



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**С. Г. Захаров**

## **Риск. Задачи и решения**

Методические рекомендации  
по выполнению лабораторных и практических работ



Челябинск  
2021

Министерство просвещения РФ  
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный  
гуманитарно-педагогический университет»

## Риск. Задачи и решения

Методические рекомендации по выполнению  
лабораторных и практических работ по дисциплине  
«Техногенные системы и экологический риск»  
для студентов-бакалавров по направлению подготовки  
«Экология и природопользование»

Автор-составитель:  
к. г. н., доцент кафедры географии и МОГ  
С. Г. Захаров

Челябинск  
«Край Ра»  
2021

УДК 502.3  
ББК 20.1я73  
Р54

**Рецензенты:**

д. б. н., профессор, ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» **Б. В. Красуцкий**;

к. г. н., зав. кафедрой географии и МОГ ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»  
**А. В. Малаев**

**Риск. Задачи и решения:** методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Техногенные системы и экологический риск» для студентов-бакалавров по направлению подготовки «Экология и природопользование» / авт.-сост. С. Г. Захаров. – Челябинск: Край Ра, 2021. – 16 с.

В методических рекомендациях разбирается решение задач по теме «Риск» (дисциплина: «Техногенные системы и экологический риск»). Обращается внимание на разные подходы к риску в зависимости от фактора риска – травмирующего или вредного воздействия. Приведены примеры задач и образцы решения задач.

УДК 502.3  
ББК 20.1я73

Методические рекомендации рассмотрены и рекомендованы к печати на заседании кафедры географии и МОГ ЮУрГГПУ протокол №3 от «18» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А. В. Малаев

© Захаров С. Г., текст, составление, 2021  
© Оформление. ООО «Край Ра», 2021

# 1. Понятие об опасности и риске

На нашей планете (да и в наблюдаемой части Вселенной – от самых удаленных галактик до микромира) подавляющее число событий вероятностны, т. е. могут происходить с какой-либо частотой за определенный отрезок времени. Отсюда, если события не имеют функциональной зависимости (после события А всегда наступает событие Б), то событие развивается по какому-либо вероятностному сценарию.

С 1980-х годов концепцию «Абсолютной безопасности» сменила концепция «Приемлемого риска». Это было вызвано необходимостью дальнейшего развития цивилизации. Возник ряд практических задач выявления опасностей, определения угроз и расчета рисков этих угроз – для соответствующего реагирования и снижения уровня рисков.

## Опасность:

- Негативное свойство живой и неживой материи, способное причинить ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям. Опасности не обладают избирательным свойством. Источником опасности являются природные процессы и явления, техногенная среда, действия людей

- Угроза безопасности; источник потенциального, гипотетического ущерба.

## Угроза:

Выявленная частная опасность; предвиденные негативные изменения в природной и техногенной среде. Угроза должна быть оценена.

## Риск:

- Мера ожидаемой неудачи;
- Мера количественного измерения опасности;
- Вероятность реализации негативного события в зоне пребывания человека;

- Векторная многокомпонентная величина, характеризующаяся ущербом от того или иного источника опасности и неопределенностью в величине как ущерба, так и вероятности.

- Отношение величины негативного события к нормированной (общей) величине данного рода событий за определенный интервал времени

Есть и другие определения риска. В целом, нужно понимать, что риск – это статистическое понятие, определяемое как частота или вероятность нежелаемых эффектов, возникающих от воздействия данной опасности:

$$R = P(x) \times Q \quad (1)$$

$$R = \sum (P \times Q)_{x,y} \quad (2)$$

где  $P(x)$  – вероятность события  $x$ ;  $Q$  – ущерб;  $x$  – событие;  $y$  – сценарий развития неблагоприятного события



*Рис. 1. Взаимосвязь опасности, угрозы и риска  
(автор – С.Г. Захаров)*

Рассмотрим внимательно рисунок 1. На первом этапе мы обращаемся к полю опасностей и выделяем наиболее значимые угрозы (т. е. те опасности, о которых мы знаем на данном уровне развития). На втором этапе мы описываем каждую отдельную угрозу для объекта защиты, строим сценарий вероятного развития угрожаемой ситуации (в условиях средних и гипотетически самых неблагоприятных). На третьем этапе для отдельных узлов каждой угрозы мы должны

определить частный риск выхода элемента системы из строя/частоту реализации угрозы. Рисксовая ситуация имеет вероятность завершится аварией/катастрофой (уничтожением или существенной деформацией системы, после которой она не может функционировать и не может восстановиться в ближайшее время). После аварии, катастрофы нам снова надлежит обратиться к полю опасностей и внести в него дополнительную информацию о новых выявленных значимых угрозах.

