МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЦЕНТР ГОССАНЭПИДНАДЗОРА В г. МОСКВЕ

2.1.9. СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
В СВЯЗИ С СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
И УСЛОВИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

РАСЧЕТ ДОЗ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА МНОГОСРЕДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Методические рекомендации
МосМР 2.1.9.003-03

Издание официальное

Москва 2003

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЦЕНТР ГОССАНЭПИДНАДЗОРА В г. МОСКВЕ

2.1.9. СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
В СВЯЗИ С СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
И УСЛОВИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

РАСЧЕТ ДОЗ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА МНОГОСРЕДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Методические рекомендации
МосМР 2.1.9.003-03

Издание официальное

Москва 2003

УДК 614.878(083.131)
ББК 51.26
М 54



М 54 **Методические рекомендации. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ. – М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС имени А.Н.Сысина РАМН, ММА имени И.М.Сеченова, Консультационный Центр по оценке риска, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003, – 28 с.**

ISBN 5-902586-03-8

Авторский коллектив: д.м.н., профессор Новиков С.М., академик РАМН профессор Рахманин Ю.А., к.м.н. Шашина Т.А. (НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н.Сысина РАМН), Шашина Е.А. (Московская медицинская академия имени И.М.Сеченова), Пономарева О.В., Гудкевич А.З. (Консультационный Центр по оценке риска), д.м.н., профессор Филатов Н.Н., к.м.н. Аксенова О.И., к.м.н. Корниенко А.П., Волкова И.Ф. (Центр госсанэпиднадзора в г. Москве).

1. При разработке рекомендаций использованы нормативная документация, материалы Консультационного Центра по оценке риска, опыт участия авторов в проектах по оценке риска воздействия химических веществ на здоровье населения Москвы, Самары, Новокуйбышевска и других городов Российской Федерации.

2. Методические рекомендации предназначены для организаторов здравоохранения, специалистов центров госсанэпиднадзора.

РАСЧЕТ ДОЗ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА МНОГОСРЕДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Методические рекомендации
МосМР 2.1.9.003-03

Подписано в печать 17.11.03. Тираж 1000 экз. Формат 60x88/16.
Отпечатано в ГУП «ДЕЗКОНТРОЛЬ». 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 11, строение 2
Изготовлено по заказу Центра госсанэпиднадзора в г. Москве (письмо № 1-14 от 31.03.03)

ООО «Санэпидмедиа». 129626, Графский пер., 4/9. gost.e-ecolog.ru
Тел.: (095) 508-3383, 287-3939, 287-1046.
E-mail: gost.e-ecolog.ru

По вопросам приобретения методических рекомендаций и журнала «СЭС» обращаться по тел. (095) 508-3383, 287-3939, 287-1046

Настоящие методические рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Центра госсанэпиднадзора в г Москве

ББК 51.26

ISBN 5-902586-03-8

© ООО «Санэпидмедиа»
© НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А Н Сысина РАМН
© Центр госсанэпиднадзора в г. Москве

СОДЕРЖАНИЕ

Список терминов 4
1. Общие положения 6
2. Количественная оценка поступления химического вещества в организм 7
3. Переменные, используемые для расчета поступления 10
4. Рекомендации по расчету доз для разных условий воздействия химических веществ 14
4.1. Атмосферный воздух (ингаляционное воздействие) 14
4.2. Питьевая вода 15
4.2.1. Питьевая вода: пероральное поступление 15
4.2.2.Питьевая вода: ингаляционное воздействие 15
4.2.3. Питьевая вода: накожное воздействие 17
4.3. Вода открытого водоема 19
4.3.1. Вода открытого водоема (плавание): пероральное поступление (случайное заглатывание воды) 19
4.3.2. Вода открытого водоема (плавание): ингаляционное воздействие 19
4.3.3. Вода открытого водоема (плавание): накожное воздействие 20
4.4. Почва 21
4.4.1. Почва: пероральное поступление 21
4.4.2. Почва: ингаляционное воздействие 22
4.4.3. Почва: накожное воздействие 24
4.5. Продукты питания 25
4.5.1. Продукты питания: поступление с продуктами местного производства 25
4.5.2. Продукты питания: поступление с рыбой 26
4.5.3. Продукты питания: поступление с грудным молоком 26
Литература 27

Основные понятия, термины и определения

Воздействующая (приложенная, примененная, доставленная, отложенная) доза – количество химического вещества находящегося в контакте с первичными обменными барьерами тела (например, кожа, жидкости организма, легкие, желудочно-кишечный тракт). Является мерой экспозиции и не учитывает величину абсорбции.

Внутренняя (абсорбированная) доза – количество химического вещества, проникшего через обменные барьеры организма посредством физических или химических процессов после контакта (воздействия).

Доза - мера количества вещества, полученного организмом человека или животного с учетом массы тела, мг/кг.

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

Комбинированное воздействие – одновременное воздействие нескольких химических веществ на организм.

Комплексное поступление (воздействие) – одновременное поступление одного и того же вещества различными путями.

Концептуальная модель – упрощенное описание важных функциональных и структурных взаимоотношений в экосистеме, включающее рабочие гипотезы о том, как и каким образом загрязняющие вещества могут воздействовать на популяции и отдельные группы населения. Эта модель характеризует совокупность источников загрязнения окружающей среды, пути транспорта загрязнения, места воздействия на определенные группы населения.

Кумулятивный риск – вероятность/правдоподобие накопления токсически сходных (однородных) эффектов, обусловленных одновременным поступлением различными путями (см. комплексное поступление) нескольких химических веществ (см. комбинированное воздействие).

Маршрут воздействия – физический путь загрязнения от источника его образования и поступления в окружающую среду до экспонируемого организма.

Многосредовое воздействие – одновременное поступление в организм одного и того же вещества из разных сред.

