

**КАЗАНСКИЙ ПРИВОЛЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ
КАФЕДРА БИОЭКОЛОГИИ, ГИГИЕНЫ И ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ**

**Оценка канцерогенного риска для здоровья
населения при воздействии химических веществ**

Учебное пособие

Казань, 2016

ББК 51.21
УДК 613.2: 614.31

Печатается по решению учебно-методической комиссии Института
Фундаментальной медицины и биологии КФУ
Протокол № 3 от 24 ноября 2016 г

Рецензенты:

Заведующий кафедрой общей гигиены ГБОУ ДПО «Казанская
Государственная медицинская академия» Минздрава России
доцент, д.м.н. Юсупова Н.З.

Заведующий кафедрой профилактической медицины и экологии человека ФПК и
ППС ГБОУ ВПО «Казанский ГМУ» Минздрава России
проф., д.м.н. Имамов А.А.

Составители:

Степанова Наталья Владимировна д.м.н., профессор кафедры биоэкологии,
гигиены, общественного здоровья

Валеева Эмилия Рамзиевна д.м.н., профессор кафедры биоэкологии, гигиены,
общественного здоровья

Фомина Сурьяна Фаритовна аспирант кафедры биоэкологии, гигиены,
общественного здоровья

Оценка канцерогенного риска для здоровья населения при воздействии
химических веществ /Н.В. Степанова, Э.Р. Валеева, Фомина С.Ф. – Казань: К(П)ФУ.-
ИФМиБ.- 2016.- 128 с.

Учебное пособие предназначено студентам, обучающимся на медицинских
факультетах университета и изучающих в соответствии с учебными планами
дисциплины «Гигиена», «Гигиена и экология человека» и «Медицинская экология»
лечебного, стоматологического, фармацевтического факультетов, магистров
биологических специальностей с целью изучения основных подходов к оценке
канцерогенного риска. Подготовлено на основе опыта проведения занятий со
студентами медицинских специальностей в Институте фундаментальной медицины
и биологии. Соответствует требованиям ФГОС высшего профессионального
образования к данным дисциплинам при реализации основных профессиональных
образовательных программ высшего образования.

**«Публикация осуществлена при финансовой поддержке РГНФ и Правительства
Республики Татарстан в рамках научного проекта №15-16-16008».**

© Степанова Н.Р., Валеева Э.Р., Фомина С.Ф., 2016

© Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
1. Анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов	5
2. Выбор приоритетных для исследования химических веществ.....	7
3. Характеристика неопределенности идентификации опасности.....	13
4. Оценка зависимости "доза -ответ".....	14
5. Параметры для оценки канцерогенного риска.....	17
6. Выбор параметров зависимости "доза - ответ" для оценки риска. Анализ определенностей.....	20
7. Оценка экспозиции.....	21
8. Характеристика зоны воздействия.....	26
9. Пути распространения химических веществ в окружающей среде и их воздействие на человека.....	31
10. Определение степени воздействия (количественная характеристика экспозиции).....	37
11. Оценка риска канцерогенных эффектов.....	46
12. Классификация уровней риска.....	55
13. Обобщение информации о риске.....	57
14. Сравнительная оценка рисков.....	58
15. Факторы, влияющие на надежность оценок риска.....	59
16. Ситуационные задачи.....	65
17. Литература.....	78
17. Интернет-ресурсы.....	79
Приложения:	
Приложение 1.....	82
Приложение 2.....	89
Приложение 3.....	91
Приложение 4.....	95
Приложение 5.....	109
Приложение 6.....	120

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебном пособии приводится рассмотрение новых тенденций и направлений методологии оценки и анализа канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих окружающую среду, и современных проблем развития отечественной методологии оценки. Наиболее подробно рассматриваются: доказательная база оценки риска, современные методы и проблемы оценки канцерогенного риска, гигиеническое нормирование с учетом оценки риска, экономические аспекты методологии. Особое внимание уделено причинам практическому использованию методологии оценки риска. Рассматриваются основные подходы к расчету воздействующих экспозиционных доз и критерии оценки уровней риска. Пособие содержит традиционные подходы действующего документа (Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04).

Канцерогенный риск - вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска.

Канцерогенный эффект - возникновение новообразований при воздействии факторов окружающей среды.

1. Анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов

Анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов основан на установлении степени доказанности канцерогенности исследуемого вещества для человека; выявлении условий реального проявления канцерогенного эффекта; оценки соответствия этих условий специфическим особенностям выбранного сценария воздействия.

На этапе идентификации опасности в качестве потенциальных химических канцерогенов рассматриваются вещества, относящиеся к группам 1, 2А, 2В по классификации МАИР.

Для химических канцерогенов необходимо установить наличие критериев для последующей оценки риска - факторов канцерогенного потенциала (SF) при пероральном (SFo) и ингаляционном (SF_i) воздействии, а также показатели единичного риска (UR_i). Более подробно критерии канцерогенного риска рассмотрены в разделе 5.

С целью характеристики наличия информации, необходимой на последующих этапах оценки риска канцерогенов, следует обобщить сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов в сводной табл. 1.

Таблица 1.

Сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов

Вещество	CAS	Пероральное поступление			Ингаляционное воздействие			
		МАИР	ЕРА	SFo	МАИР	ЕРА	SF _i	UR _i

Примечание: МАИР - классификация Международного агентства по изучению рака; ЕРА – классификация степени доказанности канцерогенности для человека U.S. EPA; SFo, SFi - факторы канцерогенного потенциала для перорального и ингаляционного путей поступления (мг/(кг x сут.));

URi - единичный риск при ингаляционном воздействии на 1 мг/куб.м.

На этапе идентификации опасности следует провести анализ наличия данных о референтных уровнях при острых и/или хронических воздействиях химических веществ, включенных в предварительный перечень приоритетных соединений. Одновременно необходимо указать те критические органы/системы и эффекты, которые соответствуют установленным референтным дозам/концентрациям. Также следует указать имеющиеся сведения об эпидемиологических критериях риска анализируемых веществ. Более подробные сведения о референтных уровнях воздействия и эпидемиологических критериях риска рассмотрены в разделе 5.

Информацию о параметрах опасности неканцерогенных эффектов следует обобщить в сводной табл. 2.

Таблица 2

Сведения о параметрах опасности развития неканцерогенных эффектов

Вещество (CAS)	RfD, мг/кг	Критический эффект	Источник данных	RfC, мг/куб. м	Критический эффект	Источник данных	ЭКР

Примечание. RfD - референтная доза, RfC - референтная концентрация, ЭКР - наличие эпидемиологических критериев риска (т.е.

зависимостей "концентрация - ответ", полученных в эпидемиологических исследованиях).

При анализе перечня потенциально приоритетных веществ необходимо выделить группы веществ, которые предположительно одновременно поступают в организм. Для таких химических соединений необходимо провести сопоставление критических органов/систем и эффектов, а также на основе имеющихся литературных данных или аналогии со структурно близкими веществами попытаться предположить тип их совместного (комбинированного и комплексного) действия. В качестве консервативного подхода к оценке комбинированного действия неканцерогенов используется предположение об аддитивности действия веществ, воздействующих на одни и те же органы или системы организма.

На этапе идентификации опасности рекомендуется сгруппировать вещества по их вредным эффектам и/или критическим органам и системам: канцерогены; вещества, воздействующие на печень, почки, органы дыхания и т.д.

2. Выбор приоритетных для исследования химических веществ

Максимально полный перечень потенциально приоритетных веществ на исследуемой территории необходимо проанализировать с целью выявления химических соединений, представляющих повышенную опасность, и выделенных в процессе формирования предварительного сценария воздействия и путей их поступления в организм человека.

Этапами формирования окончательного перечня приоритетных веществ являются: сбор данных о химических веществах, потенциально способных воздействовать на здоровье населения; анализ их опасности (вредности для здоровья человека), а также имеющейся информации о

концентрациях в различных объектах окружающей среды; предварительное ранжирование химических веществ с учетом объема их поступления в окружающую среду и степени выраженности их канцерогенных и токсических свойств; определение типичных сценариев экспозиции для выбранных веществ; расчет рисков для этих сценариев воздействия с использованием стандартных методов и доступных данных о параметрах опасности, концентрациях в окружающей среде и зависимостях "доза - ответ" (референтные уровни воздействия, факторы канцерогенного потенциала); ранжирование химических веществ с учетом полученных ориентировочных значений канцерогенных и неканцерогенных рисков; составление окончательного перечня приоритетных химических соединений, подлежащих дальнейшей оценке.

Всесторонняя оценка риска воздействия на здоровье человека всех потенциально вредных веществ хотя и желательна, но реально неосуществима из-за большого объема исследования и требуемых материальных ресурсов, а также из-за отсутствия адекватных данных об уровнях воздействия и потенциальной опасности ряда химических соединений. В связи с этим анализ обычно проводится на основе детального исследования ограниченного числа (обычно до 30) приоритетных (индикаторных) веществ, которые наилучшим образом характеризуют реальный риск для здоровья населения, проживающего на исследуемой территории.

Ведущими критериями для выбора приоритетных (индикаторных) загрязняющих веществ являются их токсические свойства, распространенность в окружающей среде и вероятность их воздействия на человека:

- количество вещества, поступающее в окружающую среду;
- численность населения, потенциально подверженного воздействию;
- высокая стойкость (персистентность) вещества в объекте окружающей среды;

- способность к биоаккумуляции; способность вещества к межсредовому распределению, миграции из одной среды в другие среды, что проявляется в одновременном загрязнении нескольких сред и пространственном распространении загрязнения;

- опасность для здоровья человека, т.е. способность вызывать вредные эффекты (необратимые, отдаленные, обладающие высокой медико-социальной значимостью).

Исключение химических соединений из первоначального перечня анализируемых веществ осуществляется с использованием следующих критериев:

- отсутствие результатов измерений концентраций вещества или ненадежность имеющихся данных при невозможности в рамках проекта ориентировочно оценить уровни экспозиции;

- концентрация неорганического соединения (железа, кальция и др.) ниже естественных фоновых уровней;

- вещество обнаружено только в одной или двух средах, в небольшом числе проб (менее 5%);

- концентрация вещества существенно ниже референтных (безопасных) уровней воздействия: величина коэффициента опасности (HQ) меньше 0,1, канцерогенный риск меньше 10 при условии, что при комбинированном действии с другими химическими соединениями, обладающими однородным действием и/или действующими на одни и те

же органы или системы, исключение данного соединения не приведет к существенному снижению суммарного риска;

- отсутствие выраженной токсичности и подозрений в отношении канцерогенности для человека;

- отсутствие адекватных данных о биологическом действии вещества при невозможности ориентировочного прогноза показателей токсичности и опасности (путем анализа зависимостей "химическая структура - биологическая активность", экстраполяции с других путей поступления в организм или другой продолжительности воздействия и др.);

- концентрация эссенциального элемента находится в пределах его рекомендуемого суточного поступления.

Существенное сужение перечня анализируемых химических соединений может резко исказить итоговые величины рисков, что неминуемо приведет к неверным результатам при ранжировании источников риска. В связи с этим целесообразно провести хотя бы разовые измерения концентраций с последующим расчетом уровней риска.

Соблюдение действующих гигиенических нормативов не является основанием для исключения вещества из перечня анализируемых химических соединений, т.к. ряд гигиенических нормативов в атмосферном воздухе и в воде нуждаются в корректировке из-за высоких значений потенциального канцерогенного риска на уровне ПДК. Гигиенические нормативы в атмосферном воздухе, предназначенные для коротких периодов усреднения (среднесуточные ПДК), нуждаются в обосновании правомерности использования их для длительных периодов усреднения (среднегодовые ПДК). Значительное число нормативов в атмосферном воздухе, установленных по рефлекторному эффекту (38%

веществ), и в воде, установленных по органолептическому или общесанитарному показателю вредности (67% веществ), не отражают прямые токсические эффекты на здоровье, используемые при оценке риска.

Приоритетность химических соединений оценивается также на основании принадлежности к отечественным, зарубежным и международным перечням приоритетных и особо опасных химических веществ, а также к перечням химических соединений, являющихся типичными компонентами загрязнения городской среды или характерными для выбросов/сбросов от конкретных промышленных объектов (ТЭЦ, мусоросжигательные заводы, нефтеперерабатывающие предприятия и др.) и автотранспорта. Основные отечественные и международные перечни приоритетных и опасных химических веществ обобщены в компьютерной системе, разработанной в ГУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина РАМН. Сведения о приоритетности анализируемых веществ могут быть получены также в Российском регистре потенциально опасных химических и биологических веществ. В качестве примера приведен перечень типичных загрязнений атмосферного воздуха крупных городов.

В процессе идентификации опасности при отборе химических соединений для дальнейших исследований необходимо регистрировать все первоначально включенные и в последующем исключенные химические соединения в сводную таблицу 3.

Таблица 3

Химические вещества , проанализированные на этапе идентификации
опасности

Вещество	CAS	Причина включения в список	Причина исключения из списка	Включено в оценку риска (+/-)

Результаты оценки приоритетности и ранжирования с использованием вышеизложенного метода представляются в формате рекомендуемой табл. 4.

Таблица 4.

Таблица для выделения приоритетных загрязнителей

N п/ п	К од	Наименование веществ	C A S	ПД В, т/ год	ПДК сс	Референтная концентрация	Канцерогенная опасность (по группе МАИР <*>)	Фактор канцерогенного потенциала , SF	Индекс сравнительной опасности , HRI	Коэффициент канцерогенной опасности , HRIc	Ранг по неканцерогенному действию	Ранг по канцерогенной опасности

<*> МАИР - Международное агентство исследования рака.

С использованием величин индексов сравнительной опасности отдельно ранжируются списки канцерогенов и неканцерогенов. Результаты оценки приоритетности и ранжирования потенциально опасных для здоровья химических веществ следует вносить в итоговую табл. 5.

Таблица 5.

Химические вещества, включенные в последующую оценку риска

Вещество	CAS	Принадлежность к перечням приоритетных и особо опасных веществ				Ранг	
						канцерогены	неканцерогены

3. Характеристика неопределенности идентификации опасности

Обязательным этапом идентификации опасности является оценка неопределенностей, т.е. достаточно полное описание всех ошибок, неточностей, недостаточно надежных предположений и заключений, которые могут отразиться на конечных результатах характеристики риска и формулируемых выводах.

Основными источниками неопределенности этапа идентификации опасности являются: неполные или неточные сведения об источниках загрязнения окружающей среды, качественные и количественные характеристики эмиссий химических веществ; ошибки в прогнозе судьбы и транспорта химических веществ в окружающей среде; недостаточная степень полноты, достоверности и репрезентативности химико-аналитических данных; слабая доказательность или отсутствие данных о вредных эффектах у человека.

Идентификация опасности должна включать критический обзор каждого отдельного результата и всей базы данных, имеющих отношение к токсичности анализируемого вещества, с выводами о токсичности для экспонируемых человеческих популяций и возможности использования для предсказания токсических эффектов у человека данных, полученных на животных.

По завершении этапа идентификации опасности для каждого из отобранных веществ должны быть установлены наиболее важные вредные эффекты (критические органы/системы, виды критических эффектов); оценена весомость имеющихся доказательств; дана характеристика процессов абсорбции, распределения, выведения и метаболизма химического соединения; оценена релевантность (соответствие) имеющихся данных для человека, включая потенциально чувствительные подгруппы населения; проведен критический анализ сделанных предположений и допущений.

Информация, собранная и проанализированная на этапе идентификации опасности, в дальнейшем используется для оценки зависимости "доза (концентрация) - ответ" и планирования исследований по оценке экспозиции.

4. Оценка зависимости "доза - ответ"

Оценка зависимости "доза - ответ" - это процесс количественной характеристики токсикологической информации и установления связи между воздействующей дозой (концентрацией) загрязняющего вещества и случаями вредных эффектов в экспонируемой популяции.

Анализ зависимости "доза - ответ" предусматривает установление причинной обусловленности развития вредного эффекта при действии данного вещества, выявление наименьшей дозы, вызывающей развитие наблюдаемого эффекта, и определение интенсивности возрастания эффекта при увеличении дозы.

Международная методология оценки риска предполагает, что:

- канцерогенные эффекты при воздействии химических канцерогенов, обладающих генотоксическим действием, могут возникать при любой дозе, вызывающей инициирование повреждений генетического материала;
- для неканцерогенных веществ и канцерогенов с негенотоксическим механизмом действия предполагается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают.

Целью данного этапа является обобщение и анализ всех имеющихся данных о гигиенических нормативах, безопасных уровнях воздействия (референтных дозах и концентрациях), критических органах/системах и вредных эффектах, а также оценка применимости этих данных для решения задач, поставленных в проекте по оценке риска.

На данном этапе осуществляется совместный анализ качественных данных о показателях опасности анализируемого химического соединения, полученных в процессе идентификации опасности, и сведений о количественных параметрах зависимостей "концентрация (доза) - ответ".

Оценка риска сугубо конкретна и оценивает риск развития конкретных вредных эффектов и/или степень правдоподобия поражения определенных органов и систем организма человека.

Ориентироваться следует на тот вредный эффект, который возникает при действии наименьшей из эффективных доз (критический эффект, критические органы/системы). Такой подход используется при установлении референтных уровней воздействия химических веществ. При этом, однако, не следует игнорировать и другие вредные эффекты, возникающие при дозах, превышающих пороговую.

Характеристиками зависимости "доза - ответ", которые наиболее часто используются для оценки канцерогенного риска, а также рисков для здоровья при воздействии некоторых наиболее распространенных химических загрязнений, достаточно подробно изученных в эпидемиологических исследованиях, являются: величина наклона зависимости, отражающая возрастание вероятности развития вредной реакции при увеличении дозы (концентрации) на 1 мг/кг или 1 мг/куб. м; уровень воздействия, связанный с определенной вероятностью эффекта (показатели этой группы применяются для установления реперных, т.е. опорных доз и концентраций). Для характеристики риска развития неканцерогенных эффектов наиболее часто используются такие показатели зависимостей "доза - ответ", как максимальная недеятельная доза и минимальная доза, вызывающая пороговый эффект (для неканцерогенов и канцерогенов, обладающих негенотоксическим механизмом действия). Эти показатели являются основой для установления уровней минимального риска - референтных доз (RfD) и концентраций (RfC) химических веществ. Их применение характеризует правдоподобие отсутствия вредных реакций. Превышение референтной (безопасной) дозы не обязательно связано с развитием вредного эффекта: чем выше воздействующая доза и чем больше она превосходит

референтную, тем выше вероятность появления вредных ответов. Однако оценить эту вероятность при данном методическом подходе не возможно. В связи с этим итоговые характеристики оценки экспозиции на основе референтных доз и концентраций получили название коэффициенты и индексы опасности (HQ, HI). Слово "опасность" в названиях этих характеристик подчеркивает их отличие от традиционного понятия о риске, как количественной меры вероятности развития вредного эффекта.

5. Параметры для оценки канцерогенного риска

Канцерогенез - многостадийный процесс, включающий три основные стадии: инициация (мутационные процессы в клетке), промоция (преобразование инициированных клеток в опухолевые) и прогрессия (приобретение клетками свойств злокачественности). Механизм канцерогенного действия может быть связан как с прямым повреждением генома (генотоксические канцерогены), так его опосредованным повреждением (эпигенетические канцерогены). Предполагается, что действие генотоксических канцерогенов не имеет порога канцерогенного действия. Негенотоксические канцерогены могут обладать порогом вредного действия, ниже которого канцерогенный риск не возникает.

Оценка зависимости «доза — ответ» у канцерогенов с беспороговым механизмом действия осуществляется путем линейной экстраполяции реально наблюдаемых в эксперименте или в эпидемиологических исследованиях зависимостей в область малых доз и нулевого канцерогенного риска (рис.1).

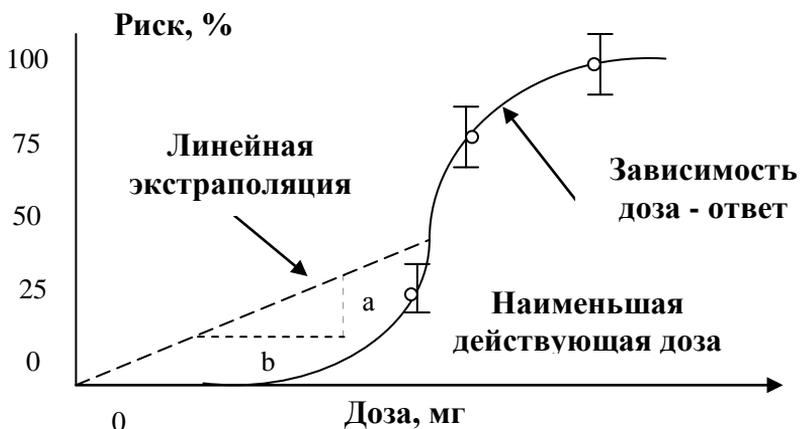


Рисунок 1. Зависимость доза – ответ для химического канцерогена

Основной параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного агента с беспороговым механизмом действия - фактор канцерогенного потенциала (CPF) или фактор наклона (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу. Фактор наклона имеет размерность $(\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$. Этот показатель отражает верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую продолжительность жизни человека (70 лет). Значения SF устанавливаются отдельно для ингаляционного (SF_i) и перорального (SF_o) поступления химических канцерогенов (рис. 2).