По отношению к человеку риск можно разделить на 2 большие группы, в зависимости от ведущего фактора опасности.

Факторы опасности:

1. Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению здоровья или заболеванию
2. Травмирующий фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу

При расчете задач на определение риска важно сразу определить, какой фактор опасности рассматривается в задаче: вредный или травмирующий. По травмирующим факторам (увечье или летальный исход в результате какого-либо события) накоплен большой статистический материал; в этом случае легко устанавливается причинно-следственная связь между событием и ущербом.

Вредный фактор не приводит непосредственно к смерти; кроме того, вредные факторы действуют совместно (человек не только пьет загрязненную воду и дышит загрязненным воздухом, он еще одновременно может потреблять недоброкачественную пищу, курить, не соблюдать гигиенических правил и т.п.). Выявить воздействие конкретного вредного фактора на здоровье человека сложнее; но для групп веществ в воде, воздухе и в продуктах питания также наработан статистический материал. Различный расчет (разные формулы) ведется для двух групп вредных веществ – с пороговым и беспороговым воздействием.

## 2. Задачи на определение риска травмирующих воздействий

Общество задает уровень приемлемого риска, т. е. величины потерь, с которыми оно согласно мириться во имя прогресса. Сейчас эта величина находится на уровне  $1,0 \times 10^{-6}$  в год (табл. 1). Иными словами, если в год погибает не более 1 человека из одного миллиона людей (в возрасте от 0 до 70 лет), эта ситуация не требует оперативного вмешательства, направленного на минимизацию риска.

Таблица 1

**Критерии приемлемости риска (по Эшби)**

Ранг риска	Вероятность 1 смерти в год	Степень приемлемости
1	$1 \times 10^{-3}$ и выше	Риск неприемлем
2	$1 \times 10^{-4}$	Приемлем при особых обстоятельствах
3	$1 \times 10^{-5}$	Требуется детальное обоснование приемлемости
4	$1 \times 10^{-6}$ и менее	Риск приемлем без ограничений

Отдельные страны (например, Нидерланды) ставят себе высокую планку приемлемого риска, на уровне  $1,0 \times 10^{-7}$  в год; поскольку в Нидерландах проживает около 17,5 млн жителей, гибель каждого гражданина по сути представляет собой ЧП. В этом плане Нидерланды соединили концепцию абсолютной безопасности и приемлемого риска. В США и России принят пороговый уровень  $1,0 \times 10^{-6}$  в год.

Таблица 2

**Классификация профессиональной безопасности**

Категория	Условия профессиональной деятельности	Риск смерти (на человека в год)	Профессия
1	Особо опасные	Более $10^{-2}$	Летчики-испытатели
2	Опасные	От $1 \times 10^{-3}$ до $1 \times 10^{-2}$	Рыбопромысловики, пром. альпинисты
3	Относительно безопасные	От $1 \times 10^{-4}$ до $1 \times 10^{-3}$	Шахтеры, металлурги, судостроители
4	Безопасные	Менее $1 \times 10^{-4}$	Работники легкой и лесной промышленности

Для решения задач по определению риска травм/летального исхода используйте формулу определения индивидуального риска:

$$R = \frac{n}{N \times \Delta T} \leq R_{\text{доп}} \quad (1)$$

где  $R$  – индивидуальный риск (травмы, гибели, чрезвычайного происшествия или неблагоприятного события.);

$n$  – количество реализации опасности за определенный период времени, равный  $\Delta T$  ;

$N$  – общее число участников (населения, работников отрасли и т.д., или число благоприятных исходов событий)

$\Delta T$  – время, выраженное в годах

$R_{\text{доп}}$  – величина допустимости риска (берется из табл. 1)

### Примеры решения задач по формуле (1)

**Задача 1.** Ежегодно в автотранспортных происшествиях гибнет 35 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 145 млн человек.

