

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра морфологии

Методы оценки экологического риска

Учебно-методическое пособие

Ярославль
ЯрГУ
2016

УДК 502/504(072)
ББК Б1я73
М54

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2016 года*

Рецензент
кафедра морфологии ЯрГУ

Составитель
Е. В. Шитова

Методы оценки экологического риска : учебно-методи-
М54 ческое пособие / сост. Е. В. Шитова ; Яросл. гос. ун-т
им. П. Г. Демидова. — Ярославль : ЯрГУ, 2016. — 60 с.

Пособие содержит рекомендации по оценке риска здоровью человека при воздействии на него различных негативных факторов. Представлены примеры решения задач, задания для самостоятельной работы студентов, список нормативных документов и литературы.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Методы оценки экологического риска».

УДК 502/504(072)
ББК Б1я73

© ЯрГУ, 2016

Введение

Сегодня разработано большое количество методов для установления различных видов риска, в том числе и экологического, а методология оценки риска для здоровья широко применяется в большинстве развитых стран мира и рекомендована Всемирной организацией здравоохранения в качестве ведущего инструмента при определении количественного ущерба для здоровья от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Важнейшей частью процесса принятия решений, касающихся охраны окружающей среды и экологической безопасности, является оценка экологического риска.

Базовым этапом для оценки риска для здоровья человека является идентификация источников опасности. Этих источников может быть много, и они могут действовать на человека в разные периоды его жизни, подвергая риску развития разнообразных заболеваний, а количественное определение опасного воздействия от источника является основой методов оценки риска.

Оценка экологического риска является важнейшей частью процесса принятия решений, касающихся охраны окружающей среды и экологической безопасности. Эколог должен владеть методами качественной и количественной оценки экологического риска, приемами анализа и сопоставления различных точек зрения в процессе принятия решений.

Анализ риска является частью системного подхода в решении задач предупреждения или уменьшения опасности для жизни человека. При этом анализ риска определяется как систематическое использование имеющейся информации для выявления опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения.

Опасность является одним из ключевых понятий при анализе риска для здоровья человека. Опасность — это совокупность свойств фактора (факторов) среды обитания человека, определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определенных условиях воздействия, а риск или степень риска — это возможность возникновения вредных эффектов для здоровья данного человека или группы людей при наличии какой-либо опасности.

Применение расчетных методов анализа риска позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий. Таким образом, риск — это мера опасности, а идентификация опасности — это процесс выявления и признание, что опасность существует и что можно объективно оценить ее характеристики.

Оценка риска — это использование доступной информации и научно обоснованных прогнозов для оценки опасности воздействия вредных факторов окружающей среды и условий на здоровье человека.

Методы проведения анализа риска определяются выбранными критериями приемлемого риска. Чтобы подчеркнуть, что речь идет об измеряемой величине, используют понятие «уровень риска» или «степень риска». Уровни приемлемого риска, в том числе и индивидуального, определяются в каждом конкретном случае. Такой подход расширяет сферу использования метода анализа риска.

В последнее время все большее распространение получают критерии приемлемого риска на основе результатов экспертных оценок, при этом условия, в которых находится человек, обычно разбиваются по степени риска на группы с высоким, промежуточным, низким или незначительным уровнем риска. Высокий уровень риска считается, как правило, неприемлемым, промежуточный требует выполнения программы работ по уменьшению уровня риска, низкий уровень считается приемлемым, а незначительный вообще не рассматривается. Основным требованием к выбору критерия приемлемого риска при проведении анализа риска является его обоснованность и определенность. Правильный выбор приемлемого риска и его меры позволит сделать и процедуру, и результаты анализа риска ясными и понятными, что существенно повысит эффективность управления риском.

Данное пособие позволяет:

- познакомить студентов с принципами количественной оценки негативных последствий от систематических воздействий техногенных и других систем на организм человека;
- научить студентов идентифицировать опасности, оценивать конкретные риски, анализировать результаты оценки рисков.

Основная задача настоящего учебного пособия — содействовать подготовке экологов в области оценки экологического риска.

Расчет показателей состояния здоровья

Индекс здоровья — это удельный вес не болевших в течение определенного календарного срока среди населения данного возраста.

$$\frac{\text{Число людей (например, дети 1 года), ни разу не болевших в отчетный период}}{\text{Число людей, достигших данного возраста (1 года) в отчетный период}} \times 100 \%$$

Заболеваемость — это показатель, определяющий число заболеваний, впервые зарегистрированных за определенный период (чаще за календарный год) среди населения, проживающего на какой-то конкретной территории.

$$\frac{\text{Число случаев заболевания, впервые зарегистрированных в течение отчетного периода}}{\text{Число лиц, подверженных риску развития заболевания в течение отчетного периода}} \times 1000$$

Распространенность заболеваний — это показатель, определяющий распространенность зарегистрированных заболеваний, как вновь возникших, так и ранее существовавших, по поводу которых были первичные обращения в календарном году.

$$\frac{\text{Случаи болезни (или число больных) в отчетный период}}{\text{Число лиц, подверженных риску заболевания в отчетный период}} \times 1000$$

Смертность населения зависит от большого числа биологических и социальных факторов. Показатели смертности используются для оценки социального, демографического и медицинского благополучия территории. Показатели смертности уже давно используются для оценки состояния здоровья. Целью изучения смертности является определение вероятности наступления смерти в данной популяции за определенный период времени.

Для правильного вычисления показателя смертности обязательно определение единиц времени (год, месяц, день), населения и причин смерти, а также определение типа популяции (общая популяция или ее часть в соответствии с возрастом, полом, профессией и др.), к которой относится данный показатель.

Общий показатель смертности

$$\frac{\text{Общее число умерших за год}}{\text{Среднегодовая численность населения}} \times 1000$$

Специальный показатель смертности

$$\frac{\text{Число лиц (например, данного пола и (или) возраста), умерших за год}}{\text{Среднегодовая численность лиц (данного пола и (или) возраста)}} \times 1000$$

Пропорциональный показатель смертности

$$\frac{\text{Число умерших от данной причины за год}}{\text{Общее число умерших за год}} \times 100 \%$$

Задание для самостоятельной работы

В табл. 1 представлены результаты наблюдения за состоянием здоровья населения города N в течение 1 года. Известно, что среднегодовая численность данного города составляет 10 000 человек из них мужчин — 4 000 человек, а женщин — 6 000.

Рассчитайте: заболеваемость инфарктом миокарда; распространенность онкологических заболеваний; общий показатель смертности; специальный показатель смертности среди мужчин от травм и отравлений и сравните его с аналогичным показателем среди женщин; пропорциональный показатель смертности от инфекционных заболеваний.

Таблица 1

Данные медицинской статистики города N за один год

	Ишемическая болезнь сердца		Онкологические за- болевания		Травмы и отрав- ления		Инфекцион- ные заболе- вания	
	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Всего зарегистрировано случаев в текущем году (человек)	70	30	20	20	200	150	400	350
Впервые за- регистриро- вано случаев в текущем году (человек)	30	15	10	15	200	150	200	230
Всего случаев со смертельн ым исходом (человек)	5	1	6	8	7	10	1	1

М — мужчины; Ж — женщины

Риск здоровью и его виды

Риск — это количественная оценка опасности, которая определяется как частота или вероятность возникновения данного события при наступлении другого события.

Относительный риск (ОР) развития заболевания определяется как вероятность возникновения заболевания (или иного предполагаемого исхода) в экспонированной группе (т. е. имевшей контакт с предполагаемым фактором риска) по сравнению с неэкспонированной группой. С его помощью можно измерить силу связи между фактором риска и болезнью.

$$ОР = \frac{\text{Заболеваемость в экспонированной группе (P}_1\text{)}}{\text{Заболеваемость в неэкспонированной группе (P}_0\text{)}}$$

Когда экспонированные и неэкспонированные популяции можно разделить на отдельные группы (страты) в зависимости от другого влияющего на эффект фактора (например, возраста), можно рассчитать **стратифицированные показатели относительного риска**. В качестве примера можно рассмотреть связь между курением и развитием ишемической болезни сердца (ИБС) в разных возрастных группах (табл. 2).

Таблица 2

***Показатели заболеваемости и относительного риска
в различных возрастных группах в зависимости от наличия
пристрастия к курению***

Возраст	Показатели заболеваемости ИБС		Относительный риск
	курящие	не курящие	
35–44	0,6	0,11	5,5
45–54	2,40	1,12	2,1
55–64	7,2	4,90	1,5
65–74	14,69	10,83	1,4
75–84	19,18	21,20	0,9

С возрастом относительный риск снижается, а это значит, что эффект курения на показатели заболеваемости ИБС наиболее выражен в более молодых возрастных группах. В старших возрастных группах следует искать другие ведущие факторы, вызывающие данное заболевание.

Атрибутивный риск (АР) является мерой влияния конкретного фактора риска на возникновение заболеваний. При подсчете этого показателя предполагается, что заболеваемость в группе не подверженных воздействию изучаемого фактора является фоновой или ожидаемой вероятностью развития заболевания. Любое превышение ожидаемого уровня в экспонированной группе будет приписано воздействию этого фактора.

Атрибутивный риск рассчитывается как абсолютная разница между показателями заболеваемости лиц, подверженных изучаемому фактору, и лиц, не подверженных его действию.

$$AP = P_1 - P_0$$

Атрибутивная фракция для экспонированных лиц показывает долю заболеваний в экспонированной группе, обусловленную воздействием неблагоприятного фактора. Рассчитывается атрибутивная фракция как отношение разности рисков (атрибутивный риск) к риску возникновения неблагоприятного события в экспонированной группе и выражается в долях единицы или в процентах:

$$AF = \frac{P_1 - P_0}{P_1} \times 100$$

В показателе атрибутивной фракции находит свое выражение избыточная заболеваемость (смертность) в экспонированной когорте. Следует заметить, что измерение эффекта не учитывает показатель во всей популяции и, таким образом, не зависит от распространенности экспозиции во всей популяции. В противоположность этому измерение отрицательного воздействия оценивает добавочный риск в популяции, связанный с действием изучаемого фактора, и частично зависит от того, насколько широко распространен данный фактор в популяции.