Опасность – совокупность свойств данного фактора (например, токсичность химического вещества) или конкретной обстановки, которые определяют потенциальную возможность развития неблагоприятных эффектов у человека.

Оценка зависимости «доза-ответ» – один из компонентов процедуры оценки риска - процесс характеристики связи между дозой введенного или

полученного агента и числом случаев вредного для здоровья эффекта в экспонируемой популяции.

Оценка риска – процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов у человека, обусловленных воздействием факторов окружающей среды.

Оценка экспозиции – один из этапов оценки риска. Определение и оценка (качественное и количественное) уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов на оцениваемые группы населения.

Поступление (в контексте оценки дозовых нагрузок) – процесс, посредством которого вещество достигает внешних обменных оболочек человеческого тела, но не переходит через них. Величина поступления характеризуется потенциальной дозой.

Потенциальная доза (поступление) – количество вещества, содержащееся в потребляемом объеме какой-либо среды, например, вдыхаемом воздухе, питьевой воде, пищевом рационе и др.

Процентиль (персентиль) – статистическая величина, ниже которой лежит определенная доля совокупности. Например, 50-й, 90-й, 95-й процентили.

Путь поступления – способ контакта между организмом и потенциально вредным химическим веществом (пероральное поступление, ингаляция, кожная абсорбция).

Риск для здоровья – вероятность развития неблагоприятного эффекта у индивидуума или группы людей при воздействии определенной дозы или концентрации опасного агента.

Сценарий воздействия (экспозиции) – совокупность факторов, предложений, допущений и заключений о том, каким образом происходит воздействие (экспонируемые контингенты, маршрут воздействия, пути поступления и т.д.)

Точка воздействия (рецепторная точка) – место потенциального контакта организма с химическим веществом или физическим агентом.

Факторы (дескрипторы, характеристики, параметры) экспозиции – характерные измеряемые, рассчитываемые или принимаемые по умолчанию параметры, используемые для расчета поступления химического вещества в организм (например, продолжительность воздействия, легочная вентиляция, средняя масса тела).

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

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

Экспонируемая популяция – популяция, подвергающаяся воздействию вредного фактора.

Экспозиция (воздействие) – контакт организма с химическим агентом; количество агента, присутствующее на обменных оболочках тела (например, на коже, в легких, желудочно-кишечном тракте), доступное для абсорбции.

1. Общие положения

1.1. В экономически развитых странах оценке риска придается ведущее значение при осуществлении природоохранных и оздоровительных мероприятий. В Российской Федерации внедрение методологии оценки риска должно способствовать принятию научно обоснованных решений по управлению качеством окружающей среды для снижения неблагоприятного влияния на здоровье населения (Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 25 и Главного государственного инспектора РФ № 03-19/24-3483 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации» от 10.11.97).

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

- идентификация опасности (определение веществ, уровней, сред и путей поступления, которые могут вызвать неблагоприятные последствия для здоровья человека, правдоподобия и доказанности связи между фактором и заболеванием);
- оценка экспозиции (характеристика источников загрязнения, маршрутов движения загрязнений от источника к человеку, пути и точки воздействия, уровни экспозиции и др.);
- оценка зависимости «доза-ответ» (выявление количественных связей между состоянием здоровья и уровнями экспозиции);
- характеристика риска (анализ всех полученных данных, расчет рисков для популяции и ее отдельных подгрупп, сравнение рисков с допустимыми (приемлемыми), сравнительная оценка и ранжирование различных рисков по степени их статистической, медико-биологической и социальной значимости).

1.3. Современная методология оценки риска, предназначенная для оценки многосредовых воздействий и комплексного поступления химических веществ, характеризуется максимальным учетом множества источников, маршрутов и путей воздействия, разнообразных критериев эффекта. Этот более сложный интегрированный, комплексный подход основан на оценке так называемого кумулятивного риска, который обусловлен накоплением токсических сходных эффектов, возникающих при одновременном поступлении различными путями и из разных объектов окружающей среды нескольких химических веществ.

1.4. Результаты оценки риска имеют рекомендательный характер и используются для сравнительной характеристики рисков, выявления приоритетных региональных проблем, связанных с качеством окружающей среды, обоснования и принятия решений по управлению риском.

1.5. Настоящие методические рекомендации посвящены одному из наиболее трудоемких и сложных разделов этапа "оценка экспозиции" - процедуре расчета доз многосредового воздействия. Подробный разбор этапа «оценка экспозиции» является предметом самостоятельного методического документа.

Настоящие методические рекомендации документ обобщают наиболее простые и доступные для большинства исследователей методы оценки экспозиций при так называемых многомаршрутных, многосредовых воздействиях химических соединений. В документе представлены в виде алгоритмов практически все основные методы расчета доз при пероральном, ингаляционном и накожном поступлении химических веществ из различных объектов окружающей среды.

1.6. Полученные данные о дозовых нагрузках на человека являются основой для последующих расчетов риска, выявления приоритетных химических веществ и объектов окружающей среды, вносящих наибольший вклад в риск развития нарушений состояния здоровья различных групп населения, проживающего на обследуемой территории.

2. Количественная оценка поступления химического вещества в организм

2.1. После определения на предыдущих этапах оценки риска перечня анализируемых вредных химических факторов, потенциальных путей и сред воздействия, содержания веществ в каждой анализируемой среде, переходят к следующему этапу - «оценки экспозиции».

Целью данного этапа является определение доз и экспозиций, воздействовавших в прошлом, воздействующих в настоящем или тех, которые возможно будут воздействовать в будущем; установление уровней экспозиции для популяции в целом и ее отдельных субпопуляций, включая сверхчувствительные группы.