*Решение:*

$$R = 3,5 \cdot 10^4 / 1,45 \cdot 10^8 = 2,41 \cdot 10^{-4}$$

*Ответ:* риск в степени  $10^{-4}$  относится к переходной зоне риска. Приемлем при особых обстоятельствах. Требуется мероприятия по снижению остроты рискованных ситуаций с участием автотранспорта

*Примечание:* ответ всегда должен быть выражен однозначным числом; ответ округляется до второго знака после запятой. В таком виде удобно сравнивать полученный индивидуальный риск  $R$  с величиной приемлемого риска  $R_{\text{доп}}$ .

**Задача 2.** В Японии в период с 1896 года по 2011 год в землетрясениях и цунами погибло около 200 000 человек. Рассчитать индивидуальный риск гибели японца от этих стихийных бедствий. Численность населения Японии 126 млн человек.

$$R = 200\,000 / (126\,000\,000 \cdot (2011 - 1896)) = 1,38 \cdot 10^{-5}$$

*Ответ:* риск в степени  $10^{-5}$  относится к переходной зоне риска. В Японии необходимо строить сейсмозащитные здания и высокие водоотбойные укрепления против цунами, проводить тренировки спасательных служб и населения.

### **Задачи для тренировки:**

**Задача 3.** Опасность гибели человека на производстве реализуется 7 тыс. раз/год. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн человек.

**Задача 4.** Вероятность погибнуть для среднего американца в авиакатастрофе составляет  $9,0 \cdot 10^{-6}$ . Численность жителей США 335 млн человек. Узнайте среднее количество (в год) погибших в авиакатастрофах жителей США.

**Задача 5.** Численность островного государства Гаити 11,5 млн человек. В период с 2008 по 2020 гг. тропические ураганы унесли жизни 1665 человек. В результате землетрясений 2010 и 2021 гг. в стране погибло 225 000 человек. Рассчитать: 1) индивидуальный риск жителя Гаити при тропическом циклоне; 2) индивидуальный риск для жителя Гаити при землетрясении.

**Задача 6.** Численность государства Бангладеш 167 млн человек. Средняя продолжительность жизни жителя Бангладеш – 60 лет. Один раз в 30 лет страну накрывает мощный тропический циклон, вызывающий нагонное наводнение на значительной части страны. Каков риск на протяжении своей жизни стать жертвой стихии у среднего бангладешца, если в одном событии (циклон+наводнение) гибнет около 530 000 человек.

**Задача 7.** Численность населения России 145 млн человек. Индивидуальная вероятность смерти от отравления некачественным алкоголем  $R = 2,4 \cdot 10^{-4}$  (1/чел.год). Рассчитать число жителей России, погибающих в год по этой причине.

**Задача 8.** Численность населения России 145 млн человек. Индивидуальная вероятность смерти (или риск) от употребления наркотиков  $R = 4,0 \cdot 10^{-4}$  (1/чел.год). Рассчитать число жителей России, погибающих в год по этой причине

**Задача 9.** 220 школьников школы № 112 г. Челябинска ежедневно два раза в день (за исключением выходных, праздничных дней и дней каникул (не парьтесь с расчетами – всего 235 дней в год)) пересекают улицу Героев Танкограда по пешеходному переходу. За период с 2008 года по 2010 год включительно на пешеходном переходе автомашинами было сбито 9 школьников. В 2011 году на пешеходном переходе установили светофор. За период с 2011 года по 2021 год на пешеход-

ном переходе было сбито 2 школьника. Рассчитать индивидуальный риск школьника для периода 2008 – 2010 и 2011 – 2021 гг.

**Задача 10.** С 2010 г. по 2021 г. над г. Челябинском летают военные самолеты. За период с 2010 по 2012 год включительно, 2 самолета разбились (за пределами Челябинска). В последующие годы авиакатастроф не было. Принять, что в среднем над Челябинском выполняется 8 самолето-пролетов в день. Рассчитать риск падения самолета для периода 2010 – 2012 гг.; для периода 2010 – 2021 гг.

