздействие.

В связи с тем, что на исследуемых территориях может анализироваться многокомпонентное химическое загрязнение объектов окружающей среды, возникает необходимость оценки суммарных рисков, обусловленных одновременным воздействием сразу нескольких химических соединений.

В методологии оценки риска комбинированное действие канцерогенных факторов принято рассматривать как аддитивное:

$$Rсум = R1 + R2 + \ldots Rn,$$

где Rсум - суммарный канцерогенный риск;

R1, R2, Rn - канцерогенные риски, обусловленные компонентами смеси химических веществ.

Для условий комплексного поступления (одновременного поступления вещества несколькими путями) и комбинированного воздействия (одновременного действия нескольких веществ) характеристикой суммарного неканцерогенного риска является величина индекса опасности (HI):

$$HI = HQ1 + HQ2 + \ldots + HQn,$$

где HQ1, HQ2... HQn - коэффициенты опасности для нескольких химических веществ или для разных путей поступления одного и того же вещества.

Эта формула характеризует достаточно консервативный подход, так как, в соответствии с международными рекомендациями, для неканцерогенных химических веществ аддитивность признается в случае их одинакового (однородного) токсического действия, под которым условно понимается влияние веществ на одни и те же органы или системы (например, легкие, печень, центральную нервную систему, процессы развития организма и др.).

Для некоторых неканцерогенных эффектов, вызываемых, например, взвешенными веществами, в частности PM10 и PM2,5, диоксидом азота, сернистым ангидридом, могут быть использованы установленные для них в эпидемиологических исследованиях количественные зависимости доза - ответ, позволяющие оценивать риск возникновения вредных эффектов в зависимости от уровней экспозиции.

3.2.4. Использование результатов оценки риска в сравнительной характеристике рисков

Сравнительный анализ рисков (CAP) позволяет путем сопоставления рисков различного происхождения выделить наиболее значимые и в условиях ограниченности ресурсов, на основе анализа экономических, технических и политических вопросов, установить приоритеты в области охраны окружающей среды и здоровья. CAP базируется на методе относительного ранжирования рисков, связанных с различными экологическими проблемами региона. В **настоящих рекомендациях CAP в целом не обсуждается, а рассматриваются вопросы, касающиеся только сопоставления (сравнительной характеристики) рисков для здоровья**, без сравнительного анализа экологических рисков, оценки качества жизни и других возможных глобальных и локальных проблемных областей, которые могут существовать в исследуемом регионе и которые обязательно учитываются при сравнительном анализе рисков.

3.2.4.1. Анализ информации для ранжирования канцерогенных рисков

Для управленческих решений необходима различная информация, которая используется в целях определения приоритетов (рангов) канцерогенной опасности в исследуемом регионе. Наиболее удобным для последующего ранжирования является представление количественных оценок канцерогенных рисков в виде величин пожизненного индивидуального канцерогенного риска и в виде дополнительного числа случаев онкологических заболеваний за год в исследуемой популяции (**см. раздел 3.2.3.1**).

3.2.4.1.1. Индивидуальный канцерогенный риск может быть рассчитан для различных популяционных групп. Как минимум, сравнительная характеристика рисков должна включать оценки индивидуального риска для усредненной популяции и популяции, подвергающейся максимальному воздействию. Индивидуальный риск при воздействии на среднего индивидуума отражает воздействие на большинство экспонируемой популяции. Индивидуальный риск максимального воздействия рассчитывается для той части популяции, которая подвергается максимальному воздействию, вследствие особенностей их деятельности и активности (здесь речь идет только о задаче выбора экспонируемой популяции и ее не надо отождествлять с вопросом выбора меры концентрации в точке воздействия, например, средняя арифметическая величина концентрации или 90-й процентиль и т.д., который рассматривается в других документах).

3.2.4.1.2. Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляется для каждого вещества и для каждого анализируемого пути поступления. Если индивидуумы подвергаются воздействию канцерогена при разных путях поступления и/или - нескольких канцерогенов, то проводится расчет канцерогенного риска для каждого канцерогенного компонента исследуемой смеси, суммарного индивидуального канцерогенного риска для всей смеси, суммарных канцерогенных рисков для каждого из анализируемых путей поступления и на последнем этапе - общего суммарного канцерогенного риска для всех веществ и всех анализируемых путей поступления в организм.

В целом данные анализа индивидуальных канцерогенных рисков,

необходимые для принятия управленческих решений, можно представить в виде таблицы (3 2 4 1 2 1)

Таблица 3 2 4 1 2.1 (по С.М Новикову и соавт , 2000 г)