2.2. Оценка экспозиции - количественная оценка поступления химического вещества в организм состоит из следующих элементов:

- характеристика условий воздействия, включающей анализ физических свойств среды и определение потенциально экспонируемой популяции;

- определение маршрутов, потенциальных путей распространения, транспортных и воздействующих сред воздействия, формирование окончательного сценария воздействия с установлением мест потенциального контакта определенных групп населения с вредными факторами и путей поступления их в организм;

- количественная характеристика уровней экспозиции с определением концентраций и расчетом доз воздействия

2.3. В реальных условиях поступление химических веществ в организм человека осуществляется одновременно из разных сред (атмосферный воздух, питьевая вода, вода поверхностного водоема, почва, продукты питания) различными путями (пероральный, ингаляционный, накожный). Так, при воздействии питьевой воды из крана, учитывают ее пероральное поступление (приготовление напитков, еды), ингаляционное (испарении воды во время принятия душа или ванны), а также накожное воздействие (прямой контакт с водой при приеме душа или ванны). Такой тип экспозиции характеризуется как многосредовое и комплексное воздействие.

2.4. Тип экспозиции характеризуется сценарием и маршрутами воздействия.

2.5. Сценарий воздействия представляет собой совокупность фактов, допущений и экспертных заключений о том, каким образом происходит воздействие: экспонируемые контингенты населения, условия воздействия, воздействующие вещества, маршрут воздействия.

2.6. Сценарий воздействия составляется исходя из целей проекта и концептуальной модели исследуемой территории (экосистемы).

Выбранный сценарий отражает характеристику человеческой деятельности (деловой активности). Деловая активность описывается следующими параметрами:

- зона человеческой деятельности (жилая, производственная, рекреационная и т.д.);
- время, которое потенциально экспонируемая популяция проводит в зоне деятельности (для производственных условий - 8 ч., для жилых мест - 24 ч.);
- процент времени, проведенного внутри помещений и вне его;
- зависимость человеческой деятельности от сезона года (время нахождения на отрытом воздухе);
- частота нахождения потенциально экспонируемой популяции в загрязненной зоне.

Используются следующие виды сценариев: производственный (воздействие вредных факторов на работающих), селитебный, сельскохозяйственный, рекреационный, «семья рыбака», воздействие на группу детей определенного возраста, острое воздействие и др. Наряду с этим в крупномасштабных работах используются сложные, комплексные сценарии, включающие одновременно несколько «частных» сценариев.

2.7. Наиболее консервативный сценарий (определяющий наибольший риск воздействия), позволяющий провести скрининговую, ориентировочную оценку риска с использованием имеющихся данных об экспозициях и допустимых уровнях воздействия, рекомендуется использовать на этапе идентификации опасности. Самым консервативным сценарием является воздействие на детей, проживающих в исследуемой местности. В последующем

этот предварительный сценарий корректируется с учетом полученных более точных сведений о населении, источниках загрязнения окружающей среды и скрининговых значений риска.

2.8. По своей сути сценарий воздействия является сочетанием различных маршрутов воздействия исследуемых химических веществ.

Маршрут воздействия связывает источник загрязнения окружающей среды с реципиентом (человеком). Компонентами маршрута воздействия являются: источник поступления загрязнения в окружающую среду, воспринимающая (первично загрязненная) среда, транспортирующие и трансформирующие среды, точка воздействия на человека (рецепторную точку), воздействующие среды, пути поступления веществ в организм человека (пероральное поступление, ингаляция, кожная абсорбция).

Совокупность вышеперечисленных элементов составляет так называемый полный маршрут воздействия. Маршрут иногда включает в себя лишь некоторые из указанных элементов, в таком случае он носит название неполного маршрута воздействия.

Пример многомаршрутного, многосредового сценария воздействия приведен в таблице 1.

Таблица 1

Пример принципиального сценария многосредового воздействия

Рецепторная точка: микрорайон 1
Популяция: взрослое население
Условия воздействия: селитебная зона

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

Примечание. + - путь поступления вещества из данной среды включен в расчет доз и рисков.

2.9. При определении значимости пути поступления вещества в организм учитываются физико-химические свойства вещества, уровни его содержания в воздействующих средах, частота и продолжительность поступления при данном пути, вероятность экспозиции и риска, связанного с наличием этого пути поступления. Так, маловероятным является ингаляционное поступление нелетучих металлов, содержащихся в питьевой воде, при приеме душа.

2.10. В исследованиях по оценке риска в качестве меры экспозиции используется, как правило, потенциальная доза или величина поступления.

Потенциальная доза (суточное поступление) рассчитывается с использованием следующего стандартного уравнения:

$$DR\ pot = C \times CR \quad (1)$$

где:

DR pot - величина потенциальной дозы или суточного поступления, мг/день;

C - концентрация вещества в исследуемой среде, мг/кг, мг/м^3, мг/л;

CR - скорость (величина) контакта (поступления) с исследуемой средой, м^3/день, г/день, л/день.

2.11. Внутренняя (абсорбированная) доза рассчитывается путем умножения потенциальной дозы на фактор (коэффициент) абсорбции, отражающий долю реального поступления вещества в организм. В связи с тем, что оценка риска проводится с применением параметров зависимости «доза-ответ», полученных при воздействии потенциальных доз (единичные канцерогенные риски, факторы наклона, референтные дозы и концентрации), необходимость в подобных пересчетах отсутствует. Тем самым стандартное значения фактора абсорбции принимается равным 1,0 (т.е. 100%). Исключением является оценка риска при накожных воздействиях химических веществ, требующая получения абсорбированной дозы, которая определяется с помощью токсико(фармако) кинетических моделей, описывающих процессы поглощения химического вещества организмом, его биотрансформацию, межсредовое распределение и выведение.