### 3. Задачи на определение риска здоровью из-за загрязнения окружающей среды

Загрязнение среды обитания человека является важнейшей проблемой современности. В промышленности и сельском хозяйстве используются сотни тысяч химических веществ и соединений, из которых более 40 тыс. являются вредными для здоровья людей и около 12 тыс. веществ и соединений являются токсическими. С вдыхаемым воздухом, водой и пищей эти загрязнители (поллютанты) попадают в организм человека.

Различают два основных типа воздействия загрязнителя на организм человека: беспороговое и пороговое (рис. 2).

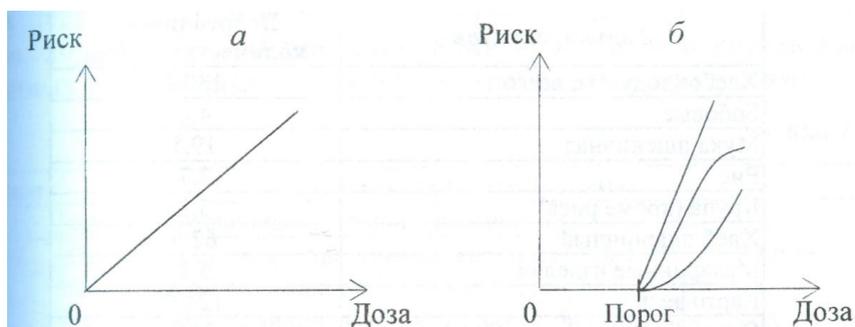


Рис. Зависимость риска угрозы здоровью от дозы загрязнителя:  
а — линейная связь (беспороговый загрязнитель);  
б — сложная связь (пороговый загрязнитель).

В первом случае мы наблюдаем увеличение риска с увеличением дозы (характерно для канцерогенных веществ), во втором случае та-

кой рост начинается после определенного порога (допороговое воздействие сдерживается силами иммунитета или особенностями кинетики вредного вещества).

Доза (D) определяется произведением концентрации (C) загрязняющего вещества в воздухе, питьевой воде или пищевых продуктах, скорости (v) его поступления в организм и времени (t) поступления в организм (контакта);

$$D = C \times v \times t \quad (2)$$

Концентрацию обычно выражают в мг/м<sup>3</sup> (воздух), мг/л (вода), мг/кг (продукты питания) скорость поступления в организм – 20 м<sup>3</sup>/сут (воздух), 2,2 л/сут (вода). Среднее поступление пищи в организм – 1500 г/сут; по отдельным продуктам нужно смотреть статистические данные. Время контакта (t) чаще всего – вся жизнь человека (в среднем рассчитывается как 70 лет).

Индивидуальный риск, согласно гипотезе «доза-отклик», будет определяться как удельная доза (m) (т. е. доза (D), приведенная к 1 кг массы и времени в 1 сутки), умноженная на фактор риска (Fr) (табличное значение, определяемое совокупностью вредных свойств конкретного вещества; некоторые из них приведены в таблице 3).

**Таблица 3**

**Фактор риска при поступлении с воздухом и водой**

Канцерогены	Fr, (мг/кг*сут) <sup>-1</sup>	
	воздух	вода
Трихлорэтилен	$7,0 \times 10^{-3}$	0,4
Формальдегид	$2,1 \times 10^{-2}$	
Свинец и его соединения	$4,2 \times 10^{-2}$	$8,5 \times 10^{-3}$
Бензол	$5,5 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$
Винилхлорид	$7,2 \times 10^{-2}$	1,9
Хлорбензол	0,27	0,27
ДДТ	0,34	0,3
Никель (пыль в воздухе)	0,91	
Полихлорированные бифенилы	2,0	5,0

Выхлопные газы дизельных двигателей	2,1	
Кадмий и его соединения	6,3	0,38
Безо(а)пирен	7,3	12,0
Мышьяк	12	1,75
Хром (VI)	42	
Диоксины	$4,6 \times 10^3$	$1,6 \times 10^5$