Сводная таблица для анализа канцерогенных рисков

Путь поступления	Вещество 1	Вещество 2	Вещество n	Сумма
Атмосферный воздух				
Ингаляция	CRai1	CRai2	CRai n	∑CRaij
Питьевая вода				
Перорально	CRwo1	CRwo2	CRwo n	∑CRwo j
Ингаляция	CRwi1	CRwi2	CRwi n	∑CRwi j
Накожно	CRwd1	CRwd2	CRwd n	∑CRwd j
Сумма	∑CRw1	∑CRw2	∑CRw n	∑CRw j
Открытый водоем				
Перорально	CRro1	CRro2	CRro n	∑CRroj
Ингаляция	CRri1	CRri2	CRri n	∑CRrij
Накожно	CRrd1	CRrd2	CRrd n	∑CRrdj
Сумма	∑CRr1	∑CRr2	∑CRr n	∑CRr j
Почва				
Перорально	CRso1	CRso2	CRson	∑CRsoj
Ингаляция	CRsi1	CRsi2	CRsin	∑CRsij
Накожно	CRsd1	CRsd2	CRsdn	∑CRsdj
Сумма	∑CRs1	∑CRs2	∑CRsn	∑CRsj
Продукты питания				
Перорально	CRfo1	CRfo2	CRfon	∑CRfoj
Суммарное поступление				
Суммарное ингаляционное поступление	CRai1 + CRwi1 + CRri1 + CRsi1	CRai2+ CRwi2 + CRri2 + CRsi2	CRain+ CRwin + CRrin + CRsin	CRaij + CRwij + CRrij + CRsij
Суммарное пероральное поступление	CRwo1 + CRro1 + CRso1 + CRfo1	CRwo2 + CRro2 +CRso2 + CRfo2	CRwon+ CRron +CRson + CRfon	CRwoj + CRroj + CRsoj + CRfoj
Суммарное накожное поступление	CRwd1 + CRrd1 + CRsd1	CRwd2 + CRrd2 +CRsd2	CRwdn+ CRrdn +CRsdn	CRwdj + CRrdj + CRsdj
Сумма по всем средам и путям	∑CR1	∑CR2	∑CRn	∑CRj

Примечание CR - индивидуальный дополнительный канцерогенный риск, представленные латинскими буквами индексы характеризуют различные объекты окружающей среды и пути поступления вещества a - воздух, w - питьевая вода, r - открытый водоем (рекреационное пользование), s - почва, f - продукты питания, i - ингаляция, o - перорально, d накожно, j - сумма веществ

Приведенные в таблице 3 2 4 1 2 1 данные обеспечивают лиц, принимающих решение по регулированию риска, в первую очередь, информацией об аггрегированном канцерогенном риске на изучаемой территории с учетом всех сред, путей поступления и комбинации веществ Наибольшую ценность результаты характеристики индивидуальных канцерогенных рисков представляют для сравнительной оценки воздействия факторов окружающей среды с целью определения ведущей среды (например, воздух или продукты питания) и/или

ведущего пути поступления (ингаляционный, пероральный, накожный), а также наиболее значимых веществ, вклад которых в суммарный риск оказывается наибольшим. Эта информация является основополагающей для определения приоритетов при принятии решений по проведению оздоровительных мероприятий.

3.2.4.1.3. Информация, отражающая популяционный канцерогенный риск в виде дополнительного числа случаев заболеваний раком в исследуемой популяции, также имеет решающее значение при сравнительной характеристике рисков, особенно при ранжировании территорий по степени канцерогенного риска с различной численностью экспонируемого населения.

Так, в таблице 3.2.4.1.3.1 в качестве гипотетического примера показано влияние различной численности населения на территориях на изменение ранговых характеристик риска.

Таблица 3.2.4.1.3.1

Пример изменения ранговых характеристик при учете пожизненного индивидуального и годового популяционного канцерогенного рисков на территориях с различной численностью населения

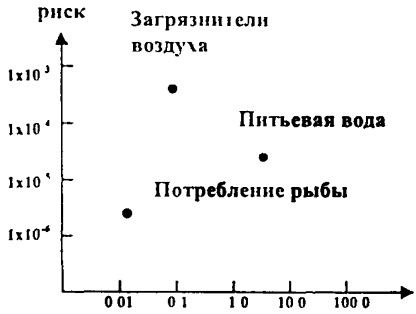
Территория	ICR	Ранг	N	PCR	Ранг
X_1	3×10^{-4}	5	20000	0.09	6
X_2	5×10^{-5}	7	100000	0.07	7
X_3	2×10^{-4}	6	50000	0.14	4
X_4	5×10^{-4}	4	15000	0.11	5
X_5	7×10^{-6}	9	25000	0.002	9
X_6	4×10^{-3}	1	5000	0.29	3
X_7	2×10^{-5}	8	30000	0.008	8
X_8	8×10^{-4}	3	40000	0.46	1
X_9	3×10^{-3}	2	7000	0.30	2

Примечание: X_1 - X_9 - различные территории; ICR - пожизненный индивидуальный канцерогенный риск; N - численность населения; PCR - годовой популяционный риск в виде дополнительных (к фоновому) случаев рака в данной популяции

Для варианта, представленного в таблице 3.2.4.1.3.1, также как и в случае сравнительной оценки рисков для усредненной популяции и популяции, подвергающейся максимальному воздействию (**п. 3.2.4.1.1**), информация для определения приоритетов в действиях по регулированию риска на изучаемой территории может быть представлена в виде диаграммы, на которой в двухмерном пространстве отражена связь между двумя показателями, такими как индивидуальные и популяционные канцерогенные риски. По оси ординат откладывается уровень индивидуального пожизненного риска, а по оси абсцисс - суммарный популяционный годовой риск (рис. 3.2.4.1.3.1). Диаграмма может показывать также относительные риски от каждой воздействующей среды.