Популяционный атрибутивный риск (ПАР) — это абсолютная разница между показателями заболеваемости во всей популяции и в неэкспонированной группе.

Поскольку показатель заболеваемости зависит от того, насколько широко распространены факторы риска в данной популяции, ПАР варьирует в зависимости от распространенности фактора риска в популяции. Этот показатель отражает дополнительную заболеваемость в популяции, связанную с фактором риска.

$$\text{ПАР} = R - R_0 ,$$

где R — показатель заболеваемости во всей популяции (экспонированной и неэкспонированной);

R_0 — показатель в неэкспонированной группе.

Популяционная атрибутивная фракция (ПАФ) — доля всех случаев заболевания в изучаемой популяции (экспонированных и неэкспонированных), отнесенных за счет воздействия фактора риска при допущении наличия причинной связи.

$$\text{ПАФ} = \frac{R - R_0}{R} \times 100$$

Факторы риска, для которых установлена сильная связь с редкими заболеваниями, могут иметь высокие оценки, характеризующие эффект (АР и АФ), и низкие — характеризующие пораженность (ПАР и ПАФ).

Задание для самостоятельной работы

Для изучения негативного влияния работы за компьютером на состояние зрительного анализатора, а именно на развитие миопии (близорукости) была обследована выборка из 1 000 человек, среди которых 500 человек более 4 часов проводят время за компьютером, а остальные 500 человек не пользуются компьютером.

Используя данные табл. 3, необходимо рассчитать и пояснить полученные показатели относительного, атрибутивного, популяционного атрибутивного рисков, атрибутивной и популяционной атрибутивной фракции.

Таблица 3

	Поставлен диагноз «Миопия»	Диагноза «Миопия» нет
Экспонированная группа	350	150
Не экспонированная группа	200	300

Риск развития перинатальной патологии

Проблема охраны здоровья матери и ребенка — важнейшая составляющая здравоохранения, имеющая первостепенное значение для формирования здорового поколения с начала 1990-х гг. века, когда смертность в нашей стране превысила показатель рождаемости (всем известный феномен, носящий название «Русский крест»). Еще одна проблема — это ухудшение репродуктивного здоровья женского населения нашей страны. Снизилось число физиологических родов: в 2006 г. число затрудненных родов возросло на 26 %, по сравнению с 1998 г. В настоящее время в России лишь 1/3 новорожденных рождаются здоровыми. У 20 % диагностируются врожденные аномалии развития, а у 80 % — патология перинатального периода как следствие неблагополучия в здоровье матери. Все эти события протекают на фоне прогрессирующего увеличения числа бездетных супружеских пар в мире. В частности, в России частота бесплодия за последние 10 лет выросла на 22 %. Постоянно повышается число женщин с высоким риском неблагоприятного перинатального исхода родов. По мнению В. Е. Радзинского, основным резервом для улучшения перинатальных исходов в популяции является оптимизация ведения беременности и родов. Для расчета перинатальной патологии используют балльную систему (табл. 4 и 5), суммируя баллы, соответствующие выявленным факторам риска.

Таблица 4

Расчет риска перинатальной патологии*

Факторы риска	Оценка в баллах
ПРЕНАТАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ	
Социально-биологические факторы	
Возраст матери:	
Моложе 20 лет	2
25–29	1*
30–34 года	2
35–39 лет	3
40 лет и старше	4
Возраст отца:	
Моложе 20 лет	1
40 лет и более	2
Профессиональные вредности:	
У матери	1–4
У отца	1–4
Вредные привычки	
У матери:	
Курение (одна пачка сигарет в день)	1
Злоупотребление алкоголем	2
У отца:	
Злоупотребление алкоголем	2
Эмоциональные нагрузки у матери	1*–2
Рост и масса тела матери:	
Рост 150 см и менее	1*–2
Масса тела на 25 % выше нормы	2
Образование:	
Начальное	1
Высшее	1
Акушерско-гинекологический анамнез	
Паритет (число предшествующих родов):	
0	1*
4–7	1
8 и более	2

Факторы риска	Оценка в баллах
Аборты перед родами у первородящих:	
1	2
2	3
3 и более	4
Аборты в промежутках между родами:	
3 и более	1–2 [*]
Преждевременные роды:	
1	2
2 и более	3
Мертворождение:	
1	3
2 и более	8
Смерть детей в неонатальном периоде:	
Одного ребенка	3 [*]
Двух и более детей	7
Аномалии развития у детей	3
Неврологические нарушения у детей	2
Масса тела доношенных детей менее 2 500 г или 4 000 г и более	2
Осложненное течение предыдущих родов	2
Бесплодие:	
2–4 года	2
5 лет и более	4
Рубец на матке после операции	3 [*] –4
Опухоли матки и яичников	1–4 [*]
Истмико-цервикальная недостаточность	2
Пороки развития матки	3
Экстрагенитальные заболевания беременной	
Инфекции в анамнезе	1 [*]
Сердечно-сосудистые:	
Пороки сердца без нарушения кровообращения	3
Пороки сердца с нарушением кровообращения	10
Гипертоническая болезнь I–II–III стадий	2–8–12
Вегетососудистая дистония	2

Факторы риска	Оценка в баллах
Заболевания почек:	
До беременности	3
Обострение заболевания при беременности	4
Заболевания надпочечников	5–10 (7*)
Сахарный диабет	10
Сахарный диабет у родственников	1
Заболевания щитовидной железы	5–10 (7*)
Анемия (содержание гемоглобина 90–100–110 г/л)	4–2–1
Нарушение свертываемости крови	2
Миопия и другие заболевания глаз	1–3 (2*)
Хронические инфекции (туберкулез, бруцеллез, сифилис, токсоплазмоз и др.)	2–8
Острые инфекции во время беременности	2–7
Осложнения беременности	
Выраженный ранний токсикоз беременных	2
Поздний токсикоз беременных:	
Водянка	2
Нефропатия беременных I–II–III степени	3–5–10
Преэклампсия	11
Эклампсия	12
Сочетанный гестоз	9
Кровотечение в первой и второй половине беременности	3–5
Резус-отрицательная кровь у матери	1
Резус- и АВ0-изосенсибилизация	5–10
Многоводие	3
Маловодие	4
Тазовое предлежание плода	3
Многоплодие	3
Переношенная беременность	3
Неправильное положение плода (поперечное, косое)	3
Множественное применение медикаментов	1
Угроза прерывания беременности	1

Факторы риска	Оценка в баллах
Оценка состояния плода	
Гипотрофия плода	10–20
Гипоксия плода	3–8
Содержание эстриола в суточной моче	
Менее 4,9 мг в 30 нед. беременности	34
Менее 12 мг в 40 нед. беременности	15
Изменение околоплодных вод при амниоскопии	8
Наличие мекония в околоплодных водах	3
ИНТРАНАТАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ	
Со стороны матери:	
Нефропатия	5
Преэклампсия	8–10
Эклампсия	12
Несвоевременное излитие околоплодных вод (12 часов и ранее)	2
Слабость родовой деятельности	4
Быстрые роды	3
Родовозбуждение, стимуляция родов	2
Клинически узкий таз	4
Угрожающий разрыв матки	18
Со стороны плаценты:	
Предлежание плаценты:	
Частичное	3
Полное	12
Преждевременная отслойка нормально располо- женной плаценты	26
Со стороны плода:	
Преждевременные роды:	
28–30 недель	16
31–35 недель	8
36–37 недель	3
Крупный плод	2
Нарушение сердечного ритма в течение 30 минут и более	3

Факторы риска	Оценка в баллах
Патология пуповины:	
Выпадение	9
Обвитие	2
Тазовое предлежание:	
Пособия	3
Экстракция плода	15
Оперативное вмешательство:	
Кесарево сечение	5
Щипцы:	
Полостные	4
Выходные	3
Вакуум-экстракция	3
Затрудненное выведение плечиков	2
Общая анестезия в родах	1

(О. Г. Фролова, Е. И. Николаева, 1980) (Г. С. Мучиев, О. Г. Фролова, 1979)*

Широкое внедрение в акушерскую практику современных диагностических технологий позволило дополнительно выявлять в организме беременной и в состоянии плода нарушения, представляющие угрозу неблагоприятного перинатального исхода. В связи с чем, по данным В. Е. Радзинского (табл. 5), следует внести дополнения к таблице 4 .

Таблица 5

Экстрагенитальные заболевания беременной	Оценка в баллах
Патология гемостаза:	
Наличие волчаночного антикоагулянта	4
Повышение уровня фибриногена от 4,00 до 4,4	1
Повышение уровня фибриногена от 4,41 и выше	2
Уровень D-димеров от 0,49 мкг/мл и выше	4
Антифосфолипидные антитела:	
Ig G от 9,99 и выше	2
Ig M от 9,99 и выше	3
Со стороны плода:	

Экстрагенитальные заболевания беременной	Оценка в баллах
Оценка данных КТГ по шкале W. M. Fisher:	
7 баллов	4
6 баллов	8
5 баллов	12
4	16
Менее 4 баллов	20
Вспомогательные репродуктивные технологии:	
ЭКО (Экстра Корпоральное Оплодотворение)	1
ICSI (Intra Cytoplasmic Sperm Injection — инъекция сперматозоида в цитоплазму)	2
Со стороны матери:	
Незрелость родовых путей после полных 40 недель	4

При сумме баллов 10 и более — риск перинатальной патологии высокий,

при сумме 5–9 баллов — средний,

при сумме 4 балла и менее — низкий.