Зависимость "доза - ответ"

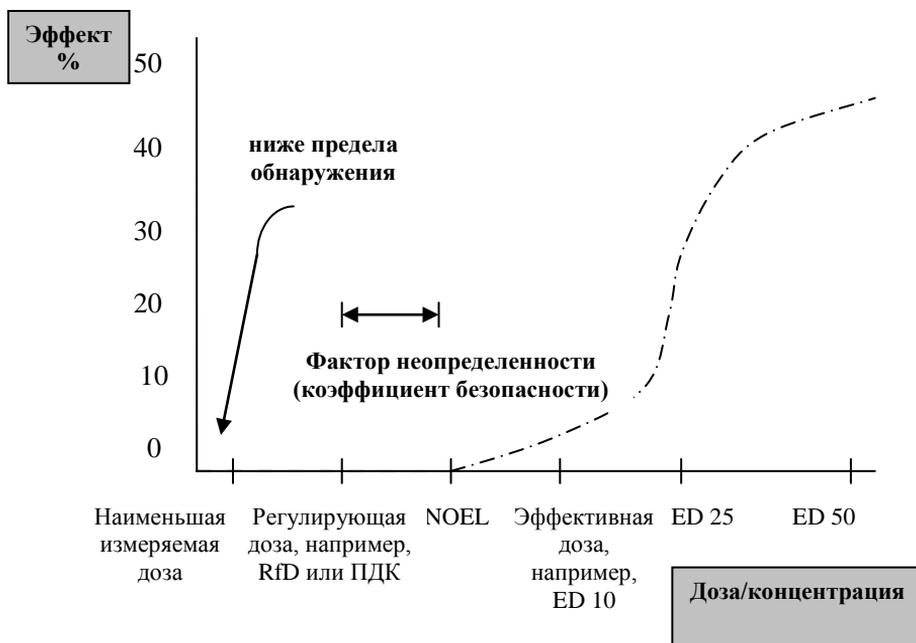


Рисунок 2. Фактор неопределенности зависимости "доза-ответ"

Существует перечень канцерогенных веществ с отобранными в соответствии с международными рекомендациями факторами канцерогенного потенциала, классами канцерогенности по классификациям U.S. EPA и МАИР (в Приложении Р 2.1.10.1920 - 04).

Другим параметром для оценки канцерогенного риска является величина так называемого единичного риска (UR), представляющего собой верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска у человека, подвергающегося на протяжении всей своей жизни постоянному воздействию анализируемого канцерогена в концентрации 1 мкг/м^3 (атмосферный воздух) или 1 мкг/л (питьевая вода). Единичный риск рассчитывается по специальным формулам с использованием величины SF и стандартных

значений массы тела человека (70 кг), суточного потребления воздуха (20 м³/сут.) и питьевой воды (2л/сут.):

$$URi [м^3/мг] = SFi [(кг \times сут.)/(мг)] \times 1/70 [кг] \times 20[м^3/сут.]$$

$$URo [мг/л] = SFo [(кг \times сут.)/(мг)] \times 1/70 [кг] \times 2[л/сут.]$$

В настоящее время имеются лишь единичные данные о значениях SF для накожного пути поступления химических веществ (SFd). В международно признанной методологии оценки риска величина SFd для накожного воздействия рассчитывается исходя из значений коэффициента абсорбции в желудочно-кишечном тракте (GIABS) и величины SFo, полученной при пероральном введении химического канцерогена. В основе данного подхода лежит расчет абсорбированной дозы и предположение о биологической эквивалентности абсорбированных доз при перкутанном и пероральном путях поступления:

$$SFd = SFo / GIABS$$

6. Выбор параметров зависимости "доза - ответ" для оценки риска. Анализ неопределенностей

Выбор параметров для последующего расчета риска во многом определяется целью и задачами исследований. Обоснование показателей, используемых для оценки риска, осуществляется на основе новейших и наиболее достоверных данных о влиянии химических веществ на здоровье человека.

Основными источниками неопределенностей, которые могут иметь место при проведении оценки зависимости "доза/концентрация - ответ", являются неопределенности:

- связанные с установлением референтного уровня воздействия;
- обусловленные переносом результатов эпидемиологических исследований на оцениваемую экспонируемую популяцию;
- связанные с установлением степени доказанности канцерогенного эффекта у человека;
- в определении критических органов/систем и вредных эффектов;
- связанные с незнанием механизмов взаимодействия компонентов смесей химических веществ или особенностей токсикокинетики и токсикодинамики при разных путях поступления вредного вещества в организм и при одновременном его поступлении разными путями.

7. Оценка экспозиции

Оценка экспозиции (воздействия) представляет собой один из важнейших и, как правило, наиболее точных из всех четырех этапов исследования риска. Оценка воздействия - это междисциплинарное направление исследований, которое требует комплексного участия специалистов разного профиля: гигиенистов, токсикологов, эпидемиологов, химиков, профпатологов, клиницистов, метеорологов, математиков, инженеров, а также ученых в области социальных дисциплин. Оценка воздействия, наравне с эпидемиологическими и токсикологическими исследованиями, является определяющей при установлении риска для здоровья загрязнения окружающей среды и зависимостей "доза - ответ".

Экспозиция (воздействие) - контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом. Величина экспозиции определяется как измеренное или рассчитанное количество агента в конкретном объекте окружающей среды, находящееся в соприкосновении с так называемыми пограничными органами человека (легкие, пищеварительный тракт, кожа) в течение какого-либо точно установленного времени. Экспозиция может быть выражена как общее количество вещества в окружающей среде (в единицах массы, например, мг), или как величина воздействия - масса вещества, отнесенная к единице времени (например, мг/день), или как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела, мг/(кг x день).

Оценка экспозиции является этапом оценки риска, в процессе которого устанавливается количественное поступление агента (химического, физического, биологического) в организм разными путями (ингаляционным, пероральным, кожным) в результате контакта с различными объектами окружающей среды (воздух, вода, почва, продукты питания).

Оценка экспозиции заключается в измерении или определении (качественном и количественном) выраженности, частоты, продолжительности и путей воздействия химических соединений, находящихся в окружающей среде. Оценка экспозиции описывает также природу воздействия, размеры и характер экспонируемых популяций.

Наиболее важными шагами при оценке экспозиции являются: определение маршрутов воздействия; идентификация той среды, которая переносит загрязняющее вещество; определение концентраций загрязняющего вещества; определение времени, частоты и

продолжительности воздействия; идентификация подвергающейся воздействию популяции.

На этапе оценки экспозиции проводится окончательное уточнение сценария воздействия, характеризующего путь (движение) вещества от места его образования до точки воздействия на человека. С учетом выбранного сценария осуществляется анализ имеющихся данных об уровнях воздействия химических веществ на человека - концентрациях вещества во всех средах в анализируемой точке воздействия. Сценарий воздействия составляется исходя из целей проекта и концептуальной модели исследуемой территории.

Полный сценарий экспозиции, отражающий воздействие на население в реальных условиях, включает оценку поступления химических веществ в организм человека одновременно из разных сред (атмосферный воздух, питьевая вода, вода поверхностного водоема, почва, продукты питания) различными путями (пероральный, ингаляционный, кожный). Такой тип экспозиции характеризуется как многосредовое и комплексное воздействие.

Количественная характеристика многосредового риска позволяет разработать оптимальные управленческие решения по его снижению на основе оценки всех контактирующих сред и путей поступления с учетом их долевого вклада в уровни воздействия на человека.

В зависимости от цели проекта сценарий воздействия может предусматривать оценку поступления химических веществ только из одной среды (например, атмосферного воздуха, воздуха помещений, питьевой воды, продуктов питания и т.д.) и одним путем (например, ингаляционным). В некоторых случаях сценарий воздействия может

ограничиваться оценкой поступления вредных агентов от определенных источников выбросов (например, только стационарные источники/промышленные предприятия или автотранспорт).

Во всех случаях, с целью создания наиболее благоприятных условий для последующего процесса управления риском, на стадии оценки экспозиции обязательным является выявление: конкретного места контакта человека с вредным агентом; относительного вклада каждого специфического источника загрязнения этим агентом в данном месте; факторов окружающей среды, влияющих на характер воздействия, что позволяет обеспечить эффективные и рациональные мероприятия по снижению риска.

Оценка экспозиции может рассматривать прошлые, настоящие и будущие воздействия с различными параметрами для каждой фазы, т.е. моделирование будущих, измерение настоящих и анализ суммирования биологических эффектов для прошлых воздействий.

В целом на этапе оценки экспозиции проводится анализ: источников загрязнения окружающей среды; механизмов образования и поступления загрязнителей; транспорта, накопления и трансформации химических веществ в различных объектах внешней среды; воздействующих на человека сред и путей поступления химических веществ из каждой воздействующей среды; концентраций загрязняющих веществ или продуктов их трансформации в различных средах в точке воздействия на человека (месте его пребывания); а также населения и его чувствительных подгрупп, потенциально подверженных изучаемому воздействию.

Определение экспозиции является составной частью не только оценки риска, но и процесса управления риском, потому что позволяет установить:

- распределение концентраций во времени и пространстве в различных объектах окружающей среды;
- популяции или субпопуляции с высоким и низким риском;
- приоритетные, эффективные и наиболее экономичные программы и мероприятия по снижению риска;
- 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 человека;
- соответствие применяемых мер по снижению загрязнения достижению безопасных для здоровья уровней.

Процесс оценки экспозиции обычно состоит из трех основных этапов.

Первый этап - характеристика окружающей обстановки, которая предусматривает анализ основных физических параметров исследуемой области и характеристику популяций, потенциально подверженных воздействию.

Второй этап - идентификация маршрутов воздействия, источников загрязнения, потенциальных путей распространения и точек воздействия на человека.

Третий этап - количественная характеристика экспозиции предусматривает установление и оценку величины, частоты и продолжительности воздействий для каждого анализируемого пути,

идентифицированного на втором этапе. Наиболее часто этот этап состоит из двух стадий: оценки воздействующих концентраций и расчета поступления. Основные этапы оценки экспозиции представлены на рис.3.

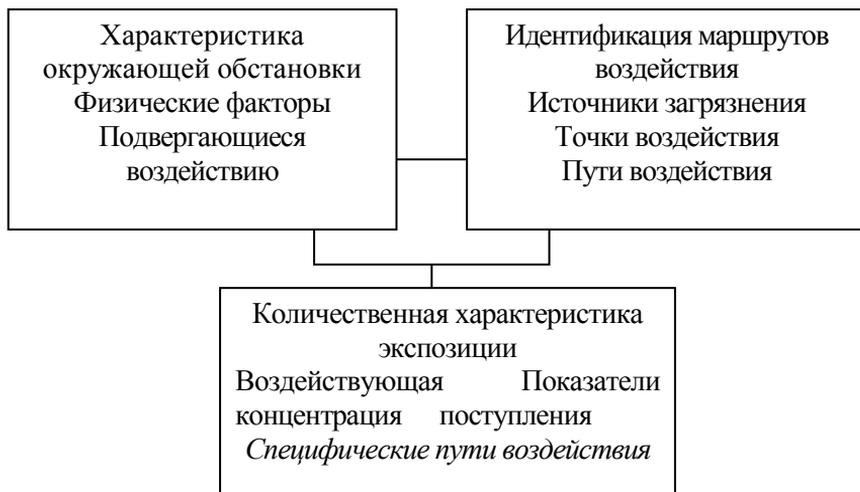


Рис. 3. Основные элементы экспозиции.

8. Характеристика зоны воздействия

На первом этапе оценки экспозиции проводится подробное описание физической среды и детализированная историческая характеристика исследуемой территории. Необходимые данные для анализа должны включать информацию о топографии, гидрогеологии, растительном и животном мире, земельных ресурсах и их использовании, хозяйственной деятельности человека. Исторический обзор должен содержать сведения о сельскохозяйственной, промышленной, коммерческой деятельности, характеристике селитебных зон.

Характеристика физической среды включает в себя анализ следующих свойств и показателей:

- климат (температурный режим, количество осадков, относительная влажность, особенности топографии, высота местности, количество дней с устойчивым снежным покровом, процесс циркуляции воздушных масс и т.д.);

- метеоусловия (например, скорость и направление ветра, повторяемость штилей, туманов, приземных инверсий температуры и др.);

- геологическое строение;

- растительность (например, травяной покров, древесная растительность и др.);

- тип почвы (например, кислый, основной, органический, песчаный и др.);

- гидрологию подземных водных источников (например, глубина, направление и тип водного потока);

- места расположения и описание поверхностных водоемов (например, тип, скорость течения воды, соленость и др.).

На основании характеристик физической среды исследуемой области и анализа исторических данных использования земельных ресурсов делается предварительное заключение о потенциальных путях вредного воздействия, имея в виду все взаимодействующие среды и факторы окружающей среды - почву, подземные и поверхностные воды, осадки, воздушную среду, биоту, а также возможный транспорт вредного вещества из одной среды в другую.

Характеристика населения, потенциально подверженного воздействию на исследуемой территории и вблизи от нее, предусматривает анализ мест проживания (локализация и расстояние от

источника загрязнения окружающей среды), видов деятельности, выявление чувствительных подгрупп. В анализ следует включать все группы популяции, потенциально подверженные воздействию исследуемых факторов, даже если они проживают вдали от источника загрязнения (например, население, потребляющее загрязненную водопроводную воду или продукты питания, выращенные на загрязненной почве). Кроме того, в анализ следует включать и население, которое может подвергаться воздействиям в будущем, например в результате миграции химических веществ из загрязненной зоны.

Оценка человеческой деятельности обычно проводится по следующей схеме

Определение времени, которое потенциально экспонируемая популяция проводит в загрязненной зоне. Например, если популяция отнесена к производственному сценарию воздействия, то разумной максимальной оценкой ежедневного периода экспозиции является величина - 8 ч (типичный рабочий день). Если же популяция отнесена к сценарию жилой зоны, то максимальная дневная экспозиция может быть принята равной 24 ч. Определение времени, которое потенциально экспонируемая популяция проводит в помещении, на открытой местности, в транспорте и т.д. с учетом характера деятельности человека в течение суток (например, служащие могут проводить практически весь свой рабочий день в помещении, в то время как строительные рабочие большую часть времени находятся на открытой местности). Определение зависимости человеческой деятельности от сезона года. Определение возможности временного или постоянного нахождения населения в

загрязненной зоне (например, дети могут играть вблизи загрязненной зоны, а население жилых районов может периодически входить в эту зону или пересекать ее).

Идентификация любых специфичных для исследуемой зоны характеристик популяции, которые могут влиять на экспозицию. Например, если загрязненная зона расположена вблизи мест ловли рыбы, то потенциально экспонируемая популяция вероятнее всего может потреблять значительно больше загрязненных рыбных продуктов, чем популяция, проживающая вдали от данного водоема.

Входные параметры (факторы, дескрипторы экспозиции), используемые в уравнениях для расчетов экспозиций, по возможности, должны отражать специфические, региональные особенности изучаемых популяций и принятых сценариев воздействия. В случае отсутствия или невозможности их получения применяются стандартные (принимаемые "по умолчанию") факторы экспозиции (Приложение 2, 3).

При анализе информации об исследуемой зоне следует выявить все субпопуляции, которые могут иметь повышенный риск химических воздействий, обусловленный их повышенной чувствительностью, особенностями деятельности и/или предшествующими воздействиями от других источников. *Наиболее чувствительными к действию химических веществ субпопуляциями в ряде случаев могут являться новорожденные и дети, лица пожилого возраста, беременные и кормящие женщины, а также больные хроническими заболеваниями.* Субпопуляции, подверженные повышенному риску вследствие особенностей их деятельности и активности, обычно включают детей (в частности, из-за возможности их контакта с почвой), лиц, которые могут в относительно

больших количествах потреблять рыбу, пойманную в местных водоемах, или выращенные в данной местности продукты питания (например, овощи). Субпопуляции повышенного риска, связанного с предшествующими воздействиями, включают индивидуумов, контактировавших с химическими веществами на производстве, а также лиц, ранее проживавших на загрязненных территориях. Выявление субпопуляций, требующих повышенного внимания, проводится на основе установления места расположения в исследуемой зоне школ, детских дошкольных учреждений, больниц и поликлиник, жилых зон, мест отдыха и рыбной ловли, основных промышленных и сельскохозяйственных объектов.

Для сценариев жилых районов при оценке риска требуется учитывать воздействие на детей: отдельно до 6 лет, от 6 лет до 18 лет; и на взрослых - от 18 лет и старше. В случае возможного поступления химических веществ в организм ребенка с молоком матери целесообразно дополнительно оценивать воздействие на грудных детей (0 - 1 год). Выделение возрастных групп, соответствующих важным периодам жизни отдельной когорты, необходимо для оценки риска возможного длительного воздействия на одну и ту же популяцию от детского возраста до старости (табл.6).

Recommended Set of Childhood Age Groups for Agency Exposure Assessments

Age Groups	Age Groups \geq 1 Year
Birth to <1	1 to <2 years
1 to <3	2 to <3 years
3 to <6	3 to <6 years
6 to <12	6 to <11 years
	11 to <16 years
	16 to <21 years

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2005) Guidance on selecting age groups for monitoring and assessing childhood exposures to environmental contaminants. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/630/P-03/003F. Available from: National Technical Information Service, Springfield, VA, and online at <http://epa.gov/ncea>.

***9. Пути распространения химических веществ
в окружающей среде и их воздействие на человека.***

Маршрут воздействия, который описывает движение химического вещества от источника его поступления в окружающую среду до подвергающегося воздействию индивидуума, является обязательной составной частью любого сценария экспозиции. Основной задачей анализа пути воздействия является установление связи между источниками выброса загрязнителей, их месторасположением, способами попадания химических веществ в окружающую среду и местами расположения различных популяций населения и их деятельностью.

Маршрут воздействия/путь химического вещества описывает механизм, посредством которого индивидуум или популяция

подвергаются воздействию химического вещества, точку воздействия и путь поступления.

Каждый путь характеризует механизм воздействия исследуемых факторов на население, связанных с определенными источниками загрязнения окружающей среды. Если точка воздействия отдалена от источника, то маршрут воздействия включает в себя также транспортную (в случае межсредовых переходов) и воздействующую среды.

Оценка маршрута воздействия включает характеристику:

- источников загрязнения, выбросов и сбросов химических веществ, мест их нахождения;

- вероятного(ой) поведения (судьбы) химических соединений в окружающей среде (персистентность, деградация, распределение, транспорт, межсредовые переходы);

- мест проживания и видов деятельности экспонируемых популяций.

Таким образом, составными частями полного маршрута воздействия являются три основных элемента (рис. 4):

1. Источник и механизм поступления химического вещества в окружающую среду.

2. Воспринимающая (первично загрязняемая), транспортирующая и воздействующая среды.

3. Место потенциального контакта человека с загрязненной окружающей средой (точка воздействия).

Контакт человека с химическим веществом при потреблении воды, продуктов питания, дыхании и через кожные покровы (путь поступления).