Рис. 3.2.4.1.3.1. Пример суммарной диаграммы канцерогенных рисков

Средний индивидуальный



Общий популяционный риск

3.2.4.1.4. Если исследуемая территория состоит из нескольких рецепторных точек (точек воздействия) или участков, отличающихся по уровням экспозиции, то для принятия управленческих решений информация, представленная в таблице 3 2 4 1 2 1, анализируется как раздельно для каждой из них, так и для всех точек суммарно При этом информация должна быть представлена таким образом, чтобы существовала возможность определения в каждой рецепторной точке и суммарно по всем точкам относительного вклада каждого специфического источника загрязнения, например, конкретного промышленного предприятия или автотранспорта, в суммарный канцерогенный риск Анализ полученной в таком виде информации позволяет проводить сравнительную оценку уровней канцерогенного риска в различных рецепторных точках исследуемой территории, а также определять вклад каждой рецепторной точки в суммарную величину риска для всей изучаемой территории. Это также имеет первостепенное значение для определения приоритетов при разработке оздоровительных мероприятий Результаты обобщения информации о канцерогенных рисках на различных участках изучаемой территории с учетом всех учтенных источников загрязнения приведены в таблице 3 2 4 1 4 1

Таблица 3 2 4 1 4 1

Сводная таблица канцерогенных рисков на различных участках изучаемой территории от всех учтенных источников загрязнения окружающей среды (по С М Новикову и соавт , 2000 г)

Рецепторная точка	Предприятие 1 (источник 1)	Автотранспорт (источник 2)	Предприятие j (источник j)	Сумма
1	CR11	CR21	CRj1	TCR1
2	CR12	CR22	CRj2	TCR2
i	CR1i	CR2i	CRji	TCRi
Сумма	CR11 + CR12 + CR1i	CR21 + CR22 + CR2i	Crj1 + CRj2 + CRji	TCR
Вклад, %	VCR1	VCR2	VCRj	100

Примечание CR11 - канцерогенный риск от источника 1 в рецепторнойточке1 CRji - канцерогенный риск от источника j в рецепторной точке i, TCR1. TCR2 TCRi - суммарные канцерогенные риски от всех источников в отдельных рецепторных точках, TCR - суммарный

канцерогенный риск на исследуемой территории от всех учтенных источников загрязнения окружающей среды; VCR1, VCR2..... VCRj - вклад данного источника в величину суммарного канцерогенного риска (TCR).

3.2.4.1.5. Анализ неопределенностей

Представляя результаты количественной оценки риска без информации о допущениях и неопределенностях, лежащих в их основе, можно ввести в заблуждение лиц, принимающих решение по управлению риском. Поэтому важно, чтобы такая информация полностью представлялась и рассматривалась на стадии характеристики риска (также как и на всех предыдущих этапах процедуры оценки риска). Всестороннее обсуждение неопределенностей и интерпретация количественных оценок дает возможность лицам, регулирующим уровни риска, вникнуть во все детали и ограничения оценок риска. Большинство допущений, научных суждений, упущений и оценок неопределенностей должно быть всегда включено при характеристике риска. В дополнение, количественная оценка риска для каждого канцерогенного агента должна сопровождаться соответствующей весомостью доказательств в отношении степени определенности его канцерогенности.

Для ключевых факторов, таких как воздействующие концентрации и численность экспонируемого населения, неопределенности могут быть оценены количественно, используя доверительные интервалы в дополнение к средним оценкам. В целом, представляя пределы колебаний оценок риска лицам, принимающим решения, можно дать им возможность определить, в какой степени уровень неопределенности обусловливает гарантии правильной расстановки приоритетов при планировании и осуществлении оздоровительных мероприятий по снижению канцерогенного риска.

3.2.4.2. Анализ информации для ранжирования неканцерогенных рисков

Для управленческих решений, касающихся регулирования неканцерогенных рисков, требуется гораздо более разнохарактерная информация, вследствие необходимости анализа огромного спектра неблагоприятных эффектов, развивающихся в результате воздействия факторов окружающей среды. Следует подчеркнуть, что ранжирование рисков в этом случае проводится как для веществ, не обладающих канцерогенным действием, то есть отвечающих принципу пороговости, так и для канцерогенов, эффекты действия которых принято считать беспороговыми. Это связано с тем, что химические канцерогены способны вызывать не только канцерогенные, но и общетоксические эффекты, поэтому управление риском для подобных веществ должно осуществляться с учетом как канцерогенного, так и неканцерогенного действия.

Сравнительная оценка риска для неканцерогенных эффектов проводится в соответствии со следующими основными принципами:

- наличие параметров зависимости «концентрация (доза) - ответ»;
- анализ степени выраженности (тяжести) развивающихся эффектов;
- расчет индекса опасности, характеризующего отношение фактической дозы (концентрации) к референтной дозе или концентрации (ADD/RfD), или к отечественной ПДК (**см. раздел 3.2.3.2**); следует учесть, что расчет индексов

опасности целесообразно проводить с учетом критических органов/систем, поражаемых исследуемым веществом,

- численность экспонированной популяции

3.2.4 2.1. Представление количественных оценок неканцерогенных рисков для управленческих решений

Большинство разработанных к настоящему времени эпидемиологических критериев оценки неканцерогенного риска отражают ожидаемый прирост частоты нарушений состояния здоровья или смерти на единицу воздействующей концентрации Процентное изменение определенного показателя здоровья на условную единицу концентрации (например, на каждые 10 мкг/м^3) используется при оценке риска таких ведущих неспецифических загрязнителей атмосферного воздуха, как взвешенные вещества (частицы PM10 и PM2,5), диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода и др Подробно этот вопрос рассматривается в специальных методических документах, исходные материалы представлены в базах данных и литературных источниках

