

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

**РАСЧЕТ РИСКА УГРОЗЫ ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОРОГОВЫХ ТОКСИКАНТОВ
И БЕСПОРОГОВЫХ КАНЦЕРОГЕНОВ**

Методические указания
к выполнению практических работ
по дисциплине «Техногенные системы и оценка риска»
для студентов направления 20.03.01
«Техносферная безопасность»
очной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 504.054+504.75.05

Р е ц е н з е н т:

С.М. Братан – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
«Технологии машиностроения».

Составители: Г.А. Сигора, Т.Ю. Хоменко

Расчет риска угрозы здоровью человека при воздействии пороговых токсикантов и беспороговых канцерогенов: метод. указания к выполнению практических работ для студентов направлений «Техносферная безопасность» по дисциплине «Техногенные системы и оценка риска» / Сост. Г.А. Сигора, Т.Ю. Хоменко. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 27 с.

Предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Техногенные системы и оценка риска». Рассматривается методика расчета риска угрозы здоровью человека при воздействии пороговых токсикантов и беспороговых токсикантов (нерадиационных канцерогенов). Приводятся краткие справочные и статистические данные, необходимые для расчетов. Для студентов приведен ряд поясняющих примеров и задания для самостоятельного выполнения.

УДК 504.054+504.75.05

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Техносферная безопасность», протокол № 6 от 30 января 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа № 1.....	5
1. Теоретическая часть.....	5
2. Методика расчета.....	8
3. Задания для самостоятельной работы.....	10
4. Пример выполнения задания.....	15
5. Контрольные вопросы.....	16
Практическая работа № 2.....	16
6. Теоретическая часть.....	16
7. Методика расчета.....	19
8. Задания для самостоятельной работы.....	21
9. Типовой пример.....	25
10. Контрольные вопросы.....	26
Библиографический список.....	27

ВВЕДЕНИЕ

Самая обширная база данных по химическим веществам, которые исследует наука, поддерживается Американским химическим обществом. В ней содержатся данные примерно около 150 миллионах веществ (включая сплавы, минералы, смеси и т. п.). 15000 новых записей добавляется ежедневно в базу Chemical Abstract Services Registry.

Значительная часть этих веществ попадает в воздух, почву, в поверхностные или грунтовые воды. Многие загрязнители среды обитания представляют опасность для здоровья и жизни людей.

Опасность — возможность возникновения обстоятельств, при которых материя, поле, энергия, информация или их сочетание могут таким образом повлиять на сложную систему, что приведет к ухудшению или невозможности её функционирования и развития.

Возможность экологических катастроф и негативного воздействия на людей и природу техногенных процессов обуславливает необходимость количественного оценивания риска, характеризующего подобные события и процессы. О важности такого оценивания свидетельствует тот факт, что законодательство ряда экономически развитых стран начинает использовать нацеленные на охрану здоровья людей и среды обитания стандарты и нормы, основанные не только на предельно допустимых дозах вредных веществ, но и на связанных с ними риском.

В соответствии со статьей 2 Федерального закона РФ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г. «*риск* – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юри-

дических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учётом тяжести этого вреда» [1]. Различают потенциальный и реальный риски.

Потенциальный риск – риск возникновения неблагоприятного для человека эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях. Выражается в долях единицы (или в процентах). Расчёт потенциального риска может быть использован для оценки качества окружающей среды.

Реальный риск – это количественное выражение ущерба общественному здоровью, связанному с загрязнением окружающей среды, в величинах дополнительных случаев заболеваний, смерти и др. Обычно определяется при оценке существующих ситуаций или при ретроспективных исследованиях.

Анализ риска – процесс получения информации, необходимый для предупреждения негативных последствий для здоровья населения, состоящий из трёх компонентов: оценка риска, управление риском, информирование о риске [4].

Управление риском (risk management) – процесс принятия решений, включающий рассмотрение совокупности политических, социальных, экономических, медико-социальных и технических факторов совместно с соответствующей информацией по оценке риска с целью разработки оптимальных решений по устранению или снижению уровней риска, а также способам последующего контроля (мониторинга) экспозиций и рисков.

Оценка риска (risk assessment) – процесс, имеющий целью рассчитать или оценить риск для данной системы в результате воздействия данного вещества с учётом характеристик, присущих как веществу, так и самой системе. Процесс оценки риска включает четыре этапа: выявление опасности, оценку взаимосвязи «доза – эффект», оценку экспозиции, вычисление риска.

Для оценивания риска угрозы здоровью и жизни людей требуется установить соотношение, которое связывает определенное количество вредного вещества (токсиканта) с мерой вызванных им негативных последствий. Эта связь, которую часто называют соотношением “доза – отклик”, должна быть количественной, для выявления ее характеристик необходимы специальные исследования, охватывающие эксперименты с животными и статистическую обработку наблюдений над людьми.

На базе таких исследований можно создавать конкретные математические модели. Подобное моделирование позволяет прогнозировать результаты воздействия токсикантов (канцерогенов) на людей, в этом состоят основные задачи количественного оценивания риска, обусловленного загрязнителями среды обитания. В круг важнейших задач входят также расчеты допустимых концентраций токсикантов или канцерогенов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОЦЕНКА РИСКА УГРОЗЫ ЗДОРОВЬЮ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОРОГОВЫХ ТОКСИКАНТОВ

Цель работы: освоить методику расчета оценки риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов, научиться определять индекс опасности.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В соответствии с новым подходом к экологической безопасности, основанном 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).

В ряде стран разрабатываются и уже действуют нормативные акты, в которых устанавливаются стандарты экологических рисков, которые ориентируются на определенные параметры риска. Использование в законодательстве параметров риска требует точного количественного определения двух важнейших понятий – *максимально допустимый риск* и *пренебрежимо малый (безусловно приемлемый) риск*.

Риск признается пренебрежимым, если его уровень в силу своей малости не может быть надежно выявлен на фоне уже имеющихся рисков. В большинстве стран Западной Европы индивидуальный риск, которому подвергается население (а не работающий на производстве персонал), считается пренебрежимым, если его уровень не превышает величины 10^{-6} за год. Таким образом, значение пренебрежимого индивидуального риска составляет $1 \cdot 10^{-6}$ (чел⁻¹·год⁻¹). Это означает, что данная причина, действующая в течение одного года, увеличивает вероятность смерти от нее на одну миллионную. Иначе говоря, если эта причина действует в течение года на миллион человек, то от нее может погибнуть один человек [2].

Верхняя граница допустимого риска (максимально допустимый риск) различна у населения и персонала, работающего во вредных условиях. В России максимально допустимый индивидуальный риск для техногенного облучения лиц из персонала принят равным $1,0 \cdot 10^{-3}$ за год, а для населения – $5,0 \cdot 10^{-5}$ за год (последняя величина в 50 раз превышает уровень пренебрежимого риска, который в России принят равным 10^{-6} за год). Согласно нормати-

вам Агентства США по окружающей среде верхняя граница допустимого (приемлемого) риска от воздействия веществ с канцерогенными свойствами составляет 10^{-4} .