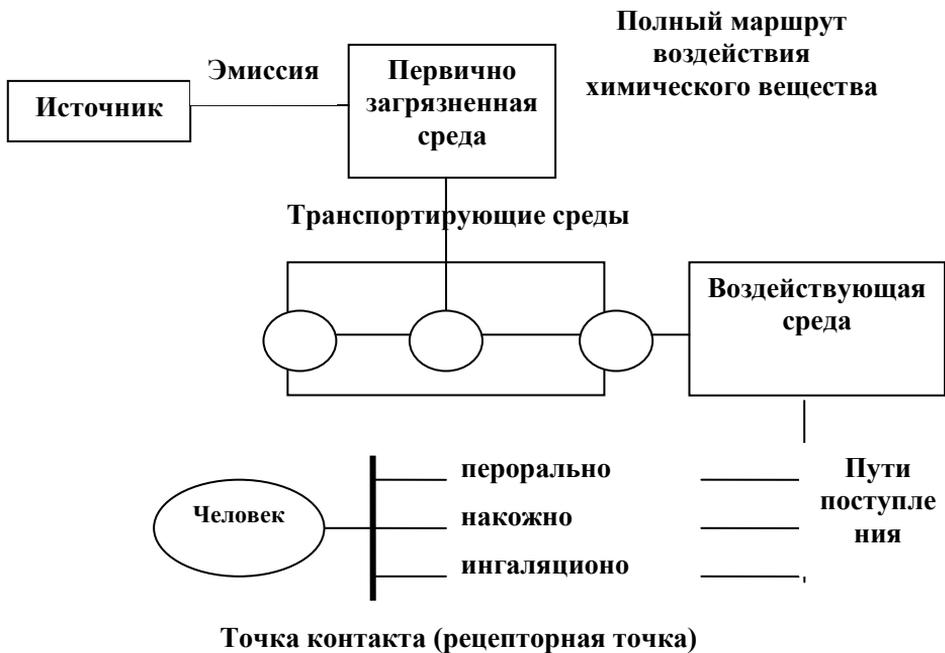


Рис. 4. Маршрут воздействия вещества

Составными частями полного маршрута воздействия являются четыре основных элемента:

- источник и механизм поступления химического вещества в окружающую среду;
- воспринимающая (первично загрязняемая), транспортирующая и воздействующая среды;
- место потенциального контакта человека с загрязненной окружающей средой (точка воздействия/рецепторная точка);
- пути поступления при контакте человека с химическим веществом - пероральный, ингаляционный, кожная абсорбция при потреблении воды, продуктов питания, дыхании и через кожные покровы.

К источникам поступления химических веществ в окружающую среду относятся такие процессы, как производство/получение, очищение, обработка, вывоз, хранение, транспортировка, самопроизвольное/случайное получение (в результате побочных реакций) вещества и естественные источники.

Среда, загрязненная в результате предшествующего поступления химического вещества из источника загрязнения (первично загрязняемая среда), может, в свою очередь, стать источником загрязнения по отношению к другим средам. Например, почва, загрязненная вследствие разлива химического вещества, может стать источником загрязнения подземных или поверхностных водоисточников. В ряде случаев источник сам по себе является точкой воздействия (например, загрязненная почва). В таких ситуациях путь воздействия состоит из источника, точки воздействия и пути поступления.

Обязательному учету подлежат процессы переноса, накопления и трансформации химических веществ в окружающей среде и их межсредовое распределение. Вещество, однажды попавшее в окружающую среду, может переноситься в неизменном виде или трансформироваться в ходе физических процессов (испарение, абсорбция/десорбция), претерпевать химические трансформации, такие как фотолиз, гидролиз, окисление или восстановление, подвергаться биотрансформации (биodeградация или аккумуляция в одной или нескольких средах).

В обобщенном виде эти процессы могут быть представлены следующим образом:

- транспорт (перенос химического вещества и его межсредовые переходы);

- физическая трансформация (например, испарение, осаждение);
- химическая трансформация (фотолиз, гидролиз, окисление, восстановление и т.д.);
- биологическая трансформация (например, биодegradация);
- аккумуляция в одной или нескольких средах, включая воспринимающую загрязнение среду.

Воздействие из окружающей среды может быть прямым (например, вдыхание атмосферного воздуха) или косвенным (например, вдыхание паров вредных веществ, испарившихся из подземных вод, почвы и проникших в воздух помещений). Итоговая характеристика и окончательное формирование сценариев воздействия проводится на основе определения приоритетных путей поступления, т.к. путь воздействия определяет степень абсорбции. Полный маршрут воздействия оценивается при сценарии многосредовой экспозиции, когда анализируются практически все возможные пути поступления вещества (табл. 7).

Таблица 7

Пример сценария многосредового воздействия

Среда	Путь поступления		
	ингаляция	перорально	накожно
Атмосферный воздух	+	-	-
Водопроводная вода	+	+	+
Почва	+	+	+
Вода открытого водоема (плавание)	+	+	+
Пищевые продукты	-	+	-

Сценарий полного маршрута воздействия представляет собой сочетание различных маршрутов воздействия исследуемых химических веществ.

При включении в анализ лишь некоторых из указанных элементов сценарий будет отражать неполный маршрут воздействия. Формирование такого сценария целесообразно в тех случаях, когда одновременное воздействие химических веществ на одну популяцию населения всеми возможными путями маловероятно, в связи с чем следует подразделять сценарии на подсценарии, отражающие причинные соотношения между различными путями воздействия.

Неполный маршрут воздействия анализируется также при сценарии, предусматривающем оценку риска от поступления химических веществ только из одной среды (например, атмосферного воздуха, воздуха помещений, питьевой воды, продуктов питания и т.д.) и одним путем (например, ингаляционным).

Путь воздействия, при котором вероятность контакта человека с химическим веществом наиболее высока и который приводит к накоплению его концентрации, называется главным (принципиальным) путем воздействия.

Исключение того или иного пути воздействия из последующего анализа должно проводиться с большой осторожностью, так как это может приводить к существенным неопределенностям и ошибкам в оценке величины экспозиции.

Аргументами для исключения пути воздействия из анализа могут являться следующие положения:

- экспозиция, обусловленная данным путем воздействия, намного меньше по сравнению с другими путями, включающими ту же среду и те же самые точки воздействия;

- потенциальная степень экспозиции при данном пути воздействия ничтожно мала;

- вероятность экспозиции очень низка и риски, связанные с наличием данного пути воздействия, не высоки.

10. Определение степени воздействия (количественная характеристика экспозиции)

Определение концентраций в точке воздействия.

Количественная характеристика экспозиции предусматривает первоначально оценку воздействующих концентраций для каждого анализируемого пути воздействия, идентифицированного на предыдущем этапе.

Оценка воздействующих концентраций включает определение концентраций химических веществ, воздействующих на человека в течение периода экспозиции.

Концентрация - это содержание конкретного загрязнителя в конкретной среде (например, воздушной) на единицу ее объема (например, мг/куб. м) в определенный промежуток времени. Все замеры концентраций прямо или косвенно связаны с временным интервалом. Даже так называемые приборы непрерывного действия имеют предельное, порой весьма короткое время отклика, и поэтому их показания отражают среднее (или приближенное к среднему) значение фактических концентраций в течение ограниченного времени.

Концентрации в точке воздействия оцениваются с использованием данных, полученных с помощью двух основных подходов количественной характеристики экспозиции: прямого и косвенного.

Прямые методы исследования включают персональный мониторинг загрязнителей в зоне дыхания и использование биологических маркеров.

Косвенные (непрямые) методы включают непосредственное измерение образцов проб в разных средах, моделирование распространения химических веществ в окружающей среде, анкетирование, использование суточных дневников и модели экспозиции.

Программа исследований по оценке экспозиции должна включать сочетанное использование данных методов для достижения основной цели - наиболее точного установления реальных уровней воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на организм человека.

Воздействующие концентрации чаще всего оцениваются на основе:

- 1) результатов мониторинга объектов окружающей среды;
- 2) моделирования распространения и поведения химических веществ в окружающей среде;
- 3) комбинации результатов мониторинга с данными, полученными с применением моделирования;
- 4) моделей экспозиции.

При оценке риска по полной (базовой) схеме используются результаты мониторинга концентраций химических веществ в анализируемых объектах окружающей среды и/или данные, полученные на основе моделирования рассеивания загрязнителей за период не менее 3 - 5 лет с учетом инвентаризации выбросов.

Мониторинг объектов окружающей среды.

Мониторинг качества объектов окружающей среды является важнейшим инструментом для аналитического определения содержания химических веществ в каждой анализируемой среде.

Конкретный выбор анализируемых загрязнителей, временные масштабы и места размещения пунктов контроля должны соответствовать цели оценки экспозиции населения.

Общим основанием для выбора веществ при обосновании стратегии мониторинга, в соответствии с рекомендациями ВОЗ, служат следующие критерии:

- повсеместность распространения в воздушной среде городов;
- наличие, по общему признанию, способности представлять потенциальный риск для здоровья населения;
- необходимость, как правило, регулирования на национальном или международном уровне.

Целесообразно, чтобы мониторинг позволял определять экспозицию как в очагах загрязнения, где под воздействием высоких концентраций оказывается небольшая часть населения, так и экспозицию, под воздействием которой находится большинство населения.

Одна из важнейших функций организации мониторинга заключается в получении основополагающей информации для определения не только уровня, но и распределения экспозиции по численности населения.

Оценка концентрации в точке воздействия должна быть основана на всех пробах, собранных в исследуемой зоне. Число таких измерений должно быть достаточно большим для определения регистрируемых уровней загрязнения.

В отчете по оценке риска следует подробно описать расчет концентраций в точке воздействия для каждого сценария и пути вредного воздействия с обоснованием способа отбора проб.

Использование данных мониторинга для оценки воздействующих концентраций наиболее оправданно в тех случаях, когда экспозиция обусловлена прямым контактом человека с исследуемой средой (например, прямой контакт с химическими веществами в почве), а также если мониторинг осуществляется непосредственно в точке воздействия (например, концентрация химического вещества в водопроводной воде или в воде источника децентрализованного водоснабжения). Для таких путей воздействия данные мониторинга, как правило, обеспечивают получение наилучших оценок реальных воздействующих концентраций.

В целом аналитические измерения, выполненные в соответствии с действующими нормативными документами в режиме мониторинга, дают наиболее объективную информацию о состоянии окружающей среды.

Результаты мониторинга могут оказаться неадекватными, если:

- точки экспозиции пространственно изолированы от точек мониторинга (например, в случае межсредовых переходов или транспорта химического вещества);
- аналитические данные охватывают лишь часть тех примесей, которые действительно присутствуют в том или ином оцениваемом объекте, причем они привязаны к конкретному посту наблюдения, а число постов недостаточно;
- временное распределение данных отсутствует (типичной ситуацией является сбор данных о качестве окружающей среды за

ограниченный интервал времени; такие данные хорошо характеризуют условия на момент исследования, однако не отражают продолжительные или очень кратковременные воздействия);

- данные мониторинга ограничены пределом количественного определения химического вещества в среде.

В ситуациях, необходимо дополнять результаты мониторинга данными, полученными с использованием моделирования.

Моделирование распределения химических веществ в окружающей среде

Сочетание аналитических данных мониторинга с результатами моделирования распространения химических веществ играет важнейшую роль в оценке экспозиции.

Модели уровней концентраций представляют собой математические выражения, прогнозирующие концентрации веществ на основании законов физики и химии окружающей среды. Модели распространения химических веществ в окружающей среде используются при оценке риска в следующих целях:

- оценка пространственного распределения концентрации и экспозиции населения;

- определение соотношений "источник - рецептор";

- определение вклада различных источников в суммарные концентрации;

- оптимизация стратегий снижения объема выбросов и анализ сценариев, связанных с выбросами;

- прогнозирование изменения концентраций загрязнителей во времени;

- анализ репрезентативности постов мониторинга и оптимизация процесса организации их сети.

Построение моделей рассеивания базируется на данных об источниках и выбросах загрязнителей, а также метеорологической и географической информации.

Точность расчетов зависит от качества исходной информации, совершенства моделирования физических и химических явлений, наличия вычислительных ошибок выбранной модели, изменчивостью состояния атмосферы.

Выбор модели расчета загрязнения объектов окружающей среды для целей оценки риска проводится по ее способности определять не только максимальные уровни загрязнения, но и осредненные на заданный период экспозиции, а также в максимальной степени учитывать все факторы, влияющие на распространение загрязнения.

Период осреднения, к которому относятся вычисленные концентрации, соответствует тому периоду времени, к которому относится используемая при расчете исходная информация. Поэтому модели расчета концентраций, осредненных за год, не могут быть использованы для определения концентраций для других периодов (месяц, сезон).

В целом, применяемые в настоящее время оперативные модели расчета концентраций, осредненных за длительный период, разработаны для прогнозирования концентраций от совокупности точечных и площадных источников с учетом вариации как метеорологических параметров, так и характеристик мощности выбросов.

Расчетные методы позволяют получить полноценную модель загрязнения объекта окружающей среды с возможностью ее оценки в любой точке изучаемого пространства, что имеет первостепенное значение для определения населения под воздействием.

Сравнительная характеристика преимуществ и недостатков использования мониторинга и моделирования загрязнения атмосферного воздуха приводится в табл. 8.

Таблица 8

Сравнение мониторинга качества атмосферного воздуха и моделирования рассеивания атмосферных загрязнителей для оценки концентраций в точке воздействия (Who, Regional Publications, European Series, N85, 1999)

Задача	Уровень надежности, относящийся к:	
	мониторингу	моделированию
Оценка истинности концентраций	высокий	низкий <*>
Системы тревоги	высокий	низкий
Оценка различий во времени	высокий	высокий
Оценка различий в пространстве	низкий <***>	высокий
Оценка концентраций в будущем (прогноз)	низкий	высокий
Определение вклада источников загрязнений	низкий	высокий

 <*> Результаты моделирования должны быть сравнены с несколькими измеренными уровнями для подтверждения надежности и корректности модели.

<***> Увеличение числа постов наблюдений может существенно улучшить пространственное представление о концентрациях.

Модели персональной экспозиции

Модели экспозиции при наличии данных адекватных наблюдений используются для получения заключений относительно экспозиции по конкретным загрязнителям на целевые группы населения.

Модели экспозиции прогнозируют характер экспозиции на человека или население. В качестве исходной информации в данном случае используются данные о концентрации при воздействии конкретного загрязнителя на человека или группу людей, а также о продолжительности такого воздействия. Вводные данные представлены в этом случае характером деятельности человека с распределением по времени, а также концентрациями вредных агентов.

Результаты, полученные на основе моделей экспозиции, позволяют оценить определяющие факторы величины экспозиции и доз загрязнителя в разных точках при изменяющемся распределении населения по территории.

Большинство моделей экспозиции ориентировано на поступление химических веществ в организм ингаляционным путем и анализ той микросреды, где происходит контакт человека с загрязнителем. Аналогичный подход может быть использован и для других объектов окружающей среды (питьевой воды, продуктов питания и др.).

Понятие микросреды (микроразружения) при построении моделей экспозиции ингаляционного воздействия атмосферных загрязнителей представляет собой трехмерное объемное пространство, в котором концентрация вредного фактора остается постоянной в течение определенного периода времени.

Под микросредой, где происходит контакт человека с загрязнителем, подразумевается помещение в жилых и общественных зданиях, салон транспортного средства, улица в городе, парк и т.д.

Для определения уровней содержания загрязнителя в каждой микросреде чаще всего используются результаты аналитических измерений концентраций или концентрации загрязнителя, полученные путем моделирования.

Оценку концентраций загрязнителей воздуха внутри помещений можно проводить с использованием полуэмпирических методов, которые учитывают проникновение наружных загрязняющих веществ внутрь помещений и вклад в уровни концентраций примесей таких внутренних источников загрязнения, как курение, приготовление пищи, обогрев помещения, его уборка и т.д.

Наиболее точное определение уровней воздействия применительно к оценке экспозиции загрязнителей атмосферного воздуха населенных мест проводится с помощью индивидуального (персонального) мониторинга, который предусматривает прямые замеры концентраций воздушных примесей в зоне дыхания человека.

Переносные персональные пробоотборники обеспечивают регистрацию поврежденных суммарных концентраций или сбор поврежденных суммарных проб определенных загрязнителей, с которыми контактирует человек в своей повседневной жизни.

При осуществлении программы многосредового непосредственного мониторинга воздействия параллельно с использованием персональных пробоотборников, измеряющих загрязнение воздуха в зоне дыхания человека, проводится количественное определение химических

загрязнителей в пробах воды и пищи (в случае необходимости, например для детей, почвы), потребляемых каждым индивидуумом в отобранной выборке.

11. Оценка риска канцерогенных эффектов

Характеристика канцерогенного риска осуществляется поэтапно:

Обобщение и анализ всей имеющейся информации о вредных факторах, особенностях их действия на организм человека, уровнях экспозиции.

Расчет индивидуального канцерогенного риска для каждого вещества, поступающего в организм человека анализируемыми путями.

Расчет индивидуального канцерогенного риска для каждого канцерогенного компонента исследуемой смеси химических веществ, а также суммарного канцерогенного риска для всей смеси.

Расчет суммарных канцерогенных рисков для каждого из анализируемых путей поступления, а также общего суммарного канцерогенного риска для всех веществ и всех анализируемых путей их поступления в организм.

Расчет популяционных канцерогенных рисков.

Обсуждение и оценка источников неопределенности и вариабельности результатов характеристики риска.

Обобщение и представление результатов характеристики риска.

Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляется с использованием данных о величине экспозиции и значениях факторов канцерогенного потенциала (фактор наклона, единичный риск). Как правило, для канцерогенных химических веществ дополнительная

вероятность развития рака у индивидуума на всем протяжении жизни (CR) оценивается с учетом среднесуточной дозы в течение жизни (LADD) (формула 1):

$$CR = LADD \times SF, \quad (1)$$

где:

LADD - среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг x день);

SF - фактор наклона, (мг/(кг x день)) .

При использовании величины единичного риска (UR) расчетная формула приобретает следующий вид (формула 2):

$$CR = LADC \times UR, \quad (2)$$

где:

LADC - средняя концентрация вещества в исследуемом объекте окружающей среды за весь период усреднения экспозиции (питьевая вода, мг/л; воздух, мг/куб. м);

UR - единичный риск для воды (риск на 1 мг/л) или воздуха (риск на 1 мг/куб. м).

При расчете и характеристике риска необходимо обязательно принимать во внимание особенности оцениваемого контингента населения, свойственные ему факторы (дескрипторы) экспозиции и выбранную исследователем меру экспозиции.

Расчет канцерогенного риска проводится только для того диапазона доз (концентраций) химического вещества, который соответствует линейному участку зависимости "доза (концентрация) - ответ".

В отчете должно быть четко отмечено, какой вид экспозиции оценивается: средняя экспозиция, максимальная обоснованная (разумная) экспозиция, максимальная экспозиция.

При наличии нескольких видов экспозиции и оцениваемых контингентов населения оценка риска должна быть проведена для каждого из этих вариантов в отдельности. В этом случае с учетом численности исследуемых групп и полученных значений канцерогенного риска необходимо провести анализ распределения канцерогенных рисков в популяции (по оси ординат откладывается численность соответствующей специфической группы, а по оси абсцисс - величина индивидуального канцерогенного риска для данной группы).

Определение величин популяционных канцерогенных рисков (PCR), отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении жизни вследствие воздействия исследуемого фактора, проводится по формуле (формула 3):

$$PCR = CR \times POP, \quad (3)$$

где:

CR - индивидуальный канцерогенный риск;

POP - численность исследуемой популяции, чел.

Индивидуальный и популяционный канцерогенные риски характеризуют верхнюю границу возможного канцерогенного риска на протяжении периода, соответствующего средней продолжительности жизни человека (70 лет).

В связи со стохастическим характером канцерогенного процесса, длительным латентным периодом, различиями в возрастной чувствительности и сложным характером временной и возрастной зависимости вероятности смерти человека точно предсказать сроки

развития злокачественных новообразований на основе имеющейся научной информации в популяции не представляется возможным.

При сравнительной характеристике риска часто используется величина популяционного годового риска (PCRa) - расчетное число дополнительных случаев рака в течение года. Например, в случае анализа канцерогенных влияний загрязнений атмосферного воздуха величина PCRa будет равна (формула 4):

$$PCRa = \text{SUM} (C \times URi) \times POP / 70, \quad (4)$$

где:

C - среднегодовая концентрация i-го вещества;

POP - численность популяции, подвергающейся воздействию;

URi - единичный риск за всю жизнь (70 лет).

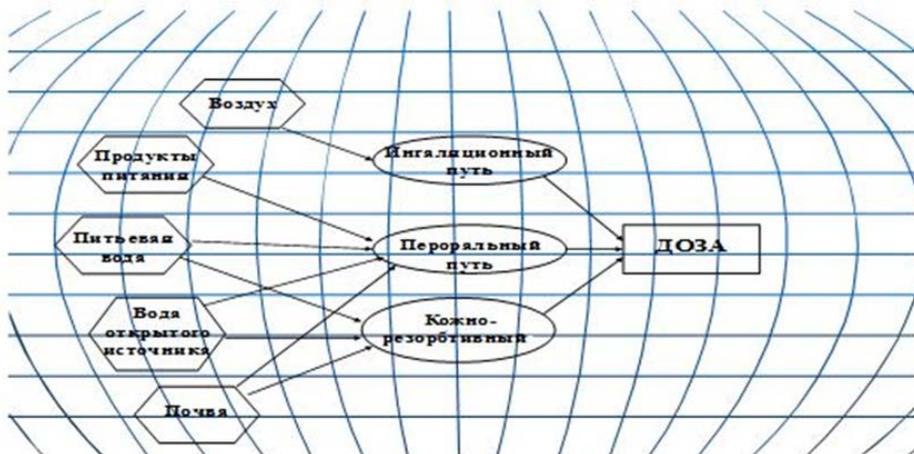


Рис. 5. Формирование дозы при схеме многосредового действия

Величину популяционного годового риска, как правило, не следует использовать для проведения каких-либо прямых аналогий между уровнями фактической онкологической заболеваемости или смертности и значениями этих рисков.