В случае наличия математических зависимостей концентрация - ответ для оценки неканцерогенного риска, анализ информации для управленческих целей должен быть направлен на проведение сравнительной оценки уровней этого риска в различных рецепторных точках исследуемой территории, с учетом определения вклада каждого источника и каждой рецепторной точки в суммарную величину риска для всей изучаемой территории, аналогично тому, как это описывалось для канцерогенных рисков в **п. 3.2.4.1.4.** В качестве примера в таблице 3 2 4 2 1 1 приведены результаты обобщения информации об ожидаемых дополнительных случаях смерти (к фоновому уровню) при воздействии PM10 на различных участках изучаемой территории с учетом всех учтенных источников

Таблица 3 2 4 2 1 1

Дополнительное число случаев смерти в год от воздействия PM10 на различных участках изучаемой территории с учетом всех учтенных источников

Рецепторная точка	Предприятие 1 (источник 1)	Предприятие 2 (источник 2)	Предприятие j (источник j)	Сумма
1	AM11	AM 21	AM j1	T AM 1
2	AM12	AM 22	AM j2	T AM 2
i	AM1 i	AM 2i	AM ji	T AM i
Сумма	AM 11 + AM 12 + AM 1i	AM 21 + AM 22 + AM 2i	AM j1 + AM j2 + AM ji	T AM
Вклад, %	V AM 1	V AM 2	V AM j	100

Примечание AM 11 - годовое дополнительное число случаев смерти от источника 1 в рецепторной точке 1 AM ji - годовое дополнительное число случаев смерти от источника j в рецепторной точке i TAM 1 TAM 2 TAM i - суммарное годовое дополнительное число случаев смерти от всех источников в отдельных рецепторных точках TAM - суммарное годовое дополнительное число случаев смерти на исследуемой территории от всех учтенных источников загрязнения атмосферного воздуха, VAM1, VAM2 VAMj - вклад данного источника в величину суммарного годового дополнительного числа случаев смерти

В ряде случаев для принятия управленческих решений широко используются такие показатели как атрибутивный и относительный риск

Атрибутивный риск - это показатель избыточной заболеваемости в

экспонированной популяции, который может быть связан с воздействием, обычно определяется путем вычитания частоты случаев заболеваний в группе населения при отсутствии воздействия из аналогичного показателя для группы экспонированного населения.

Относительный риск представляет собой отношение уровней заболеваемости, реже смертности, или отношение риска возникновения какого-либо заболевания в популяции, подвергшейся воздействию, к таковым в популяции, не подвергавшейся этому воздействию. Относительный риск, превышающий единицу, свидетельствует о наличии связи между воздействием и эффектом.

3.2.4.2.2. Анализ степени выраженности (тяжести) развивающихся эффектов

Определение приоритетных химических веществ по степени риска неканцерогенных эффектов для принятия управленческих решений во многом зависит от представленного анализа степени выраженности развивающихся последствий при их воздействии. Этот анализ проводится, в основном, на первом этапе оценки риска - идентификации опасности. Однако, он должен быть представлен и на стадии характеристики риска.

Каждое вещество, в зависимости от его токсических свойств, может вызвать различные неблагоприятные эффекты, или степень тяжести последствий может в значительной степени различаться от интенсивности воздействия (дозы). Например, кадмий при низких дозах может вызвать почечную дисфункцию, а при более высоких - почечную дегенерацию. С еще большим увеличением интенсивности воздействия этого вещества могут быть связаны врожденные дефекты (следует при этом принять во внимание канцерогенную способность кадмия).

Для ранжирования неканцерогенных рисков важное значение имеет определение критических органов или систем организма, в которых вредные эффекты наблюдаются при самых низких воздействующих дозах, являющихся пороговыми, на основе которых с учетом коэффициентов неопределенности (запаса) устанавливаются безопасные уровни воздействия (референтные дозы, концентрации, ПДК, ПДУ и т.д.).

Обоснованию классификаций степени выраженности эффектов уделяется все большее внимание, однако, этот вопрос до конца еще не является методически разработанным и предложенные градации в большинстве случаев представляются в определенной степени субъективными.

Например, для оценки и ранжирования неканцерогенных рисков можно использовать классификацию, предложенную Агентством по охране окружающей среды США (Unfinished Business, EPA, 1987), с учетом 7-балльной шкалы оценок тяжести неблагоприятных последствий. Эта классификация приведена в таблице 3.2.4.2.2.1. Однако, в конечном итоге указанная шкала базируется на неколичественных критериях оценки, что не позволяет определить степень постоянства, обратимости и управляемости эффектов на здоровье.