Формула расчета среднесуточной дозы ( $m$ ) производится по формуле (3):

$$m = \frac{C \times V \times f \times T_p}{P \times T} \quad (3)$$

Где  $m$  – среднесуточное поступление канцерогена, отнесенное к 1 кг массы тела человека (мг/кг\*сут);  $c$  – концентрация канцерогена;  $v$  – скорость поступления;  $f$  – количество дней контакта (в году);  $T_p$  – количество лет, в течение которых происходит воздействие;  $P$  – масса тела (70 кг);  $T$  – продолжительность жизни (70 лет = 25550 суток)

Если решаются задачи, связанные с потреблением продуктов питания, то среднесуточное  $m$  канцерогена с пищей, приведенное к 1 кг массы тела определяют по формуле (4):

$$m = \frac{C \times M \times T_p}{P \times T} \quad (4)$$

Где  $M$  – количество продукта, потребляемого за 1 год; остальные переменные – аналогично в формуле (3).

Индивидуальный риск (беспороговый) оценивается по формуле (5)

$$r = m \times Fr \quad (5)$$

Где  $Fr$  – фактор риска (из таблицы 3);  $m$  – удельное поступление канцерогена, рассчитывается по формуле (3) или (4).

Примечание: если индивидуальный канцерогенный риск менее  $10^{-6}$  – пренебрежимо малый риск; если индивидуальный канцерогенный риск более  $10^{-4}$  – недопустимый риск.

Если действуют несколько канцерогенов, то риски от вредного воздействия отдельных веществ суммируются:  $r = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$

Коллективный канцерогенный риск  $R$  определяется по формуле (6):

$$R = r \times N \quad (6)$$

Где  $N$  – количество человек, подвергающихся данному риску.

Если вещество относится к пороговому типу воздействия на организм человека (рис. 2б), то формула расчета несколько видоизменяется. В данном случае мы рассчитываем индекс опасности (НQ). При расчете данного индекса удельная доза ( $m$ ) делится на имеющееся значение нормы (НD), которое берется из таблицы (табл. 4):

$$HQ = \frac{m}{HD} \quad (7)$$

где  $m$  рассчитывается, как в формуле (3). Если значение НQ больше 1, то опасность есть; если меньше 1, то опасности от данного вещества нет.

Если вредных веществ много, то полный индекс опасности равен сумме отдельных токсикантов:  $HQ = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 + \dots$

**Таблица 4**

**Нормированная величина для токсикантов (НD)**

Токсиканты, поступающие с водой и пищей	НD, мг/кг*сут	Токсиканты, поступающие с водой и пищей	НD, мг/кг*сут
Нитраты	1,6	Селен	$5 \times 10^{-3}$
Хром (Ш)	1,0	Молибден	$5 \times 10^{-3}$
Цинк	0,3	Кадмий	$5 \times 10^{-4}$
Марганец	0,14	Сурьма	$4 \times 10^{-4}$
Хлор	0,1	Мышьяк	$3 \times 10^{-4}$
Медь	0,04	Ртуть	$3 \times 10^{-4}$
Никель	0,02	Метилртуть $Hg(CH_3)_2$	$1 \times 10^{-4}$

## Примеры решения задач по формулам (3, 4, 5, 6, 7)

**Задача 1.** В воздухе вблизи химического завода выявлен дихлорметан в концентрации  $12 \text{ мг/м}^3$ . На протяжении 10 лет таким воздухом дышат местное население, в количестве 6000 человек. В среднем, количество дней в году, когда люди подвергаются канцерогенному риску равно 300. Фактор риска при поступлении дихлорметана с воздухом равен  $1,6 \times 10^{-3} (\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$ . Рассчитать значения индивидуального и коллективного рисков.

*Решение:* выписываем данные, которые нам известны.