Тщательный подсчет суммы баллов пренатального риска и определение беременной в группу потенциального риска развития патологий не всегда является определяющим, т. к. исход беременности во многом зависит и от течения родов (интранатальный период). Таким образом, основными принципами «стратегии риска» при ведении родов являются три составляющие: наличие суммы баллов пренатальных и интранатальных факторов, интранатальный прирост (ИП) суммы баллов перинатального риска: $ИП = (сумма\ баллов\ интранатальных\ факторов\ риска / сумма\ баллов\ пренатальных\ факторов\ риска) \times 100$.

Важную роль играют пороговые значения ИП: в группе среднего риска — 60 %, а в группе высокого риска — 30 %. Таким образом, учет интранатального прироста как неотъемлемой части «стратегии риска» позволит правильно оценить акушерскую ситуацию, своевременно изменить тактику ведения родов, что может снизить перинатальную заболеваемость и смертность.

На основании собранных данных неонатолог определяет группы риска новорожденного (табл. 6): 1 группа — риск разви-

тия патологии ЦНС; 2 группа — риск внутриутробного инфицирования; 3 группа — риск развития трофических нарушений и эндокринопатий; 4 группа — риск развития врожденных пороков органов и систем; 5 группа — социальный риск. На этом основании в дальнейшем формируется индивидуальная тактика наблюдения за ребенком, профилактика возможных последствий, а если риск реализовал себя, то и лечение.

Таблица 6

Группы риска детей периода новорожденности

	Наиболее значимые факторы риска	Направленность риска в периоде новорожденности
1 группа — риск развития патологии ЦНС	<ul style="list-style-type: none"> - возраст матери (старше 30 лет); - вредные привычки матери; - экстрагенитальная патология матери (гипертоническая болезнь, пороки сердца, сахарный диабет); - патология беременности и родов (угрожающий аборт, иммунологический конфликт, многоводие, переносимость, дородовое излитие вод, оперативные роды, родовая травма). Тяжелые токсикозы второй половины беременности; - токсоплазмоз 	<ul style="list-style-type: none"> - риск тяжелого течения вирусно-бактериальных инфекций, тяжелых метаболических нарушений, фебрильных судорог; - летального исхода при вирусных респираторных заболеваниях; - риск синдрома внезапной смерти; - нарушение течения периода адаптации (затяжная конъюгационная желтуха, медленное восстановление первоначальной потери массы тела); - риск внутриутробного инфицирования

	Наиболее значимые факторы риска	Направленность риска в периоде новорожденности
2 группа — новорожденные с риском внутриутробного инфицирования	<ul style="list-style-type: none"> - хроническая экстрагенитальная патология матери (бронхит, пиелонефрит, холецистит, гастрит, колит и др.); - хроническая генитальная патология; - патология родов (длительный безводный промежуток); - перенесенная краснуха, контакт с больным краснухой, токсоплазмоз, цитомегалия; - острые респираторные вирусные и бактериальные заболевания, перенесенные матерью в конце беременности, и в родах 	<ul style="list-style-type: none"> - малые и большие формы гнойно-септической инфекции; - тяжелые формы кишечного дисбактериоза; - врожденная краснуха, токсоплазмоз и др.
3 группа — новорожденные с риском развития трофических нарушений и эндокринопатий	<ul style="list-style-type: none"> - экстрагенитальная патология матери (гипертоническая болезнь, пороки сердца, сахарный диабет, заболевание щитовидной железы, ожирение матери); - патология беременности (тяжелые токсикозы второй половины беременности); - вредные привычки матери (курение свыше 	<ul style="list-style-type: none"> - риск судорожного синдрома и летального исхода при острых заболеваниях (ОРВИ, пневмонии и др.); - проявление незрелости новорожденного, недостаточность кардиального отдела пищевода, запоры новорожденных и пр.;

	Наиболее значимые факторы риска	Направленность риска в периоде новорожденности
	10 сигарет в день), нарушение режима питания матери во время беременности	<ul style="list-style-type: none"> - нарушение течения периода адаптации (затяжная конъюгационная желтуха, медленное восстановление первоначальной потери массы тела и др.); - диабетическая эмбриофетопатия; - диабет новорожденного, гипотиреоз; - риск тяжелого течения вирусно-бактериальных инфекций, метаболических нарушений, фебрильных судорог
4 группа — новорожденные с риском развития врожденных пороков органов и систем	<ul style="list-style-type: none"> - патология беременности (токсикозы первой половины беременности); - сахарный диабет у беременной; - применение лекарственных средств в период беременности (антибиотиков, сульфаниламидных препаратов, гормонов и др.); - возраст матери старше 	<ul style="list-style-type: none"> - нарушение течения периода адаптации; - алкогольная энцефалопатия; - клинические симптомы и синдромы наследственных заболеваний; - пороки органов и систем

	Наиболее значимые факторы риска	Направленность риска в периоде новорожденности
	<p>30 лет и отца старше 40 лет;</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредные привычки родителей (злоупотребление алкогольными напитками); - перенесенная краснуха или контакт с больным краснухой в первом триместре беременности; - острые респираторные вирусные или бактериальные инфекции, перенесенные в первом триместре беременности 	
5 группа — новорожденные группы социального риска	<ul style="list-style-type: none"> - неудовлетворительные жилищно-бытовые условия семьи, семьи с плохим психологическим климатом, семьи с вредными привычками родителей (злоупотребление спиртными напитками и т. д.) и др. 	<ul style="list-style-type: none"> - риск раннего искусственного вскармливания; - риск гнойно-септической инфекции; - риск повышенной заболеваемости; - риск судорожного синдрома; - риск синдрома внезапной смерти; - риск раннего развития анемии, рахита, гипотрофии

Задания для самостоятельной работы

Задание 1

Рассчитайте и оцените риск перинатальной патологии. Определите ребенка в группу (или группы) риска для детей периода новорожденности.

Женщина, имеющая высшее образование, воспитатель детского сада, возраст 24 года, рост 168, вес 59 кг, с резус-отрицательной кровью, без вредных привычек. Первая беременность, которая разрешилась на 40 неделе рождением живого ребенка массой 3 500 г и ростом 51 см. Роды быстрые. Во время беременности в третьем триместре в крови концентрация гемоглобина составляла 110 г/л и отмечался токсикоз второй половины беременности (водянка). Отец ребенка — возраст 24 года, без вредных привычек, преподаватель в средней общеобразовательной школе.

Задание 2

Подготовить доклад на одну из перечисленных тем по плану:

1. Актуальность.
2. Частота встречаемости.
3. Причины (соотнести с критериями риска перинатальной патологии).
4. Симптомы (кратко, обозначив основные проявления).
5. Исходы.
6. Профилактика.
7. Вывод.

Темы для докладов

1. Врожденная цитомегаловирусная инфекция.
2. Врожденный сифилис.
3. Врожденный туберкулез.
4. Врожденные пороки развития мочевыделительной системы.
5. Врожденные пороки развития сердца.
6. Врожденные пороки развития сосудов.
7. Врожденные пороки развития желудочно-кишечного тракта.
8. Врожденные пороки развития нервной системы.

9. Врожденные пороки развития дыхательной системы.
10. Врожденные пороки развития органов зрения.
11. Врожденные пороки развития органов слуха.
12. Врожденные челюстно-лицевые дефекты.
13. Врожденные дефекты опорно-двигательного аппарата.
14. Синдром внезапной детской смерти.
15. Врожденные эндокринные заболевания (на примере 1–2 заболеваний).
16. Алкогольный синдром плода.
17. Врожденные генетические заболевания (на примере 1–2 заболеваний).
18. Часто болеющие дети.

Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду

Полная схема оценки риска предусматривает проведение четырех связанных между собой этапов: идентификация опасности, оценка зависимости «доза — ответ», оценка экспозиции, характеристика риска. Перед проведением исследований по полной схеме оценки риска должны быть четко определены цели и задачи исследований, сформирована группа исследователей, в которую целесообразно включать и специалистов по оценке риска, и узких специалистов, таких как химики, технологи, специалисты, которые будут разрабатывать управленческие решения и принимать их к реализации.

При оценке риска используются результаты мониторинга содержания химических веществ в анализируемых объектах окружающей среды и (или) данные, полученные на основе моделирования рассеивания загрязнений, за период не менее 3–5 лет.

На рис. 1 представлена общая схема оценки риска, управления им и процесса информирования о риске в их взаимосвязях.



Рис. 1. Схема взаимосвязей этапов анализа и управления риском здоровью

Идентификация опасности

На этапе идентификации опасности осуществляется оценка полноты и достоверности имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды, определяются задачи по дополнительному сбору информации о фактических и (или) моделируемых концентрациях химических веществ в различных средах, оценивается наличие сведений о количественных критериях, необходимых для последующего анализа риска для здоровья (референтные концентрации и дозы, факторы канцерогенного потенциала и другие стандартные показатели, указанные в нормативных документах). Формируется план проведения последующих исследований, устанавливаются неопределенности, способные повлиять на полноту и достоверность окончательных заключений и рекомендаций. Таким образом определяются границы работ по оценке риска, характеризующие область применения полученных результатов.

На этапе идентификации опасности в процессе выбора показателей опасности, необходимых для решения конкретных задач оценки риска, формируется предварительный сценарий и определяются предполагаемые маршруты и пути воздействия химических веществ, которые в дальнейшем уточняются на этапе оценки экспозиции. С целью предварительного ранжирования химических веществ используются: сведения об объемах поступления их в окружающую среду и численности населения; результаты моделирования рассеивания загрязнений (при наличии соответствующих автоматизированных программных комплексов) и особенностей поведения в окружающей среде; данные мониторинга содержания химических соединений в различных объектах окружающей среды; сведения о вредных эффектах, вызываемых химическим веществом (веществами); значения референтных уровней воздействия (гигиенические нормативы, референтные дозы и концентрации, уровни минимального риска и целевые концентрации); принадлежность химического вещества к перечням приоритетных опасных или особо регулируемых химических соединений. Обязательным этапом идентификации опасности является полное описание возможных ошибок, неточностей, недостаточно надежных предположений и заключений, которые могут отразиться на конечных результатах характеристики риска и формулируемых выводах.