3. Переменные, используемые для расчета поступления

3.1. Для расчета поступления используются три категории переменных:

- переменные, связанные с химическим веществом – концентрация в точке воздействия (рецепторной точке);
- переменные, описывающие экспонируемую популяцию – скорость (величина) контакта с загрязненной средой, частота и продолжительность воздействия, масса тела, средняя продолжительность жизни;
- переменные, определяемые исследователем – время усреднения экспозиции.

3.2. Переменные, связанные с химическим веществом (концентрация в точке воздействия), представлены данными прямых исследований химических веществ в объектах окружающей среды и/или результатами моделирования атмосферного загрязнения в приземных слоях атмосферы.

3.3. Данные прямых исследований содержания химических веществ в различных объектах окружающей среды наиболее надежно характеризуют их истинные воздействия на население.

3.4. При расчете потенциальных доз, как правило, следует ориентироваться на оценку разумного (обоснованного) максимального воздействия. В качестве меры концентрации в точке воздействия для условий хронических экспозиций чаще всего используется 95% верхний доверительный интервал средней арифметической величины за период усреднения концентрации.

3.5. Средние величины потенциальных доз (50-й процентиль) применяются при относительно небольшом числе данных, а также в тех случаях, когда проект исходно был нацелен на оценку центральной тенденции.

3.6. Крайние максимальные значения потенциальных доз допустимо использовать при малом числе данных и/или большом размахе их колебаний. Однако в этом случае оценки экспозиций, а следовательно, и рисков будут сильно завышены, причем, степень их аггравации остается неизвестной. Данный факт должен быть обязательно отражен в анализе неопределенностей, связанных с расчетом доз и рисков.

3.7. Однако результаты мониторинга нередко не достаточны для выявления источников и причин экспозиций. Кроме того, сведения о содержании химических веществ в основных объектах окружающей среды, как правило, ограничены или даже отсутствуют. В связи с этим важная роль в оценке экспозиций принадлежит методам моделирования распространения, поведения, аккумуляции химических веществ в различных средах. Подробно выбор уровней экспозиции является предметом методических рекомендаций по оценке экспозиции.

3.8. Время усреднения экспозиции определяется исследователем в зависимости от характера воздействующего агента (обладает канцерогенными/неканцерогенными эффектами) и сценария воздействия.

3.9. Значения потенциальных доз, как правило, усредняются с учетом массы тела и времени воздействия. Такая доза носит название средней суточной потенциальной дозы (ADDpot) или средней суточной дозы (ADD). Стандартное уравнение для расчета ADD или поступления (I) имеет следующий вид:

$$ADD(I) = [C \times CR \times ED \times EF] / [BW \times AT \times 365] \qquad (2)$$

где:

ADD - средняя суточная доза или поступление (I), мг/(кг х день);

C - концентрация вещества в загрязненной среде, мг/л, мг/м^3, мг/кг;

CR – скорость поступления, л/день, м^3/день;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг;

AT – период усреднения экспозиции, лет;

365 – число дней в году.

3.10. Для воздействия веществ, обладающих неканцерогенными эффектами, период усреднения экспозиции принимается равным количеству лет постоянного проживания на загрязненной территории. При оценке

канцерогенного риска в качестве характеристики экспозиции канцерогена используется потенциальная средняя суточная доза (LADD) за период усреднения экспозиции (AT) равной ожидаемой продолжительности жизни человека (70 лет).

3.11. Входные параметры (факторы экспозиции), используемые в уравнениях для стандартных расчетов экспозиций и рисков, должны отражать специфические особенности изучаемых популяций и принятых сценариев воздействия.

3.12. Такие факторы экспозиции, как частота и продолжительность воздействия, сезонные различия (например, время контакта с почвой) в идеале должны основываться на результатах специальных региональных исследований.

3.12. Для оценки таких факторов экспозиции, как продолжительность рабочей смены, частота воздействия (дней/год), продолжительность профессионального воздействия в течение года (для жителей используется 95-й процентиль), продолжительность и частота производственных операций применяются значения, соответствующие 90-му процентилю распределения соответствующих показателей в человеческой популяции. Средние значения используются для таких параметров, как масса тела.

3.13. Другие факторы (скорость ингаляции, площадь поверхности тела, масса тела, средняя продолжительность жизни) могут приниматься как стандартные величины. Стандартные величины потребления воды и различных продуктов питания должны корректироваться при наличии специфических региональных особенностей. Данные, отражающие популяционные характеристики, приведены в таблицах, сопровождающих расчетные формулы (раздел 5), а также могут быть получены из материалов национальных и региональных обследований населения. Применение стандартных (принимаемых «по умолчанию») факторов экспозиции допустимо только в скрининговых, сравнительных исследованиях, а также с целью исключения малозначимых химических соединений из перечня приоритетных в плане оценки риска потенциально вредных веществ.

3.14. После обоснования сценария экспозиции, определения маршрутов воздействия (потенциально экспонируемых групп населения), а также оценки концентраций в точках воздействия и отбора факторов экспозиции все полученные материалы представляются в виде сводной таблицы (таблица 2). На основе данных, представленных в таблице, а также величин концентраций в точках воздействия осуществляется расчет экспозиционной дозы (величины поступления). Алгоритмы подобных расчетов для всех путей поступления представлены в разделе 4. Данные алгоритмы сгруппированы по объектам окружающей среды и характерным для каждого объекта путям поступления химических веществ в организм человека.

Таблица 2

Окончательный сценарий воздействия для оценки многосредовой экспозиции

Сценарий воздействия:							
Маршрут		Параметры экспозиции					
Среда	Путь поступления вещества	Скорость поступления среды	Частота экспозиции	Время экспозиции	Масса тела	Период усреднения экспозиции	Другие факторы

3.15. После проведения расчетов доз с использованием алгоритмов, представленных в настоящих методических рекомендациях, составляется сводная таблица, отражающая поступление химического вещества из анализируемых сред, а также суммарные дозы для отдельных сред, путей поступления и общую величину суммарной дозы. Формат подобного отчетного документа приведен в таблице 3.