Значения канцерогенных рисков отражают, главным образом, долгосрочную тенденцию к изменению онкологического фона, формирующуюся при условии соблюдения всех принятых исследователем исходных условий (например, определенная продолжительность и интенсивность воздействия, неизменность экспозиции во времени, конкретные значения факторов экспозиции и др.).

Наибольшую ценность результаты характеристики канцерогенных рисков представляют для сравнительной оценки воздействия факторов окружающей среды на разных территориях, в разные временные периоды, до и после проведения оздоровительных мероприятий, для сравнения эффективности и возможного влияния на здоровье человека различных технологических процессов и природоохранных мероприятий.

Канцерогенный риск при комплексном поступлении химического вещества различными путями (перорально, наочно, ингаляционно) и при комбинированном воздействии нескольких химических соединений рассматривается как аддитивный.

При углубленном анализе канцерогенных рисков, связанных с воздействием химических веществ, относящихся к группам 1, 2А по классификации МАИР, целесообразно группировать исследуемые канцерогены с учетом вида и/или локализации опухолей. В этом случае

расчет суммарных канцерогенных рисков осуществляется отдельно для каждой выделенной группы (например, рак легких, опухоли печени и др.).

При воздействии нескольких канцерогенов суммарный канцерогенный риск для данного пути поступления (например, перорального или ингаляционного) рассчитывается по формуле 4:

$$CRT = \text{SUM CR} , \quad (4)$$

где:

CRT - общий канцерогенный риск для пути поступления T;

CR_j - канцерогенный риск для j-го канцерогенного вещества.

При одновременном воздействии нескольких канцерогенных веществ, поступающих в организм человека различными путями, расчет общего риска (TCR) проводится по формуле 7.13:

$$TCRT = \text{SUM CR} . \quad (5)$$

При расчете суммарных канцерогенных рисков необходимо принимать во внимание различия в степени выраженности канцерогенного действия химических веществ при разных путях поступления. В тех случаях, когда значения факторов канцерогенного потенциала при разных путях воздействия различаются, расчет рисков на основе суммарных доз правомерен только для одинаковых путей поступления (например, расчет риска по суммарной дозе, полученной человеком при ингаляции вещества, содержащегося в атмосферном воздухе, водопроводной воде, почве, воде плавательного бассейна или реки).

Основой для осуществления расчетов суммарных рисков при комплексном поступлении химического канцерогена являются сводные

таблицы, составляемые для каждого j-го анализируемого вещества (табл.9).

Таблица 9

Сводная таблица для анализа канцерогенного риска при
многомаршрутной, многосредовой экспозиции J-го химического
вещества

Путь поступления	Объекты окружающей среды					
	воздух	почва	питьевая вода	открытый водоем	продукты	сумма
Ингаляция	CRai	CRsi	CRwi	CRri	-	CRi
Перорально	-	CRso	CRwo	CRro	CRfo	CRo
Накожно	-	CRsd	CRwd	CRrd	-	CRd
Сумма	CRa	CRs	CRw	CRr	CRf	CRsum

Примечание. CR - индивидуальный дополнительный канцерогенный риск. Индексы относятся к различным объектам и путям поступления вещества: i - ингаляция, o - перорально, d - накожно, a - воздух, s - почва, w - питьевая вода, r - открытый водоем (рекреационное использование), f - продукты питания. Величина CRsum - отражает суммарный канцерогенный риск при поступлении j-го вещества разными путями из разных сред.

При одновременном присутствии в окружающей среде нескольких канцерогенных веществ аналогичные расчеты проводятся сначала для каждого исследуемого вещества, а затем смеси в целом. Например, при комплексном поступлении одновременно нескольких канцерогенов анализ канцерогенных рисков осуществляется на основе табл. 10.

Таблица 10.

Пример сводной таблицы для анализа канцерогенных рисков при одновременном воздействии нескольких химических веществ

Путь поступления	Вещество 1	Вещество 2	Вещество n	Сумма
Атмосферный воздух				
Ингаляция	CRai1	CRai2	CRain	SUM ECRaij
Питьевая вода				
Перорально	CRwo1	CRwo2	CRwon	SUM SCRwoj
Ингаляция	CRwi1	CRwi2	CRwin	SUM SCRwij
Накожно	CRwd1	CRwd2	CRwdn	SUM SCRwdj
Сумма	SUM CRw1	SUM CRw2	SUM CRwn	SUM CRwj
Почва				
Перорально	CRso1	CRso2	CRson	SUM SCRsoj
Ингаляция	CRsi1	CRsi2	CRsin	SUM SCRsij
Накожно	CRsd1	CRsd2	CRsdn	SUM SCRsdj
Сумма	SUM CRs1	SUM CRs2	SUM CRsn	SUM CRsj
Открытый водоем				
Перорально	CRro1	CRro2	CRron	SUM SCRroj
Ингаляция	CRri1	CRri2	CRrin	SUM SCRrij
Накожно	CRrd1	CRrd2	CRrdn	SUM SCRrdj
Сумма	SUM CRr1	SUM CRr2	SUM CRrn	SUM CRrj
Продукты питания				
Перорально	CRfo1	CRfo2	CRfon	SUM SCRfj
Суммарное поступление				
Суммарное ингаляционное поступление	CRai1 + CRwi1 + CRsi1 + CRri1	CRai2 + CRwi2 + CRsi2 + CRri2	CRain + CRwin + CRsin + CRrin	CRaij + CRwij + CRsi j + CRrij
Суммарное пероральное поступление	CRwo1 + CRso1 + CRro1 + CRfo1	CRwo2 + CRso2 + CRro2 + CRfo2	CRwon + CRson + CRron + CRfon	CRwoj + CRsoj + CRroj + CRfoj
Суммарное накожное поступление	CRwd1 + CRsd1 + CRrd1	CRwd2 + CRsd2 + CRrd2	CRwdn + CRsdn + CRrdn	CRwdj + CRsdj + CRrdj
Сумма по всем средам и путям	SUM CR1	SUM CR2	SUM CRn	SUM CRj

При наличии на исследуемой территории нескольких точек воздействия (рецепторных точек) все вышеуказанные расчеты проводятся как раздельно для каждой из них, так и суммарно. При этом одновременно может рассчитываться канцерогенный риск, связанный с тем или иным источником загрязнения окружающей среды. Например, если источниками загрязнения окружающей среды в исследуемом населенном пункте являются промышленные предприятия, а также автотранспорт (источники 1...j), то их вклад в суммарный канцерогенный риск может быть оценен с использованием табл. 11.

Таблица 11.

Канцерогенный риск на изучаемой территории от всех учтенных источников загрязнения окружающей среды

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. TCR - суммарный канцерогенный риск на исследуемой территории от всех учтенных источников загрязнения окружающей среды; TCR1, TCR2, ..., TCRi - суммарные канцерогенные риски от всех источников в отдельных рецепторных точках; VCR1, VCR2, ..., VCRj - вклад данного источника в величину суммарного канцерогенного риска (TCR).

Подобные расчеты, в частности, являются необходимыми для сравнительной оценки уровней канцерогенного риска от разных источников и на разных участках исследуемой территории, а также выявления вклада каждого из этих источников и участков в суммарную величину риска для всей анализируемой территории.

12. Классификация уровней риска

На данном этапе целесообразно при характеристике риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих окружающую среду, ориентироваться на систему критериев приемлемости риска (табл.12)

Таблица 12.

Критерии приемлемости канцерогенного риска

Зоны риска	Характеристика риска	Мероприятия
Пренебрежимо малый $RC \leq 10^{-6}$	Индивидуальный риск в течение всей жизни, который воспринимается всеми людьми, как пренебрежимо малый, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков	Не требует дополнительных мероприятий. Периодический контроль
Предельно допустимый, приемлемый $10^{-6} < RC < 10^{-4}$	Соответствуют верхней границе приемлемого риска Подлежат постоянному контролю	В отдельных случаях могут проводиться мероприятия по его снижению
Для профессиональных групп $10^{-4} < RC < 10^{-3}$	Приемлем для профессионалов и неприемлем для населения	Разработка и проведение плановых оздоровительных мероприятий для населения
Неприемлемый $RC \geq 10^{-3}$	Неприемлем для профессионалов и неприемлем для населения	Требуется проведение мероприятий по снижению риска

В руководстве Р 2.1.10.1920-04 установлены *критерии приемлемости канцерогенного риска* (табл.11) вводится понятие *предельно допустимого риска* – верхняя граница приемлемого риска, превышение которой требует применения дополнительных мер по его снижению, и понятие *приемлемого риска* – уровень риска развития неблагоприятного эффекта, который не требует принятия дополнительных мер по его снижению, и оцениваемый как независимый, незначительный по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности и жизни населения».

Рассчитанные значения риска развития канцерогенных эффектов было бы неправильно воспринимать буквально. Не следует связывать значения канцерогенного риска с уровнем фактической заболеваемости или смертности в городе. Величина канцерогенного риска указывает, во-первых, на факт существования или отсутствия проблемы, во-вторых, на ранг или приоритетность тех или иных загрязняющих веществ, сред и путей поступления веществ в организм человека. При обосновании мер по снижению риска развития онкологических заболеваний значение целевого риска представляет собой суммарный канцерогенный риск, связанный с канцерогенным эффектом всех выявленных канцерогенных веществ.

При выборе величины приемлемого риска для канцерогенов в условиях населенных мест обычно ориентируются на степень доказанности канцерогенности исследуемого фактора для человека, численность населения, подверженного воздействию, техническую достижимость профилактических и технологических мероприятий.

Величина целевого риска используется при обосновании региональных нормативов: концентраций, основанных на риске, или региональных

уровней минимального риска. Данные величины не могут быть выше федеральных гигиенических нормативов, и их обоснование осуществляется с учетом местных, региональных особенностей.

При установлении региональных уровней минимального риска одновременно учитываются как канцерогенные, так и общетоксические эффекты действия конкретных химических веществ и в качестве итоговой выбирается наименьшая величина.

13. Обобщение информации о риске

Для лиц, принимающих решения по управлению риском, наиболее важными представляются не количественные характеристики уровней риска, а их интерпретация специалистами, проводившими исследование.

Заключительное обсуждение результатов является ключевым моментом характеристики риска и должно включать:

- доказательства того, что в процессе оценки риска действительно были идентифицированы и изучены наиболее приоритетные и специфические для исследуемой территории химические вещества;
- описание тех вредных эффектов, которые могут возникнуть при воздействии изученных химических соединений;
- характеристику достоверности количественной информации о токсичности идентифицированных веществ и сведений о вызываемых ими вредных эффектах;
- характеристику достоверности данных, использованных при оценке экспозиции;
- установление параметров канцерогенного риска и индексов опасности неканцерогенных эффектов, превышение которых может потребовать

проведения специальных мероприятий по устранению или снижению уровней воздействия источников риска;

- определение основных факторов, которые должны быть приняты во внимание в процессе управления риском (приоритетные химические вещества, пути поступления, загрязняемые объекты окружающей среды, источники поступления химических соединений в окружающую среду, наиболее вероятные вредные эффекты у населения);

- характеристику главных факторов, снижающих обоснованность и достоверность результатов, включая все неопределенности оценки риска;

- характеристику популяции, подвергающейся воздействию, а также ее наиболее чувствительных групп;

- сравнительный анализ полученных данных по оценке риска, имеющихся сведений о состоянии здоровья населения, а также результатов ранее проведенных исследований, характеризующих риски и состояние здоровья человека на сходных по условиям экспозиции территориях.

Окончательное заключение о количественной и качественной характеристике риска является основным документом, предоставляемым лицам, осуществляющим разработку мероприятий по управлению риском.

14. Сравнительная оценка рисков

Результаты расчетов канцерогенных и неканцерогенных рисков могут представлять собой очень объемный и нередко разнородный массив информации, который малодоступен для четкого восприятия лицами, принимающими решения по управлению рисками.

С целью обеспечения оптимального использования информации о рисках для лиц, принимающих решение, в процессе характеристики рисков необходимо правильно сгруппировать полученные данные с учетом количественных значений рисков, тяжести и социальной значимости возможных вредных эффектов, экспонируемых групп населения, оцениваемых зон воздействия химических веществ.

На данном этапе возможно проведение ранжирования рисков развития определенных вредных эффектов (например, канцерогенных рисков) в зависимости от территории, экспонируемой популяции, источников загрязнения окружающей среды химическими веществами.

При оценке риска здоровью нет необходимости в приведении рисков развития разных по своей медико-биологической и социальной значимости эффектов к некоей общей условной шкале. Установление весомости рисков, их окончательное ранжирование и выявление приоритет

15. Факторы, влияющие на надежность оценок риска

Заключение о величине допустимого уровня риска связано с последующими решениями об уменьшении (или недопущении) выбросов, что может потребовать значительных финансовых затрат, а может оказаться и невыполнимым на практике. Поэтому решения, принимаемые на основе оценок риска, требуют определения минимально необходимых ограничений в каждом случае.

Информация о риске, учитываемая в этих решениях, должна быть настолько полной, насколько это реально возможно. Наряду с величиной

риска, должна быть обязательно охарактеризована присущая неопределенность ее оценки.

При обсуждении возможных источников неопределенностей необходимо различать два основных понятия:

- вариабельность, которая представляет собой неоднородность или непостоянство параметров популяции растений, животных или человека, физических свойств природной среды и т.п.; являясь фундаментальным свойством природы, вариабельность обычно не поддается снижению путем проведения дополнительных исследований или измерений;

- неопределенность, которая представляет собой частичное отсутствие представления или данных об определенных, связанных, в данном случае, с оценкой риска, параметрах, процессах или моделях; поскольку неопределенность является свойством, присущим самому процессу оценки риска, в некоторых случаях она может быть уменьшена посредством дополнительных исследований или измерений.

При анализе неопределенностей результатов моделирования распределения прогнозируемого риска среди популяции целесообразным является выделение относительных вкладов реальной неопределенности и внутрипопуляционной вариабельности.

Возможные неопределенности подразделяются на три категории:

- обусловленные отсутствием или неполнотой информации, необходимой для корректного определения риска;

- связанные с некоторыми параметрами, используемыми для оценки экспозиции и расчета рисков (неопределенность параметров);

- обусловленные пробелами в научной теории, необходимой для предсказания на основе причинных связей (неопределенности модели).

Неопределенности присущи всем этапам оценки риска. В разделах приведены основные характеристики неопределенности, связанной с этапами идентификации опасности и анализа зависимости "доза - ответ".

В целом наибольшее влияние на достоверность итоговых оценок риска оказывают неопределенности, связанные с оценкой экспозиции. Достаточно высокая степень неопределенности может быть связана с установлением токсикологических параметров в экспериментальных условиях и их экстраполяцией на оцениваемые группы населения.

Источниками неопределенностей при оценке экспозиции могут являться:

- исходные предположения о текущем и перспективном землепользовании;

- выбор или исключение из анализа тех или иных путей воздействия;

- результаты мониторинга, особенно если они не отражают текущее состояние окружающей среды;

- ошибки измерений, ошибки в отборе проб, использование обобщенных или суррогатных данных;

- модели экспозиции, исходные предположения и вводимые в модели параметры, используемые для расчета концентраций в точке воздействия;

- значения физиологических факторов экспозиции, выбранные для расчета величины поступления химических веществ;

- предположения о частоте и продолжительности различных видов деятельности населения;

- выбранные значения времени осреднения экспозиции (например, кратковременное воздействие высоких доз может приводить к такому же канцерогенному эффекту, что и хроническое действие малых доз).

Наряду с анализом неопределенностей, при оценке экспозиции необходимо проводить и анализ вариабельности. Вариабельность воздействия связана с активностью индивидуумов, их поведением, а также с показателями эмиссии загрязняющих веществ, физико-химическими процессами, изменяющими концентрации химических веществ в различных средах.

Выделяют три типа вариабельности при оценке экспозиции:

- вариабельность места нахождения (пространственная вариабельность);
- вариабельность во времени (временная вариабельность);
- вариабельность среди индивидов (межиндивидуальная вариабельность).

Неопределенности, связанные с определением суммарного риска и суммарных индексов опасности, в основном касаются вопросов синергизма или антагонизма действия различных смесей химических веществ. Учет этих неопределенностей значительно расширяет перечень условий, которые ограничивают возможности определения суммарного риска.

Одним из наиболее очевидных источников неопределенности в моделях является неполнота информации об используемых при анализе параметрах, будь то свойства популяции, природной среды (при анализе межсредового распределения и транспорта веществ) или физико-химические свойства вещества.

Величины этих параметров могут быть просто не известны с точностью, достаточной для использования точечной оценки, могут варьироваться в популяции, или неточность в их определении может

определяться использованием обобщенных, усредненных данных для больших территорий или популяций.

Применение так называемых стандартных величин сокращает затраты на сбор необходимых данных, но при этом увеличивает неопределенности оценок экспозиции и риска, степень которых характеризуется на основе анализа чувствительности параметров.

Для понимания возможных источников неопределенности удобно пользоваться классификацией ошибок, связанных со структурой модели:

- функциональные (ошибки в представлении о процессе);
- ошибки, источником которых служит техника моделирования (ошибки описания процессов, ошибки, связанные с неверной аппроксимацией процессов, ошибки несоответствия масштаба, ошибки агрегации моделей);
- технические ошибки (численные ошибки, ошибки программирования).

Модели, используемые при оценке риска, могут быть точечными и стохастическими. В первом случае все параметры и переменные в любой момент времени имеют точные значения. В стохастических моделях переменные представляются функциями распределения.

Абсолютное большинство методов оценки риска для здоровья населения все еще используют точечные значения для всех переменных.

Вероятностные методы оценки риска обладают целым рядом преимуществ по сравнению с точечной, выражаемой одной цифрой, детерминистической оценкой, т.к.:

- используют всю имеющуюся информацию о распределении величин, применяемых при оценке риска и их неопределенностях, в то время как

точные методы отбрасывают эту информацию, используя только средние или предельные величины;

- позволяют выявить скрытые консервативные (направленные на обеспечение заведомой безопасности, т.е. завышающие оценку риска) аспекты точечных характеристик;

- делают более ясными и прозрачными итоговые результаты, что чрезвычайно важно для разработки мероприятий по управлению риском.

Наиболее распространенным способом стохастического (вероятностного) моделирования является применение метода Монте-Карло, позволяющего проследить структуру распределений результатов моделирования посредством вычисления точечных результатов (реализаций) для большого числа произвольно выбранных точек из функций распределения данных и параметров. Однако эта процедура требует очень большого количества вычислений и занимает много компьютерного времени, что ограничивает возможности ее широкого использования.

Практически всегда для уменьшения неопределенности и снижения вариабельности показателей необходимо проведение дополнительных исследований, что связано с дополнительными финансовыми затратами. При этом неминуемо возникает задача выделения приоритетных направлений исследований, позволяющих с наибольшей эффективностью уменьшить общую неопределенность.

Ситуационные задачи

Задача 1.

Определите наиболее опасные токсиканты, загрязняющие окружающую среду.

Вопросы:

1. Степень токсичности для канцерогенных веществ
2. Степень токсичности для неканцерогенных веществ

При обследовании местности вблизи деревни Бобриково компонентах окружающей среды были обнаружены химические вещества, перечень которых и концентрации приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Концентрации химических веществ, обнаруженных в анализах проб, взятых в окрестностях деревни Бобриково

Среда	Воздух		Почвы		Подземные воды	
	Средняя концентр. мг/м ³	Максим. концентр. мг/м ³	Средняя концентр. мг/кг	Максим. концентр. мг/кг	Средняя концентр. мг/дм ³	Максим. концентр. мг/дм ³
Хлороформ	$2,24 \cdot 10^{-12}$	$4,15 \cdot 10^{-12}$	2,24	4,10	$3,30 \cdot 10^{-4}$	$6,60 \cdot 10^{-3}$
Хлорбензол	$8,18 \cdot 10^{-8}$	$12,27 \cdot 10^{-8}$	4,17	8,40	$3,50 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
1,2-Дибромэтан	$1,45 \cdot 10^{-8}$	$2,65 \cdot 10^{-8}$	но	но	$2,10 \cdot 10^{-4}$	$2,10 \cdot 10^{-3}$
Бензидин	$5,20 \cdot 10^{-10}$	$9,60 \cdot 10^{-10}$	3,50	5,76	но	но
Цинеб	$7,15 \cdot 10^{-5}$	$15,7 \cdot 10^{-5}$	15,3	21,5	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$9,20 \cdot 10^{-3}$
Аммоний	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	но	но	но	но

Примечание: но – не обнаружено.