Оценка зависимости «доза — ответ»

Целью данного этапа является обобщение и анализ всех имеющихся данных о гигиенических нормативах, безопасных уровнях воздействия (референтных дозах и концентрациях), критических органах и системах, вредных эффектах, а также оценка применимости этих данных для решения задач, поставленных в проекте по оценке риска. Для построения моделей «доза — ответ» наиболее часто используются показатели относительного и стратифицированного риска.

Показатели, которые были получены в эпидемиологических исследованиях, дают возможность осуществить оценку риска по широкому спектру нарушений состояния здоровья человека.

Этап оценки зависимости «доза — ответ» принципиально различается для канцерогенов и неканцерогенов. Для неканцерогенных токсических веществ (именуемых веществами с системной токсичностью) методология исходит из концепции пороговости действия и признает возможным установить так называемую «референтную концентрацию», при действии которой на человеческую популяцию, включая ее чувствительные подгруппы, не создается риск развития каких-либо уловимых вредных эффектов в течение всего периода жизни.

Для канцерогенов, действие которых всегда рассматривается как не имеющее порога, при оценке зависимости «доза — ответ» предпочтение отдается так называемой линеаризированной многоступенчатой модели (linearized multistage model). Эта модель выбрана в качестве основы унифицированного подхода к экстраполяции с высоких доз на низкие. Основным параметром для вычисления риска воздействия на здоровье человека является так называемый фактор наклона (slope factor), или, как его еще называют, «канцерогенный фактор», в качестве которого обычно используется 95 % верхний доверительный предел наклона кривой «доза — ответ».

В оценке неопределенностей на этапе оценки зависимости «доза — ответ» при применении критериев, полученных в эпидемиологических исследованиях, важнейшее значение имеет проверка соответствия данных исследований и полученных результатов основополагающим признакам наличия причинно-след-

ственной связи между воздействием и нарушениями состояния здоровья. Для оценки риска правомерно использовать только критерии, которые были получены в корректно проведенных эпидемиологических исследованиях в соответствии с утвержденными нормативными документами, рекомендованными международными, национальными или местными организациями.

Оценка экспозиции

Процесс оценки экспозиции обычно состоит из нескольких основных этапов.

Первый из них — это характеристика окружающей обстановки, которая предусматривает анализ основных физических параметров исследуемой области и характеристику популяций, потенциально подверженных воздействию.

Второй этап включает в себя идентификацию источников загрязнения, маршрутов воздействия и потенциальных путей распространения химических веществ, а также точек воздействия на человека.

На *третьем этапе* осуществляется количественная характеристика экспозиции, а именно рассчитывается и оценивается величина (величины), частота (частоты) и продолжительности воздействий для каждого анализируемого пути и химического вещества, идентифицированного на втором этапе. Наиболее часто этот этап состоит из двух частей: оценки воздействующих концентраций химических веществ и расчета их поступления.

Каждое вредное вещество, попавшее в окружающую среду, в разной степени, но создает риск угрозы здоровью. Этот риск зависит от дозы вещества, поступившей в организм человека.

Все загрязнители окружающей среды можно разделить на две группы.

1. ***Беспороговые*** — негативные эффекты от которых растут прямо пропорционально их дозе, которая, в свою очередь, прямо пропорциональна концентрации загрязнителя в воздухе, воде или продуктах питания. Эту связь между риском и дозой загрязнителя можно выразить линейной зависимостью (рис. 2). Такая зависимость между дозой и ответом характерна для канцерогенов — как нерадиоактивных, так и радионуклидов,

действие которых приводит к внутреннему или внешнему облучению человека.

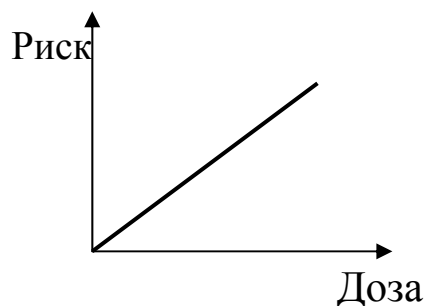


Рис. 2. Зависимость риска угрозы здоровью от дозы загрязнителя (беспороговый загрязнитель)

2. Пороговые — это такие загрязнители окружающей среды действие которых вызывает негативные последствия, только когда величина дозы превзойдет некоторое пороговое значение (рис. 3).

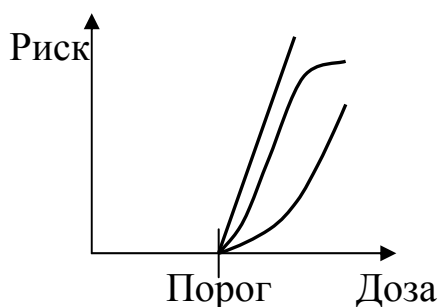


Рис. 3. Зависимость риска угрозы здоровью от дозы загрязнителя (пороговый загрязнитель)

В соответствии с современным подходом к оценке показателей экологической безопасности, основанным на концепции риска, различают индивидуальный и коллективный риски.

Индивидуальный риск определяется вероятностью экстремального вреда — смерти индивидуума от некоторой причины, рассчитываемой для всей его жизни или для одного года.

Коллективный риск чаще всего определяют количеством смертей от некоторой причины, действующей в течение определенного интервала времени (например, в течение 5 лет) на определенное количество людей (например, 10 тыс. человек).

Риск признается пренебрежимым, если его уровень в силу своей малости не может быть надежно выявлен на фоне уже имеющихся рисков (от других причин) и его уровень не превышает величины 10^{-6} за год. Данный показатель означает, что изучаемая причина, действующая в течение одного года, увеличивает вероятность смерти от нее на одну миллионную, т. е. если эта причина действует в течение года на миллион человек, то от нее может погибнуть один человек.

Для расчета индивидуального и коллективного риска как для пороговых, так и для беспороговых химических веществ понадобится расчет среднесуточной дозы поступления химического вещества в организм. Общая формула этого расчета имеет следующий вид:

$$LADD = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365},$$

где LADD — средняя суточная доза или поступление, мг/кг массы тела в сутки;

C — концентрация вещества в загрязненной среде, мг/л, мг/м³, мг/см², мг/кг;

CR — скорость поступления воздействующей среды (питьевой воды, воздуха, продуктов питания и т. д.), л/день, м³/день, кг/день и др.;

EF — частота воздействий, число дней/год;

ED — продолжительность воздействия, число лет;

BW — масса тела: средняя масса тела в период экспозиции, кг;

AT — период осреднения экспозиции,

365 — число дней в году.

Для расчета средней суточной дозы поступления химических веществ в организм следует пользоваться рекомендуемыми стандартными значениями факторов экспозиции (табл. 7).

Таблица 7

**Рекомендуемые стандартные (усредненные) значения
факторов экспозиции***

Фактор экспозиции	Величина
Хроническое воздействие (период осреднения) на лиц до 6 лет (не канцерогены)	6 лет
Хроническое воздействие (период осреднения) на взрослых лиц (не канцерогены)	30 лет
Пожизненное воздействие (период осреднения) на детей и взрослых лиц (для канцерогенов)	70 лет
Средняя продолжительность жизни	70 лет
Масса тела в возрасте от 0 до 6 лет	15 кг
Масса тела в возрасте от 6 до 18 лет	42 кг
Масса тела в возрасте от 18 и более лет	70 кг
Частота экспозиции, сценарий жилой зоны	350 дней/год
Частота экспозиции, рекреационный сценарий	75 дней/год
Частота экспозиции, производственный сценарий	250 дней/год
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, возраст от 0 до 6 лет	1,0 л/день
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, возраст от 6 до 18 лет	1,5 л/день
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, взрослый (18 лет и более)	2,0 л/день
Потребление питьевой воды, сценарий производственной зоны, взрослый (18 лет и более)	1,0 л/день
Скорость дыхания для взрослого (общая характеристика)	20 м ³ /сут
Скорость дыхания для ребенка от 0 до 6 лет	4 м ³ /сут
Скорость дыхания для ребенка старше 6 лет	8,7 м ³ /сут
Скорость ингаляции во время отдыха	0,006 м ³ /(кг×час)
Скорость ингаляции при активной деятельности	0,018 м ³ /(кг×час)
Время, проводимое вне помещения (дети)	6 часов
Время, проводимое вне помещения (взрослые)	8 часов
Время, проводимое внутри помещения (дети)	18 часов

Фактор экспозиции	Величина
Время, проводимое внутри помещения (взрослые)	16 часов

* При необходимости дополнения к таблице см. в «Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037399>

Расчет суточных доз для разных путей поступления химических веществ в организм из основных объектов окружающей среды

Стандартная формула для расчета средней суточной дозы поступления химических веществ из питьевой воды

$$LADD = \frac{C \times V \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365},$$

где LADD — средняя суточная доза или поступление, мг/кг в сутки;

C — концентрация вещества в воде, мг/л;

V — величина потребления воды, л/сутки;

EF — частота воздействий, число дней/год;

ED — продолжительность воздействия, число лет;

BW — масса тела: средняя масса тела в период экспозиции, кг;

AT — период осреднения экспозиции, число лет;

365 — число дней в году.