Каждое вредное вещество, попавшее в окружающую среду, создает риск угрозы здоровью. Этот риск зависит от дозы вещества, поступившей в организм человека. Зависимость риска от дозы загрязнителя может быть различной, основные виды этой зависимости представлены на рисунке 1.

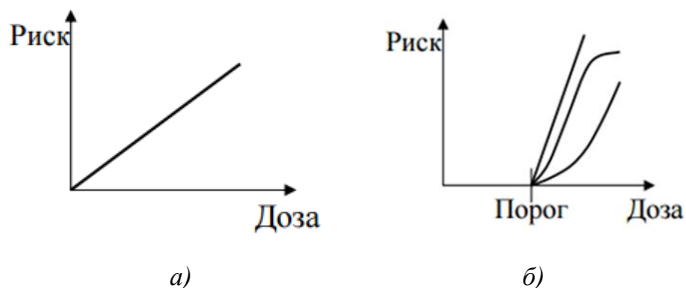


Рисунок 1 - Зависимость риска угрозы здоровью от дозы загрязнителя:

а – линейная зависимость (беспороговый загрязнитель);

б – сложная связь (пороговый загрязнитель)

Первым видом зависимости характеризуются загрязнители, негативное действие которых начинается уже при очень малых дозах. Такие вещества называются **беспороговыми**. Негативные эффекты, обусловленные воздействием многих беспороговых загрязнителей, растут прямо пропорционально их дозе, которая, в свою очередь, прямо пропорциональна концентрации загрязнителя в воздухе, воде или продуктах питания. Это линейная связь между риском и дозой загрязнителя, она представлена на рисунке 1 (а). Линейной зависимостью риска от дозы характеризуются канцерогены – как нерадиоактивные, так и радионуклиды, действие которых приводит к внутреннему или внешнему облучению человека.

Зависимостью второго вида обладают **пороговые** загрязнители, действие которых вызывает негативные последствия, только когда величина дозы превысит некоторое пороговое значение. Один из вариантов такой зависимости риска от дозы представлен на рисунке 1 (б). Считается, что пороговыми загрязнителями являются токсические, но неканцерогенные вещества.

Для расчета рисков, обусловленных присутствием вредных веществ в компонентах среды обитания, необходимо знать стандартные количества воздуха, воды, поступающих в организм человека, а также средние количества продуктов питания. В таблице 1.1 приведены стандарты объема воздуха и массы воды, поступающие в организм взрослого человека, принятые в РФ.

Таблица 1.1 – Стандарты объема воздуха и массы воды для взрослого человека

Контингент	Воздух	Вода
Население	$7,3 \cdot 10^6$ л/год = $20 \text{ м}^3/\text{сут}$	730 л/год = 2 л/сут
Персонал	$2,5 \cdot 10^6$ л/год = $10 \text{ м}^3/\text{день}$ (если в году 250 рабочих дней)	0

Негативное воздействие должно характеризоваться значением той *пороговой дозы* (или *мощности дозы*, т. е. величиной дозы, отнесенной к некоторому интервалу времени), начиная с которой появляются неблагоприятные последствия. Практика исследований зависимости между значением дозы токсиканта и его действием (эффектом) показала, что возможно несколько подходов к установлению величины пороговой мощности дозы.

Единица мощности пороговой дозы – $[\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{сут})]$ – связана зависимостью воздействия поступающего в организм токсиканта от массы тела. Перед тем, как зафиксировать значение этой дозы для людей, проводятся опыты на животных, причем используются, как правило, несколько групп животных, для каждой из них принимается средняя величина массы тела. Часто объектами таких опытов становятся мыши, крысы, морские свинки и кролики.

Значения пороговой мощности дозы *HD* при поступлении некоторых токсикантов-неканцерогенов с воздухом, водой и пищей приведены в таблицах 1.2, 1.3 и 1.4 соответственно [2].

Таблица 1.2 - Значения пороговой мощности дозы при поступлении некоторых токсикантов-неканцерогенов с воздухом

Токсиканты, поступающие с воздухом	H_D , $\text{мг}/\text{кг} \cdot \text{сут}$
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 1.3 - Значения пороговой мощности дозы при поступлении некоторых токсикантов-неканцерогенов с водой и пищей

Токсиканты, поступающие с водой и пищей	H_D , $\text{мг}/\text{кг} \cdot \text{сут}$	Токсиканты, поступающие с водой и пищей	H_D , $\text{мг}/\text{кг} \cdot \text{сут}$
Нитраты	1,6	Селен	$5 \cdot 10^{-3}$
Хром	1,0	Молибден	$5 \cdot 10^{-3}$
Цинк	0,3	Серебро	$5 \cdot 10^{-3}$
Бор	0,2	Кадмий	$5 \cdot 10^{-4}$
Барий	0,2	Хром	$5 \cdot 10^{-3}$
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)	$8 \cdot 10^{-5}$

Таблица 1.4 - Значения пороговой мощности дозы при поступлении некоторых токсикантов-неканцерогенов с водой

Токсиканты, поступающие с водой	H_D , мг/кг·сут
Этиленгликоль	2,0
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	$5 \cdot 10^{-4}$
ДДТ	$5 \cdot 10^{-4}$
Метилртуть	$1 \cdot 10^{-4}$
Тетраэтилсвинец	$1,2 \cdot 10^{-7}$

Как показывают данные, приведенные в таблицах, по значению пороговой мощности дозы токсические вещества могут различаться в миллионы раз.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

При решении задач с вдыханием токсиканта среднесуточное его поступление, отнесенное к 1 кг массы человека, – m (мг/кг·сут), рассчитывается по формуле (1.1):

$$m = (C \cdot V \cdot f \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (1.1)$$

где C – концентрация токсиканта в воздухе мг/м³;

V – скорость поступления воздуха в организм, м³/сут (табл.1.1.);

f – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие токсикантов;

T_p – количество лет, в течение которых происходит воздействие токсиканта;

P – средняя масса тела взрослого человека (принимается равной 70 кг);

T – усредненное время воздействия токсиканта или средняя продолжительность возможного воздействия токсиканта за время жизни человека (принимается равным 30 годам (10950 суток)).

Если решаются задачи, связанные с потреблением питьевой воды, то среднесуточное его поступление токсиканта с водой на 1 кг массы человека рассчитывается по формуле (1.2):

$$m = (C \cdot v \cdot f \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (1.2)$$

где C – концентрация токсиканта в питьевой воде, мг/л;

v – скорость поступления воды в организм человека, л/сут (табл. 1.1.);

f – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие токсиканта;

T_p – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая вода;

P – средняя масса тела взрослого человека (принимается равной 70 кг);

T – усредненное время воздействия токсиканта или средняя продолжительность возможного воздействия токсиканта за время жизни человека (принимается равным 30 годам (10950 суток)).