Таблица 3

Сводная таблица для анализа многомаршрутной, многосредовой экспозиции

Путь поступления	Объекты окружающей среды					
	Воздух	Почва	Питьевая вода	Открытый водоем	Продукты	Сумма
Ингаляция	Dai	Dsi	Dwi	Dri		Di
Перорально		Dso	Dwo	Dro	Dfo	Do
Накожно		Dsd	Dwd	Drd		Dd
Сумма	Da	Ds	Dw	Dr	Df	Dsum

Примечание. D -- доза. Индексы относятся к различным объекта и путям поступления вещества: I –ингаляция, o – перорально, d – накожно, a –воздух, s – почва, w –питьевая воды, r – открытой водоем (рекреационное использование), f –продукты питания. Величина Dsum – отражает суммарное поступление вещества из разных сред и разными путями.

4. Рекомендации по расчету доз для разных условий воздействия химических веществ

В разделе представлены алгоритмы расчета доз при ингаляционном воздействии, пероральном и накожном поступлении химических веществ в организм человека из атмосферного воздуха, питьевой воды, воды поверхностных источников, почвы и продуктов питания с указанием стандартных значений используемых факторов экспозиции.

4.1. Атмосферный воздух: ингаляционное воздействие

I= ((Ca ×Tout ×Vout)+(Ch ×Tin × Vin)) × EF × ED/(BW × AT × 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Величина поступления, мг/кг-день	-
Ca	Концентрация вещества в атмосферном воздухе, мг/м3	-
Ch	Концентрация вещества в воздухе жилища, мг/м3	1,0 × Ca
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
Tout	Время, проводимое вне помещения, час/день	8 часов/день
Tin	Время, проводимое внутри помещения, час/день	16 часов/день
Vout	Скорость дыхания вне помещения, м3/час	1,4 м3/час
Vin	Скорость дыхания внутри помещения, м3/час	0,63 м3/час
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дней/год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

Примечание. При наличии данных о неравномерности ингаляционного воздействия в течение суток расчет дозы необходимо проводить с учетом времени пребывания в i-той мироксреде (микроокружении), концентрации вещества в этой микросреде и скорости ингаляции , зависящей от степени тяжести конкретного вида деятельности. Средняя суточная величина ингаляции обычно принимается равной для взрослых 20 $м^3$, для детей 10 $м^3$. Объем ингалируемого воздуха за рабочую смену в среднем составляет 10 $м^3$.

4.2. Питьевая вода

4.2.1. Питьевая вода: пероральное поступление

I = (Cw ×V × EF × ED)/(BW × AT × 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление с питьевой водой, мг/кг-день	-
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
V	Величина водопотребления, л/сут.	2 л/сут.; дети: 1 л/сут.
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 усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

4.2.2. Питьевая вода: ингаляционное воздействие

I = CDI × ED × EF/(AT × 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/кг-день	-
CDI	Средняя концентрация в воздухе, мг/м^3	CDI = (Xb+Xh) × Cw × Theta
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
EF	Частота воздействия, дней/год	365 дней/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×IRa×tb×Wb/ (VRb×60)
Xh	Вспомогательная величина, отражающая вклад питьевой воды (кроме, водных процедур) в общую ингаляционную нагрузку	Xh = 0,54 × (Wh × Ira × (Th - Tr)/(VRh)) + 0,54 × (Tr × Irr ×Wh/VRh);
Theta	Эффективность массопереноса вещества из воды в воздух	Theta = 3000000/((2,5/Dw$^{2/3}$)+ (R x T/H x Da$^{1/3}$))

T	Температура в квартире, град. K	T = 273 + 20 = 293 град.K
T	Температура в квартире, град. C	20 град. C
H	Константа закона Генри, Па-м^3/моль	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосредового воздействия [1]. Может быть рассчитана по величине растворимости вещества в воде и давлению его паров.
	Универсальная газовая постоянная,	8,31
Dw	Коэффициент диффузии в воду, см^2/с	Для органических веществ: Dw = 22 x 0,00001/MW$^{2/3}$ Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
Da	Коэффициент диффузии в воздух, см^2/с	Для органических веществ: Da = 1,9/MW$^{2/3}$ Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
Irr	Скорость вентиляции в покое, м^3/кг-час	0,007 м3/кг-час
Ira	Скорость вентиляции при активной деятельности, м^3/кг-час	0,02 м3/кг-час
Tr	Продолжительность сна, отдыха, час	8 часов
Tb	Время, затрачиваемое на умывание, принятия душа, ванны, мин./день	30 мин./день
Th	Общее время пребывания в жилище, час/день	16 час./день
VRb	Скорость вентиляции в ванной комнате, м^3/мин	0,5 м3/мин
VRh	Скорость вентиляции в квартире, м^3/час	360 м3/час

Wh	Общее водопотребление в квартире, л/час	30 л/час
Wb	Водопотребление для умывания, душа, ванны, л/мин	8 л/мин
BW	Масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг

Примечание. В основе расчетного уравнения лежит модель McKone.

[1] – Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия.