Стандартная формула для расчета средней суточной дозы поступления химических веществ из атмосферного воздуха

$$LADD = \frac{(Ca \times Tout \times Vout + Ch \times Tin \times Vin) \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365},$$

где LADD — средняя суточная доза или поступление, мг/кг в сутки;

Ca — концентрация вещества в воздухе вне помещения, мг/м³;

Tout — время, проводимое вне помещения, часы;

Vout — скорость дыхания вне помещения, м³/час;

Ch — концентрация вещества в воздухе внутри помещения, мг/м³;

Tin — время, проводимое внутри помещения, часы;

Vin — скорость дыхания внутри помещения, м³/час;

EF — частота воздействий, число дней/год;

ED — продолжительность воздействия, число лет;

BW — масса тела: средняя масса тела в период экспозиции, кг;

AT — период осреднения экспозиции, число лет;

365 — число дней в году.

Если концентрация изучаемого вещества в воздухе помещения не отличается от таковой вне его и скорость дыхания примерно одинакова, а также для расчета поступления химических веществ в конкретных условиях (например, на рабочем месте), формулу можно несколько упростить:

$$LADD = \frac{C \times T \times V \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365},$$

где LADD - средняя суточная доза или поступление, мг/кг в сутки;

C - концентрация вещества в воздухе, мг/м³;

T - время экспозиции, часы;

V – скорость дыхания, м³/час;

EF - частота воздействий, число дней/год;

ED - продолжительность воздействия, число лет;

BW - масса тела: средняя масса тела в период экспозиции, кг;

Стандартная формула для расчета средней суточной дозы поступления химических веществ из пищевых продуктов

$$LADD = \frac{CR \times C \times F \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365},$$

где LADD — средняя суточная доза или поступление, мг/кг в сутки;

CR — среднесуточное потребление продукта (i), кг/сутки; (табл. 8);

C — концентрация вещества в продукте, мг/кг;

F — доля местных, потенциально загрязненных продуктов в суточном рационе, отн. ед. Определяется местными условиями. Крайняя оценка: $F = 1,0$;

EF — частота воздействий, число дней/год;

ED — продолжительность воздействия, число лет;

BW — масса тела: средняя масса тела в период экспозиции, кг;

AT — период осреднения экспозиции, число лет;

365 — число дней в году.

Таблица 8

***Потребление пищевых продуктов на душу населения
в Российской Федерации (2014 г.)****

Наименование продуктов	кг/год	кг/сут
Хлебные продукты	118	0,3
Овощи	111	0,3
Картофель	111	0,3
Фрукты и ягоды	64	0,2
Сахар	40	0,1
Мясо и мясопродукты	69	0,2
Молоко и молочные продукты	244	0,7
Растительное масло	13,8	0,04
Яйцо (вес 1 яйца около 60 г.)	269 шт. (16,1 кг)	0,7 шт. (0,04 кг)

* Федеральная служба государственной статистики. Статистический бюллетень «Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации». URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/plan/

Пути решения задач оценки риска здоровью будут различны в зависимости от того, являются рассматриваемые вредные вещества пороговыми (не канцерогены) или беспороговыми (канцерогены).

Задание для самостоятельной работы

Рассчитать суммарное суточное поступление цинка в организм взрослого неработающего человека весом 70 кг, если известно, что в воздухе помещения и вне его содержание цинка составляет $0,005 \text{ мг/м}^3$, в питьевой воде — $0,5 \text{ мг/л}$, в хлебе и хлебобулочных изделиях — 6 мг/кг , в овощах — $3,5 \text{ мг/кг}$, в картофеле — 4 мг/кг , во фруктах — $0,6 \text{ мг/кг}$, в сахаре — 5 мг/кг , в мясе — 14 мг/кг , в молочных продуктах — $0,7 \text{ мг/кг}$, в растительном масле — 6 мг/кг . Известно, что доля потенциально загрязненных продуктов составляет 1,0.

Сделать вывод о достаточности поступления этого элемента в организм, если известно, что суточная норма поступления цинка в организм взрослого человека составляет около 12 мг.

Характеристика риска для здоровья населения

Характеристика риска — заключительный этап оценки риска, на котором синтезируются данные, полученные на предшествующих этапах исследований, проводится расчет и ранжирование рисков, источников их образования, воздействующих сред и путей поступления химических веществ в организм, а также анализ всех неопределенностей для обоснования выводов и рекомендаций, необходимых для управления риском.

Характеристика риска включает в себя анализ всех полученных данных, расчет рисков для популяции и ее отдельных подгрупп, сравнение рисков с допустимыми (приемлемыми) уровнями, сравнительную оценку и ранжирование различных рисков по степени их статистической, медико-биологической и социальной значимости, установление медицинских приоритетов и тех рисков, которые должны быть предотвращены или снижены до приемлемого уровня.

Итоговая информация о рисках должна быть представлена лицам, занимающимся управлением рисками, в понятной и доказательной форме с обязательным указанием на все неопределенности, неточности результатов и их общую надежность. Формат представляемых данных необходимо предварительно согласовать с лицами, которые будут в дальнейшем разрабатывать варианты мероприятий по управлению рисками.

Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов

После того, как вычислено среднесуточное поступление химического вещества, отнесенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывается индекс опасности HQ (Hazard Quotient):

$$HQ = \frac{LADD}{H_D},$$

где H_D — пороговая мощность дозы.

Если $HQ < 1$, то опасности нет; риска угрозы здоровью нет.

Если $HQ > 1$, то существует опасность отравления, которая тем больше, чем больше полученное значение отличается от единицы.

Примеры значений пороговой мощности дозы, необходимые для расчета индекса опасности представлены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

***Пороговая мощность дозы токсикантов,
поступающих с воздухом***

	<i>HD</i> , мг/(кг·сут)
Бензол	$9 \cdot 10^{-3}$
Марганец	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Ртуть (металл)	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Бериллий	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Тетраэтилсвинец	$5,7 \cdot 10^{-6}$

Таблица 10

***Пороговая мощность дозы токсикантов,
поступающих с водой и пищей***

	<i>HD</i> , мг/(кг·сут)		<i>HD</i> , мг/(кг·сут)
Нитраты	1,6	Селен	$5 \cdot 10^{-3}$
Хром (Cr ³⁺)	1,0	Молибден	$5 \cdot 10^{-3}$
Цинк	0,3	Серебро	$5 \cdot 10^{-3}$
Барий	0,2	Хром (VI)	$5 \cdot 10^{-3}$
Бор	0,2	Кадмий	$5 \cdot 10^{-4}$
Марганец	0,14	Сурьма	$4 \cdot 10^{-4}$
Хлор	0,1	Мышьяк	$3 \cdot 10^{-4}$
Медь	0,04	Ртуть (хлорид)	$3 \cdot 10^{-4}$
Никель	0,02	Таллий (хлорид, карбонат)	$8 \cdot 10^{-5}$
Этиленгликоль	2	Ацетон	0,9
Нефтепродукты	0,6	Фенол	0,6
Метанол	0,5	Формальдегид	0,2
Пентахлорфенол	$3 \cdot 10^{-2}$	Бензол	$4 \cdot 10^{-3}$
Винилхлорид	$3 \cdot 10^{-3}$	Нитробензол	$5 \cdot 10^{-4}$
Тетраэтилсвинец	$1,2 \cdot 10^{-7}$	Метилртуть	$1 \cdot 10^{-4}$

Если источник поступления токсикантов не один и (или) несколько токсикантов поступает в организм, то полный индекс опасности HQ_t равен сумме индексов опасности отдельных токсикантов или одного токсиканта из разных источников:

$$HQ_t = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 + HQ_4 + \dots$$

Пример решения задач

Человек работает во вредных условиях труда, обусловленных наличием паров ртути на рабочем месте. Известно, что концентрация паров ртути в воздухе превышает ПДК в 5 раз (ПДК = 0,0003 мг/м³). Концентрация ртути в течение рабочей смены, длящейся 6 часов, остается неизменной. В таких условиях человек работает ежедневно на протяжении одного года, за исключением отпуска, продолжительностью 30 дней. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью.

Пример оформления и расчета представлен в табл. 11.

Таблица 11

Дано	Расчет
C = 5 ПДК = 0,0003·5 мг/м ³ = 0,0015 мг/м ³ V·T = 20 м ³ /сут (табл.7)/4 = 5 м ³ за 6 рабочих часов ED = 1 год EF = 365 – 30 = 335 дней в году H_D = 8,6 · 10 ⁻⁵ (табл. 9) BW = 70 кг (табл. 7) AT = 30 лет (табл. 7)	$LADD = \frac{C \times T \times V \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365} =$ $\frac{0,0015 \text{ мг/м}^3 \cdot 5 \text{ м}^3 \cdot 335 \text{ сут/год} \cdot 1 \text{ год}}{70 \text{ кг} \cdot 30 \text{ лет} \cdot 365}$ $= \frac{2,5 \text{ (мг)}}{766500 \text{ (кг} \cdot \text{сут)}} = 0,0000036 \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$ $= 0,36 \cdot 10^{-5} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$ $LADD = 0,36 \cdot 10^{-5} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$ $HQ = \frac{LADD}{H_D} = \frac{0,36 \cdot 10^{-5} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}}{8,6 \cdot 10^{-5} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}}$ $= 0,04.$ <p>Величина 0,04 < 1 , поэтому индивидуальный риск угрозы здоровью в данном случае нет.</p>

Задание для самостоятельной работы

В воздухе города N обнаружен марганец в концентрации, равной $0,001 \text{ мг/м}^3$, в воде концентрация этого элемента составила $0,6 \text{ мг/л}$. Рассчитайте индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек будет жить в таких условиях в течение 15 лет, а продолжительность контакта с токсикантом в течение каждого года будет составлять 337 дней.

Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов

К канцерогенам относят вещества, которые достоверно увеличивает частоту возникновения опухолей в популяциях человека и (или) животных и (или) сокращают время их развития. Принято считать, что у канцерогенов нет пороговой дозы, а их действие начинается уже при самых малых количествах, попавших в организм. Вероятность развития онкозаболеваний (т. е. канцерогенный риск) прямо пропорциональна дозе канцерогена, попавшего в организм. Линейный характер зависимости между канцерогенным риском и дозой канцерогенного вещества выражается простой формулой:

$$r = F_r \cdot \text{LADD},$$

где r — индивидуальный канцерогенный риск; под ним следует понимать дополнительный риск (дополнительно к уже существующей вероятности заболеть раком) онкологического заболевания, вызываемый поступлением данного канцерогена;

LADD — средняя суточная доза канцерогена, попавшего в организм человека;

F_r — коэффициент пропорциональности между риском и дозой (фактор риска).