Данные о токсичности веществ, указанных в табл. 1 возьмём из системы IRIS, см. табл. 2.

Таблица 2.

Токсические характеристики веществ, обнаруженных в анализах

Вещество	<i>RfD</i> , оральный мг/кг·день	<i>RfD</i> , ингаляци онный мг/кг·де нь	<i>SF</i> , оральный 1/мг/кг·день	<i>SF</i> , ингаляцион ный 1/мг/кг·ден ь	<i>SF</i> , дермальн ый 1/мг/кг·де нь	Класс опасно сти
Хлороформ	$1,00 \cdot 10^{-2}$	(не аттестовано) НА	$6,10 \cdot 10^{-3}$	$8,10 \cdot 10^{-2}$	$8,10 \cdot 10^{-2}$	В2
Хлорбензол	$2,00 \cdot 10^{-2}$	НА	НА	НА	НА	-
1,2-Дибромэтан	НА	НА	85.0	0,770	0,770	В2
Бензидин	$3,04 \cdot 10^{-3}$	НА	230	234	234	А
Цинеб	$5,04 \cdot 10^{-2}$	НА	НА	НА	НА	-
Аммоний	НА	$2.86 \cdot 10^{-2}$	НА	НА	НА	-

Определите наиболее опасные вещества для каждой из сред по степени их токсичности. При решении этой задачи во внимание принимают максимальную концентрацию вещества в рассматриваемой среде.

Задача 2.

Проранжируйте неканцерогенные вещества по степени опасности для почв. Для неканцерогенных веществ степень токсичности определяют по формуле:

$$S_t = C_{max}/RfD,$$

где S_t - степень токсичности, C_{max} - максимальная концентрация, RfD - эталонная доза для хронического воздействия (референтная концентрация (максимальная недействующая)).

Данные представим в виде таблицы 3.

Таблица 3.

Ранжирование веществ по токсичности для почвы

Вещество	Максим. концентр. мг/кг	RfD, оральная мг/кг·день	Показатель токсичности	Ранг токсичности
Хлороформ	4,10	$1,00 \cdot 10^{-2}$	$4,10 \cdot 10^2$	4
Хлорбензол	8,40	$2,00 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^2$	3
1,2-Дибромэтан	НО	НА	–	
Бензидин	5,76	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,92 \cdot 10^3$	1
Цинеб	21,5	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^2$	2
Аммоний	НО	–	–	–

Задача 3.

Проранжируйте канцерогенные вещества по степени опасности для почв. Данные представить в виде табл. 4.

Для канцерогенных веществ степень токсичности определяют по формуле: $S_i = C_{max} * SF$,

где SF – показатель канцерогенности (фактор наклона).

Таблица 4.

Ранжирование канцерогенных веществ по токсичности для почвы

Вещество	Максим. концентр. мг/кг	SF , оральная 1/мг/кг·день	Показатель токсичности	Ранг токсичности
Хлороформ	4,10	$6,10 \cdot 10^{-3}$	$2,501 \cdot 10^2$	2
Хлорбензол	8,40	НА	–	–
1,2-Дибромэтан	НО	85,0	–	–
Бензидин	5,76	230	1324,8	1
Цинеб	21,5	НА	–	–
Аммоний	НО	–	–	–

Задача 4.

Проранжируйте неканцерогенные вещества по степени опасности для подземных вод, предположительно используемых для питья (следовательно *SF* и *RfD* оральный).

Задача 5.

Проранжируйте канцерогенные вещества по степени опасности для подземных вод, предположительно используемых для питья (следовательно *SF* и *RfD* оральный).

Задача 6.

Проранжируйте канцерогенные вещества по степени опасности для атмосферного воздуха (следовательно *SF* и *RfD* ингаляционный).

Задача 7.

Проведите анализ путей миграции химических веществ от источника до реципиента. Составить реальную карту миграции токсикантов от источника загрязнения к человеку. В таблицах 5.3 перечислены основные пути поступления вредных веществ в окружающую среду, а в таблице 5.4 некоторые механизмы переноса и преобразований. Для того, чтобы учесть все возможные факторы, определяющие какое количество вредных веществ попадет тем или иным путём в организм человека рекомендуется составлять карты путей миграции химических веществ.

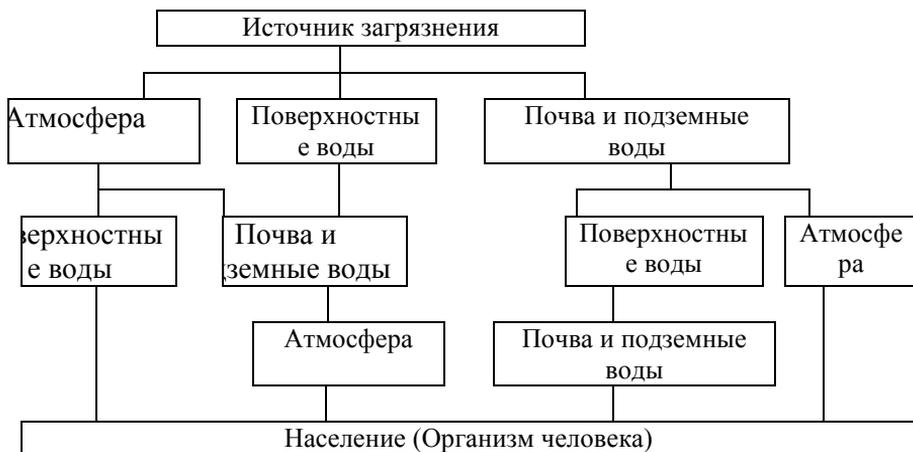


Рис. 1.1. Уточнённая схема путей миграции токсикантов от источника загрязнения к человеку

Задача 8.

Составьте схему маршрута вредных веществ от источника к человеку воздушным (аэрогенным) путем.

Задача 9.

Составьте схему маршрута вредных веществ от источника к человеку через поверхностные воды.

Задача 10.

Составьте схему маршрута миграции вредных веществ от источника к человеку через подземные воды.



Рис. 1.4. Схема миграции токсикантов через поверхностные воды

Задача 11.

Составьте схему маршрута вредных веществ от источника загрязнения к человеку через почву.

Задача 12.

Рассчитайте хроническую дневную дозу (I) поступления химического вещества (аммония) в организм взрослого человека ингаляционным путём.

Пример: Количество вещества, поступающего в организм ингаляционным путём рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365},$$

Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Величина поступления, мг/кг·день	–
Ca	Концентрация вещества в атмосферном воздухе, мг/м ³	–
Ch	Концентрация вещества в воздухе жилища, мг/м ³	1,0· Ca
Tout	Время, проводимое вне помещений, час/день	8 часов/день
Tin	Время, проводимое внутри помещений, час/день	16 часов/день
Vout	Скорость дыхания вне помещений, м ³ /час	1,4 м ³ /час
Vin	Скорость дыхания внутри помещений, м ³ /час	0,63 м ³ /час
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дней/год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет
CR	Скорость дыхания, м ³ /день	20 м ³ /день; дети: 8,7 м ³ /день

Так как речь идет о поселке, то для расчетов не учитываются концентрации химических веществ в воздухе жилых помещений и время нахождения там. Соответственно, формула будет выглядеть:

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}$$

Концентрация аммония в точке воздействия $C = 5,5 \cdot 10^{-3}$ мг/м³.

Количество смеси, поступающей в организм за день $CR = 20$ м³/день.

Частота поступления или контакта в течение года $EF = 350$ дней.

Продолжительность воздействия $ED = 30$ лет.

Вес тела взрослого человека $BW = 70$ кг.

Период осреднения экспозиции для неканцерогенов $AT = 30$ лет.

$$I = \frac{5,5 \times 10^{-3} \times 20 \times 350 \times 30}{70 \times 365 \times 30} = 1,51 \times 10^{-3} \text{ мг/кг*день}$$

Задача 13.

Рассчитать хроническую дневную дозу I поступления канцерогенного вещества (бензидина) в организм взрослого человека ингаляционным путем (всё то же самое, только берем среднюю концентрацию бензидина в воздухе и период осреднения экспозиции для канцерогенов $AT = 70$ лет).

Задача 14.

Рассчитать хроническую дневную дозу I поступления канцерогенного вещества (бензидина) в организм взрослого человека при дермальном контакте.

Дневное поступление вредного вещества в организм человека при дермальном контакте определяют по формуле:

$$I_d = \frac{C \times S \times DA \times ABS \times EF \times ED \times k}{BW \times AT}$$

Концентрация бензидина в точке воздействия $C = 3,50$ мг/кг .

Площадь кожного покрова взрослого человека 18200 см². Площадь кожи подверженной воздействию (открытые участки тела): $S = 5700$ см².

Количество пыли оседающей на одном квадратном сантиметре кожи $DA = 0,1$ мг/см²· день.

Абсорбированная кожей фракция почвы $ABS =$ для органических веществ $0,1$ отн. ед., для неорганических веществ $= 0,01$ отн. ед.

Частота поступления, садоводческий сезон, весна, лето $EF = 3$ дня/нед., 26 нед./год. Следовательно $EF = 3 \cdot 26 = 78$ дней/год.

Продолжительность воздействия или экспозиции примем: $ED = 30$ лет.

Вес тела взрослого человека $BW = 70$ кг.

Полное число дней экспозиции $AT = 365$ дней * 70 лет (т.к. бензидин канцероген).

Коэффициент приведения веса, вводимый для приведения размерности формулы к необходимому виду $k = \text{кг}/10^6$ мг.

Задача 15.

Рассчитать хроническую суточную дозу (I) поступления канцерогенного вещества (бензидина) в организм ребенка до 6 лет при дермальном контакте.

Площадь открытого кожного покрова ребенка до 6 лет 3300 см². Количество пыли оседающей на одном квадратном сантиметре кожи $DA = 0,2$ мг/см²/день.

Частота поступления: весна, осень $EF = 3$ дня/нед., 26 нед./год; лето $EF = 5$ дней/нед., 13 нед./год. Следовательно $EF = 3 \cdot 26 + 5 \cdot 13 = 78 + 65 = 143$ дней/год. Вес тела ребенка $BW = 15$ кг.

Расчет канцерогенного риска и индекса опасности химических веществ.

Задача 5.

Для задач 12-15 рассчитать:

- 1) в случае канцерогенных веществ (бензидин) канцерогенный риск и коэффициент опасности возникновения токсических эффектов;
 - 2) для неканцерогенных веществ (аммоний) коэффициент опасности.
- Сделать вывод о приемлемости уровня риска и коэффициента опасности.

Канцерогенный риск определяется как произведение хронического дневного поступления и показателя канцерогенности по формуле:

$$R = I \cdot SF,$$

Коэффициент опасности HQ по формуле:

$$HQ = \frac{I}{RfD}$$

Классификация уровней риска

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск
Чрезвычайно высокий	10^{-1}
Высокий	$10^{-1} - 10^{-3}$
Средний	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низкий	$10^{-4} - 10^{-6}$
Минимальный (приемлемый)	менее 10^{-6}

**Классификация уровней риска развития
неканцерогенных эффектов**

Уровень риска	Коэффициент опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ)
Чрезвычайно высокий	>10
Высокий	5-10
Средний	1-5
Низкий	0,1-1,0
Минимальный	менее 0,1

Ситуационная задача № 16.

В городе N по результатам мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и анализа содержания химических веществ в атмосферном воздухе и питьевой воде определены среднегодовые концентрации следующих веществ (таблица 1):

Таблица 1.

**Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ
в атмосферном воздухе и в питьевой воде.**

Вещество	Концентрация в атмосферном воздухе, мг/м³	Концентрация в питьевой воде, мг/л
Бензол	0,009	0,02
Формальдегид	0,006	0,9
Свинец	0,0005	0,01
Хлороформ	0,05	0,2
Винилхлорид	0,07	0,0004
Стирол	0,08	0,03
Четыреххлористый углерод	0,04	0,003

Кадмий	0,00009	0,004
Этилбензол	0,08	0,5
Никель	0,00007	0,02
Бенз(а)пирен	0,000001	0,0004
Мышьяк	0,00005	0,015

Задание:

- 1) Рассчитать уровни канцерогенного риска от каждого вещества для каждого пути поступления.
- 2) Рассчитать уровни суммарного канцерогенного риска от каждого вещества одновременно для ингаляционного и перорального путей поступления.
- 3) Рассчитать суммарный риск для обоих путей поступления и долевой вклад в этот риск от каждого пути поступления.
- 4) Определите приоритетные загрязнители и их долевой вклад.

Ситуационная задача 17.

В таблице представлены данные лабораторных исследований питьевой воды г. N.

№	Наименование вещества	CAS	Средняя концентрация, мг/л	RfD мг/м ³ (SFO)	Критические Органы (системы)	HQ (CR)	HI (TCR)
1.	Алюминий	7429-90-5	0,22				
2.	Аммиак	7664-41-7	0,18				
3.	Бромформ	75-25-2	0,00065				
4.	Винилхлорид	75-01-4	0,003				

5.	Дибромхлор-метан	124-48-1	0,00153				
6.	Дихлор-метан	75-09-2	0,003				
7.	Железо	7439-89-6	0,202				
8.	Кадмий	7440-43-9	0,00155				
9.	Кобальт	7440-48-4	0,01				
10.	Марганец	7439-96-5	0,015				
11.	Медь	7440-50-8	0,006				
12.	Мышьяк	7440-38-2	0,005				
13.	Никель	7440-02-0	0,01				
14.	Свинец	7439-92-1	0,0095				
15.	Тетрахлор метан	56-23-5	0,000325				
16.	Тетрахлорэтил ен	127-18-4	0,0022				
17.	Фенол	108-95-2	0,00058				
18.	Фтор (фториды)	16984-48-8	0,13				
19.	Хлороформ	67-66-3	0,09				
20.	Хром +6	18540-29-9	0,01				
21.	Цинк	7440-66-6	0,28				

Задание:

1. Оцените неканцерогенный риск путём расчета коэффициента опасности.
2. Оцените суммарное воздействие химических веществ.

3. Оцените канцерогенный риск для веществ, обладающих канцерогенной активностью.

4. Определите и обоснуйте перечень приоритетных химических веществ для последующей оценки риска

Литература

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

2. Гигиена с основами экологии человека: учебник / Архангельский В.И. и др.; под ред. П.И. Мельниченко. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 752 с.: ил.

3. Гигиена: учебник / Под ред. акад. РАМН Г.И. Румянцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: "ГЭОТАР-Медиа", 2009. - 608 с.

4. Производственная безопасность и профессиональное здоровье [Электронный ресурс]: руководство для врачей / под ред. А. Г. Хрупачева, А. А. Хадарцева. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

5. Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Под ред. В.З. Кучеренко. - 4 изд., перераб. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.

6. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев и др. - М. : Абрис, 2012. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785437200490.html>

7. Гигиена с основами экологии человека [Электронный ресурс]: учебник / Под ред. Мельниченко П.И. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970426425.html>

8. Гигиена [Электронный ресурс]: учебник / Мельниченко П. И., Архангельский В. И., Козлова Т. А., Прохоров Н. И., Семеновых Г. К., Семеновых Л. Н - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.

9. Общественное здоровье и здравоохранение [Электронный ресурс]: учебник / Щепин О.П., Медик В.А. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - (Серия "Послевузовское образование")." - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970422168.html>

10. Общественное здоровье и здравоохранение [Электронный ресурс]: учебник / Ю. П. Лисицын, Г. Э. Улумбекова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015.

11. Токсикологическая химия [Электронный ресурс]: учебник / "Плетенева Т.В., Сыроешкин А.В., Максимова Т.В.; Под ред. Т.В. Плетенёвой" - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013."

Интернет-ресурсы:

1. Единый образовательный портал <http://www.studmedlib.ru/>
2. Информационное письмо о списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влиянии на здоровье населения. Минздрав РФ, И/109-111 от 07.08.97 http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=838
3. Издания медицинской литературы <http://www.medlit.ru>
4. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

5. Центральная научная медицинская библиотека
www.scsml.rssi.ru
6. Медицинские интернет ресурсы www.it2med.ru/mir.html
7. Официальный сайт «Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека»
<http://rospotrebnadzor.ru>
8. Всемирная организация Здравоохранения (ВОЗ)
<http://www.who.int/ru/>
9. Risk Assessment Software Обзор компьютерных программ для оценки риска <http://www.environmental-expert.com/software/risk.htm>
10. Программа для моделирования многосредовых экспозиций химических веществ и расчета рисков
<http://www.cwo.com/~herd1/caltox.htm>
<http://www.dtsc.ca.gov/docs/sppt/herd/caltox.html>
11. EHIPS Система обработки информации об окружающей среде и здоровье населения <http://iki.cosmos.ru/ehips/>
12. Cheminfo. База токсикологических данных Канадского центра по профессиональной безопасности и здоровью (CCOHS)
<http://www.ccohs.ca/products/databases/cheminfo.html>
13. Integrated Risk Information System (IRIS) EPA's Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment
<http://www.epa.gov/IRIS/whatsnew.htm>
14. ОEHHA <http://www.oehha.ca.gov/home.html>
15. Risk Assessment Information System (RAIS)
http://risk.lsd.ornl.gov/rap_hp.shtml

16. US EPA Region 3 Risk Assessment.
<http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/riskmenu.htm>
ATSDR - Minimal Risk Levels for Hazardous Substances (MRLs)
<http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>
17. A TOXNET Resource <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
18. Environmental Contaminant Encyclopedia
<http://www1.nature.nps.gov/toxic/>
19. US Environmental Protection Agency
<http://www.epa.gov/opptintr/facts.htm>
20. CAS <http://info.cas.org/>
21. Chemical Registry System (CRS) <http://www.epa.gov/crs/>
22. Toxicology Resources. Токсикологические ресурсы в Интернете
<http://www.acmt.net/toxresor.htm>

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ
ЭКСПОЗИЦИИ

Фактор экспозиции	Величина
Продолжительность экспозиции	
Хроническое воздействие (взрослые)	30 лет
Пожизненное воздействие (канцерогены)	70 лет
Хроническое воздействие, дети до 6 лет	6 лет
Средняя продолжительность жизни	70 лет
Случайное заглатывание почвы	
Показатель заглатывания почвы, возраст 1 - < 6, сценарий жилой зоны	200 мг/день
То же, возраст 6 и более лет	100 мг/день 400 мг/день (верхний перцентиль)
Показатель заглатывания почвы, взрослый	50 мг/кг
Контаминированная фракция заглатываемой почвы, сценарий жилой зоны	1,0
Частота экспозиции в год	350 (137 - 365)
Частота экспозиции, ребенок, лето	5 дней/нед., 13 нед./год
То же, весна и осень	3 дня/нед., 26 нед./год

Продолжительность экспозиции для почвы, сценарий жилой зоны, возраст 1 - < 6	5 лет
Масса тела, возраст 1 - < 6	15 - 16 кг
Ингаляционная экспозиция	
Скорость ингаляции, взрослый, общая характеристика	20 куб. м/день
Скорость ингаляции, взрослый, деятельность только внутри помещения	15 куб. м/день
Скорость ингаляции, ребенок, 6 - < 18	20 куб. м/день
Скорость ингаляции, ребенок, 0 - < 6	4 куб. м/день
Скорость ингаляции, ребенок < 1 года	4,5 куб. м/день
Скорость ингаляции, ребенок 1 - 12 лет	8,7 куб. м/день
Скорость ингаляции, взрослая женщина	11,3 куб. м/день
Скорость ингаляции, взрослый мужчина	15,2 куб. м/день
Скорость ингаляции при активной деятельности	0,018 куб. м/(кг х час)
Скорость ингаляции во время отдыха	0,006 куб. м/(кг х час)
Частота экспозиции, сценарий жилой зоны	350 дней/год
Масса тела	
Масса тела, ребенок, 0 - < 6 лет	14 - 15 кг
Масса тела, ребенок, 0 - < 18 лет	42 кг
Масса тела, взрослый, 18 и более лет	70 кг