$C=12 \text{ мг/м}^3$ ;  $V=20 \text{ м}^3/\text{сут}$ ;  $Fr = 1,6 \times 10^{-3} (\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$ ;  $Tr = 10 \text{ лет}$ ;  
 $f = 300 \text{ сут/год}$ ;  $N = 6000 \text{ чел}$ ;  $P = 70 \text{ кг}$ ;  $T = 70 \text{ лет (25550 суток)}$ .

$$m = \frac{C \times V \times f \times Tr}{P \times T}$$

$$\text{Получаем: } m = \frac{12 (\text{мг/м}^3) \times 20 (\text{м}^3/\text{сут}) \times 300 (\text{дней}) \times 10 (\text{лет})}{70 \text{ кг} \times 25550 \text{ сут}} = 0,4 \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}.$$

Индивидуальный канцерогенный риск:

$$r = m \times Fr = 0,4 \text{ мг/кг} \cdot \text{сут} \times 1,6 \times 10^{-3} (\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1} = 6,4 \times 10^{-4}.$$

Данный риск является неприемлемым (превышает  $1 \times 10^{-4}$ ).

$$\text{Коллективный риск: } R = r \times N = 6,4 \times 10^{-4} \times 6000 \text{ чел} = 3,84.$$

В данном случае можно считать, что от 3 до 4 человек заболеют раком по причине загрязнения воздуха дихлорметаном.

**Задача 2.** В деревне живут 150 жителей; за год каждый из них потребляет 250 кг молочных продуктов. В молоке обнаружены диоксины на уровне ПДК ( $5,2 \times 10^{-6} \text{ мг/кг}$ ). Жители деревни 3 года потребляли эти молочные продукты. Фактор риска при поступлении диоксинов с продуктами питания равен  $1,6 \times 10^5 (\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$ . Рассчитать индивидуальный и коллективный риски здоровью.

*Решение:*  $C = 5,2 \times 10^{-6} \text{ мг/кг}$ ;  $M = 250 \text{ кг/год}$ ;  $Fr = 1,6 \times 10^5 (\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$ ;  $Tr = 3 \text{ года}$ ;  $f = 365 \text{ сут/год}$ ;  $N = 150 \text{ чел}$ ;  $P = 70 \text{ кг}$ ;  $T = 70 \text{ лет (25550 суток)}$ .

$$m = \frac{C \times M \times Tr}{P \times T}$$

$$\text{Получаем: } m = \frac{5,2 \cdot 10^{-6} \text{ (мг/кг)} \cdot 250 \text{ (кг)} \cdot 3 \text{ (года)}}{70 \text{ кг} \cdot 25550 \text{ сут}} = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$$

Индивидуальный канцерогенный риск:

$$r = m \cdot Fr = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут} \times 1,6 \cdot 10^5 \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1} = 3,52 \cdot 10^{-4}$$

Индивидуальный риск неприемлем.

$$\text{Коллективный риск: } R = r \cdot N = 3,52 \cdot 10^{-4} \times 150 \text{ чел} = 5,28 \cdot 10^{-2}.$$

В данном случае можно считать, что за 3 года проявлений раковых заболеваний не будет.

**Задача 3.** В воде водохранилища обнаружен фенол в концентрации 3 мг/л. Рассчитать риск здоровью человека, пьющего такую воду в течение 5 лет. Ежегодно человек уезжает из данной местности на 30 дней (отпуск). Пороговая мощность дозы фенола при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг\*сут.

*Решение:*  $C=3 \text{ мг/м}^3$ ;  $V=2,2 \text{ л/сут}$ ;  $HD=0,6 \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$ ;  $Tr=5 \text{ лет}$ ;  $f=335 \text{ сут/год}$ ;  $N=6000 \text{ чел}$ ;  $P=70 \text{ кг}$ ;  $T=70 \text{ лет (25550 суток)}$ .

$$m = \frac{C \times V \times f \times Tr}{P \times T}$$

$$\text{Получаем: } m = \frac{3 \cdot 2,2 \cdot 335 \cdot 5}{70 \text{ кг} \cdot 25550 \text{ сут}} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}$$

$$HQ = \frac{m}{H_D}$$

Индекс опасности HQ равняется:  $6,2 \cdot 10^{-3} / 0,6 = 0,01$ . Значение HQ менее 1, значит, опасности нет.

**Задачи для тренировки:**

**Задача 4.** Рассчитать индивидуальный риск, обусловленный комбинированным действием двух канцерогенов, содержащихся в питьевой воде. В воде находятся винилхлорид (концентрация – 0,3 мг/л) и мышьяк (концентрация – 0,05 мг/л). Вода потребляется человеком в течение 3 лет, в течение каждого года в среднем она потребляется 300 дней. Фактор риска для винилхлорида и мышьяка указаны в табл. 3. Скорость потребления воды человеком – 2,2 л/сут.