Фактор риска F_r показывает, насколько быстро увеличивает вероятность развития опухолевого процесса при увеличении дозы канцерогена, поступившего в организм человека. Его еще называют коэффициентом наклона (Slope Factor), т. к. он характеризует угол наклона прямой зависимости «риск — доза»

(рис. 1), т. е., чем больше угол наклона, тем больше угроза здоровью. Фактор риска количественно характеризует увеличение угрозы здоровью в результате ежедневного поступления данного канцерогена в количестве 1 мг, отнесенного к 1 кг массы тела человека. Факторы риска для ряда токсикантов представлены в табл. 12 и 13.

Таблица 12

***Факторы риска для ряда токсикантов,
поступающих с воздухом***

Канцерогены	F_r , [мг/(кг·сут)] ⁻¹	Канцерогены	F_r , [мг/(кг·сут)] ⁻¹
Дихлорметан	1,6·10	Никель (пыль в воздухе)	0,91
Трихлорэтилен	7·10	Полихлорированные бифенилы	2,0
Формальдегид	2,1·10	Выхлопные газы дизельных двигателей	2,1
Свинец и его соединения	4,2·10	Кадмий и его соединения	6,3
Бензол	5,5·10	Бензо(а)пирен	7,3
Винилхлорид	7,2·10	Бериллий, металл и оксид	8,4
Тетрахлорэтилен	0,15	Мышьяк	12
Дихлорэтан	0,27	Хром (VI)	42
Хлорбензол	0,27	Бериллий, сульфат	3·10
ДДТ	0,34	Диоксины (смесь)	4,6·10

Таблица 13

**Факторы риска для ряда токсикантов ,
поступающих с водой и пищей**

Канцерогены	F_r , [мг/(кг·сут)] ⁻¹	Канцерогены	F_r , [мг/(кг·сут)] ⁻¹
Свинец и его соединения	$8,5 \cdot 10^{-3}$	Тетрахлор-этилен	0,54
Хлороформ	$3,1 \cdot 10^{-2}$	Мышьяк	1,75
Бензол	$5,5 \cdot 10^{-2}$	Винилхлорид	1,9
Пентахлор-фенол	0,12	Бериллий, оксид	7,0
Хлорбензол	0,27	Полихлорированные бифенилы	5,0
ДДТ	0,3	Бенз(а)пирен	12
Кадмий и его соединения	0,38	Бериллий (сульфат)	$3 \cdot 10^3$
Трихлор-этилен	0,4	Диоксины (смесь)	$1,6 \cdot 10^5$

Если $r \leq 10^{-6}$, индивидуальный канцерогенный риск считается пренебрежимо малым.

Верхний предел допустимого индивидуального канцерогенного риска принимается равным 10^{-4} .

Если $r > 10^{-4}$, индивидуальный канцерогенный риск считается недопустимым.

В случае воздействия нескольких канцерогенов полный риск выражается суммой отдельных рисков:

$$r_t = r_1 + r_2 + r_3 \dots$$

Коллективный канцерогенный риск R определяется формулами:

$$R = r \cdot N,$$

$$R_t = r_t \cdot N,$$

где N — количество человек, подвергающихся данному риску.

Значения коллективного риска сравниваются с единицей, т. е. если показатель R или R_t меньше единицы, то ни одного случая появления дополнительных опухолевых заболеваний, связанных с наличием токсиканта (токсикантов), не будет развиваться. Если показатель R или R_t равен единице, то следует ожидать появления одного случая дополнительного заболевания раком на расчетное количество людей за заданное время.

Для оценки допустимых индивидуальных рисков, связанных с опасными видами деятельности, используются так называемые критерии приемлемости риска (табл. 14).

Таблица 14

Критерии приемлемости риска

Диапазон индивидуального риска	Степень приемлемости
меньше или равно 1×10^{-6}	Соответствует одному дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн экспонированных лиц, характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий по их снижению, и их уровни подлежат только периодическому контролю.
более 1×10^{-6} , но менее 1×10^{-4}	Соответствует предельно допустимому риску, т. е. верхней границе приемлемого риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом (например, для питьевой воды ВОЗ в качестве допустимого риска использует величину 1×10^{-5} , для атмосферного воздуха — 1×10^{-4}). Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска

Диапазон индивидуального риска	Степень приемлемости
	могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.
более 1×10^{-4} , но менее 1×10^{-3}	Приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. Планирование мероприятий по снижению рисков в этом случае должно основываться на результатах более углубленной оценки различных аспектов существующих проблем и установлении степени их приоритетности по отношению к другим гигиеническим, экологическим, социальным и экономическим проблемам на данной территории.
равный или более 1×10^{-3}	Неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп. При его достижении необходимо давать рекомендации для лиц, принимающих решения о проведении экстренных оздоровительных мероприятий по снижению риска.

При планировании долгосрочных программ, установлении региональных гигиенических нормативов целесообразно ориентироваться на величину целевого риска — такого уровня риска, который должен быть достигнут в результате проведения мероприятий по управлению риском. В большинстве стран, а также в рекомендациях экспертов ВОЗ величина целевого риска принимается равной 10^{-6} . Величина целевого риска для условий населенных мест в России составляет 10^{-5} – 10^{-6} .

Пример решения задач

Установлено, что в молочных продуктах поселения N численностью 10 000 человек концентрация доиксинов составляет 0,000001 мг/кг. Рассчитать индивидуальный и коллективный кан-

церогенный риск угрозы здоровью, если известно, что употребляют данную продукцию в течение 10 лет, а за год человек употребляет 244 кг молочных продуктов.

Пример оформления и расчета представлен в табл. 15.

Таблица 15

Дано	Расчет
$CR = 244 \text{ кг/год} = 0,7 \text{ кг/сут}$ $C = 0,000001 \text{ мг/кг}$ $F = 1,0$ $ED = 10 \text{ лет}$ $EF = 365 \text{ дней в году}$ $BW = 70 \text{ кг (табл. 7)}$ $AT = 70 \text{ лет (табл. 7)}$ $F_r = 1,6 \cdot 10^5 \text{ [мг/(кг·сут)]}^{-1}$	$LADD = \frac{CR \times C \times F \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365} =$ $\frac{0,7 \text{ кг/сут} \cdot 0,000001 \text{ мг/кг} \cdot 1,0 \cdot 10 \text{ лет} \cdot 365}{70 \text{ кг} \cdot 70 \text{ лет} \cdot 365} =$ $0,00026$ $= \frac{0,00026}{1788500} = 0,00000000014 =$ $= 0,000014 \cdot 10^{-5} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$ $r = F_r \cdot LADD = 1,6 \cdot 10^5 \cdot 0,000014 \cdot 10^{-5} =$ $= 0,000022 = 0,2 \cdot 10^{-4}$ <p>Вывод 1: ситуация соответствует предельно допустимому индивидуальному риску. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.</p> $R = r \cdot N = 0,2 \cdot 10^{-4} \cdot 10\,000 = 0,2 < 1$ <p>Вывод 2: в течение 10 лет в поселении N не должно наблюдаться ни одного случая появления дополнительных опухолевых заболеваний, связанных с наличием диоксинов в молочных продуктах.</p>

Задание для самостоятельной работы

Установлено, что в питьевой воде города N концентрация бензола составляет 0,05 мг/л. Рассчитать индивидуальный канцерогенный риск угрозы здоровью для неработающего взрослого человека, если он пьет такую воду в течение 10 лет.

Оценка риска угрозы здоровью при воздействии радиации

Эффекты, возникающие в биологических объектах после воздействия ионизирующего излучения делятся на две большие группы: детерминированные и стохастические. Детерминированные эффекты — это неизбежные, клинически выявляемые вредные биологические эффекты, возникающие при облучении, в основном большими дозами, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше — тяжесть эффекта будет зависеть от дозы ионизирующего излучения. Стохастические эффекты — это такие биологические эффекты от излучения, которые не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения их пропорциональна дозе, а тяжесть проявления не зависит от дозы, т. е. с увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления.

Согласно ГОСТ 32161-2013 для расчета радиационного риска, связанного с внутренним облучением, нам понадобится информация об **удельной активности радионуклида** в объекте среды (A), с которым радионуклид попадает в организм человека (это может быть вода, воздух или пищевой продукт). Этот показатель рассчитывается как отношение числа самопроизвольных превращений ядер данного радионуклида (dN), происходящих за интервал времени (dT), к этому интервалу времени.

$$A = \frac{dN}{dT} \text{ (Бк)}$$

Удельная активность радионуклида в пробе (Q) есть отношение активности радионуклида (A) в счетном образце к массе вещества (m) в счетном образце:

$$Q = \frac{A}{m} \text{ (Бк/кг)}$$

Теперь мы можем рассчитать **полную активность** выбранного радионуклида (А) за определенный период времени, выраженный в годах (t), с учетом массы (М) поступившего за год субстрата, содержащего радионуклид:

$$A_{\text{полн}} = Q \cdot M \cdot t$$

Далее нужно рассчитать **эффективную дозу внутреннего облучения** (Н) с учетом дозового коэффициента выбранного радионуклида (ε) (некоторые из них представлены в табл. 16):

$$H = A_{\text{полн}} \cdot \varepsilon$$

Таблица 16*

Значения дозовых коэффициентов, пределов годового поступления с воздухом и пищей отдельных радионуклидов для критических групп населения, не относящегося к персоналу, работающему с источниками ионизирующего излучения

Радионуклид	При поступлении с воздухом (Зв/Бк)	При поступлении с водой и пищей (Зв/Бк)
Стронций (^{90}Sr)	$5.0 \cdot 10^{-8}$	$8.0 \cdot 10^{-8}$
Цезий (^{137}Cs)	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
Радий (^{226}Ra)	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Торий (^{232}Th)	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Уран (^{238}U)	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Калий (^{40}K)	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Кобальт (^{60}Co)	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$
Йод (^{131}I)	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-7}$

* Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170553>

Следующим этапом рассчитываем значение *индивидуального радиационного риска* (r):

$$R = H \cdot r_E,$$

где r_E — коэффициент индивидуального радиационного риска.