Таблица 3 2 4.2.2 1

Ранжирование неканцерогенных эффектов по степени тяжести

Специфические эффекты	Оценка (1-7)	Специфические эффекты	Оценка (1-7)
Сердечно-сосудистые		**Влияние на печень**	
Увеличение частоты сердечных приступов	7	Гепатит А	5
Усиление стенокардии	5-6	Желтуха	4
Повышение артериального давления	4	Увеличение массы	3
Влияние на развитие плода		Повышение активности ферментов	2
Фетотоксичность	6	Некроз	6
Нарушение оссификации плода	7	**Мутагенность**	
Низкая масса тела	4	Наследственные нарушения	7
Тератогенность	7	Цитогенетические	4
Гематопоэтические		**Нейротоксические/ поведенческие**	
Метгемоглобинемия	5	Сенсорное раздражение	2
Снижение продукции гема	4	Судороги	6
Гипоплазия костного мозга	5	Задержка развития	7
Нарушение синтеза гема	4	Снижение чувствительности роговой оболочки глаза	2
Иммунологические		Изменения сетчатки	4
Герпес	1	Возрастные изменения зрения	2
Аллергические реакции	3	Снижение активности холинэстеразы	5
Увеличение частоты инфекционных заболеваний	4	Нарушение способности к обучению	6
Влияние на почки		Нейропатия	6
Тубулярная дегенерация	5	Снижение сенсорной чувствительности	3
Дисфункция	3	Раздражительность	3
Гиперплазия	3	Тремор	4
Гипертрофия	3		
Атрофия	4		
Некроз	6	**Репродуктивные**	
Респираторные		Пост-имплантационная гибель	4
Эмфизема	6	Тестикулярная дегенерация	4
Раздражающее действие на слизистые оболочки носовой полости	2	Повреждение сперматоцитов	4
Раздражающее действие на легкие	3	Снижение массы семенников	3
Изъязвление слизистых носовой полости	3	Гипоплазия матки	3
Атрофия слизистых оболочек	3	Аспермия	6
Бронхит	4	Увеличение числа резорбций	4
Нарушение функции легких	4	Образование гигантских клеток	2
Поражение легких	4	Увеличение частоты спонтанных абортов	5

Пневмония	5	**Прочие**	
Отек легких	6	Необозначенные органические эффекты	-
Лихорадка Понтиака	5	Необозначенные острые эффекты	-
Застой	3	Смерть	7
Геморрагии	4	Раздражение глаз	2
Альвеолярный коллапс	5	Эрозия эмали зубов	3
Фиброз	5	Катаракта	5
Раздражение клеток носовой полости	2	Лейшманиоз	3
Структурные изменения в легких	5	Влияние на надпочечники	-
Увеличение частоты приступов астмы	4	Желудочно-кишечные заболевания	4
Увеличение частоты респираторных заболеваний	4	Повреждения костей, поражение зубов	2
Сужение бронхов	4	Симптоматические эффекты (головная боль)	3
Снижение средней объемной скорости выдоха	3	Болезнь легионеров	5

Для ранжирования неканцерогенных эффектов иногда используют классификации по качественным категориям выраженности эффектов. Например, подразделяющаяся на три категории классификация, характеризующая катастрофические, серьезные и неблагоприятные эффекты. Таблица 3.2.4.2.2.2. демонстрирует пример ранжирования различных эффектов на здоровье, в соответствии с этими тремя категориями, для управленческих решений. Однако, это ранжирование в большей степени подходит только для иллюстративных и дискуссионных целей и, вероятно, не может иметь рекомендательного характера.

Таблица 3.2.4.2.2.2.

Возможная система классификации эффектов воздействия на здоровье

Катастрофические	Тяжелые (серьезные)	Неблагоприятные
Смерть	Дисфункция органов	Снижение веса
Уменьшение продолжительности жизни	Дисфункция нервной системы	Гиперплазия
Выраженное бессилие, инвалидизация	Дисфункция развития	Гипертрофия/атрофия
Задержка умственного развития	Поведенческая дисфункция	Изменение активности ферментов
Врожденные уродства		Обратимая дисфункция органов и систем

В нашей стране разработана укрупненная классификация критических органов и систем, рекомендуемых для использования при оценке неканцерогенного риска воздействия химических веществ на здоровье населения, и разработаны базы данных с соответствующей информацией для приоритетных веществ (С.М.Новиков и соавт., 2000 г.).

3.2.4.2.3. Использование индекса опасности

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов проводится на

основе расчета индексов (коэффициентов) опасности

HI = ADD/RfD или HQ = C/RfC

Подробно их определение приведено в п. 3.2.3.2 настоящих рекомендаций При **HI (HQ)** равном или меньшем 1,0, риск неканцерогенных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый С увеличением **HI** вероятность развития вредных эффектов возрастает, однако указать точную количественную величину этой вероятности не представляется возможным Расчет индексов опасности, как правило, проводится для критических органов/систем, поражаемых исследуемыми веществами Это касается и комбинированного действия, когда при воздействии комплекса веществ на одни и те же органы и системы наиболее вероятным типом их действия является суммация (аддитивность) Хотя на практике рассчитывают и общий риск (индекс опасности, **HI**) для веществ с разно направленным действием В качестве примера в таблице 3 2 4 2 3 1 приведены результаты оценки неканцерогенного риска воздействия нескольких гипотетических веществ при поступлении из разных сред

Таблица 3 2 4 2 3 1

Оценка неканцерогенного риска

Вещество	Воздействующие среды				Сумма
	Воздух		Питьевая вода		
	HI	Критические системы	HI	Критические системы	
А	0 3	ЦНС	1 2	ЦНС	1 5
Б	4 2	Респиратор	-	-	4 2
В	0 7	Иммунная	0 6	Иммунная	1 3
Г	0 5	ЦНС	2 4	ЦНС	2 9
Д	2 9	Респиратор	-	-	2 9
Е	0 8	Слизистые	-		0 8
Ж	0 2	ЦНС	0 5	ЦНС	0 7
З	2 0	Респиратор	-	-	2 0
И	2 6	Слизистые	-	-	2 6
К	1 4	Почки	0 6	Почки	2 0
Л	0 8	Кровь	0 5	Кровь	1 3
М	0 3	Серд -сос	1 2	Серд -сос	1 5
Суммарный индекс	16 7	Общий	7 0	Общий	23 7
Суммарный индекс	1 0	ЦНС	4 1	ЦНС	5 1
Суммарный индекс	9 1	Респиратор	-	-	9 1
Суммарный индекс	0 7	Иммунная	0 6	Иммунная	1 3
Суммарный индекс	3 4	Слизистые	-	-	3 4
Суммарный индекс	1 4	Почки	0 6	Почки	2 0
Суммарный индекс	0 8	Кровь	0 5	Кровь	1 3
Суммарный индекс	0 3	Серд -сос	1 2	Серд -сос	1 5