При решении задач, связанной с потреблением продуктов питания, среднесуточное поступление загрязняющего вещества m , (мг/кг·сут), приведенное к 1 кг массы человека, рассчитывается по формуле (1.3):

$$m = (C \cdot M \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (1.3)$$

где C – концентрация токсиканта в рассматриваемом пищевом продукте, мг/кг;

M – количество продукта, потребляемого за один год;

T_p – количество лет, в течение которых потребляется данный продукт;

P – средняя масса тела взрослого человека (принимается равной 70 кг);

T – усредненное время воздействия токсиканта или средняя продолжительность возможного воздействия токсиканта за время жизни человека (принимается равным 30 годам (10950 суток)).

После того, как вычислено среднесуточное поступление токсиканта m (мг/кг·сут), рассчитывается величина, называемая *индексом опасности*. Ее обозначают – HQ и определяется выражением (1.4):

$$HQ = m / H_D, \quad (1.4)$$

где H_D – пороговая мощность дозы, значения которой приведены в таблицах 1.2 - 1.4.

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

Если $HQ > 1$, то существует опасность отравления, которая тем больше, чем больше – HQ превышает единицу.

Если в экологической ситуации содержится несколько токсикантов, то HQ_t равен сумме индексов опасности отдельных токсикантов (1.5):

$$HQ_t = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 \dots \quad (1.5)$$

Если $HQ_t < 1$ то опасности нет, риск угрозы здоровью отсутствует.

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. В воде некоторого водохранилища обнаружен фенол с концентрацией, равной 3 мг/л. Водохранилище является источником питьевого водоснабжения. Рассчитать риск угрозы здоровью человека, пьющего такую воду в течение трех лет. Учесть, что ежегодно этот человек уезжает из этой местности в отпуск, в котором проводит в среднем 30 дней. Пороговая мощность дозы фенола при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг·сут.

Ответ: $0,0013 < 1$ то опасности нет, риска угрозы здоровью нет.

Задача 2. Анализ проб яиц показал, что содержание меди и цинка в них в три раза превышает значения ПДК этих металлов в яйцах, которые равны соответственно 3 мг/кг и 50 мг/кг. Имеется ли риск угрозы здоровью, если такие яйца будут употребляться в пищу в течение полугода? Значения пороговой мощности дозы меди и цинка при поступлении с пищей равны 0,04 (мг/кг·сут) и 0,3 (мг/кг·сут) соответственно. Концентрация меди в яйцах $C_1 = 9$ мг/кг. Концентрация цинка в яйцах $C_2 = 150$ мг/кг.

Считается, что житель России за год съедает в среднем 151 яйцо. Если масса одного яйца равна в среднем 50 г, то в течение одного года в организм поступает 7,55 кг.

Ответ: $0,0036 < 1$ то опасности нет, риска угрозы здоровью нет.

Задача 3. В атмосферном воздухе обнаружены газообразные токсиканты – ацетон, фенол и формальдегид, причем их содержание превысило принятые в Российской Федерации значения среднесуточной ПДК: у ацетона и фенола – в 2 раза, а у формальдегида – в 3 раза. Какой индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек будет дышать таким воздухом в течение 7 лет? На протяжении каждого года воздействие токсиканта длится в среднем 330 дней.

Значения пороговой мощности дозы при поступлении с воздухом составляют: у ацетона – 0,9 (мг/кг·сут), у фенола – 0,004 (мг/кг·сут), у формальдегида – 0,2 (мг/кг·сут). Среднесуточная предельно допустимая концентрация равна 0,35 мг/м³; 0,003 мг/м³; 0,003 мг/м³ соответственно.

Ответ: $0,14 < 1$ то опасности нет, риска угрозы здоровью нет.

Задача 4. Человек живет в городе «Х» недалеко от трассы и вблизи нескольких заводов уже 10 лет. Он дышит воздухом, который как, оказалось, содержит газообразные токсиканты: фенол, ртуть и формальдегид, их содержание превышает значение ПДК в 1,2 раза, в 2,3 раза и 1,9 раза соответственно. В своем огороде, через 7 лет после приезда в город, человек начал выращивать помидоры. Было выявлено, что в плодах обнаружили превышение мышьяка 0,047 мг/кг, за все время было съедено 30 кг помидоров. При заселении в дом, человек выкопал колодец, рядом с которым растут помидоры. Вода из колодца

используется в пищевых целях. Из-за заводов, которые расположены вблизи, в воде обнаружили превышение ПДК нитратов в 2 раза. Рассчитать индивидуальный риск здоровья, если человек дышит токсическими веществами и употребляет их в пищу с водой с момента переезда в дом, и употребляет в пищу помидоры. Исходные данные приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. – Исходные данные

№	Вещество	Пороговая мощность, H_D , мг/кг·сут.	ПДК, мг/л; мг/м ³
1	Фенол	0,004	0,001
2	Ртуть	$8,6 \cdot 10^{-3}$	0,0003
3	Формальдегид	0,2	0,003
4	Мышьяк	$3 \cdot 10^{-4}$	0,2
5	Нитраты	1,6	45

Ответ: $HQ = 0,675$ – риска нет.

Задача 5. В Симферопольском водохранилище было обнаружено превышение ПДК таких веществ: нитратов (в 2,5 раза), марганца (в 3 раза) и мышьяка (в 5 раз). ПДК составляет соответственно 45 мг/л, 0,1 мг/л и 0,05 мг/л. Данным водохранилищем пользуются уже 63 года. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, если известно, что значения пороговой мощности дозы равны соответственно 1,6 мг/(кг·сут), 0,14мг/(кг·сут) и $3 \cdot 10^{-4}$ мг/(кг·сут).

Ответ: $HQ_t = 54,35 > 1$ – опасность существует.

Задача 6. На полигоне ТКО в городе X произошло возгорание, на протяжении 15 дней наблюдается сильная задымленность данного населенного пункта. В результате пожара превышены ПДК:

Диоксид серы - в 4,5 раз;

Оксид углерода - в 3,5 раз.

Какой индивидуальный риск здоровью человека, если человек будет жить возле полигона 20 лет и каждый год будут происходить такие возгорания?

ПДК (СО) - 3,0 мг/л; ПДК(SO₂) -0,05 мг/л.

Пороговая мощность дозы: для СО = 3 мг/кг·сут; для SO₂ = 0,05 мг/кг·сут.

Ответ: $HQ_t = 0,063$ – угрозы здоровью нет.

Задача 7. Город Норильск входит в топ 10 самых грязных городов мира. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ промышленными предприятиями Норильска составили 1 миллион 924 тысячи тонн. В атмосферном воздухе города обнаружено содержание серы, которое в следствии выбросов, составляют 10 ПДК. Содержание тяжелых металлов в проточной воде превышает норму в 4 раза, а в атмосферном воздухе в 3 раза. Так же предположим, что содержание нитратов в картофеле 40 мг/кг.

а) рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью населения, если каждый человек города будет дышать загрязненным воздухом в течение 70 лет, на протяжении каждого года воздействие токсиканта длится 200 дней.