Общая продолжительность экспозиции	
Продолжительность проживания	30 лет (90-перцентиль) 9 лет (50-перцентиль)
Продолжительность проживания, фермеры	40 лет
Потребление водопроводной воды	
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, взрослый	2 л/день
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, возраст 6 - < 18 лет	1,5 л/день
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, возраст 0 - < 6 лет	0,67 - 1,0 л/день
Частота экспозиции для питьевой воды, сценарий жилой зоны	350 дней/год
Случайное заглатывание поверхностных вод (плавание)	
Показатель заглатывания поверхностной воды (плавание)	50 мл/день
Время воздействия (плавание)	0,5 - 2,6 ч/день
Частота экспозиции (плавание)	7 - 15 дней/год 40 дней/год
Кожная экспозиция в воде	
Площадь поверхности кожи, взрослый	1,82 кв. м
Площадь поверхности кожи, возраст 6 - < 18 лет	1,31 кв. м

Площадь поверхности кожи, возраст 0 - < 6 лет	0,53 кв. м
Фракция кожи, подвергающаяся воздействию (плавание)	1,0
Продолжительность экспозиции (плавание)	0,5 - 2,6 ч/день
Частота экспозиции (плавание)	7 - 15 дней/год 40 дней/год
Принятие душа, ванны, плавание	
Продолжительность принятия душа	0,25 ч/день 0,12 ч/день (50-перцентиль) 0,2 ч/день (90-перцентиль) 8 мин./день 12 мин./день (95-перцентиль)
Продолжительность принятия ванны	20 мин./день 45 мин./день (95-перцентиль)
Время, проводимое в ванной комнате	40 мин./день
Скорость воды в душе	5,5 л/мин.
Скорость ингаляции	1,33 куб. м/ч
Водопотребление при принятии душа/ванны	15 галлонов на 1 чел./день

Общее водопотребление в ванной комнате	35,5 галлонов <*> на 1 чел./день
Контактирующая площадь поверхности кожи	23000 - 17040 кв. см
Частота принятия душа/ванны	350 дней/год 1 раз/день
Показатели активности	
Время, проводимое внутри жилища, дети 3 - 11 лет	19 ч/день 17 ч/день (выходные дни)
Время, проводимое внутри жилища, взрослые и дети > 12 лет	21 ч/день
Время, проводимое внутри жилища, взрослые	16,4 ч/день
Время, проводимое вне жилища, дети 3 - 11 лет	5 ч/день 7 ч/день (выходные дни)
Время, проводимое вне жилища, взрослые и дети > 12 лет	1,5 ч/день
Время, проводимое вне жилища, взрослые	2 ч/день
Мобильность населения (время проживания на одном месте)	9 30 (95-перцентиль)
Кожная экспозиция для воды, почвы или седиментов (осадков)	
Величина загрязнения кожи почвой	1,0 мг/кв. см-день
Контаминированная фракция почвы, производственный сценарий	1,0
Контаминированная фракция почвы, сценарий жилой зоны	1,0

Абсорбированная фракция	1,0
Площадь поверхности тела, взрослый	1,82 кв. м
Площадь поверхности тела, возраст 6 - < 18 лет	1,31 кв. м
Площадь поверхности тела, возраст 0 - < 6 лет	0,53 кв. м
Фракция площади поверхности тела, подвергающаяся воздействию	1,0
Частота экспозиции, дети, лето	5 дней/нед., 13 нед./год
Частота экспозиции, дети, весна и осень	3 дня/нед., 26 нед./год
Частота экспозиции, садоводческий сезон, весна и лето	3 дня/нед., 26 нед./год
Факторы жилища	
Объем жилища, куб. м	369 217 (консервативная оценка)
Воздухообмен, в час	0,45 0,18 (консервативная оценка)
Объем душевой кабины	2 куб. м
Объем ванной комнаты	10 куб. м
Общее время использования туалета	40 мин./день
Воздухообмен между душевой и ванной комнатой	100 л/мин.

Общее время использования воды	15,7 ч/день
Воздухообмен между ванной комнатой и жилыми помещ.	300 л/мин.
Воздухообмен между жилищем и наружным воздухом	0,45 в час (2768 л/мин.)
Общее водопотребление в жилище	17,5 галлонов <*>

<*> 1 галлон = 3,785 л.

ФАКТОРЫ ЭКСПОЗИЦИИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ВОЗ

Фактор экспозиции	Величина
Масса тела, кг	
средний взрослый	60
- взрослый мужчина	70
- взрослая женщина	58
- средняя величина	64
- рекомендуемая ВОЗ	60
Площадь поверхности тела, кв. см	
- взрослый мужчина	18000
- взрослая женщина	16000
Потребление жидкости (молоко, питьевая вода и другие напитки), мл/день	
Нормальные условия:	1000 - 2400 (2000)
- взрослые	
- взрослый мужчина	1950
- взрослая женщина	1400
- дети (10 лет)	1400
Повышенная температура (32 °С)	
- взрослые	2840 - 3410
Умеренная активность	
- взрослые	3700
Объем дыхания, л/8 часов	
- взрослый мужчина	3600
- взрослая женщина	2900
- ребенок (10 лет)	2300
Легкая непродуцирующая деятельность	

- взрослый мужчина	9600
- взрослая женщина	9100
- ребенок (10 лет)	6240
Ингаляция за сутки, куб. м (8 часов отдыха, 16 часов легкой или непроизводительной деятельности)	
- взрослый мужчина	23
- взрослая женщина	21
- ребенок (10 лет)	15
- средний взрослый	22

ФРАКЦИИ ОБЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА

Виды активности	Экспонируемые части тела	Фракции общей поверхности тела		
		дети 0 - < 6	дети 0 - < 18	взрослые от 18 лет и старше
Игра или легкая работа вне помещения, холодная погода	голова кисти рук	0,21	0,15	0,13
Игра или легкая работа вне помещения, теплая погода	голова кисти рук и предплечья ноги	0,43	0,40	0,38

ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ (ОБДХ, 2002, 2003 гг.)

Наименование продуктов	2002 год, кг/год	2003 год, кг/год
Хлеб пшеничный	48,9	47,3
Хлеб ржаной и прочий	23,7	22,8
Хлебобулочные изделия	4,3	4,3
Другие мучные кондитерские изделия	9,8	10,5
Мука	23,5	22,1
Бобовые	1,2	1,0
Рис	7,2	7,0
Крупа прочая	8,1	7,2
Макаронные изделия	11,4	11,2
Изделия из теста, требующие тепловой обработки перед употреблением	3,8	4,3
Итого: хлебных продуктов (хлеб и макаронные изделия в пересчете на муку, мука, крупа и бобовые)	113,4	109,4
Картофель	90,1	86,3
Капуста	14,7	14,8
Огурцы и помидоры	16,0	15,9
Свекла, морковь и другие корнеплоды	13,4	12,7
Лук и чеснок	12,3	12,1
Бахчевые и другие овощи	5,6	5,4
Замороженные и сушеные овощи	0,2	0,2
Овощные консервы	10,3	10,9
Полуфабрикаты и готовые изделия из овощей	3,8	3,6
Арбузы и дыни	6,6	8,3

Итого: овощей и бахчевых	82,7	83,9
Фрукты и ягоды свежие	18,8	18,9
В т.ч. бананы	3,2	4,0
Фрукты и ягоды сушеные	0,5	0,5
Виноград свежий	1,1	1,2
Виноград сушеный	0,2	0,2
Цитрусовые	3,7	3,8
Орехи	0,8	0,9
Замороженные и консервированные фрукты, изделия из фруктов	4,6	5,2
Итого: фруктов и ягод, включая сушеные в пересчете на свежие	35,4	36,2
Говядина и телятина	9,3	9,8
Баранина и козлятина	0,6	0,6
Свинина	9,3	10,2
Печень всякая	1,7	1,6
Другие субпродукты	1,6	1,7
Мясо птицы	13,5	13,3
В т.ч. куриные окорочка	7,0	6,3
Мясо прочих домашних животных	0,4	0,4
Съедобные жиры животного происхождения	1,0	1,0
Мясо диких животных и птиц	0,1	0,1
Колбасы	7,6	8,2
Сосиски, сардельки	4,2	4,5
Мясные закуски	1,8	1,9
Мясные полуфабрикаты и готовые изделия	3,4	3,8
Мясные и мясорастительные консервы, закусочные консервы	0,8	0,8

Итого: мяса и мясопродуктов в пересчете на мясо	57,8	60,7
Молоко цельное	52,8	51,2
Кисло-молочные продукты	7,2	7,9
Йогурт	1,8	2,1
Другие молочные продукты	0,1	0,2
Сметана, сливки	5,0	5,1
Масло животное	4,2	3,9
Творог, сырковая масса	4,7	4,8
Сыр и брынза	3,4	3,7
Молочные консервы	1,0	1,0
Молоко сухое	0,1	0,1
Сливки сухие	0,0	0,0
Мороженое	1,2	1,2
Итого: молока и молочных продуктов в пересчете на молоко	227,4	225,3
Яйца, шт.	209	208
Рыба свежая	9,6	9,0
Морепродукты свежие	0,2	0,3
Рыба и морепродукты соленые, копченые, сушеные (кроме сельди)	1,1	1,1
Сельдь	2,2	2,1
Рыбные консервы	1,0	1,0
Икра осетровых, лососевых рыб	0,0	0,0
Рыбные полуфабрикаты и готовые изделия	0,3	0,3
Итого: рыбы и рыбопродуктов в пересчете на рыбу	14,8	14,2
Сахар	22,0	21,5

Конфеты, халва и т.п.	2,6	2,7
Конфеты шоколадные	1,9	2,1
Шоколад	0,3	0,3
Мед пчелиный	0,6	0,6
Варенье, джем, повидло	3,9	3,8
Итого: сахара, включая кондитерские изделия в пересчете на сахар	26,0	25,7
Масло растительное	8,8	8,7
Маргарин и другие жиры	1,5	1,2
Итого: масла растительного и других жиров	10,3	9,9
Грибы свежие	0,7	1,0
Грибы сушеные	0,0	0,0

Примечание. Источник данных потребления продуктов питания в домашних хозяйствах в 2003 году - Федеральная служба государственной статистики. Москва, июль 2004 г. (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств).

ФАКТОРЫ КАНЦЕРОГЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА (МГ/(КГ X СУТ.))

CAS	Вещество	МА ИР	ЕРА	SFO	SFI
630-20-6	1,1,1,2-Тетрахлорэтан	3	С	0,026	0,026
79-34-5	1,1,2,2-Тетрахлорэтан	3	С	0,2	0,2
79-00-5	1,1,2-Трихлорэтан	3	С	0,057	0,057
57-14-7	1,1-Диметилгидразин	2В	В2	550	550
542-88-1	1,1'-Дихлордиметиловый эфир	1	А	220	217
75-34-3	1,1-Дихлорэтан	ND	С	0,0057	0,0057
75-35-4	1,1-Дихлорэтилен	3	С	0,59	0,18
39001-02-0	1,2,3,4,5,6,7,8- Октахлордibenзофуран		В2	13	13
35822-46-9	1,2,3,4,6,7,8-Гептахлор- дibenзо-п-диоксин	3	В2	1600	1600
67562-39-4	1,2,3,4,6,7,8- Гептахлордibenзофуран		В2	1600	1600
55673-89-7	1,2,3,4,7,8,9- Гептахлордibenзофуран	3	В2		1300
39227-28-6	1,2,3,4,7,8-Гексахлор- дibenзо-п-диоксин		В2	16000	16000
70648-26-9	1,2,3,4,7,8- Гексахлордibenзофуран		В2	16000	16000
57653-85-7	1,2,3,6,7,8-Гексахлор- дibenзо-п-диоксин	3	В2	16000	16000
57117-44-9	1,2,3,6,7,8- Гексахлордibenзофуран		В2	16000	16000
19408-74-3	1,2,3,7,8,9-Гексахлор- дibenзо-п-диоксин	3	В2	6200	4550
72918-21-9	1,2,3,7,8,9- Гексахлордibenзофуран		В2	16000	16000
40321-76-4	1,2,3,7,8-Пентахлор- дibenзо-п-диоксин	3	В2	80000	80000
109719-77-9	1,2,3,7,8- Пентахлордibenзофуран		В2	8000	8000
96-18-4	1,2,3-Трихлорпропан	2А	В2	7	7
120-82-1	1,2,4-Трихлорбензол	-	D	0,0036	-
106-93-4	1,2-Дибромэтан	2А	В2	2	2,1
540-73-8	1,2-Диметилгидразин	2А	В2	550	550

122-66-7	1,2-Дифенилгидразин	ND	B2	0,8	0,77
78-87-5	1,2-Дихлорпропан	3	B2	0,036	0,036
107-06-2	1,2-Дихлорэтан	2B	B2	0,091	0,091
540-59-0	1,2-Дихлорэтилен		-	-	1,2
106-99-0	1,3-Бутадиен	2A	A/B 2	3,4	0,105
541-73-1	1,3-Дихлорбензол	3	D	0,024	0,024
542-75-6	1,3-Дихлорпропен	2B	B2	0,1	0,004
10061-02-6	1,3-Дихлорпропен(E), транс-			0,18	0,13
10061-01-5	1,3-Дихлорпропен(Z),цис-			0,18	0,13
1120-71-4	1,3-Пропансульфон	2B	B2	2,4	2,4
2475-45-8	1,4,5,8- Тетрааминоантрахинон	2B		0,0045	0,0045
123-91-1	1,4-Диоксан	2B	B2	0,027	0,027
123-31-9	1,4-Диоксибензол	3	C	0,056	0,056
106-46-7	1,4-Дихлорбензол	2B	C	0,0054	0,04
764-41-0	1,4-Дихлорбут-2-ен	3	B2	9,3	9,3
42397-64-8	1,6-Динитропирен	2B	ND	120	39
117-10-2	1,8-Дигидроксиантрахинон	2B		0,076	0,076
42397-65-9	1,8-Динитропирен	2B	ND	12	3,9
82-28-0	1-Амино-2-метилантрахинон	3		0,15	0,15
134-32-7	1-Нафтиламин	3		1,8	1,8
5522-43-0	1-Нитропирен	2B	ND	1,2	0,39
1116-54-7	2,2'(Нитрозоимино)- диэтанол	2B	B2	2,8	2,8
72-55-9	2,2-Бис(п-хлорфенил)- 1,1-дихлорэтилен	2B	B2	0,34	0,34
108-60-1	2,2'-Дихлоризопропиловый эфир	3	C	0,07	0,035
38380-08-4	2,3,3',4,4',5- Гексахлорбифенил			75	75
32598-14-4	2,3,3',4,4'- Пентахлорбифенил			15	15
60851-34-5	2,3,4,6,7,8- Гексахлордибензофуран		B2	16000	16000
57117-41-6	2,3,4,7,8- Пентахлордибензофуран		B2	80000	80000
50585-41-6	2,3,7,8-Тетрабром-п- диоксин			75000	
1746-01-6	2,3,7,8-Тетрахлор-	1	B2/	150000	150000

	дибензо-п-диоксин		A		
51207-31-9	2,3,7,8-Тетрахлордибензофуран		B2	16000	16000
118-96-7	2,4,6-Тринитротолуол	3	C	0,03	0,03
634-93-5	2,4,6-Трихлоранилин		C	0,034	0,034
33663-50-2	2,4,6-Трихлоранилин гидрохлорид		C	0,029	0,029
88-06-2	2,4,6-Трихлорфенол	2B	B2	0,011	0,011
	2,4-/2,6-Динитротолуол, смесь изомеров	B2		0,68	
94-75-7	2,4-Д	3	D	0,019	0,019
1928-43-4	2,4-Д,2-этилгексильный эфир			0,019	
615-05-4	2,4-Диаминоанизол	2B	ND	0,023	0,023
39156-41-7	2,4-Диаминоанизол сульфат			0,013	0,013
95-68-1	2,4-Диметиланилин	3	C	0,75	0,75
21436-96-4	2,4-Диметиланилин гидрохлорид		C	0,58	0,58
121-14-2	2,4-Динитротолуол	2B	B2	0,68	0,31
584-84-9	2,4-Толуилендиизоцианат	2B	ND		0,039
606-20-2	2,6-Динитротолуол	2B	B2	0,68	0,68
68006-83-7	2-Амино-3-метил-9Н-пиридо[2,3-b]индол	2B		1,2	1,2
67730-11-4	2-Амино-6-метилдипирило-(1,2-а:3',2'-d)имидазол	2B		4,8	4,8
26148-68-5	2-Амино-9Н-пиридо[2,3-b]индол	2B		0,4	0,4
117-79-3	2-Аминоантрахинон	3	ND	0,033	0,033
67730-10-3	2-Аминодипиридо(1,2-а:3',2'-d)имидазол	2B		1,4	1,4
132-27-4	2-Бифенилол, натриевая соль	2B	B2	0,003	0,003
149-30-4	2-Меркаптобензотиазол	-	C	0,029	0,029
129-15-7	2-Метил-1-нитроантрахинон	2B		4,3	4,3
513-37-1	2-Метил-1-хлорпроп-1-ен	2B	C	0,045	0,045
563-47-3	2-Метил-3-хлорпроп-1-ен	3	C	0,14	0,14
99-55-8	2-Метил-5-нитроанилин	3	C	0,033	0,033
75-55-8	2-Метилазирин	2B	B2	150	
95-53-4	2-Метиланилин	2A	B2	0,24	0,18
636-21-5	2-Метиланилин гидрохлорид		B2	0,18	0,13
99-59-2	2-Метокси-5-нитроанилин	3	B2	0,046	0,049

90-04-0	2-Метоксианилин	2B	C	0,14	0,14
134-29-2	2-Метоксибензамин гидрохлорид	2B		0,11	0,11
91-59-8	2-Нафтиламин	1	A	1,8	1,8
79-46-9	2-Нитропропан	2B	B2	9,5	9,4
88-72-2	2-Нитроглюкол	3	B2	0,23	
607-57-8	2-Нитрофлуорен	2B	ND	0,12	0,039
25013-16-5	2-трет-Бутил-4- метоксифенол	2B		0,0002	0,0002
90-43-7	2-Фенилфенол	3	B2	0,0019	0,0019
95-81-8	2-Хлор-5-метиланилин			4,3	8,4
75-29-6	2-Хлорпропан			0,13	0,13
32774-16-6	3,3',4,4',5,5'- Гексахлорбифенил	2A	B2	13	13
57465-28-8	3,3',4,4',5-Пентахлор- бифенил (PCB 126)	B2	2A	13000	13000
32598-13-3	3,3',4,4'- Тетрахлорбифенил	2A	B2	75	75
119-93-7	3,3'-Диметилбензидин	2B	B2	2,3	9,2
119-90-4	3,3'-Диметоксибензидин	2B	B2	0,014	0,014
91-94-1	3,3'-Дихлорбензидин	2B	B2	0,45	1,2
70362-50-4	3,4,4',5-Тетрахлорбифенил	2A	B2	13	13
76180-96-6	3Н-Имидазо(4,5-f)хинолин, 2-амино-3-метил-	2A		1,4	1,4
6109-97-3	3-Амино-9-этилкарбазол гидрохлорид			0,078	0,078
108-44-1	3-Метиланилин			0,24	0,24
56-49-5	3-Метилхолантрен	ND	B2	22	22
99-09-2	3-Нитроанилин			0,021	
96-12-8	3-Хлор-1,2-дибромпропан	2B	B2	7	7
101-77-9	4,4'-Диаминодифенилметан	2B	ND	0,25	1,6
101-14-4	4,4'-Метиленбис(2-хлор- анилин)	2A	B2	0,13	0,13
13552-44-8	4,4'-Метилендианилин дихлорид	2B		1,2	1,2
101-80-4	4,4'-Оксидаанилин	2B		0,14	0,14
101-61-1	4,4'-Тетраметилдиамино- дифенилметан	3	B2	0,046	0,046
72-54-8	4,4-Тетрахлордифенилэтан	2B	B2	0,24	0,24
139-65-1	4,4'-Тиудианилин	2B		15	15
92-67-1	4-Аминодифенил	1	A	21	21