Представленные в таблице 3.2.4.2.3.1 результаты расчетов индексов опасности обеспечивают лиц, принимающих решение по регулированию риска, в первую очередь, информацией о суммарном неканцерогенном риске на изучаемой территории с учетом двух сред, путей поступления и комбинации веществ. Наряду с этим, можно выявить наибольший вклад конкретной среды или определенного вещества как в суммарную величину HI, так и в риск воздействия на критические органы или системы. Как следует из таблицы 3.2.4.2.3.1, наибольший вклад в суммарную величину индекса опасности (HI=23.7) вносит воздух (HI =16.7).

При этом наибольшую опасность представляют вещества Б, Д, И, З, а наименее значимую роль в формировании риска имеет вещество Ж. При анализе суммарных индексов опасности для веществ, действующих на одни и те же системы, наиболее высокие значения HI установлены для группы веществ, влияющих на респираторную систему (HI = 9.1). С учетом сравнительной оценки рисков можно также установить, что питьевая вода вносит ведущий вклад в риск для ЦНС (HI составляет 4.1 при суммарной его величине 5.1), в основном, за счет воздействия вещества Г. Таким образом, информация, представленная в таблице 3.2.4.2.3.1, используется для определения приоритетов при принятии решений по проведению оздоровительных мероприятий.

3.2.4.2.4. Определение потенциально экспонированной популяции

При сравнительной оценке риска для здоровья на исследуемой территории, обусловленного воздействием различных вредных факторов, поступающих из разных сред, важно определить потенциально экспонируемое население. Практически ни в одном исследовании с целью получения информации о характеристике риска не удается полностью идентифицировать распределение экспозиции, вследствие недостатка исходных данных или ограниченных возможностей для моделирования.

Воздействие загрязнителей может быть оценено на различных популяционных группах в зависимости от демографических особенностей, условий проживания и деловой активности. Теоретически для каждого загрязнителя существует распределение, которое определяет величину популяции, которая может подвергаться воздействию данной концентрации. На практике более общей и наиболее часто используемой при сравнительной характеристике риска является оценка усредненного воздействия на популяцию.

Однако, при проведении исследований целесообразно выявить такие группы населения, которые могут иметь повышенный риск химических воздействий, обусловленный повышенной чувствительностью, особенностями деятельности и условий проживания или предшествующими воздействиями от других источников.

Так, наиболее чувствительными к действию химических веществ обычно являются новорожденные, дети, лица пожилого возраста, беременные, кормящие матери, а также больные хроническими заболеваниями. Субпопуляциями повышенного риска, связанного с особенностями деятельности или предшествующими воздействиями, являются лица, контактирующие с химическими веществами на производстве, или проживающие на сильно загрязненных территориях.

В любом случае все неопределенности, связанные с оценкой экспозиции, должны быть учтены, при возможности количественно оценены и представлены для лиц, принимающих решения.

3.2.4.2.5. Итоговое представление информации о неканцерогенном риске

Как уже указывалось в начале раздела 3.2.4.2., для принятия управленческих решений в отношении неканцерогенных рисков требуется весьма разносторонняя информация, включающая анализ различных аспектов проблемы. Поскольку в большинстве случаев для этого характера рисков отсутствует возможность точного количественного установления вероятности их развития, то базовым инструментом, с помощью которого можно восполнить этот пробел, является совместное рассмотрение всей имеющейся информации: величина индекса опасности; число подверженных воздействию людей и анализ степени выраженности эффектов для каждого агента в зависимости от путей поступления и уровней воздействия.

Следовательно, представляемая для управленческих целей информация о неканцерогенных рисках в обобщенном виде должна характеризовать: популяцию, подверженную риску; величину индекса опасности, характеризующего отношение фактической дозы (концентрации) к референтной дозе или концентрации (ADD/RfD, C/RfC), или к отечественной ПДК; степень тяжести (выраженности) эффектов.

На практике можно использовать различные альтернативные варианты представления обобщенной информации. Например, могут анализироваться все идентифицированные на исследуемой территории вещества, или только те, для которых установлен индекс (коэффициент) опасности больше 1, или вещества, определяющие риск наиболее выраженных эффектов. В любом случае окончательная информация должна включать сведения об основных неопределенностях, ограничениях и допущениях, связанных с оценкой неканцерогенного риска, и тех ошибках, к которым они могут приводить. В качестве примера обобщения информации о неканцерогенном риске можно привести таблицу 3.2.4.2.5.1.