б) какой индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек будет пить такую воду в течение 70 лет. На протяжении года действие токсиканта 300 дней.

в) рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью человека, если такого картофеля человек съедает 85 кг за всю жизнь. А будет питаться им периодически в течение всей своей жизни (средняя продолжительность жизни по России составляет 70 лет). ПДК серы = 0,05 мг/м³, Н_Д = 0,002 мг\кг·сут. ПДК Тяж. Ме = 2,5 мг\л, Н_Д(Тяж.Ме) = 0,0005 мг\кг·сут. Н_Д(нитратов) = 0,3 мг\кг·сут.

Ответ: а) $HQ_t=5570$ – очень опасно для жизни; б) $HQ_t= 1080$ – очень опасно для жизни; в) $HQ_t=0,25$ – опасности нет.

Задача 8. Ежедневно в процессе работы дегустатор алкогольных напитков употребляет около 400 мл коньяка в сутки в течение 2х лет: режим пятидневный. В данной продукции были обнаружены сивушные масла (группа веществ маслянистой консистенции светло-желтого или красно-бурого цвета с неприятным запахом, являющаяся побочным продуктом спиртового брожения сахарного, фруктового или крахмалосодержащего сырья), содержание которых составило 1900 мг/л (такое избыточное количество м вызывает интоксикацию). Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, по ГОСТу ПДКсс сивушного масла в коньяке равно 500 мг/л. Вызовет ли такое избыточное количество сивушного масла интоксикацию организма у дегустатора?

Ответ: $HQ = 0,001$ – риска нет.

Задача 9. В сельскохозяйственном районе рядом с фермами построили завод по производству лакокрасочных изделий.

Через некоторое время было обнаружено, что в атмосферный воздух попадают следующие токсические вещества: аммиак и ацетон, которые воздействуют на состояние окружающей среды. Их содержание превысило принятые в РФ нормативные значения среднесуточных ПДК. У аммиака в 1,5 раза, у ацетона в 3 раза. Воздействие токсичного воздуха на работников фермы осуществлялось 250 дней в году, в течение 3 лет. ПДК аммиака = 0,04 мг/м³, ПДК ацетона = 0,35 мг/м³. Н_Д (аммиака) = 0,2 мг/(кг·сут), Н_Д (ацетона) = 0,9 мг/(кг·сут).

Также были обнаружены токсичные вещества в воде, которая используется при выращивании с/х продуктов. Следующие токсичные вещества: никель, хром, кадмий. Содержание токсичных веществ превысило ПДКсс в 2, 3 и 2,5 раз соответственно. ПДК_{Ni}=0,1 мг/л, ПДК_{Cr}=0,05 мг/л, ПДК_{Cd} = 0,001 мг/л. Н_{Д(Ni)} = 0,02 мг/(кг·сут), Н_{Д(Cr)} = 0,005 мг/(кг·сут), Н_{Д(Cd)}=0,0005 мг/(кг·сут).

Население близлежащего города обеспечивается с/х продукцией с ферм. В овощах были обнаружены следы тяжелых металлов, а именно хрома. В течение года один житель города съедает в среднем 140 кг овощей. Содержание хрома – 25 мг/кг.

Какой индивидуальный риск угрозы здоровью людей, работающих на ферме, если они будут дышать таким воздухом в течение 3 лет? Какой риск угрозы здоровью человека, если он будет пить такую воду и питаться этими продуктами в течение 3 лет?

Ответ: $HQ = 0,079$ - так как индекс получился меньше единицы, значит опасности нет.

Задача 10. Шерлок Холмс шел по улице. И вдруг он увидел мертвую женщину, лежащую на земле. Он подошел, от нее был слышен запах алкоголя, позвонив мужу он узнал, что она употребляла алкоголь в течение 3х лет. А в среднем 1 человек потребляет 15 литров алкоголя в год. В составе алкоголя, который употребляла женщина был обнаружен метанол (опасный для жизни человека) в концентрации 0,2 мг/л. Пороговая мощность дозы для метанола 0,5 мг/кг·сут. Могла ли женщина умереть от алкоголя?

Ответ: $HQ = 2 \cdot 10^{-5} < 1$, то опасности нет, риска угрозы здоровью нет.

Задача 11. Чтобы не вызывать каких-либо подозрений, противники правящего короля подсыпали в его еду яд в небольших количествах длительное время. В общем счете, король потреблял около 15 кг шоколада в год, с концентрацией 70 мг/кг, в течении восьми лет. Пороговая мощность дозы при поступлении мышьяка с водой и пищей составляет $3 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут. Необходимо оценить, есть ли риск угрозы здоровью короля. (Для сравнения, средне-статистический житель РФ за 2016 год потребил приблизительно 4 кг шоколада).

Ответ: $HD = 36,5 > 1$, существует опасность отравления.

Задача 12. В Стрелецкую бухту из – за поломки корабля, попали нефте-продукты, в результате чего содержание этого элемента в тканях морских обитателей составило 60 мг/кг., в течение одного года в этой бухте рыбак ловил рыбу и употреблял ее в пищу. За этот год рыбак ел рыбу 50 раз, за один раз съедал в среднем 250 грамм. Пороговая мощность дозы 0,6 мг./кг·сут. Вычислить риск угрозы здоровья.

Ответ: $HQ = 0,0016 < 1$, следовательно, опасности нет.

Задача 13. В воду Аравийского моря попало огромное количество мышьяка, в результате чего содержание данного элемента в обитающих там раков составило 25 мг/кг. В течение трех лет в Аравийском море люди ловили раков и употребляли их в пищу. За три года люди ели раков 30 раз, при чем

за один раз съедали в среднем 200 грамм. Пороговая мощность дозы $3 \cdot 10^{-4}$ (мг/кг·сут). Вычислить риск угрозы здоровью.

Ответ: $HQ = 0,63 < 1$, следовательно, опасности нет.

Задача 13. Экипаж рыболовецкого судна, добывающего тунца для промышленности, употребляет его в пищу трижды в неделю, по 300 гр. Ежегодно судно находится в рейсе 30 недель. Как известно, тунец, в процессе жизнедеятельности накапливает ртуть в форме метил ртути. Существует ли риск для здоровья экипажа, если в среднем он работает 25 лет, а концентрация метил ртути в тунце составляет 10 мг/кг.

Ответ: $HQ = 88 > 1$, соответственно, риск угрозы здоровью существует.

Задача 14. Алиса, попав в Волшебную страну, заблудилась. Она бродила по тропинкам и наткнулась на домик у озера. Он ей показался очень живописным, но когда постучавшись в дверь, ей открыл исхудалая, вялая, больная женщина. По глазам Алисы она поняла, что ее вид испугал девочку и рассказала ей, что озеро уже в течении 3-х лет сбрасывается вредное вещество – фенол. С концентрацией 10 мл/л. Вся еда и вода отравлена. Человек в день выпивает по 2 литра воды. Пороговое значение фенола 0,6 мл/кг·сут. Рассчитать риск здоровью.