Таблица 17

**Значения коэффициентов радиационного риска r_E ,
определяющие стохастические эффекты***

	$r_E, 10^{-2} (\text{чел.} \cdot \text{Зв})^{-1}$		
Облучаемый контингент	Коэффициент риска злокачественных новообразований	Коэффициент риска наследственных эффектов	Сумма
Работающие взрослые	4,1	0,1	4,2
Все население	5,5	0,2	5,7

* СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170553>

В соответствии с НРБ-99/2009 в условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения пределы доз облучения в течение года устанавливаются исходя из следующих значений индивидуального пожизненного риска: для персонала — $1,0 \cdot 10^{-3}$, для населения — $5,0 \cdot 10^{-5}$. Уровень пренебрежимо малого риска составляет 10^{-6} . При обосновании защиты от источников потенциального облучения в течение года принимаются следующие граничные значения обобщенного риска (произведение вероятности события, приводящего к облучению, и вероятности смерти, связанной с облучением): для персонала — $2,0 \cdot 10^{-4}$, для населения — $1 \cdot 10^{-5}$.

Для расчета *коллективной дозы* радиационного облучения (K) воспользуемся формулой:

$$K = N \cdot H,$$

где N — это численность коллектива.

Коллективный радиационный риск (R) равен произведению коллективной дозы радиационного облучения (K) на коэффициент радиационного риска (r_E):

$$R = K \cdot r_E$$

Коллективный радиационный риск показывает количество случаев проявления стахостических эффектов, каждый из которых характеризуется сокращением длительности жизни в среднем на $\beta = 15$ лет. Перемножив эти два показателя, получим **потерю коллективной продолжительности жизни (Δ)**:

$$\Delta = R \cdot \beta$$

Для расчета **коллективной продолжительности жизни (T_K)** перемножим среднюю продолжительность жизни одного человека (70 лет) на численность коллектива (N):

$$T_K = 70 \cdot N.$$

Теперь мы можем рассчитать среднее **сокращение продолжительности жизни (σ_K) как всего коллектива**:

$$\sigma_K = \frac{\Delta}{T_K},$$

так и среднее **сокращение продолжительности жизни одного человека (σ)**:

$$\sigma = 70 \cdot \sigma_K$$

Пример решения задач

В лесу рядом с городом N, численность которого составляет 10 000 человек, были собраны грибы. После лабораторного исследования образцов грибов выявлено, что удельная активность ^{90}Sr составила 200 Бк/кг, а ^{137}Cs — 1800 Бк/кг. Необходимо рассчитать и оценить значения индивидуального и коллективного рисков для населения, если в течение одного года каждый из жителей города использует в пищу 1,5 кг местных грибов.

Пример оформления и расчета представлен в табл. 18.

Пример оформления и расчета задач

Таблица 18

Дано	Расчет
$Q(^{90}\text{Sr}) = 200 \text{ Бк/кг}$ $\varepsilon(^{90}\text{Sr}) = 8,0 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк}$ (см. табл. 16) $Q(^{137}\text{Cs}) = 1800 \text{ Бк/кг}$ $\varepsilon(^{137}\text{Cs}) = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк}$ (см. табл. 16) $M = 1,5 \text{ кг/год}$ $t = 1 \text{ лет}$ $N = 10\,000 \text{ человек} =$ $= 10^4 \text{ человек}$ $r_E = 5,7 \cdot 10^{-2} (\text{чел.} \cdot \text{Зв})^{-1}$ (см. табл. 17) Средняя продолжительность жизни — 70 лет $\beta = 15 \text{ лет}$	$A_{\text{полн}} = Q \cdot M \cdot t$ $A_{\text{полн}}(^{90}\text{Sr}) = 200 \text{ Бк/кг} \cdot 1,5 \text{ кг/год} \cdot 1 \text{ лет} = 300 \text{ Бк}$ $A_{\text{полн}}(^{137}\text{Cs}) = 1800 \text{ Бк/кг} \cdot 1,5 \text{ кг/год} \cdot 1 \text{ лет} = 2700 \text{ Бк}$ $H = A_{\text{полн}} \cdot \varepsilon$ $H(^{90}\text{Sr}) = 300 \text{ Бк} \cdot 8,0 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк} = 0,000024 \text{ Зв} = 0,24 \cdot 10^{-4} \text{ Зв}$ $H(^{137}\text{Cs}) = 2700 \text{ Бк} \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк} = 0,000035 \text{ Зв} = 0,35 \cdot 10^{-4} \text{ Зв}$ $K = N \cdot H$ $K(^{90}\text{Sr}) = 10^4 \text{ человек} \cdot 0,24 \cdot 10^{-4} \text{ Зв} = 0,24 \text{ чел.} \cdot \text{Зв}$ $K(^{137}\text{Cs}) = 10^4 \text{ человек} \cdot 0,35 \cdot 10^{-4} \text{ Зв} = 0,35 \text{ чел.} \cdot \text{Зв}$ $K_{\text{общая}} = K(^{90}\text{Sr}) + K(^{137}\text{Cs}) = 0,24 \text{ чел.} \cdot \text{Зв} + 0,35 \text{ чел.} \cdot \text{Зв} = 0,59 \text{ чел.} \cdot \text{Зв}$ $R = K \cdot r_E$ $R_{\text{коллективный}} = 0,59 \text{ чел.} \cdot \text{Зв} \cdot 5,7 \cdot 10^{-2} (\text{чел.} \cdot \text{Зв})^{-1} = 0,034 \text{ случая}$ проявления стохастических эффектов. Каждый такой эффект приводит к сокращению длительности периода полноценной жизни в коллективе в среднем на $\beta = 15 \text{ лет}$. $R_{\text{индивидуальный}} = R_{\text{коллективный}} / N = 0,034 / 10\,000 = 0,0000034 = 3,4 \cdot 10^{-6}$ $\Delta = R \cdot \beta = 0,034 \cdot 15 \text{ лет} = 0,51 \text{ год}$ $T_K = 70 \cdot N = 70 \cdot 10\,000 = 700\,000 \text{ лет}$ $\Delta \quad 0,51 \text{ год}$ $\sigma_K = \frac{\Delta}{T_K} = \frac{0,51 \text{ год}}{700\,000 \text{ лет}} = 0,00000073.$

Дано	Расчет
	<p>Таким образом, потеря коллективной продолжительности жизни составит $0,000073 \% = 7,3 \cdot 10^{-5} \%$</p> <p>$\sigma = 70 \cdot \sigma_k = 70 \cdot 0,00000073 = 0,00005$ года = $0,0003$ дня = $0,0072$ ч. = $0,4$ мин</p> <p>Вывод: при употреблении в пищу $1,5$ кг грибов в год с активностью ^{90}Sr 200 Бк/кг и ^{137}Cs — 1800 Бк/кг коллективная продолжительность жизни сократится на $7,3 \cdot 10^{-5} \%$, а индивидуальная — на $0,4$ мин.</p> <p>Показатель индивидуального риска в течение года ($3,4 \cdot 10^{-6}$) не превышает значений индивидуального пожизненного риска для населения, который, по данным НРБ-99/2009, составляет $5,0 \cdot 10^{-5}$.</p>

Задание для самостоятельной работы

Жители города N численностью $10\,000$ человек ежегодно употребляют в пищу в среднем по 244 кг молочных продуктов, при анализе которых было выявлено наличие удельной активности ^{90}Sr , равной 20 Бк/кг. Необходимо рассчитать и оценить значения индивидуального и коллективного рисков, если известно, что такие продукты жители употребляли в течение одного года.

Управление риском

Управление риском направлено на обоснование решений по его устранению или минимизации, мониторинг экспозиций и рисков, оценку эффективности и корректировку оздоровительных мероприятий. Управление риском базируется на совокупности политических, социальных и экономических оценок полученных величин риска, сравнительной характеристике возможных ущербов для здоровья людей и общества в целом. В ходе процедуры управления риском оцениваются возможные затраты на реализацию необходимых вариантов управленческих решений по снижению риска, выгоды, которые будут получены в результате реализации намеченных мероприятий (например, сохраненные человеческие жизни, предотвращенные случаи заболеваний и др.).

Управление риском состоит из четырех взаимосвязанных элементов:

- сравнительной оценки и ранжирования рисков;
- определения уровней приемлемости риска;
- выбора стратегии снижения и контроля риска;
- принятия управленческих решений.

На первом этапе управления риском осуществляется сравнительная оценка и ранжирование рисков. С целью установления приоритетов проводится сравнительная характеристика рисков, т. е. выделяется круг вопросов, требующих первоочередного внимания, определение вероятности реализации рисков и установление последствий. Этот этап включает в себя определение уровней вероятности развития нарушений состояния здоровья и анализ их причинно обусловленной связи, а также углубленную характеристику неблагоприятных последствий и ущербов состоянию здоровья населения.

На втором этапе проводится анализ приемлемости риска с учетом выгоды от использования конкретного вещества; расходы, связанные с регулированием этого вещества (полным или частичным запретом, заменой его другим препаратом и т. п.); за-

кладываются в план возможности осуществления контролируемых (регулирующих) мер с целью уменьшения потенциального негативного воздействия вещества на окружающую среду и здоровье человека. Для установления приемлемости риска широко используется метод экономического анализа «затраты — выгода». Однако понятие приемлемости не всегда определяется только результатами экономического анализа, порой довольно значимыми факторами становятся политические и социальные, включая восприятие риска различными группами населения.