Таблица 3.2.4.2.5.1

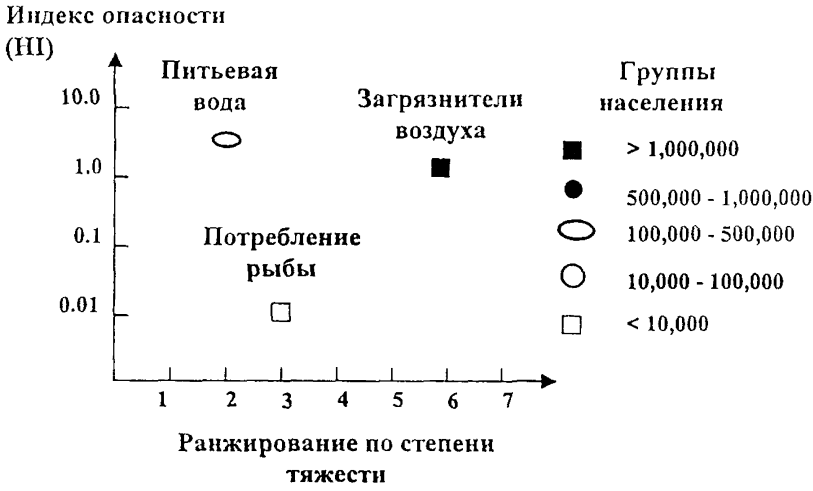
Пример итоговой таблицы обобщения информации о неканцерогенных рисках

Проблемные области	Вредное вещество	HI или HQ	Число людей, подверженных риску	Степень тяжести (рейтинг)	Примечание
Токсические вещества в воздухе	А	0 01 - 0 03	800,000	Пневмонии (5)	Концентрации базируются на данных мониторинга 1998 г двух городских регионов Отношение доза/референтная доза определено на основе средних и максимальных концентраций
	Б	0 05- 0 08	800,000	Пневмонии (5)	
	В	1 14 - 2 21	800,000	Невропатии (6)	

Загрязнение питьевой воды	Г Д	2.51 - 3 42 0.01 - 0.29	250,000 250,000	Кистоз печени (3) Почечный кистоз (3)	Базируются на данных мониторинга трех источников питьевого водоснабжения. Генерализация данных проблематична
Потребление рыбы из загрязненного источника	Е Ж	0.01 - 0.04 0.01	800,000 800,000	Поражение печени (3) Гипотрофия печени (3)	Переоценка: предположительное потребление рыбы – 9 кг на чел. в год

Обобщенная информация о неканцерогенных рисках может быть для наглядности изображена в виде диаграммы, аналогичной той, которая используется для обобщенного представления канцерогенных рисков (рис. 3.2.4.1.3.1). На диаграмме в двухмерной системе координат отражена связь между несколькими показателями: по оси абсцисс - степень выраженности эффекта в баллах (1-7); по оси ординат - величина индекса (коэффициента) опасности от 0.01 до 10.0 (эта шкала при необходимости может иметь другой шаг). Диаграмма также учитывает численность экспонируемой популяции и показывает местоположение определенной среды (фактора) в выбранной системе координат (рис. 3.2.4.2.5.1).

Рис. 3.2.4.2.5.1. Пример суммарной диаграммы неканцерогенных эффектов



Как видно из представленной диаграммы (рис.3.2.4.2.5.1), с точки зрения сравнительной характеристики и ранжирования рисков, как приоритетов управления, наибольшую угрозу для здоровья населения в гипотетическом

примере представляет загрязнение питьевои воды. Это связано с тем, что превышение нормативного суммарного индекса опасности (больше 1) установлено только для загрязнителей питьевой воды. Хотя, по шкале ранжирования степени тяжести возможных эффектов рейтинг этой опасности можно считать сравнительно невысоким. Вместе с тем, лицам, принимающим решение, следует иметь в виду, что даже незначительное увеличение загрязнения атмосферного воздуха может привести к превышению нормативного уровня индекса опасности (1,0), а с учетом высокого рейтинга степени тяжести эффектов на здоровье (6) и численности населения под воздействием (больше 1,000,000) загрязнение воздуха может стать ведущим фактором риска развития неканцерогенных эффектов.

4. Управление риском путем разработки сценария сокращения риска

После проведения сравнительной характеристики рисков и их ранжирования основной целью управления может быть доведение риска до приемлемого уровня или максимальное снижение риска от базового уровня, достигнутое вложением заранее определенного объема финансовых средств. Соответственно этим целям, теория экономического анализа в условиях рыночных отношений предлагает два основных подхода для проведения исследований подобного типа.

Первый подход - «оценка затрат-выгод» - предполагает, что сокращение риска для здоровья должно происходить до тех пор, пока дополнительные выгоды от сокращения риска больше, чем дополнительные затраты на их достижение (достигнутый при этом уровень риска и определяется как «приемлемый»).

Второй подход - «оценка эффективности затрат» - предполагает, что любое сокращение риска для здоровья должно быть осуществлено с наименьшими возможными затратами. Следовательно, оценку эффективности затрат можно использовать для обоснования приоритетов при планировании возможных мероприятий по сокращению риска (от наименее дешевых до наиболее дорогих). Именно второй подход наиболее часто применяется в России, хотя он, с одной стороны, не отвечает на вопрос: до какой величины должен быть сокращен риск? С другой стороны использование подхода «затраты - эффективность» позволяет избежать дискуссии о том, какой риск можно считать приемлемым, и отвечает типичной ситуации, в которой лицо, принимающее решение, имеет в распоряжении лимитированные финансовые ресурсы и стремится в этих условиях добиться максимального снижения риска.