Ответ: $HQ = 7,14 > 1$, опасность отравления и риск здоровью присутствуют.

Задача 15. Эксперимент показал, что содержание хлора в питьевой воде составляет 0,8 мг/л. Известно, что 1000 человек потребляли такую воду в течение 5 лет. Средняя частота потребления – 300 дней в году. Пороговая мощность хлора – 0,1 мг/кг·сут.

Ответ: $HQ = 0,0313 < 1$, следовательно, опасности нет.

Задача 16. Константин переехал жить на ферму, далеко от города. Рядом с этой фермой находилось промышленное предприятие. Так как Константин был экологом, он решил проверить, как выбросы с этого предприятия влияют на окружающую природную среду. В результате фермер выяснил, что:

- в атмосферном воздухе было обнаружено содержание ртути, которое превышало норму в 8 раз;
- содержание бензола в проточной воде превышало норму в 4 раза;
- содержание в моркови, выращенной рядом с предприятием, кадмия превышало ПДК в 2 раза.

Помогите Константину рассчитать:

А) индивидуальный риск угрозы его здоровью, если он будет дышать загрязненным воздухом в течение 15 лет;

Б) Индивидуальный риск угрозы здоровью за 15 лет, если такую морковь он съедает за 1 год 26,7 кг;

В) Индивидуальный риск угрозы здоровью, если Константин будет пить проточную воду в течение 30 лет.

Каждый год Константин уезжает отдыхать в Крым на 35 дней.

Ответ: а) $HQ = 3,6 > 1$, следовательно, опасность существует; $HQ = 0,0063 < 1$, следовательно, опасности нет; $HQ = 13 > 1$, следовательно, риск угрозы здоровью существует.

4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Пример 1. Среднегодовое потребление сахара на душу населения в России составляет 10 кг/год. В сахаре обнаружены нитраты (так как сахарную кукурузу обрабатывали пестицидами и нитратами) в концентрации 0,3 мг/кг. Существует ли риск угрозы здоровью при потреблении в пищу такого сахара в течение 2 лет? Пороговая мощность дозы для нитратов при поступлении с пищей равна 1,6 (мг/кг·сут).

Дано: $C = 0,3$ мг/кг,

$M = 10$ кг/год,

$T_p = 2$ года,

$P = 70$ кг,

$T = 10950$ сут.

Решение:

Среднесуточное поступление токсиканта с пищей к 1 кг массы рассчитывается по формуле (1.3):

$$m = (C \cdot M \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (1.3)$$

$$m = (0,3 \cdot 10 \cdot 2) / (70 \cdot 10950) = 7,83 \cdot 10^{-6} \text{ (мг/кг·сут)}.$$

Индекс опасности рассчитывается по формуле (1.4):

$$HQ = m/H_D, \quad (1.4)$$

$$HQ = 7,83 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 4,9 \cdot 10^{-6}.$$

Ответ: $4,9 \cdot 10^{-6}$ меньше 1, то опасности нет, риска угрозы здоровью нет.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

4.1. Название и цель работы.

4.2. Краткие теоретические сведения.

4.3. Выполненные индивидуальные задания.

4.4. Выводы.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую зависимость имеет угроза здоровью от дозы данного типа поллютантов?
2. Как проводится оценка и расчет риска здоровью при воздействии пороговых токсикантов?
3. Каковы особенности расчета экологических рисков от поступления токсиканта к человеку с воздухом?
4. Каковы особенности расчета экологических рисков от поступления токсиканта к человеку с водой?
5. Каковы особенности расчета экологических рисков от поступления токсиканта к человеку с продуктами питания?
6. Что такое индекс опасности?
7. Как определяется пороговая мощность дозы токсиканта?
8. Каков принцип методики решения задач по оценке экологических рисков от токсикантов порогового механизма действия на человека?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ОЦЕНКА РИСКА УГРОЗЫ ЗДОРОВЬЮ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БЕСПОРОГОВЫХ ТОКСИКАНТОВ (НЕРАДИОАКТИВНЫХ КАНЦЕРОГЕНОВ)

Цель работы: освоить методику расчета оценки риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов, научиться определять индивидуальный и коллективный канцерогенные риски.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Повышенное содержание тяжелых металлов и их соединений в органах угнетает их работу, ведет к иммунодефициту, появлению тератогенных и мутагенных эффектов, осложнению беременности, росту детской смертности. Особенно опасными являются тяжелые металлы, наиболее склонные к биоаккумуляции: Co, Ni, Cd, Hg, Pb. Некоторые тяжелые металлы помимо токсического воздействия могут проявлять и канцерогенные свойства.

Вредное вещество – это инородный нехарактерный для природных экосистем ингредиент, оказывающий отрицательное влияние на них и живые организмы, обитающие в этих экосистемах.

Токсиканты – вещества или соединения, способные оказывать ядовитое действие на живые организмы.

Канцерогены – вещества, способные при воздействии на организм вызывать развитие злокачественных и доброкачественных новообразований. Канцерогены опасны при любых концентрациях, их действие может проявляться спустя много лет [2].

К канцерогенам относят вещества, воздействие которых достоверно увеличивает частоту возникновения опухолей (доброкачественных и/или злокачественных) в популяциях человека и/или животных и/или сокращает время развития этих опухолей. Как уже отмечалось, при оценке риска угрозы здоровью, обусловленного воздействием канцерогенных веществ, используют два важных положения.

Во-первых, принято считать, что у канцерогенов нет пороговой дозы, их действие начинается уже при самых малых количествах, попавших в организм человека. Во-вторых, считается, что вероятность развития онкозаболевания (т.е. канцерогенный риск) прямо пропорциональна количеству (дозе) канцерогена, введенного в организм. Совокупность этих двух положений называют беспороговой линейной моделью [3].

Линейный характер зависимости между канцерогенным риском и дозой канцерогенного вещества выражается простой формулой (2.1):

$$r = Fr \cdot D, \quad (2.1)$$

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

D - доза канцерогена, попавшего в организм человека;

Fr – коэффициент пропорциональности между риском и дозой, называемый фактором риска.

Фактор риска Fr показывает, насколько быстро возрастает вероятность онкозаболевания при увеличении дозы канцерогена, поступившего в организм человека с воздухом, водой или пищей. Фактор риска еще называют коэффициентом наклона (Slope Factor), так как он характеризует угол наклона прямой зависимости «риск - доза». Очевидно, что чем больше угол наклона, тем больше угроза здоровью.

Единица фактора риска Fr – $[\text{мг/кг} \cdot \text{сут}]^{-1}$; она обратна единице среднесуточного поступления канцерогена. Фактор риска количественно характеризует увеличение угрозы здоровью в результате ежедневного поступления данного канцерогена в количестве 1 мг, отнесенного к 1 кг массы тела человека [2].