Стратегия контроля по минимизации или устранению риска предусматривает следующие мероприятия:

- ограничение числа экспонируемых лиц;
- ограничение сферы использования источника риска или территорий с такими источниками (например, запрет использования загрязненных участков территории для рекреационных целей);
- ограничение или полный запрет прямого контакта человека с опасным химическим соединением;
- полный запрет производства, применения и ввоза определенного химического вещества или использования данного технологического процесса или оборудования.

С целью снижения уровней риска могут использоваться также следующие подходы: снижение числа и мощности источников опасности; снижение вероятности развития или проявления вредных эффектов; уменьшение числа экспонируемых лиц; снижение вероятности воздействий (например, вероятности развития аварийных ситуаций); снижение выраженности вредных эффектов.

Кроме того, в задачи управления риском входит выбор стратегии динамического мониторинга экспозиций и рисков (постоянного или периодического). Данные виды мониторинга выполняют следующие функции: контрольную (сравнение с предельно допустимыми или приемлемыми уровнями), сигнальную (быстрое реагирование на возникновение опасной ситуации), прогностическую (возможность предсказания уровней экспозиций и рисков на основе анализа временных тенденций), инструмен-

тальную (как средство для распознавания и классификации наблюдаемых явлений).

Мониторинг экспозиций и рисков, основанный на результатах оценки риска для здоровья, является эффективным способом проведения социально-гигиенического мониторинга (выбор точек контроля, контролируемых химических веществ, установления достаточной периодичности отбора проб и др.). С этой целью могут использоваться не только измерения концентраций многочисленных химических веществ, определяющих риски для здоровья населения на данной территории, но и прямые (непосредственно связанные с оцениваемыми рисками для здоровья) или косвенные (очень хорошо коррелирующие с прямыми) индикаторы качества среды обитания человека, достаточно хорошо отражающие совокупную химическую нагрузку на экспонируемое население. Применение индикаторов допустимо в случае предварительной углубленной оценки рисков на данной территории либо при наличии очень большого сходства в источниках загрязнения окружающей среды на этой территории и в ранее подробно исследованном районе.

Информирование о риске

Информирование о риске представляет собой распространение результатов определения степени риска для здоровья человека и решений по его контролю среди заинтересованной части населения (например, среди врачей, научных сотрудников, политиков, лиц, принимающих управленческие решения, населения и общества в целом).

Передача и распространение информации о риске являются естественным продолжением оценки риска. Полученные в процессе оценки риска данные должны быть полностью понятны специалистам по регулированию риска и, кроме того, доступны для представителей прессы и заинтересованных групп населения.

При распространении информации о риске необходимо принимать во внимание особенности восприятия риска разными группами населения. Население в своем восприятии риска ориентируется не только на его количественные характеристики и возможные последствия для здоровья, но на уже сформировавшееся мнение общественности («факторы возмущения»).

Реакция человека или группы людей на риск определяется как индивидуальными факторами, так и факторами, характеризующими сам риск или информацию о нем. Индивидуальные факторы, влияющие на восприятие риска, подразделяются на следующие группы: знания, опыт, личностные особенности, эмоциональное состояние. Факторы, связанные с самим риском, в свою очередь, характеризуются происхождением опасности и теми последствиями, к которым может привести риск; выраженностью риска для индивида или группы лиц; выраженностью последствий риска; вариабельностью информации о риске, получаемой из различных источников.

Дополнительная справочная информация

Для работы в области оценки экологического риска, понадобится масса дополнительной информации, часть из которой представлена в виде списка действующих сегодня документов. Для быстрого поиска текста данных документов можно воспользоваться сетью Интернет. Так, представленную ниже справочную нормативно-техническую документацию можно найти в электронном фонде, представленном на официальном сайте <http://docs.cntd.ru/> , а законы, постановления, приказы, распоряжения и другие документы можно найти на сайтах соответствующих министерств и ведомств.

1. ГОСТ ИСО 14123-1-2000 «Безопасность оборудования. Снижение риска для здоровья от опасных веществ, выделяемых оборудованием. Ч. 1. Основные положения и технические требования».

2. ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 «Менеджмент риска. Термины и определения».

3. ГОСТ Р 55059-2012 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения».

4. ГОСТ Р ЕН 482-2012 «Воздух рабочей зоны. Общие требования к характеристикам методик измерений содержания химических веществ».

5. ГОСТ Р ИСО 14031-2001 «Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования».

6. ГОСТ Р ИСО 14042-2001 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействия жизненного цикла».

7. ГОСТ Р ИСО 14043-2001 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла».

8. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 «Менеджмент риска. Анализ дерева событий».

9. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 29.07.99 № 11 «О введении в действие Временного положения об аккредитации органов по оценке риска в Российской Федерации». Временное положение

ние «Об аккредитации органов по оценке риска в Российской Федерации».

10. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 25 от 10.11.97 и Главного государственного инспектора Российской Федерации по охране природы № 03-19/24-3483 от 10.11.97 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации». Положение «О порядке оценки риска загрязнения окружающей среды здоровьем населения в Российской Федерации».

11. РД 52.24.661-2004 Рекомендации. «Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши».

12. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 № 144.

13. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, 2004. — 143 с.

14. Указание Министерства здравоохранения Российской Федерации от 12.10.01 № 2455-У «Об информационно-аналитическом обеспечении руководства Федерального округа по вопросам санитарно-эпидемиологического благополучия населения».

15. МР 2.1.10.0033-11 «Оценка риска, связанного с воздействием факторов образа жизни на здоровье населения».

16. Федеральный закон Российской Федерации от 02.01.2000 № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (с изменениями на 13.07.2015).

17. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.06.2000 № 426 «Об утверждении Положения о социально-гигиеническом мониторинге».

18. Постановление Правительства РФ от 22.11.2000 № 883 «Об организации и проведении мониторинга качества, безопасности пищевых продуктов и здоровья населения».

19. Постановление Правительства РФ от 21.12.2000 № 987 «О государственном надзоре в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов» (с изменениями на 05.06.2013).

20. Решение Комиссии таможенного союза от 28.05.2010 № 299 «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» (с изменениями на 10.11.2015).

21. Федеральный закон Российской Федерации от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

22. Федеральный закон от 23.02.2013 № 15-ФЗ « Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака» (с изменениями на 26.04.2016).

23. Технический регламент Таможенного союза от 09.10.2013 № 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции».

24. ГН 2.1.6.2309-07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

25. МУ 2.1.10.3014-12 «Оценка радиационного риска у населения за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах».

26. МУ 1.2.3216-14 «Оценка риска воздействия остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах на население».

Список литературы

1. Ваганов, П. А. Как рассчитать риск угрозы здоровью из-за загрязнения окружающей среды / П. А. Ваганов. — СПб., 2008.
2. Ваганов, П. А. Экологические риски / П. А. Ваганов. — СПб., 2001.
3. Клепиков, О. В. Оценка риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических загрязнителей атмосферного воздуха : учеб. пособие / О. В. Клепиков, Л. Н. Костылева. — Воронеж, 2013.
4. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья. Основные элементы методологии / С. М. Новиков, С. Л. Авалиана, М. М. Андрианова, О. В. Пономарева. — М., 1998.
5. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. — URL : http://snipov.net/database/c_4162167195_doc_4293828132.html (дата обращения : 16.08.2016).
6. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г. Г. Онищенко и др. — М., 2002.
7. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. МУ 2.6.1.1088-02. — URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200030025> (дата обращения : 16.08.2016).
8. Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137. Р 2.1.10.1920-04. ГОСТ 32161-2013. — URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200103213> (дата обращения : 16.08.2016).
9. Продукты пищевые. Метод отбора проб для определения стронция Sr-90 и цезия Cs-137. ГОСТ Р 54015-2010. — URL : <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54015-2010> (дата обращения : 16.08.2016).
10. Радзинский, В. Е. Акушерский риск. Максимум информации — минимум опасности для матери и младенца / В. Е. Радзинский, С. А. Князев, И. Н. Костин. — М., 2009.

11. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. — URL : <http://www.gosthelp.ru/text/r2110192004rukovodstvopoo.html> (дата обращения : 16.08.2016).

12. Сынзыныс, Б. И. Экологический риск : учеб. пособие / Б. И. Сынзыныс. — М., 2005.

Оглавление

Введение.....	3
Расчет показателей состояния здоровья.....	5
Задание для самостоятельной работы	6
Риск здоровью и его виды	8
Задание для самостоятельной работы	10
Риск развития перинатальной патологии.....	11
Задания для самостоятельной работы	22
Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду	24
Идентификация опасности	25
Оценка зависимости «доза — ответ»	26
Оценка экспозиции.....	27
Расчет суточных доз для разных путей поступления химических веществ в организм из основных объектов окружающей среды	31
Задание для самостоятельной работы	34
Характеристика риска для здоровья населения.....	35
Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов.....	35
Задание для самостоятельной работы	38
Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов.....	38
Задание для самостоятельной работы	44
Оценка риска угрозы здоровью при воздействии радиации .	44
Задание для самостоятельной работы	49
Управление риском	50
Информирование о риске	53
Дополнительная справочная информация	54
Список литературы	57

Учебное издание

Методы оценки экологического риска

Учебно-методическое пособие

Составитель
Шитова Елена Валерьевна

Редактор, корректор М. Э. Левакова
Верстка М. Э. Леваковой

Подписано в печать 07.09.16. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,0.

Тираж 4 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе ЯрГУ

Ярославский государственный университет
им. П. Г. Демидова.
150000, Ярославль, ул. Советская, 14.