В дальнейшем принятие решений по достижению поставленной цели (принятие плана действий по снижению риска) проводится на основе экономического анализа альтернатив по минимизации риска. Например, такими «альтернативами» являются мероприятия по снижению выбросов, которые могут быть проведены на различных предприятиях изучаемой территории. Обоснование приоритетности этих мероприятий по критерию «эффективности затрат на единицу снижения риска» и определяет план действий.

Таким образом, экономическое обоснование стратегии сокращения риска осуществляется на основании анализа эффективности природоохранных затрат на мероприятия, приводящие к сокращению риска. Такой анализ необходим для

обоснования приоритетов при проведении мероприятий по снижению риска и рационального распределения ограниченных финансовых ресурсов, доступных для осуществления таких мероприятий. На этой основе формируется наилучший сценарий сокращения риска, а затем соответствующий план действий.

Выработка сценария сокращения риска заключается в оценке подходов по сокращению риска, выборе мероприятия или набора мероприятий и их реализации. Оценка эффективности затрат предполагает, что любое сокращение риска для здоровья должно быть осуществлено с наименьшими возможными затратами.

Использование анализа эффективности затрат в практике управления риском предполагает реализацию следующих пяти этапов:

- определить исходные (базовые) уровни риска при имеющемся уровне загрязнения и проранжировать их по значимости **(именно этот этап описан в настоящих рекомендациях);**
- составить наиболее полный список инвестиционных проектов, а также возможных управленческих решений, направленных на сокращение риска: для каждого из мероприятий определить сокращение риска, которое может быть получено в результате его реализации;
- для каждого из предлагаемых мероприятий рассчитать затраты по его реализации;
- рассчитать величину предельных затрат на снижение риска для каждого мероприятия;
- обосновать приоритетность мероприятий по критерию затрат на единицу сокращения риска.

5. Список литературы

1. Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печенникова Е.В., Пономарева О.В. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт) // КЦОР, М., 1996, 159 стр.

2. Авалиани С.Л., Голуб А.А., Струкова Е.Б., Шапошников Д.А. Основные положения методических рекомендаций по анализу эффективности мероприятий по охране атмосферного воздуха на основе расчета затрат на сокращение риска // «Укрепление экологических фондов и система управления природоохранной деятельностью». Сб. научных трудов по экономике природопользования, часть2. М., 1998, стр. 32-80.

3. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Андрианова М.М., и др. Основные элементы оценки риска для здоровья. Пособие для семинаров // КЦОР, М., 1998.

4. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Пономарева О.В. и др. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека. Англо-русский глоссарий. // КЦОР, М., 1998.

5. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. и др. Окружающая Среда. Оценка риска для здоровья. Отчет по проекту: «Обоснование приоритетности природоохранных мероприятий в Самарской области на основе эффективности затрат по снижению риска для здоровья населения». (Опыт применения методологии оценки риска в России). М., 1999, КЦОР.

6. Новиков С.М., Курляндский Б.А. и др. Применение факторов канцерогенного потенциала при оценке риска воздействия химических веществ (Методические рекомендации) // М., 2000 г.

7. Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Методические рекомендации) // М., 2000 г.

8. Оценка риска для здоровья населения г.В.Пышма в связи с загрязнением объектов окружающей среды с учетом различных путей поступления по данным мониторинга. ЦПРП, Проект по управлению окружающей средой РФ, Отдел экологической эпидемиологии, // г.Екатеринбург, 1999, 148 стр.

9. Порфирьев Б.Н., Быков А.А. Управление риском. Окружающая Среда. Оценка риска для здоровья. Отчет по проекту: «Обоснование приоритетности природоохранных мероприятий в Самарской области на основе эффективности затрат по снижению риска для здоровья населения». (Опыт применения методологии оценки риска в России). Часть 2. М., 1999, КЦОР.

10. Применение методологии оценки риска для установления связи здоровья населения с техногенным загрязнением окружающей среды. (Информационно-методическое письмо) ЦПРП, г.Екатеринбург, №16/2-107 от 26.07.99.

11. Сравнительная оценка экологической эффективности оздоровительных мероприятий по снижению промышленных выбросов АО "Северсталь" г.Череповец, РФ. Итоговый отчет по Задаче 6.2. ЦПРП Проект по управлению окружающей средой РФ. Отдел экологической эпидемиологии, // М., 1999, 57 стр.

12. U.S. EPA. Memorandum: Guidance on Risk Characterization for Risk Manager and Risk Assessors. Washington, 1992.

13. US EPA. A Guidebook to Comparing Risks and Setting Environmental Priorities // EPA 230-B- 93-003, September, 1993.

14. U.S EPA. Policy for Risk Characterization. Washington, 1995.

15. US EPA. Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. EPA/600/P-92/003C. Washington, 1996.

16. California EPA. Technical Support Document for the Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels. Berkley, October 1997.

17. Larson B.A., Avaliani S.L., Filatov B.N., Golub A.A., et al. Particulate Healh Risks in Volgograd, Russia: A Combined Quantitative Risk Assessment, Cost-Effectiveness Analysis, and Benefit-Cost Analysis // HIID, Working Papers, 1997, 28 July

18. Larson B., Vincent J., Rosen S., Golub A. Avaliani S. The Economics of Air Pollution Health Risks in Russia: A Case-study of Volgograd // World Development, 1999, Vol.27, No 10, pp.1803-1819.

gost.e-ecolog.ru