Часто индивидуальный канцерогенный риск вычисляют по формуле:

$$r = m \cdot Fr, \quad (2.2)$$

где m – среднесуточное поступление канцерогена с воздухом, водой или с пищей, отнесенное к 1 кг массы тела человека, в миллиграммах на килограмм в сутки (мг/кг·сут).

Удобство расчета риска r по этой формуле заключается в том, что в результате перемножения величин m и Fr получается безразмерная величина.

Значения факторов риска определяются, как правило, в результате опытов на животных. Агентство по защите окружающей среды США сформировало в сети Интернет базу данных по факторам риска различных канцерогенов, которая постоянно пополняется, а значения этих факторов уточняются по мере получения новых научных данных.

В таблицах ниже приведены значения факторов риска Fr (в порядке его возрастания) при поступлении в организм человека ряда канцерогенов с воздухом (табл. 2.1), а также с водой и пищей (табл. 2.2) [4].

Таблица 2.1 - Значения факторов риска Fr при поступлении в организм человека ряда канцерогенов с воздухом

Канцерогены	$Fr, (\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}$
Дихлорметан	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Трихлорэтилен	$6,3 \cdot 10^{-3}$
Тетрахлорэтилен	$2 \cdot 10^{-3}$
Бензол	0,027
Винилхлорид	0,0308
Формальдегид	0,046
Свинец	0,042
Дихлорэтан	0,091
ДДТ	0,34
Полихлорированные бифенилы	0,4
Никель (пыль в воздухе)	0,84
Выхлопные газы дизельных двигателей	2,1
Бензо(а)пирен	3,9
Кадмий	6,3
Бериллий, металл и оксид	7
Мышьяк	15
Хром (VI)	42
Бериллий, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Диоксины (смесь)	$15 \cdot 10^4$

Таблица 2.2 - Значения факторов риска Fr при поступлении в организм человека ряда канцерогенов с водой и пищей

Канцерогены	$Fr, (\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$
Дихлорметан	$7,5 \cdot 10^{-3}$
Хлороформ	$6,1 \cdot 10^{-3}$
Свинец	0,047
Трихлорэтилен	0,011
Тетрахлорэтилен	0,052
Бензол	0,055
Дихлорэтан	0,091
Пентахлорфенол C_6H_5Cl	0,12
ДДТ	0,34
Кадмий	0,38
Полихлорированные бифенилы	0,4
Хром (VI)	0,42
Мышьяк	1,5
Винилхлорид	1,9
Бериллий, оксид	7
Бензо(а)пирен	7,3
Бериллий, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Диоксины (смесь)	$15 \cdot 10^4$

Эти таблицы показывают, что величина фактора риска варьирует в очень широких пределах.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

При решении задач, в которых рассматривается поступление канцерогена с воздухом, его среднесуточное поступление m , отнесенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывается по формуле (2.3):

$$m = (C \cdot V \cdot f \cdot Tr) / (P \cdot T), \quad (2.3)$$

где C – концентрация канцерогена в воздухе (мг/м^3);

V – объем воздуха, поступающего в легкие в течение суток ($\text{м}^3/\text{сут}$) (считается, что взрослый человек вдыхает 20 м^3 воздуха ежедневно);

f – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие канцерогена;

Tr – количество лет, в течение которых происходит воздействие канцерогена;

P – средняя масса тела взрослого человека, принимая равной 70 кг;

T - усредненное время возможного воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, считающаяся равной 70 годам (25 550 сут).

Если решаются задачи, связанные с потреблением питьевой воды, то среднесуточное поступление m канцерогена с водой на 1 кг массы тела человека определяется по несколько измененной формуле (2.4):

$$m = (C \cdot v \cdot f \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (2.4)$$

где C - концентрация канцерогена в питьевой воде, мг/л;

v - скорость поступления воды в организм человека, л/сут (считается, что взрослый человек выпивает ежесуточно 2 литра воды);

f - количество дней в году, в течение которых происходит воздействие канцерогена;

T_p - количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая питьевая вода.

P - средняя масса тела взрослого человека, принимая равной 70 кг;

T - усредненное время возможного воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, считающаяся равной 70 годам (25 550 сут).

Если решаются задачи, связанные с потреблением продуктов питания, то среднесуточное поступление m канцерогена с пищей, приведенное к 1 кг массы тела человека, определяют по формуле (2.5):

$$m = (C \cdot M \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (2.5)$$

где C - концентрация канцерогена в рассматриваемом пищевом продукте, мг/кг;

M - количество продукта, потребляемого за один год;

T_p - количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемый продукт;

P - средняя масса тела взрослого человека, принимая равной 70 кг;

T - усредненное время возможного воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, считающаяся равной 70 годам (25 550 сут).

После того, как вычислено среднесуточное поступление m канцерогена, приведенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывают индивидуальный канцерогенный риск r по формуле (2.6):

$$r = m \cdot F_r, \quad (2.6)$$

где F_r - фактор риска, выражаемый в $(\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$, его значения приведены в таблице 2.1 и 2.2.

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 в формуле (2.7):

$$r_t = r_1 + r_2 + \dots \quad (2.7)$$

Коллективный канцерогенный риск R определяется формулами (2.8) и (2.9):

$$R = r \cdot N, \quad (2.8)$$

$$R_t = r_t \cdot N, \quad (2.9)$$

где N - количество человек, подвергающихся данному риску [2].

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Из деревенского колодца был взят образец воды. Лабораторный анализ показал, что содержание диоксинов в воде равно 10 ПДК этих веществ в воде, ПДК составляет $2 \cdot 10^{-8}$ мг/л. Такая вода потребляется в течение 5 лет. Причем в течение года она потребляется в среднем 300 дней. Рассчитать индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью жителям деревни населением в 1000 человек. Фактор риска при поступлении диоксинов с водой равен $15 \cdot 10^4$ (мг/кг·сут)⁻¹.

Ответ: $R = 0,051 \ll 1$, в течение 5 лет не будет наблюдаться ни одного дополнительного случая появления онкологического заболевания.

Задача 2. Рассчитать индивидуальный риск, обусловленный комбинированным действием двух токсикантов-канцерогенов содержащихся в воздухе: трихлорэтилена с концентрацией, равной $0,3$ мг/м³ (его фактор риска составляет $6,3 \cdot 10^{-3}$ (мг/кг·сут)⁻¹), и бензо(а)пирена с концентрацией, равной $0,05$ мг/м³ (фактор риска составляет $3,9$ (мг/кг·сут)⁻¹). Таким воздухом человек дышит в течение 5 лет, причем в среднем в течение 300 дней в году.

Ответ: Суммарный индивидуальный риск, приведенный к одному году составляет $0,61 \cdot 10^{-3}$. Эта величина превышает уровень допустимого риска ($1 \cdot 10^{-4}$ чел⁻¹·год⁻¹), поэтому риск следует считать недопустимым.

Задача 3. Среднее содержание канцерогена бензола в картофеле оказалось равным 60 мг/кг. Житель России съедает, в среднем, 124,2 кг картофеля в год. Каков индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек употреб-

ляет в пищу этот картофель в течение одного года? Значение фактора риска для поступления бензола с продуктами питания составляет $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1}$.