**Задача 5.** В воздухе населенного пункта содержится шестивалентный хром ( $Cr^{6+}$ ) в концентрации, равной его ПДК ( $0,0015 \text{ мг/м}^3$ ). Каков

коллективный риск здоровью для группы людей 10000 человек, если все они дышат этим воздухом в течение 5 лет. Фактор риска для  $\text{Cr}^{6+}$  указан в табл. 3. Скорость потребления воздуха человеком –  $20 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

**Задача 6.** Средняя концентрация выхлопных газов дизельных двигателей автомобилей в городе X составляет  $1 \text{ мкг}/\text{м}^3$ . Рассчитать индивидуальный и коллективный риск здоровью для 10000 человек, живущих в указанных условиях 4 года. Фактор риска выхлопных газов указан в табл. 3.

**Задача 7.** Среднее содержание канцерогена бензола в картофеле оказалось равным  $60 \text{ мг}/\text{кг}$ . Житель России в среднем съедает  $124,2 \text{ кг}$  картофеля в год. Каков индивидуальный риск здоровью, если человек употребляет такой картофель в течение одного года. Фактор риска для поступления бензола с продуктами  $5,5 \times 10^{-2} (\text{мг}/\text{кг} \cdot \text{сут})^{-1}$ .

**Задача 8.** В течение года житель России в среднем съедает  $130,8 \text{ кг}$  хлебобулочных изделий. Предположим, что в хлебопродуктах обнаружены нитраты с содержанием  $37 \text{ мг}/\text{кг}$ . Расчитать индивидуальный риск здоровью, если человек питается данными хлебопродуктами в течение одного года. Пороговую дозу для нитратов взять из табл. 4.

**Задача 9.** Рассчитать индивидуальный риск здоровью в результате вдыхания паров ртути с концентрацией равной 10 ПДК (ПДК Hg в воздухе =  $0,0003 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). Пары ртути распространены в помещении, в котором человек находится 12 часов ежедневно на протяжении одного года, но на 1 месяц (30 дней) он уезжает в отпуск. Пороговая доза ртути при ее поступлении с воздухом составляет  $8,6 \cdot 10^{-5} \text{ мг}/\text{кг} \cdot \text{сут}$ .

**Задача 10.** В питьевой воде обнаружена медь в концентрации 3,5 ПДК (санитарно-гигиеническое ПДК меди в воде –  $1,0 \text{ мг}/\text{л}$ ). Человек пьет такую воду в течение 2 лет, но ежегодно уезжает из этой местности на 30 дней. Рассчитать риск здоровью. Пороговую дозу меди взять из табл. 4.

**Задача 11.** Канцерогены кадмий и ртуть обладают сильно выраженным токсикологическим эффектом. В питьевой воде некоторого населенного пункта обнаружены кадмий и ртуть в концентрации 1 ПДК ( $0,001 \text{ мг}/\text{л}$  для Cd и  $0,0005 \text{ мг}/\text{л}$  для Hg). Каков индивидуальный риск здоровью, если человек будет пить такую воду в течение 8 лет. Пороговые дозы ртути и кадмия приведены в табл. 4.

*Учебное издание*

## **Риск. Задачи и решения**

Методические рекомендации по выполнению  
лабораторных и практических работ по дисциплине  
«Техногенные системы и экологический риск»  
для студентов-бакалавров по направлению подготовки  
«Экология и природопользование»

**Автор-составитель:** Захаров Сергей Геннадьевич

Компьютерная верстка: *С. О. Кирочкина*  
Технический редактор *В. Ф. Змиенко*

Подписано в печать 24.11.2021 г. Формат 60х90/16.  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 50 экз. Заказ №

**Издательство «Край Ра»**  
454091, Челябинск, ул. Российской, 224  
Тел./факс 8 (351) 7-000-477  
E-mail: [post@krayra.ru](mailto:post@krayra.ru)  
[www.krayra.ru](http://www.krayra.ru)

Отпечатано в **типографии «2 комсомольца»**.  
454008, г. Челябинск, Комсомольский пр., 2.  
Тел.: 8 (351) 729-9-729.