60-11-7	4-Диметиламиноазобензол	2B	B2	4,6	4,55
106-49-0	4-Метиланилин	ND	C	0,19	0,19
100-01-6	4-Нитроанилин	-	ND	0,021	
57835-92-4	4-Нитропирен	2B	ND	1,2	0,39
99-99-0	4-Нитроголуол	3	C	0,017	
95-69-2	4-Хлор-2-метиланилин	2A	B2	0,58	0,58
106-47-8	4-Хлоранилин	2B	B2	0,0638	0,0638
3165-93-3	4-Хлор-о-толуидин гидрохлорид	2A	B2	0,46	0,46
95-83-0	4-Хлор-о-фенилендиамин	2B	ND	0,016	0,016
120-71-8	5-Метил-2-метоксианилин	2B	ND	0,15	0,15
3697-24-3	5-Метилхризен	2B	ND	12	3,9
602-87-9	5-Нитроаценафтен	2B	ND	0,13	0,13
7496-02-8	6-Нитрохризен	2B		120	39
57-97-6	7,12-Диметил- бенз[а]антрацен	ND	B2	250	250
194-59-2	7-Н-Дибензо[с,г]карбазол	2B	ND	230	
156-10-5	N-(4-Нитрозофенил)анилин	3	ND	0,022	0,022
90-94-8	N,N,N,N-Тетраметил- 4,4'-диаминобензофенон	ND	ND	0,86	0,86
148-18-5	N,N-Диэтилдитиокарбамат натрия	3	C	0,27	0,27
70-25-7	N-Метил-N'-нитрозо-N- нитрогуанидин	2A		8,3	8,3
684-93-5	N-Нитрозо-N-метилмочевина	2A	B2	120	120
615-53-2	N-Нитрозо-N-метилуретан	2B		110	110
759-73-9	N-Нитрозо-N-этилмочевина	2A	B2	140	27
924-16-3	N-Нитрозодибутиламин	2B	B2	5,4	5,6
62-75-9	N-Нитрозодиметиламин	2A	B2	51	49
621-64-7	N-Нитрозодипропиламин	2B	B2	7	7
86-30-6	N-Нитрозодифениламин	3	B2	0,0049	0,009
55-18-5	N-Нитрозодиэтиламин	2A	B2	150	150
10595-95-6	N-Нитрозометилэтиламин	2B	B2	22	22
59-89-2	N-Нитрозоморфолин	2B	ND	6,7	6,7
16543-55-8	N'-Нитрозонорникотин	2B		1,4	1,4
100-75-4	N-Нитрозопиперидин	2B	B2	9,4	9,4
930-55-2	N-Нитрозопирролидин	2B	B2	2,1	2,1
133-07-3	N- Трихлорметилтиофталимид	3	B2	0,0035	0,0035
115-02-6	Азасерин	2B		11	11
446-86-6	Азатиоприн	1		1,8	1,8

103-33-3	Азобензол	3	B2	0,11	0,11
79-06-1	Акриламид	2A	B2	4,5	4,5
107-13-1	Акрилонитрил	2B	B1	0,54	0,24
50-76-0	Актиномицин D	3		8700	8700
1596-84-5	Алар	ND	B2	0,018	0,018
15972-60-8	Алахлор		B2	0,081	0,068
309-00-2	Алдрин	3	B2	17	17
107-05-1	Аллил хлористый	3	C	0,021	0,021
319-84-6	альфа-Линдан	2B	B2	6,3	6,3
61-82-5	Амитрол	3	B2	0,91	0,91
62-53-3	Анилин	3	B2	0,0057	0,0057
74115-24-5	Апполо		C	0,0376	
140-57-8	Арамит	2B	B2	0,025	0,025
12674-11-2	Арохлор 1016			0,07	0,07
11104-28-2	Арохлор 1221			2	2
11141-16-5	Арохлор 1232			2	2
12672-29-6	Арохлор 1248			2	2
53469-21-9	Арохлор 1252	2A	B2	2	2
11097-69-1	Арохлор 1254	2A	B2	2	2
11096-82-5	Арохлор 1260			2	2
1332-21-4	Асбесты	1	A		22
1912-24-9	Атразин	3	E	0,222	0,22
492-80-8	Аурамин	2B		0,88	0,88
75-07-0	Ацетальдегид	2B	B2	-	0,0077
60-35-5	Ацетамид	2B	C	0,07	0,07
53-96-3	Ацетиламинофлуорен	ND	B2	3,8	3,8
34256-82-1	Ацетохлор		B2	0,0169	
30560-19-1	Ацефат		C	0,0087	0,0087
50594-66-6	Ацифлуорфен		B2	0,11	0,11
62476-59-9	Ацифлуорфен, натриевая соль		B2	0,107	
56-55-3	Бенз[а]антрацен	2A	B2	21	0,31
92-87-5	Бензидин	1	A	230	234
100-44-7	Бензил хлористый	2A	B2	0,17	0,17
8006-61-9	Бензин	2B	B2		0,035
50-32-8	Бензо(а)пирен	2A	B2	7,3	3,9
205-99-2	Бензо[b]флуорантен	2B	B2	7,3	0,39
205-82-3	Бензо[j]флуорантен	2B	ND	6,1	0,39
207-08-9	Бензо[k]флуорантен	2B	B2	0,073	0,031
71-43-2	Бензол	1	A	0,055	0,027
98-07-7	Бензотрихлорид	2A	B2	13	13

17804-35-2	Беномил		С	0,0042	0,0042
7440-41-7	Бериллий	1	В1	4,3	8,4
1304-56-9	Бериллий оксид	1	В2	7	7
13510-49-1	Бериллий сульфат (1:1)	1		3000	3000
3068-88-0	бета-Бутиролактон	2В		1	1
319-85-7	бета-Линдан	2В	С	1,8	1,85
57-57-8	бета-Пропиолактон	2В		14	14
39638-32-9	Бис(2-хлоризопропиловый)эфир			0,07	0,035
111-44-4	Бис(2-хлорэтиловый)эфир	3	В2	1,1	1,15
82657-04-3	Бифентрин		С	0,054	0,054
10605-21-7	БМК		С	0,042	0,0042
15541-45-4	Броматы		В2	0,7	
67774-32-7	Бромдифенилы	2В	В2	8,9	30
75-27-4	Бромдихлорметан	2В	В2	0,062	0,13
1689-84-5	Бромоксинил		С	0,103	
75-25-2	Бромоформ	3	В2	0,0079	0,0039
593-60-2	Бромэтен	2А	В2	0,11	0,11
78-48-8	Бутифос		С	0,239	-
75-01-4	Винилхлорид	1	А	1,9	0,0308
69806-40-2	Галоксифоп-метил		В2	7,39	
79983-71-4	Гексаконазол		С	0,016	
608-73-1	Гексахлоран	2В	В2	1,8	1,78
118-74-1	Гексахлорбензол	2В	В2	1,6	1,6
87-68-3	Гексахлорбутадиен	3	С	0,0078	0,077
34465-46-8	Гексахлордибензо-п-диоксин			13000	13000
67-72-1	Гексахлорэтан	2В	С	0,014	0,014
548-62-9	Генцианвиолет			0,1	
76-44-8	Гептахлор	2В	В2	4,5	4,5
1024-57-3	Гептахлорэпоксид	2В	В2	9,1	9,1
302-01-2	Гидразин	2В	В2	3	17,1
7803-57-8	Гидразин гидрат	-	-	3	17
10034-93-2	Гидразин сульфат		В2	3	17
16568-02-8	Гиromитрин	3		10	10
1071-83-6	Глифосат		Е	5,00Е-05	
4342-03-4	Дакарбазин	2В		49	49
1861-32-1	Дактал		С	0,00149	
50-29-3	ДДТ	2В	В2	0,34	0,34
103-23-1	Ди(2-этилгексил)адипат	3	С	0,0012	0,0012
117-81-7	Ди(2-этилгексил)фталат	3	В2	0,014	0,0084

2303-16-4	Диаллат	3	B2	0,061	0,061
224-42-0	Дибен[а,j]акридин	2B	ND	1,2	0,39
226-36-8	Дибенз[а,h]акридин	2B	ND	1,2	0,39
53-70-3	Дибензо(а,h)антрацен	2A	B2	7,3	3,1
189-64-0	Дибензо[а,h]пирен	2B	ND	120	39
189-55-9	Дибензо[а,i]пирен	2B	B2	120	39
191-30-0	Дибензо[а,l]пирен	2B	ND	120	39
	Дибензо[f,j]антрацен			12	3,9
124-48-1	Дибромхлорметан	3	C	0,084	0,094
94-58-6	Дигидросафрол	2B		0,044	0,044
101-90-6	Диглицидилрезорциновый эфир	2B		1,7	1,7
115-32-2	Дикофол	3	C	0,44	0,44
79-44-7	Диметилкарбамоилхлорид	2A	B2	13	13
77-78-1	Диметилсульфат	2A	B2		34
25321-14-6	Динитротолуол (смесь изомеров)	ND		0,68	0,68
136-45-8	Ди-н-пропилизоцинхомеронат		C	0,0024	
1746-01-6	Диоксины (хлорированные дибензодиоксины)	1		150000	150000
1143-38-0	Дитранол	3		0,22	35
330-54-1	Диурон		B1	0,019	
119446-68-3	Дифеноконазол		C	0,157	
25321-22-6	Дихлорбензол		B2	0,024	0,024
75-09-2	Дихлорметан	2B	B2	0,0075	0,0016
62-73-7	Дихлорофос	2B	B2	0,29	0,29
79-43-6	Дихлоруксусная кислота	2B	B2	0,05	
1300-21-6	Дихлорэтан			0,091	0,091
60-57-1	Диэдрин	3	B2	16	16
56-53-1	Диэтилстильбэстрол	1	A	4700	490
78-59-1	Изофорон	-	C	0,00094	0,00095
51338-27-3	Иллоксан		C	0,23	
35554-44-0	Имазалил		B	0,062	
193-39-5	Индено[1,2,3-с,d]пирен	2B	B2	0,73	0,31
505-60-2	Иприт	1	A	9,5	
36734-19-7	Ипродион		B2	0,0439	0,0439
74-88-4	Йодметан	3	D	2,9	2,9
7440-43-9	Кадмий	1	B1	0,38	6,3
75-60-5	Какодиловая кислота		B2	0,0623	
7758-01-2	Калий бромат	2B	B2	0,7	0,49

65996-93-2	Каменноугольные дегти; полициклические ароматические соединения	1	A		2,17
133-06-2	Каптан	3	B2	0,0035	0,0023
2425-06-1	Каптофол	2A	B2	0,0086	0,15
86-74-8	Карбазол	3	B2	0,02	0,02
63-25-2	Карбарил	3	C	0,0119	0,0227
143-50-0	Кепон	2B	B2	8	16
7440-48-4	Кобальт	2A	B1		9,8
143390-89-0	Крезоксим-метил		B2	0,0029	
123-73-9	Кротональдегид	3	C	1,9	1,9
135-20-6	Купферрон		B2	0,22	0,22
303-34-4	Лазеокарпин	2B		7,8	7,8
77501-63-4	Лактофен		B2	0,17	
58-89-9	Линдан	3	B2	1,3	1,1
330-55-2	Линурон		C	0,18	0,18
12427-38-2	Манеб	3	B2	0,06	0,06
8018-01-7	Манкозоб		B2	0,0601	
148-82-3	Мелфалан	1		130	130
137-42-8	Метам-натрий		B2	0,198	
60-34-4	Метилгидразин		B2	1,1	17,2
66-27-3	Метилметансульфонат	2A		0,099	0,099
56-04-2	Метилтиоурацил	2B		0,4	0,4
1634-04-4	Метил-трет-бутиловый эфир	3	C	0,003	0,00015
51218-45-2	Метолахлор		C	0,0052	0,00916
2385-85-5	Мирекс	2B	B2	1,8	18
50-07-7	Митоминин С	2B		8200	8200
121-73-3	м-Нитрохлорбензол	3	B2	0,018	0
2212-67-1	Молинат		C	0,11	
315-22-0	Монокроталин	2B		10	10
2439-01-2	Морестан		B2	0,0342	
7440-38-2	Мышьяк	1	A	1,5	15
192-65-4	Нафто(1,2,3,4-def)хризен	2B	ND	12	3,9
7440-02-0	Никель	2B	A		0,84
13463-39-3	Никель карбонил		B2		0,91
	Никель очищенный, пыль	1	A		0,84
12035-72-2	Никель субсульфид		A	1,7	1,68
139-13-9	Нитрилтриуксусная кислота	2B		0,0053	0,0053
18662-53-8	Нитрилтриуксусная кислота, тринатриевая	2B		0,01	0,01

	соль моногидрат				
55-63-0	Нитроглицерин		ND	0,014	0,014
1836-75-5	Нитрофен	2B		0,082	0,082
555-84-0	Нифураден	2B		0	1,8
3570-75-0	Нифуртиазол	2B		2,3	2,3
51-98-9	Норестирен ацетат			0,047	
78-42-2	О,О,О-Трис-(2-этил-гексил)фосфат	-	C	0,0032	
64-67-5	О,О-Диэтилсульфат	2A		1,2	1,2
97-56-3	о-Аминоазотолуол	2B		3,8	3,8
	Общие углеводороды (по C)				0,035
77732-09-3	Оксадиксил		C	0,053	
42874-03-3	Оксифлуорфен		C	0,0732	
3268-87-9	Октахлордibenзо-п-диоксин	3			130
88-73-3	о-Нитрохлорбензол	3	B2	0,0097	0,025
19044-88-3	Оризалин		C	0,13	
569-61-9	Основной красный 9	2B		240	0,25
62-44-2	п-Ацетофенетидин	2A		0,0022	0,0022
87-84-3	Пентабром-6-хлорцикло-гексан		C	0,023	0,023
82-68-8	Пентахлорнитробензол	3	C	0,26	0,26
87-86-5	Пентахлорфенол	2B	B2	0,12	0,018
52645-53-1	Перметрин	3	C	0,0184	0,0184
5160-02-1	Пигмент красный	3		0,0053	0,0053
121-21-1	Пиретрин 1		B	0,00514	
123343-16-8	Пириитиобак-натрий		C	0,00105	
120-80-9	Пирокатехин	2B	ND	0,009	0,009
1694-09-3	Пищевой фиолетовый 2	2B		0,02	0,02
100-00-5	п-Нитрохлорбензол	3	B2	0,0067	0,018
1336-36-3	Полихлорированные бифенилы	2A	B2	0,4	0,4
65996-93-2	Полициклические органические вещества	1		7,3	0,7
3564-09-8	Понсо 3R	2B		0,016	0,016
3761-53-3	Понсо MX	2B		0,0045	0,0045
671-16-9	Прокарбазин	2A		14	14
366-70-1	Прокарбазин гидрохлорид	2A		12	12
23950-58-5	Пронамид		B2	0,0154	0,0154
139-40-2	Пропазин		C	0,0445	
2312-35-8	Пропаргит		B2	0,0171	

60207-90-1	Пропиканозол		С	0,0179	
75-56-9	Пропиленоксид	2В	В2	0,24	0,013
51-52-5	Пропилтиоурацил	2В		1	1
114-26-1	Пропоксур	ND	В2	0,00369	0,00369
67747-09-5	Прохлорац		С	0,15	0,15
16071-86-6	Прямой коричневый 95	2В	А	9,3	6,7
2602-46-2	Прямой синий 6	2В	А	8,1	7,4
1937-37-7	Прямой черный 38	2В	А	8,6	7,4
5216-25-1	п-Хлорбензотрихлорид		В2	20	20
50-55-5	Резерпин	3		11	11
50471-44-8	Ронилан		С	0,29	
19666-30-9	Ронстар		В2	0,14	
78587-05-0	Савей		С	0,0222	
	Сажа	1			0,0155
94-59-7	Сафрол	2В	В2	0,22	0,22
7439-92-1	Свинец	2А	В2	0,047	0,042
301-04-2	Свинец ацетат	3		0,03	0,28
1335-32-6	Свинец ацетат, основной	3		0,03	0,038
7758-97-6	Свинец хромат	1		0,017	
7446-27-7	Свинец(II)фосфат(3:2)	2В		0,012	
122-34-9	Симазин	3	С	0,12	0,12
2784-94-3	Синий N 1	2В		0,051	0,051
55283-68-6	Сонален		С	0,089	
10048-13-2	Стеригматоцистин	2В		0,22	35
100-42-5	Стирол	2В	С	0,03	0,002
96-09-3	Стиролоксид	2А		0,16	0,16
18883-66-4	Стрептозоцин	2В		110	110
95-06-7	Сульфаллат	2В		0,19	0,19
141776-32-1	Сульфосульфурон		В2	0,00103	
32809-16-8	Сумилекс		В2	0,0235	
33089-61-1	Тактик		С	0,0497	-
2593-15-9	Терракур		В2	0,072	
109-99-9	Тетрагидрофуран	-	-	0,0076	0,0068
112281-77-3	Тетраконазол		В2	0,037	
56-23-5	Тетрахлорметан	2В	В2	0,13	0,053
118-75-2	Тетрахлорхинон		С	0,403	0,4
127-18-4	Тетрахлорэтилен	2А	В2	0,052	0,002
111988-49-9	Тиаклоприд			0,0406	0,0406
153719-23-4	Тиаметоксам		В2	0,0377	
62-55-5	Тиоацетамид	2В	А	6,1	6,1
59669-26-0	Тиодикарб		В2	0,0188	

62-56-6	Тиомочевина	3	B2	0,072	0,072
52-24-4	Тиофосфамид	1		12	12
8001-35-2	Токсафен	2B	B2	1,2	1,1
91-08-7	Толуол-2,6-диизоцианат	2B	ND		0,039
26471-62-5	Толуолдиизоцианат	2B		0,039	0,039
87820-88-0	Тралкоксидим		B2	0,0168	
87820-88-0	Тралкоксидим			0,0168	0,0048
25962-77-9	транс-2-[(Диметиламино)-метиламино]-5-[2-(5-нитро-2-фурил)-винил]-1,3,4-оксадиазол	2B		120	39
55738-54-0	транс-2-[(Диметиламино)-метилимино]-5-[2-(5-нитро-2-фурил)винил]-1,3,4-оксадиазол, CAS 25962-77-0	2B		0,44	0,44
75-65-0	трет-Бутанол			0,003	-
1582-09-8	Трефлан	3	C	0,0077	0,0077
115-96-8	Три(2-хлорэтил)фосфат	3	C	0,014	
2303-17-5	Триаллат		C	0,0717	0,0832
712-68-5	Триафур	2B		16	16
126-73-8	Трибутилфосфат		B2	0,0054	
512-56-1	Триметилфосфат		B2	0,037	0,037
62450-06-0	Триптофан P1	2B		26	26
62450-07-1	Триптофан P-2	2B		3,2	3,2
126-72-7	Трис(2,3-дибромпропил)-фосфат	2A	B2	2,3	2,3
76-87-9	Трифенилоловогидроксид		B2	1,83	
79-01-6	Трихлорэтилен	2A	B2	0,011	0,0063
1333-86-4	Углерод черный	2B			0,017
51-79-6	Уретан	2B	ND	1	1
94-78-0	Феназопиридин	2B		0,17	0,17
136-40-3	Феназопиридин гидрохлорид	2B		0,15	0,15
114369-43-6	Фенбуконазол		C	0,00359	
3546-10-9	Фенестерин			150	150
95-54-5	Фенилен-1,2-диамин		B2	0,047	-
95-80-7	Фенилен-2,4-диамин	2B	B2	3,2	4
50-06-6	Фенобарбитал	2B		0,46	0,46
59-96-1	Феноксibenзамин	2B		3,1	3,1
63-92-3	Феноксibenзамин	2B		2,7	2,7

	гидрохлорид				
79622-59-6	Флуазинам		D	0,054	
2164-17-2	Флуометурон	3	C	0,018	-
117337-19-6	Флутацет-метил		B	2	0,57
17337-19-6	Флутиацет-метил		B1	0,207	
72178-02-0	Фомесафем		C	0,19	0,19
50-00-0	Формальдегид	2A	B1	-	0,046
961-11-5	Фосфорная кислота, 2-хлор-1-(2,4,5-трихлор- фенил)винил, диметиловый эфир	C		0,024	0,024
67-45-8	Фуразолидон	3	B2	3,8	3,8
59-87-0	Фурациллин	3	B2	1,5	9,4
3688-53-7	Фуриламид	2B		0,21	0,21
531-82-8	Фуриум	2B	B2	50	1,5
60568-05-0	Фурмециклокс		B2	0,03	0,03
91-22-5	Хинолин	3	B2	3	12
510-15-6	Хлорбензилат	3	B2	0,27	0,27
305-03-3	Хлорбутин	1		0,0023	440
57-74-9	Хлордан	2B	B2	1,2	1,3
12789-03-6	Хлордан технический	2B	B2	0,035	0,35
73506-94-2	Хлордибромэтан			0,084	0
6164-98-3	Хлордиформ	3	B2	1,3	
	Хлорированные диоксины и дибензофураны			156000	
108171-26-2	Хлорированные парафины C12 (60% хлора)	2B	ND	0,089	0,089
74-87-3	Хлорметан	3	E	0,013	0,0063
107-30-2	Хлорметоксиметан	1	A	2,4	2,4
1897-45-6	Хлороталонил	3	B2	0,011	0,0031
67-66-3	Хлороформ	2B	B2	0,0061	0,008
61788-33-8	Хлортерфенилы			4,5	0
569-57-3	Хлортрианизен			240	240
25167-80-0	Хлорфенолы	2B		0,12	
115-28-6	Хлорэндиковая кислота	2B	D	0,091	0,091
75-00-3	Хлорэтан	3	B	0,0029	0,0047
218-01-9	Хризен	3	B2	2	0,0031
7440-47-3	Хром	3	A		42
18540-29-9	Хром (VI)	1	A	0,42	42
1333-82-0	Хром триоксид	1	A	0,42	42