Ответ: $2,3 \cdot 10^{-4}$. Эта величина выше предела допустимого риска ($1 \cdot 10^{-4} \text{ чел}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$), поэтому риск следует считать недопустимым, угроза здоровья существует.

Задача 4. На острове Бали в Малайском архипелаге находится сафари парк, где обитает 80 видов животных (400 особей), из них 73 льва. Парк обслуживает 115 человек. Экологическая инспекция в 2016 году обнаружила превышение ПДК формальдегида в 1,75 раз в воздухе. Следующая проверка инспекции была в 2018 году и выявлены превышения в воде, таких веществ как хром и хлороформ в 1,25 и 1,83 раза, соответственно. Рассчитать индивидуальный и коллективный риск для зверей (львов) и сотрудников парка, если вредные вещества поступали с воздухом на протяжении 2 лет (рабочих дней – 240). Воду используют из располагающегося вблизи источника, она употребляется как животными, так и людьми в пищевых целях на протяжении года. Учесть средний вес льва - 150 кг. Исходные данные приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6. – Исходные данные для решения задачи 4

№	Вещество	Значение фактора риска, F_r , $(\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$	ПДК, мг/л; мг/м ³
1	Формальдегид	0,046	0,003
2	Хром	0,42	0,05
3	Хлороформ	0,0061	0,03

Ответ: $R = 0,0045$ – риск считается приемлемым.

Задача 5. В помиде у женщин обнаружили содержание канцерогена свинца 20 мг/кг. Мужчина в среднем за свою жизнь (в среднем 70 лет) съедает 3 кг помиды. Каков индивидуальный риск угрозы здоровью, если значение фактора риска для поступления свинца с помидой составляет $0,047 \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1}$.

Ответ: $r = 1,54 \cdot 10^{-6}$ (приведенный к одному году) - риск считается пренебрежимо малым.

Задача 6. В пгт. Вишенка, расположенном в московской области, проживает 4731 человек, из них 68% являются владельцами автомобилей. В среднем за месяц каждый из них проезжает 1960 км. Предположим, что расход топлива составляет 8 л на 100 км. И будем считать, что объем топливного бака – 40 л. Заезжая на заправку люди вдыхают бензол, средняя концентрация

которого составляет $0,008 \text{ мг/м}^3$. Рассчитайте индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью жителей поселка за 5 лет. Фактор риска F_r при поступлении в организм человека бензола с воздухом составляет $0,027 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1}$.

Ответ: $r = 5,8 \cdot 10^{-7}$; $R = 1,9 \cdot 10^{-3}$, за 1 год: $r = 1,16 \cdot 10^{-7}$ – риск считается пренебрежимо малым, т. к. $r < 10^{-6}$.

Задача 7. В Швейцарии все вокруг просто пропитано шоколадом: его аромат витает на улицах; куда ни кинь взгляд, везде увидишь магазинчики и кафе, торгующие шоколадом и шоколадным лакомством. Известно что в год один житель Швейцарии в среднем съедает 8 кг шоколада, в состав которого входит вредная химическая добавка трихлорэтилен, которая является канцерогеном. Его концентрация равна значению ПДК для канцерогенов в шоколаде $0,2 \cdot 10^{-5}$, а фактор риска равен 0,011.

Каков индивидуальный и коллективный риск угрозы здоровью жителей Швейцарии (возникновение раковых опухолей ЖКТ), если 2 тыс. человек будут употреблять шоколад в течение 5 лет, а так же поставят в другие страны, где на протяжении того же времени такой шоколад будут употреблять примерно 5 тыс. человек, (если известно, что иностранец съедает Швейцарского шоколада 3 кг в год)?

Ответ: $r = 0,34 \cdot 10^{-11}$ – риск пренебрежимо малый.

Задача 8. Новая компания по производству чипсов проводила эксперимент: на протяжении 2х лет 300 добровольцев ежедневно ели чипсы. За время эксперимента было съедено 196 кг чипсов, в которых содержится бензпирен, его содержание $3 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг}$. Рассчитайте индивидуальный и коллективный риск, если фактор риска для бензпирена $7,3 \text{ мг/(кг·сут)}$.

Ответ: $R = 1,44$.

Задача 9. По дороге в школу юных волшебников Хогвартс трое друзей Гарри, Рон и Гермиона решили попробовать волшебные сладости (конфеты «Берти Боттс», шоколадные лягушки, канареечные помадки и пр.)

Имеется ли риск угрозы здоровью и риск проявления волшебных превращений у друзей, если они будут есть эти сладости в течение всего срока своего обучения (7 лет).

Концентрация волшебства в сладостях превышает норму в 1,5 раза и составляет $0,6 \cdot 10^{-4} \text{ мг/кг}$. За год они съедают в среднем 45 кг сладостей.

Ответ: $r = 0,55 \cdot 10^{-3} > 10^{-4}$ - риск для здоровья недопустимый.

Задача 10. Однажды прибывший в гости к Шерлоку Холмсу доктор Ватсон в Лондон (с населением 30 000 чел), увидел, что возле дома Шерлока находится завод хлебобулочных изделий, средняя концентрация выбросов в атмосферу дихлорэтана, по расчетам Ватсона составляет $0,04 \text{ мг/м}^3$. Грозит

ли опасность здоровью Шерлока Холмса и населению, которое проживает в Лондоне уже 20 лет? Фактор риска равен $0,091 \text{ мг/кг}\cdot\text{сут}^{-1}$.

Ответ: 9 случаев заболевания.

Задача 11. Загрязнение мирового океана носит глобальный характер. В результате кораблекрушения выжившие 120 пассажиров круизного лайнера попали на необитаемый остров. Рыба, живущая в пределах этого архипелага, вследствие природной миграции перемещается в более высокие широты, где пребывает около четырех месяцев в год. Вода в той местности загрязнена большим количеством беспороговых токсикантов, ввиду размещения многочисленных промышленных предприятий. Токсиканты биоаккумулируются в организмах рыб, в результате содержание дихлорметана в их телах составляет 25 мг/кг ; трихлорэтилена – $0,03 \text{ мг/кг}$; дихлорэтана – $0,1 \text{ мг/кг}$; бензапирена – $1,3 \text{ мг/кг}$. Рассчитать индивидуальный и коллективный риск, учитывая, что потерпевшие крушение питались отравленной рыбой на протяжении двух лет, в среднем съедая 180 кг рыбы в год.

Значения факторов риска F_r при поступлении в организм человека ряда канцерогенов с водой и пищей: дихлорметан – $7,5 \cdot 10^{-3}$, Трихлорэтилен – $0,011$, Дихлорэтан – $0,091$, Бензо(а)пирен – $7,3$.

Ответ: индивидуальный риск – $1,94 \cdot 10^{-3}$, коллективный риск – $0,23$.