4.2.3. Питьевая вода: накожное воздействие

DAD = (DAE x EV x ED x EF x SA)/(BW x AT x 365 x 1000)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
DAD	Поглощенная доза, мг/кг-день	-
DAE	Абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/см^2-событие	Для неорганических и высокоионизированных органических веществ: DAe = Kp x Cw x te. Для органичесикх веществ: если te ≤ t*, то DAe = 2 x Kp x Cw x (6 x thaue x te/3,14)$^{1/2}$, если te > t*, то DAe = Kp x Cw x {(te/(1 + B)) + 2 x thaue x (1 + 3 x B + 3 x B^2)/(1+B)^2}
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, дней/год	350 дней/год
SA	Площадь участка кожи, см^2	18000 см^2; ребенок: 6600 см^2
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/час	Log Kp = -2,8 + 0,67 x Kow – 0,0056 x 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 [1].
Kow	Коэффициент распределения октанол/вода	Значения содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе по оценке межсредовых переходов и расчету доз многосред. воздействия [1]. cLogKow = 3,06-0,68xLog (растворимость в воде)
te	Продолжительность одного события, час/событие	0,58; ребенок: 1,0
B	Коэффициент соотношения между проницаемостью через роговой слой кожи и эпидермис	$B = (Kp \times MW^{S})/2,6$
Thaue	Лаг-период на событие, час/событие	Для органических вечеств: $thaue = 0,16 \times 10^{(0,0056 \times MW)}$
Dsc	Эффективная диффузия для переноса вещества через кожу, $см^2$/час	Для органических вечеств: $Dsc/Lsc = 10^{(-2,8 - 0,0056 \times MW)}$
Lsc	Толщина кожного покров, см	10^{-3} см
t*	Время достижения равновесного состояния, час	Для органических веществ, если $B \leq 0.6$, то $t^* = 2,4 \times thaue$; если $B > 0,6$, то $t^* = (b-(b^2 + c^2)^{1/2}) \times (Lsc^2/Dsc)$, где $b = 2 \times (1 + B)^2/3,14) - c$ $c=(1 + 3B +3B^2)/(3(1 + B))$

Примечание. [1] – Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия.

4.3. Вода открытого водоема

4.3.1. Вода открытого водоема (плавание): пероральное поступление (случайное заглатывание воды)

I = (CW x IR x EF x ED x ET)/(AT x BW x 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Пероральное поступление, мг/кг-день	-
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
IR	Скорость поступления, л/час	0,05 л/час
ET	Время воздействия, час/день	1 час
EF	Частота воздействия, дней/год	45 дней/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

4.3.2. Вода открытого водоема (плавание): ингаляционное воздействие

I = (CA x IR x EF x ET x ED)/(AT)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/кг-день	-
Ca	Концентрация вещества в воздухе, мг/м^3	(Cw x Vp x 273 x MW)/(760 x K x 22.4)
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
IR	Скорость ингаляции, м^3/час-кг	0,02 м3/час-кг
ET	Время воздействия, час/день	1 час
EF	Частота воздействия, дней/год	45 дней/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, град.С	20 град. С
T	Температура, град. К	273 + t = 293 град. 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 [1]. Vp = MW/28,9
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 [1].

Примечание. [1] – Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия.

4.3.3. Вода открытого водоема (плавание): накожное воздействие

DAD = (DAE x EV x ED x EF x SA)/(BW x AT x 3600 x 1000)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
DAD	Абсорбированная накожная доза, мг/кг-день	-
Dae	Абсорбированная доза за событие, мг/см^2-событие	См. «Питьевая вода: накожное воздействие»
EV	Частота событий в год	45
ET	Время воздействия, час/день	0,58 час/день; ребенок: 1 час/день
SA	Площадь поверхности кожи, см^2	18000 см^2; дети: 6600 см^2
EF	Частота воздействия, дней/год	45 дней/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

4.4. Почва

4.4.1. Почва: пероральное поступление

Канцерогены:

$$I = Cs \times FI \times EF \times ET \times CF2 \times ((EDc \times IRc/BWc) + (EDa \times IRa/BWa))/(AT \times 365)$$

Неканцерогены:

$$I = Cs \times FI \times ET \times CF2 \times IRn \times EDn/(BWn \times ATn \times 365)$$

Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление с почвой, мг/кг-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 > 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 час/день
CF2	Пересчетный коэффициент, дней/час	ET/24 дней/час
FI	Загрязненная фракция почвы, отн.ед.	1,0 (т.е. 100%)
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дней/год; рекреационный сценарий: 75 дней/год
EDn	Продолжительность воздействия, лет	Для детей: EDn = EDc; для взрослых: EDn = EDa
EDc	Продолжительность воздействия в возрасте < 6 лет	6 лет
EDa	Продолжительность воздействия в возрасте > 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 > 6 лет	70 кг
ATn	Период усреднения экспозиции, лет	Для взрослых 30 лет; для детей: 6 лет
AT	Период усреднения экспозиции, лет	70 лет (канцерогены)

4.4.2. Почва: ингаляционное воздействие

I = (Ca x IR x ED x EF)/(BW x AT x 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/кг-день	-
Ca	Концентрация вещества в воздухе, мг/м^3	Cs x (1/PEF + 1/EF)
Cs	Концентрация вещества в почве, мг/кг	-
PEF	Фактор эмиссии пылевых частиц, м^3/кг	расчетная величина (см. примечание 1)
VF	Фактор испарения из почвы, м^3/кг	расчетная величина (см. примечание 2)
IR	Скорость поступления, м^3/сут.	20 м^3/сут.; дети: 10 м^3/сут.
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 усреднения экспозиции, лет	Для взрослых 30 лет; для детей: 6 лет; канцерогены: 70 лет

Примечание1. Почва: расчет фактора эмиссии пылевых частиц

PEF = Q/C x 3666/(0,036 x (1-V) x (U_M/U_T)^3 x F(X))		
Параметр	Определение	Стандартная величина
PEF	Фактор эмиссии пылевых частиц, м^3/кг	1,32 x 10^9 или расчетная величина
Q/C	Средняя инверсная концентрация в центре участка площадью 0,5 акра, г/м^2 – с на кг/м^3	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