7738-94-5	Хромовая кислота	1	A		42
21725-46-2	Цианазин		C	0,84	0,84
420-04-2	Цианамид		C	0,0674	0
121-82-4	Циклонит		C	0,11	0,11
6055-19-2	Циклофосфамид гидрат	1		0,57	0,57
50-18-0	Циклофосфан	1		0,61	0,61
87-29-6	Циннамилантранилат	3		0,0046	0,0046
52315-07-8	Циперметрин		C	0,019	0,019
113096-99-4	Ципроконазол		B2	0,302	0,08
94361-06-5	Ципроконазол (SAN 619F)		B2	0,3	
66215-27-8	Циромазин		E	0,0024	0,0024
	Эмиссии бензиновых двигателей без добавок свинца (по органическим веществам)	2B	B2		0,42
	Эмиссии бензиновых двигателей без добавок свинца (по взвешенным веществам)	2B	B2		0,1785
	Эмиссии бензиновых двигателей с добавками свинца (по взвешенным веществам)	2B	B2		0,056
	Эмиссии дизельных двигателей	2A	B1		1,1
8007-45-2	Эмиссии доменного производства. Каменноугольные смолы	1	A		2,17
106-89-8	Эпихлоргидрин	2A	B2	0,0099	0,0042
50-28-2	Эстрадиол			39	39
140-88-5	Этилакрилат	2B	B2	0,048	0,048
100-41-4	Этилбензол	2B	D		0,00385
151-56-4	Этиленимин	2B	B2	65	65
75-21-8	Этиленоксид	1	B1	1	0,35
96-45-7	Этилентиомочевина	3	B2	0,11	0,045
62-50-0	Этилметансульфонат	2B	B2	293	
13194-48-4	Этопроп		B1	0,0281	0,0281
80844-07-1	Этофенпрокс		C	0,0051	

РАСЧЕТ СУТОЧНЫХ ДОЗ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
ВЕЩЕСТВ С АТМОСФЕРНЫМ ВОЗДУХОМ

$I = [(Ca \times Tout \times Vout) + (Ch \times Tin \times Vin) \times EF \times ED / (BW \times AT \times 365)]:$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Величина поступления, мг/(кг x день)	-
Ca	Концентрация вещества в атмосферном воздухе, мг/куб. м	-
Ch	Концентрация вещества в воздухе жилища, мг/куб. м	1,0 x Ca
Tout	Время, проводимое вне помещений, час./день	8 ч/день
Tin	Время, проводимое внутри помещений, час./день	16 ч/день
Vout	Скорость дыхания вне помещений, куб. м/час	1,4 куб. м/час
Vin	Скорость дыхания внутри помещения, куб. м/час	0,63 куб. м/час
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
BW	Масса тела, мг/кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ
ДОЗЫ И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ
ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
С ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ**

$I = (C_w \times V \times EF \times ED) / (BW \times AT \times 365)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление с питьевой водой, мг/(кг x день)	-
C _w	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
V	Величина водопотребления, л/сут.	2 л/сут.; дети: 1 л/сут.
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
BW	Масса тела, мг/кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА
СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ
ПОСТУПЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ИСПАРЯЮЩИХСЯ
ИЗ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

$I = CDI \times ED \times EF / (AT \times 365)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/(кг x день)	-
CDI	Средняя концентрация в воздухе, мг/куб. м	$CDI = (Xb + Xh) \times Cw \times Theta$
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
EF	Частота воздействия, дн./год	365 дн./год
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
Xb	Вспомогательная величина, отражающая вклад водных процедур в общую ингаляционную нагрузку	$Xb = 0,7 \times IRa \times Tb \times Wb / (VRb \times 60)$
Xh	Вспомогательная величина, отражающая вклад питьевой воды (кроме водных процедур) в общую ингаляционную нагрузку	$Xh = 0,54 \times (Wh \times IRa \times (Th - Tr) / (VRh)) + 0,54 \times (Tr \times IRr \times Wh / VRh)$
Theta	Эффективность массопереноса вещества из воды в воздух	$Theta = 3000000 / (2,5 / 0,67 \times Dw) + [(R \times T / (H \times Da))]$
T	Температура в квартире, °К	$T = 273 + 20 = 293 \text{ °К}$
t	Температура в квартире, °С	20 °С
H	Константа закона Генри, Па-куб. м/моль	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия <*>. Может быть рассчитана по величине растворимости вещества в воде и давлению его паров

R	Универсальная газовая постоянная	8,31
Dw	Коэффициент диффузии в воду, кв. см/с	Для органических веществ: 0,67 $Dw = 22 \times 0,00001 / MW$ Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
Da	Коэффициент диффузии в воздух, кв. см/с	Для органических веществ: 0,67 $Da = 1,9 / MW$ Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
IRr	Скорость вентиляции в покое, куб. м/(кг х ч)	0,007 куб. м/(кг х ч)
IRa	Скорость вентиляции при активной деятельности, куб. м/(кг х ч)	0,02 куб. м/(кг х ч)
Tr	Продолжительность сна, отдыха, ч	8 часов
Tb	Время, затрачиваемое на умывание, принятие душа, ванны, мин./день	30 мин./день
Th	Общее время пребывания в жилище, ч/день	16 ч/день
VRb	Скорость вентиляции в ванной комнате, куб. м/мин.	0,5 куб. м/мин.
VRh	Скорость вентиляции в квартире, куб. м/ч	360 куб. м/ч
Wh	Общее водопотребление в квартире, л/ч	30 л/ч
Wb	Водопотребление для умывания, душа, ванны, л/мин.	8 л/мин.
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
В основе расчетного уравнения лежит модель McKone.		

<*> Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия разработаны в НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды.

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ
ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ,
ИСПАРЯЮЩИХСЯ ИЗ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ВО ВРЕМЯ
КУПАНИЯ (ПЛАВАНИЯ) В ОТКРЫТОМ ВОДОЕМЕ**

$I = (CA \times IR \times EF \times ET \times ED) / (AT)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/(кг x день)	-
CA	Концентрация вещества в воздухе, мг/куб. м	$(C_w \times V_p \times 273 \times MW) / (760 \times T \times 22,4)$
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
IR	Скорость ингаляции, куб. м/ч-кг	0,02 куб. м/ч-кг
ET	Время воздействия, ч/дн.	1 ч
EF	Частота воздействия, дн./год	45 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
t	Температура, °С	20 °С
T	Температура, °К	$273 + t = 293$ °К
Vp	Давление паров, мм рт. ст.	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия
MW	Молекулярная масса, г/моль	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ
ПРИ СЛУЧАЙНОМ ЗАГЛАТЫВАНИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДЫ
(ВОДЫ ВОДОЕМОВ)**

$I = (C_w \times IR \times EF \times ED \times ET) / (AT \times BW \times 365)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Пероральное поступление, мг/(кг x день)	-
C _w	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
IR	Скорость поступления, л/ч	0,05 л/ч
ET	Время воздействия, ч/день	1 ч
EF	Частота воздействия, дн./год	45 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ
ПРИ НАКОЖНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ВОДЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ
(ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА)**

$DAD = (DAe \times EV \times ED \times EF \times SA) / (BW \times AT \times 3600 \times 1000)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
DAD	Абсорбированная накожная доза, мг/(кг x день)	-
DAe	Абсорбированная доза за событие, мг/кв. см-событие	-
EV	Частота событий в год	45
ET	Время воздействия, ч/день	0,58 ч/день; ребенок: 1 ч/день
SA	Площадь поверхности кожи, кв. см	18000 кв. см; дети: 6600 кв. см
EF	Частота воздействия, дн./год	45 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ
ПРИ НАКОЖНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ВОДОПРОВОДНОЙ (ПИТЬЕВОЙ)
ВОДЫ (ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА)**

$DAD = (DAe \times EV \times ED \times EF \times SA) / (BW \times AT \times 365 \times 1000)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
DAD	Поглощенная доза, мг/(кг x день)	-
DAe	Абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/кв. см-событие	Для неорганических и высоко ионизированных органических веществ: $DAe = Kp \times Cw \times te$. Для органических веществ: если $te \leq t^*$, то $DAe = 2 \times Kp \times Cw \times (6 \times thau \times te / 3,14)^{0,5}$, если $te > t^*$, то $DAe = Kp \times Cw \times \{ (te / (1 + B)) + 2 \times thau \times (1 + 3 \times B + 3 \times B^2) / (1 + B) \}$
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
EV	Частота контакта, число контактов/день	1
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
EF	Частота воздействия, дн./год	350 дн./год
SA	Площадь участка кожи, кв. см	18000 кв. см; ребенок: 6600 кв. см
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет
ABS	Коэффициент кожной резорбции, отн. ед.	Определяется свойствами вещества
Kp	Коэффициент кожной проницаемости, см/ч	$\log Kp = -2,8 + 0,67 \times Kow - 0,0056 \times MW$
MW	Молекулярная масса, г/моль	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия <*>

Kow	Коэффициент распределения октанол/вода	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия <*>. $\log Kow = 3,06 - 0,68 \times \log(S)$
S	Растворимость вещества в воде	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия <*>
te	Продолжительность одного события, час/событие	0,58; ребенок: 1,0
B	Коэффициент соотношения между проницаемостью через роговой слой кожи и эпидермис	$B = (Kp \times MW^{0,5}) / 2,6$
thauе	Лag-период на событие, час/событие	Для органических веществ: $thauе = 0,16 \times 10^{(0,0056 \times MW)}$
Dsc	Эффективная диффузия для переноса вещества через кожу, кв. см/час	Для органических веществ: $Dsc / Lsc = (-2,8 - 0,0056 \times MW) / 10$
Lsc	Толщина кожного покрова, см	10^{-3} см
t*	Время достижения равновесного состояния, ч	Для органических веществ, если $B \leq 0,6$, то $t^* = 2,4 \times thauе$; если $B > 0,6$, то $t^* = (b - (b^2 + c)^{1/2}) \times (Lsc / Dsc)$, где $b = 2 \times (1 + B) / 3,14 - c$; $c = (1 + 3B + 3B^2) / (3(1 + B))$

<*> Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия разработаны в НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды.

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С ПИЩЕВЫМИ
ПРОДУКТАМИ (ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ)**

$I = \text{SUM} [(A_1 \times m_1) + (A_2 \times m_2) + \dots + (A_n \times m_n)] \times F / BW$		
Параметры	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление вещества с рационом питания, мг/кг массы тела в сутки	
A ₁ ... A _n	Концентрация вещества в конкретных пищевых продуктах, мг/кг продукта	
m ₁ ... m _n	Масса потребленного продукта в день, кг	
F	Доля местных, потенциально загрязненных продуктов в суточном рационе, отн. ед.	Определяется местными условиями. Крайняя оценка: F = 1,0
BW	Масса тела, кг	
При расчете суточного поступления химических веществ с пищевыми продуктами необходимо представить источник информации о потреблении пищевых продуктов.		

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С ПИЩЕВЫМИ
ПРОДУКТАМИ (ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЮДЖЕТНЫХ МЕТОДОВ
ПОТРЕБЛЕНИЯ)**

$I = \text{SUM} [(A_1 \times m_1) + (A_2 \times m_2) + \dots + (A_n \times m_n)] \times F / BW$		
Параметры	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление вещества с рационом питания, мг/кг массы тела в сутки	
A ₁ ... A _n	Концентрация вещества в конкретных пищевых продуктах, мг/кг продукта	
m ₁ ... m _n	Масса потребленного продукта в день, кг	
T	Коэффициент пересчета на съедобную часть	Определяется по справочнику "Химический состав пищевых продуктов". Изд-во "Пищевая промышленность", 1976. С. 200 - 207
F	Доля местных, потенциально загрязненных продуктов в суточном рационе, отн. ед.	Определяется местными условиями. Крайняя оценка: F = 1,0
BW	Масса тела, кг	
<p>При расчете нагрузки принимается, что частота воздействия составляет 365 дней, продолжительность воздействия для взрослых - 30 лет, детей - 6 лет, период усреднения экспозиции для взрослых - 30 лет, для детей - 6 лет (для канцерогенов - 70 лет). Масса тела для взрослого населения принимается либо 70 кг (для детей - 15 кг), либо средняя масса тела изучаемой возрастной группы населения.</p>		

СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ С ГРУДНЫМ МОЛОКОМ И ПРОДУКТАМИ ПРИКОРМА

$I = \text{SUM} [(C_1 \times m_1) + (C_2 \times m_2) + \dots + (C_n \times m_n)] / BW$		
Параметры	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление вещества с рационом питания, мг/кг массы тела в сутки	
C ₁	Концентрация вещества в грудном молоке, мг/кг	
C ₂ ... C _n	Концентрация вещества в продуктах прикорма, мг/кг	
m ₁	Масса потребленного грудного молока в день, кг	
m ₁ ... m _n	Масса потребления продуктов прикорма в день, кг	
BW	Масса тела, кг	
При расчете нагрузки принимается, что продолжительность воздействия принимается равной 1 году, период усредненной экспозиции - 1 год. Масса тела принимается либо 10 кг, либо средняя масса тела изучаемой возрастной группы населения.		

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ
И СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ
ПЕРОРАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОЧВЫ**

Канцерогены: $I = C_s \times F_I \times E_F \times E_T \times C_{F2} \times ((E_{Dc} \times I_{Rc} / B_{Wc}) + (E_{Da} \times I_{Ra} / B_{Wa})) / (A_{Tn} \times 365)$ Неканцерогены: $I = C_s \times F_I \times E_T \times C_{F2} \times I_{Rn} \times E_{Dn} / (B_{Wn} \times A_{Tn} \times 365)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление с почвой, мг/(кг x день)	-
Cs	Концентрация вещества в почве, мг/кг	-
IR	Скорость поступления, кг/сут.	0,0001 кг/сут.; дети: 0,0002 кг/сут.
IRc	Скорость поступления в возрасте 6 и менее лет, мг/сут.	0,0002 мг/сут.
IRa	Скорость поступления в возрасте старше 6 лет, мг/сут.	0,0001 мг/сут.
IRn	Скорость поступления, мг/сут.	Для взрослых: IRn = IRa; для детей: IRn = IRc
ET	Время воздействия, час./день	1 ч/день
CF2	Пересчетный коэффициент, дней/час	ET/24 дн./ч
FI	Загрязненная фракция почвы, отн. ед.	1,0 (т.е. 100%)
EF	Частота воздействия, дн./год	350 дн./год; рекреационный сценарий: 75 дн./г.
EDn	Продолжительность воздействия, лет	Для детей: EDn = EDc; для взрослых: EDn = EDa
EDc	Продолжительность воздействия в возрасте моложе 6 лет	6 лет
EDa	Продолжительность воздействия в возрасте старше 6 лет	24 года
BWn	Масса тела, кг	Для детей: BWn = BWc; для взрослых: BWn = BWa
BWc	Масса тела в возрасте 6 и менее лет	15 кг
BWa	Масса тела в возрасте старше 6 лет	70 кг
ATn	Период усреднения экспозиции,	Для взрослых: 30 лет;

	лет	для детей: 6 лет
АТ	Период усреднения экспозиции, лет	70 лет (канцерогены)

**СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ
ДОЗЫ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКИХ
ВЕЩЕСТВ, ПОПАДАЮЩИХ В ВОЗДУХ ИЗ ПОЧВЫ**

$I = (C_a \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365)$		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/(кг x день)	-
C _a	Концентрация вещества в воздухе, мг/куб. м	C _s x (1 / PEF + 1 / EF)
C _s	Концентрация вещества в почве, мг/кг	-
PEF	Фактор эмиссии пылевых частиц, куб. м/кг	расчетная величина (табл. 3.13)
VF	Фактор испарения из почвы, куб. м/кг	расчетная величина (табл. 3.14)
IR	Скорость поступления, куб. м/сут.	20 куб. м/сут.; дети: 10 куб. м/сут.
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
АТ	Период усреднения экспозиции, лет	Для взрослых: 30 лет; для детей: 6 лет; канцерогены: 70 лет

РАСЧЕТ ФАКТОРА ЭМИССИИ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

Параметр	Определение	Стандартная величина
$PEF = Q / C \times 36667 / (0,036 \times (1 - V) \times (U_m / U_t)^3 \times F(x))$		
PEF	Фактор эмиссии пылевых частиц, куб. м/кг	$1,32 \times 10^9$ или расчетная величина
Q / C	Средняя инверсная концентрация в центре участка площадью 0,5 акра, г/кв. м - с на кг/куб. м	90,8
F(x)	Функция, зависящая от U_m / U_t	0,194
U_m	Среднегодовая скорость ветра, м/с	4,69 м/с
U_t	Эквивалентное пороговое значение скорости ветра на высоте 7 м, м/с	11,32 м/с
V	Фракция земли, покрытая растительностью, отн. ед.	0,5

РАСЧЕТ ФАКТОРА ИСПАРЕНИЯ ВЕЩЕСТВА ИЗ ПОЧВЫ

Параметр	Определение	Стандартная величина
$VF = Q / C \times (3,14 \times D \times T)^{1/2} \times 10^{-4} \times (2 \times \rho_{ho} \times D)^{-1/2}$		
VF	Фактор испарения с поверхности почвы, куб. м/кг	-
Q / C	Средняя инверсная концентрация в центре участка площадью 0,5 акра, г/кв. м - с на кг/куб. м	68,81
T	Интервал воздействия, с	$9,5 \times 10^8$ с
D _a	Наблюдаемая диффузия, кв. см/с	см. примечание <*>
rho _b	Плотность сухой почвы, г/см	1,5 г/куб. см
theta _a	Соотношение пористости почвы и пористости воздуха (Lвоздух / Lпочва)	0,28
L	Пористость среды	-
N	Общая пористость почвы (Lпоры / Lпочва)	0,43
theta _w	Пористость почвы для воды (Lвода / Lпочва)	0,15
rho _s	Плотность почвенных частиц, г/куб. см	2,65 г/куб. см
Di	Диффузия в воздух, кв. см/с	Для органических веществ: $Di = 1,9 / MW^{0,67}$ Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
H	Константа закона Генри, Па-куб. м/моль	Может быть рассчитана по величине растворимости вещества в воде и давлению его паров. Значения параметров (H, растворимость в воде, давление паров) содержатся в химических-

		ких справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия <*>
H'	Константа закона Генри, отн. ед.	H' = H x 41
Dw	Диффузия в воду, кв. см/с	Для органических веществ: Dw = 22 x 10 ⁻⁶ / MW ^{0,67} . Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
Kd	Коэффициент распределения почва/вода, куб. см/г	K _{oc} x f _{oc}
K _{oc}	Коэффициент распределения органического углерода почва/вода, куб. см/г	Может быть рассчитан по величине коэффициента распределения октанол/вода
f _{oc}	Фракция органического углерода в почве, г/г	0,006 г/г (0,6%)

$$D_a = \frac{\theta_a^{3,3} \times D_i \times H' + \theta_w^{3,3} \times D_w}{n} \times \frac{2}{\rho_b} \times (K_d + \theta_w + \theta_a \times H')$$

<*> Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия разработаны в НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды.

СТАНДАРТНАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ДОЗЫ ПРИ НАКОЖНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ПОЧВЫ

$DAD = (DAe \times EF \times ED \times EV \times SA) / (BW \times AT \times 365)$		
Пара-метр	Определение	Стандартная величина
DAD	Абсорбированная накожная доза, мг/(кг x день)	-
DAe	Абсорбированная доза за событие, мг/кв. см-событие	$DAe = Cs \times CF \times AF \times ABSd$
Cs	Концентрация вещества в почве, мг/кг	-
CF	Пересчетный коэффициент, кг/мг	-6 10 кг/мг
AF	Фактор загрязнения кожи, мг/кв. см-событие	Зависит от сценария экспозиции или 0,2 мг/кв. см (дети); 0,1 мг/кв. см (взрослые)
ABSd	Абсорбированная фракция, отн. ед.	Определяется свойствами вещества: для органических веществ - 0,1, для неорганических - 0,01
SA	Площадь поверхности кожи, кв. см	5700 кв. см; ребенок: 3300 кв. см
EF	Частота воздействия, событие/год	350
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
EV	Число событий в день	1 событие/день
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

Отпечатано в типографии ЗАО Алгоритм+
г. Казань, пр. Ямашева, 36

Заказ 1103.
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 5,81
Бумага офсет 80 г. Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.