Задача 12. Рассчитать индивидуальный и коллективный риск угрозы здоровью для следующих условий. В Кумском водохранилище обнаружен винилхлорид с концентрацией $0,3 \text{ мг/л}$, его фактор риска при поступлении с водой составляет $1,9 (\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}$. Время потребления такой воды, группой в 10^3 человек – 5 лет. Средняя частота потребления 300 раз в год.

Ответ: $r = 9,5 \cdot 10^{-4}$ – риск недопустим, $R = 0,95$ – один случай появления заболевания.

Задача 13. Рассчитать индивидуальный и коллективный риск угрозы здоровью, обусловленный тем, что в воздухе пгт. Ивановка обнаружены выхлопные газы дизельных двигателей с концентрацией $0,7 \text{ мг/л}$, его фактор риска при поступлении в организм человека с воздухом составляет $2,1 (\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}$. В течение 3 лет жители пгт. Ивановка дышали таким воздухом. Количество жителей – 650 человек.

Ответ: $R = 10$ случаев.

Задача 14. На металлообрабатывающем предприятии, в воздухе рабочей зоны, были обнаружены такие канцероген как свинец и никелевая пыль с концентрациями 1 мг/м^3 и $0,25 \text{ мг/м}^3$ соответственно. В рабочей зоне сотрудник находится 200 дней в году, смена длится 6 часов. Рассчитать индивидуальный и коллективный канцерогенный риск для 100 рабочих, работающих по 10 лет, при $F_{r \text{ Pb}} = 0,042 [(\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}]$ и $F_{r \text{ Ni}} = 0,84 [(\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}]$.

Ответ: $r = 5,6 \cdot 10^{-3}$ – уровень индивидуального риска недопустим, $R = 0,56$ – один случай на 100 человек.

Задача 15. Мужчина занимался земледелием, выращивал фрукты и овощи как для себя, так и на продажу. Но в последнее время покупатели начали жаловаться на неприятный запах от продуктов и перестали покупать у мужчины овощи и фрукты. Мужчина и сам не понимал в чем дело и взяв анализ почвы поехал в лабораторию. Оказывается, в почву попал токсикант - мышьяк с концентрацией 0,64 мг/кг и кадмия 6 мг/кг с концентрацией. Время заражения примерно 6 месяцев. Будем считать, что в год человек съедает 250 кг продуктов. Покупателей насчиталось за полгода и с жалобами 55 человек. Рассчитать количественный и индивидуальный риск.

Ответ: $r = 2,63 \cdot 10^{-4}$ – уровень индивидуального риска недопустим, $R = 0,02$ – ни одного случая.

Задача 16. Население посёлка – 10000 человек. В течение 30 лет (в среднем в течение 300 дней ежегодно) каждый житель посёлка потребляет воду, содержащую 2,5 мг/л трихлорэтилена. Рассчитать риск в виде количества дополнительных случаев онкологических заболеваний. Фактор риска в данном случае равен 0,4 (мг/кг · сут)⁻¹.

Ответ: 240 случаев развития онкологических заболеваний из 10000 человек

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Пример 1. В поселке городского типа, прилегающего к городу Севастополю, проживает 5000 человек. Через поселок проходит автомобильная магистраль в город. Средняя концентрация выхлопных газов дизельных двигателей автомобилей в поселке составляет 0,0015 мг/м³. Рассчитать индивидуальный и коллективный риск угрозы здоровью населения, проживающего в этом поселке 30 лет. Фактор риска равен 2,1 мг/кг · сут⁻¹.

Дано: $C = 0,0015 \text{ мг/м}^3$,

$V = 20 \text{ м}^3/\text{сут}$,

$f = 365 \text{ сут/год}$,

$F_r = 2.1 \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1}$,

$T_p = 30 \text{ лет}$,

$N = 5000 \text{ чел}$,

$P = 70 \text{ кг}$,

$T = 70 \text{ лет (25550 сут)}$.

Решение:

Среднесуточное поступление канцерогена с воздухом на 1 кг массы тела человека рассчитывается по формуле (2.3):

$$m = (C \cdot V \cdot f \cdot T_p) / (P \cdot T), \quad (2.3)$$

$$m = \frac{0,0015(\text{мг/л}) \cdot 20(\text{м}^3/\text{сут}) \cdot 365(\text{сут/год}) \cdot 30(\text{лет})}{70(\text{кг}) \cdot 25550(\text{сут})} = \frac{328,5(\text{мг})}{1788500(\text{кг} \cdot \text{сут})} = 1,84 \cdot 10^{-4} (\text{мг/кг} \cdot \text{сут}).$$

Индивидуальный канцерогенный риск рассчитывается по формуле (2.6):

$$r = m \cdot F_r, \quad (2.6)$$

$$r = 1,8367 \cdot 10^{-4} (\text{мг/кг} \cdot \text{сут}) \times 2,1 ((\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}) = 0,386 \cdot 10^{-3}.$$

Если привести к одному году, то индивидуальный риск будет равен $0,386 \cdot 10^{-3} / 30 = 0,13 \cdot 10^{-4}$. Это значение выше уровня допустимого риска, который считается равным $1 \cdot 10^{-4}$ (чел⁻¹·год⁻¹), поэтому в рассмотренном случае риск должен считаться недопустимым.

Коллективный риск рассчитывается по формуле (2.8):

$$R = r \cdot N, \quad (2.8)$$

Для условий данной задачи:

$$R = 0,386 \cdot 10^{-3} \cdot 5000 = 1,92 \approx 2.$$

Ответ: Таким образом, на протяжении 30 лет следует ожидать 2 случая заболевания раком.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Название и цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Выполненные индивидуальные задания.
4. Выводы.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие вещества называются беспороговыми, а какие пороговыми?
2. Что показывает фактор риска Fr ?
3. Как рассчитать индивидуальный канцерогенный риск?
4. Чему равен верхний предел допустимого индивидуального канцерогенного риска?
5. Когда индивидуальный канцерогенный риск считается недопустимым?
6. Как рассчитать коллективный канцерогенный риск?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании" С изменениями и дополнениями от 13 июля 2015 г.
2. Ваганов П.А. Как рассчитать риск угрозы здоровью из-за загрязнения окружающей среды: Задачи с решением. - СПб., Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008.-129с.
3. Ваганов П.А. Им М.-С. Экологические риски. СПб., 1997.
4. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.gosthelp.ru/text/R2110192004Rukovodstvopoo.html>
5. В методических указаниях в заданиях для самостоятельной работы использовались задачи, придуманные студентами при изучении дисциплины «Техногенные системы и оценка риска».

РАСЧЕТ РИСКА УГРОЗЫ ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОРОГОВЫХ ТОКСИКАНТОВ И БЕСПОРОГОВЫХ КАНЦЕРОГЕНОВ

Методические указания

Редактор – *О.В. Дмитриева*

Составители: **Сигора** Галина Анатольевна,
Хоменко Тамара Юрьевна

В авторской редакции

Изд. № 170/19. Объем 1,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»