Примечание 2. Почва: расчет фактора испарения вещества из почвы

$VF = Q/C \times (3{,}14 \times D_A \times T)^{1/2} \times 10^{-4}/(2 \times RHO_B \times D_A)$		
Параметр	Определение	Стандартная величина
VF	Фактор испарения с поверхности почвы, $м^3/кг$	-
Q/C	Средняя инверсная концентрация в центре участка площадью 0,5 акра, $г/м^2$ –с на $кг/м^3$	68,81
T	Интервал воздействия, с.	$9{,}5 \times 10^8$ с
D_a	Наблюдаемая диффузия, $см^2/с$	См. примечание 3
Rho_b	Плотность сухой почвы, $г/см^3$	1,5 $г/см^3$
$Theta_a$	Соотношение пористости почвы и пористости воздуха (L воздух/L почва)	0,28
L	Пористость среды	-
N	Общая пористость почвы (L поры/L почва)	0,43
$Theta_w$	Пористость почвы для воды (L вода/L почва)	0,15
Rho_s	Плотность почвенных частиц, $г/см^3$	2,65 $г/см^3$
Di	Диффузия в воздух, $см^2/с$	Для органических веществ: $Di = 1{,}9/MW^{2/3}$. Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю
H	Константа закона Генри, $Па\text{-}м^3/моль$	Может быть рассчитана по величине растворимости вещества в воде и давлению его паров. Значения параметров (H, растворимость в воде, давление паров) содержатся в химических справочниках, базе данных SARETbase, базах данных к программе
H'	Константа закона Генри, отн.ед.	$H' = H \times 41$
Dw	Диффузия в воду, $см^2/с$	Для органических веществ: $Dw = 22 \times 0{,}00001/MW^{2/3}$. Для большинства неорганических веществ коэффициент диффузии близок к нулю

Kd	Коэффициент распределения почва/вода, $см^3/г$	K_{oc} x f_{oc}
K_{oc}	Коэффициент распределения органического углерода почва/вода, $см^3/г$	Может быть рассчитан по величине коэффициента распределения октанол/вода
f_{oc}	Фракция органического углерода в почве, г/г	0,006 г/г (0,6%)

Примечание3. $Da = ((theta_a^{10/3} \times Di \times H' + theta_w^{10/3} \times Dw)/n^2)/rho_b \times Kd + theta_w + theta_a \times H')$.

[1] – Базы данных и программы по расчету межсредовых переходов и доз многосредового воздействия.

4.4.3. Почва: накожное воздействие

DAD = (DAe x EF x ED x EV x SA)/(BW x AT x 365)		
Параметр	Определение	Стандартная величина
DAD	Абсорбированная накожная доза, мг/кг-день	-
DAe	Абсорбированная доза за событие, мг/см2-событие	DAe = Cs x CF x AF x ABSd
Cs	Концентрация вещества в почве, мг/кг	-
CF	Пересчетный коэффициент, кг/мг	10^{-6} кг/мг
AF	Фактор загрязнения кожи, $мг/см^2$-событие	Зависит от сценария экспозиции или 0,2 $мг/см^2$ (дети); 0,1 $мг/см^2$ (взрослые)
ABSd	Абсорбированная фракция, отн.ед.	Определяется свойствами вещества. Для органических веществ 0,1, для неорганических 0,01
SA	Площадь поверхности кожи, $см^2$	5700 $см^2$; ребенок: 3300 $см^2$
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

4.5. Продукты питания
4.5.1. Продукты питания: поступление с продуктами местного производства

I = (CR x C x F x ED x EF)/(BW x AT x 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление с i-тым продуктом, мг/кг-день	-
CR	Среднесуточное потребление i-го продукта, кг/день	
F	Доля местных, потенциально загрязненных продуктов в суточном рационе, отн.ед.	Определяется местными условиями. Крайняя оценка: F = 1,0
EF	Частота воздействия, дней/год	365 дней/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

Примечание 1. В связи с тем, что величина среднедушевого потребления рассчитывается путем деления ежегодного потребления на число дней в году, значение EF принимается равным 365 дням. Общее поступление вещества с продуктами питания рассчитывается путем суммации значений I для всех потенциально загрязненных продуктов.

Примечание 2. Среднедушевое потребление продуктов питания, кг/день

ВИД ПРОДУКТА	РФ, 1997	США*
Хлеб и хлебобулочные изделия, включая другие зерновые продукты	0,323	
Картофель	0,356	
Овощи и бахчевые	0,216	
Корнеплоды		0,00014/0,00022
Овощи, кроме корнеплодов		0,0003/0,00042
Фрукты и ягоды	0,0849	
Сахар и кондитерские изделия	0,09	
Мясо и мясные продукты, в том числе:	0,126	
- говядина	-	0,0014/0,00051
- свинина	-	0,00053/0,00039
- куры	-	0,00061/0,00042
Рыба и рыбные продукты	0,026	
Молоко и молочные продукты	0,619	0,00842/0,01857

Яйца, штук	0,575	
Растительное масло и другие жиры	0,023	

* - в числителе – взрослые, в знаменателе – дети. Потребление продуктов в США приведено на 1 кг массы тела. Данные для РФ взяты из работы Батурина А.К. [1].

4.5.2. Продукты питания: поступление с рыбой

I = (CW x BF x FI x IR x EF x ED)/(BW x AT x 365)		
Параметр	Определение	Стандартная величина
I	поступление с рыбой, мг/кг-день	-
Cw	концентрация вещества в воде, мг/л	-
BF	фактор биоконцентрации, л/кг	может рассчитываться по коэффициенту распределения октанол/вода
IR	величина потребления рыбы, кг/день	0,054 кг/день
EF	частота воздействия, дней/год	350 дней/год
ED	продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
FI	фракция загрязненной рыбы, отн.ед.	1,0
BW	масса тела, кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	период усреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

4.5.3. Продукты питания: поступление с грудным молоком

I = (CBM x F3 x F4 x IRBM x ED)/(BW x AT)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Поступление с грудным молоком, мг/кг-день	-
CBM	Концентрация вещества в грудном молоке, мг/кг	-
F3	Фракция молока, содержащая жир	1,0
F4	Абсорбируемая фракция вещества	0,04
ED	Продолжительность воздействия, лет	1 год
AT	Период усреднения экспозиции, лет	1 год
BW	Масса тела, кг	10 кг

Литература

1. Батурин А.К. Разработка системы оценки и характеристика структуры питания и пищевого статуса населения России. Автореф. докт. дисс. М., 1998.
2. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. М., Медицина, 1986.
3. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Андрианова М.М., и др. Основные элементы оценки риска для здоровья. Пособие для семинаров. М., 1998.
4. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Пономарева О.В. и др. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека. Англо-русский глоссарий. М., 1998.
5. Новиков С.М., Жолдакова З.И., Румянцев Г.И. и др. Проблемы прогнозирования и оценки общей химической нагрузки на организм человека с применением компьютерных технологий// Гигиена и санитария. – 1997. – N 4. – с. 3-8.
6. Оценка рисков для организма человека, создаваемых химическими веществами: обоснование ориентировочных величин для установления предельно допустимых уровней экспозиции по показателям влияния на состояние здоровья. Гигиенические критерии качества окружающей среды 170. МПХБ, ВОЗ, Женева, 1995.
7. Сидоренко Г.И., Пинигин М.А. Гигиенические критерии комплексного действия химических загрязнений окружающей среды.//Гигиена и санитария. – 1976. – N 7. – С.77-80.
8. Сидоренко Г.И., Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Кутепов Е.Н. Проблемы гигиенической диагностики на современном этапе. М., 1995.
9. Сидоренко Г.И., Румянцев Г.И., Новиков С.М. Актуальные проблемы оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения// Гигиена и санитария. – 1998. – N 5. – с. 3-8.
10. Сидоренко Г.И., Новиков С.М. Экология человека и гигиены окражющей среды на пороге XXI века//Гигиена и санитария. – 1999. – N 5. – с. 3-6.
11. American Petroleum Institute. 1994. Documentation for the API's Decision Support System (APIDSS) for Exposure and Risk Assessment (Version 1.0), 1994.
12. Dang W. The swimmer exposure assessment model (SWIMODEL) and its use in estimating risks of shemical use in swimming pools. EPA Internal Guidance Document, 1996.
13. Howard, P.H. Fate and Exposure Data, Volumes 1-5. Lewis Publishers, Chelsea, MI. 1989-1997.
14. Howard, P.H. Handbook of Environmental Degradation Rates. Lewis Publishers, Chelsea, MI. 1991.
15. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Report of the Task Group on Reference Man. ICRP No. 23. New York, 1975.

16.Labieniec, P.A., D.A. Dzombak, and R.L. Siegrist. 1996. SoilRisk: Risk Assessment Model for Organic Contaminants in Soil. J. Env. Eng. 122:388-398.
17.Lyman, W., W. Reehl, and D. Rosenblatt. Handbook Chemical Property Estimation Methods: Environmental Behavior of Organic Compounds. American Chemical Society, Washington, 1990.
18.U.S. EPA. Development of the Total Risk Integrated Methodology: Draft Technical Support Document for TRIM.FaTE, December, 1997.
19.U.S. EPA. Exposure Factors Handbook. EPA/600/8-89/043. Washington, 1989.
20.U.S. EPA. Dermal Exposure Assessment: Principles and Application. EPA/600/6-88/005Cc. Washington, 1992.
21.U.S. EPA. Exposure Factors Handbook (Final). Volumes I, II, III. PB98-124217. Springfield, 1998.
22.U.S. EPA. Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-95/002F. Washington, 1997.
23.U.S. EPA. Guidance for Performing Aggregate Exposure and Risk Assessments. Washington, 1999.
24.U.S. EPA. Guidance on Cumulative Risk Assessment. Part 1. Planning and Scoping. Science Policy Council. Washington, 1997.
25.U.S. EPA. Guidelines for Exposure Assessment. Fed. Reg.., 1992. V. 57, p. 22888.
26.U.S. EPA. Hazardous Waste Identification Rule Technical Support Documents: Risk Assessment for Human and Ecological Receptors. Initial (8/95) and Supplemental (11/95) Technical Support Documents. Washington, 1995.
27.U.S. EPA. Memorandum: Guidance on Risk Characterization for Risk Manager and Risk Assessors. Washington, 1992.
28.U.S. EPA. Multimedia Exposure Assessment Model (MULTIMED) for evaluating the Land Disposal of Wastes, Washington, 1990.
29.U.S. EPA. Policy for Risk Characterization. Washington, 1995.
30.U.S. EPA. Policy For Use of Probabilistic Analysis In Risk Assessment and the Guiding Principles for Monte Carlo Analysis (EPA/630/R-97/001), Washington, 1997.
31.U.S. EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund.Volume I: Human Health Evaluation Manual. Supplement Guidance. Dermal Risk Assessment. Interim Guidance. Washington, 1999.
32.U.S. EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund. EPA/540/1-89/002. Washington, 1989.
33.U.S. EPA. Standard Default Exposure Factors, Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual Supplemental Guidance, Washington, 1991.
34.U.S. EPA. Superfund Chemical Data Matrix , Washington, 1996.
35.U.S. EPA. The Total Tisk Integrated methadology. Implementation of the TRIM Conceptual Design Through the TRIM.FaTE Module.A Status Report. EPA-452/R-98-001. Reasearch Triangle Park, North Carolina, March 1998.

gost.e-ecolog.ru