Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Щекина Вера Витальевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.03.2026 09:10:45
Уникальный программный ключ:
a2232a55157e57655fb8999b1190892af5398942042033 6ffbf573a434e57789

	МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»
	ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА **Рабочая программа дисциплины**

УТВЕРЖДАЮ
Декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»

_____ И.А. Трофимцова
«28» июня 2023 г.

.

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Направление подготовки
04.03.01 ХИМИЯ

Профиль
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Принята на заседании кафедры химии
(протокол № 9 от «28» июня 2023 г.)

Благовещенск 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Ошибка! Закладка не определена.

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ……Ошибка! Закладка не определена.

6

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫОшибка! Закладка не определена.

5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ……..…...……..…9Ошибка! Закладка не определена.Ошибка! Закладка не определена……..……..69

7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ……86

8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ……86

9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ……....87

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА…….……88

11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ……...….....90

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель дисциплины: подготовка к профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

- проанализировать структуру, функции, распространение техногенных систем, их происхождение, этапы формирования, трансформирующее воздействие на дифференцированную природную среду;
- изучить подходы к классификации техногенных систем и основные классификационные схемы антропогенных ландшафтов и геотехнических систем;
- рассмотреть понятие об антропогеогенезе и его составляющих, проанализировать направления и темпы трансформации современных ландшафтов;
- проанализировать территориальную организацию и структурно-функциональные характеристики антропогенных ландшафтов и геотехнических систем нефтегазопромысловых районов;
- изучить методику определения экологического риска.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Техногенные системы и экологический риск» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 (Б1.В.09).

Для освоения дисциплины «Техногенные системы и экологический риск» обучающиеся используют знания, умения, сформированные в ходе изучения предметов: «Аналитическая химия», «Неорганическая химия».

1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ОПК-3, ОПК-4:

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники, **индикаторами** достижения которой является:

- **ОПК-3.1**. Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.
- **ОПК-3.2**. Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.

ОПК-4. Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач, **индикаторами** достижения которой является:

- **ОПК-4.1**. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности.
- **ОПК-4.2**. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик.
- **ОПК-4.3**. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения. В результате изучения дисциплины студент должен

знать: основные химические, физические и технические аспекты химического промышленного производства с учетом сырьевых и энергетических затрат;

уметь: применять знания о химических производствах для предупреждения и устранения причин нарушений параметров технологического процесса;

владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами анализа эффективности функционирования химических, нефтехимических и биохимических производств.

1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Техногенные системы и экологический риск» Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа), из них лекционных – 20 часа, 24 часа отводится на лабораторные занятия. Полезной поддержкой курса служит проведение контрольных работ. Курс завершается зачетом.

1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	**Всего часов**	**Семестры 6**
Общая трудоемкость	72	72
Аудиторные занятия	44	44
Лекции	20	20
Лабораторные работы	24	24
Самостоятельная работа	28	28
Вид итогового контроля		зачет

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Учебно-тематический план

№	**Наименование тем (разделов)**	**Всего часов**	**Аудиторные занятия**		**Самостоятельная работа**
			Лекции	**Лабораторные занятия**	
1	**Введение. Общество и окружающая среда**	**4**	**2**	**-**	**2**
2	**Окружающая среда как система**	**8**	**4**	**-**	**4**
3	**Природные и антропогенные воздействия на человека и окружающую среду**	**16**	**4**	**4**	**8**
3.1	Природные и антропогенные воздействия на человека и окружающую среду	8	4	-	4
3.2	Расчет сокращения продолжительности жизни в зависимости от условий труда и проживания	4	-	2	2
3.3	Построение и анализ дерева решений с количественными оценками последствий	4	-	2	2
4	**Природа и характеристика опасностей в техносфере**	**12**	**4**	**4**	**4**
4.1	Природа и характеристика опасностей в техносфере	6	4	-	2
4.2	Оценка экологического риска предприятия	3	-	2	1
4.3	Определение ущерба от нерационального природопользования	3	-	2	1
5	**Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды**	**16**	**4**	**8**	**4**
5.1	Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды	4	4	-	-
5.2	Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов	3	-	2	1
5.3	Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов	3	-	2	1

5.4	Расчет радиационного риска, связанного с внутренним облучением	3	-	2	1
5.5	Расчет радиационного риска, связанного с внешним облучением	3	-	2	1
6	**Управление качеством окружающей среды, промышленной и экологической безопасностью**	**16**	**2**	**8**	**6**
6.1	Управление качеством окружающей среды, промышленной и экологической безопасностью	4	2	-	2
6.2	Расчет размера предъявляемого риска за загрязнение атмосферы в результате сгорания ТБО на полигоне	3	-	2	1
6.3	Расчет ущерба водному объекту в результате химического загрязнения	3	-	2	1
6.4	Расчет ущерба лесам от незаконной рубки	3	-	2	1
6.5	Расчет ущерба охотничьим ресурсам	3	-	2	1
ИТОГО		**72**	**20**	**24**	**28**

Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Количество часов
1	Введение. Общество и окружающая среда	ЛК	Проблема устойчивого развития общества	2
2	Окружающая среда как система	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Силы природы»	2
3	Природные и антропогенные воздействия на человека и окружающую среду	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Последствия переселения планеты»	2
4	Природа и характеристика опасностей в техносфере	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Две или Три вещи, которые неплохо было бы знать о Ней» Н. Макаров, 2010	2
5	Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Шестой океан»	2
		ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Нераскрытые тайны: Как загрязнение воздуха влияет на здоровье» ОАО "Москва Медиа",2013	2
6	Управление качеством окружающей среды, промышленной и	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Хранилище радиоактивных	2

	экологической безопасностью		отходов»	
ИТОГО				**14**

3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

1. Введение

Общество и окружающая среда. Проблема устойчивого развития общества. Место химической науки в концепции устойчивого развития.

2.Окружающая среда как система

Понятие среды. Среда, окружающая человека, ее специфика, компоненты и состояние. Качественные характеристики среды обитания. Загрязнение, источники загрязнения, нормирование загрязнения и разрушения окружающей среды. ПДК. ПДВ.

Масштабы воздействия на окружающую среду. Экологические нарушения, экологически конфликтные ситуации, экологические кризисы.

Мониторинг окружающей среды и здоровья населения. Системы природные и антропогенные. Структура, компоненты, обмен веществом, энергией и информацией между природно-промышленными системами

Количественные оценки взаимодействия в техногенных системах. Нагрузка на окружающую среду. Надежность экосистем. Характеристики воздействия на окружающую среду и климат.

3. Природные и антропогенные воздействие на человека и окружающую среду

Воздействия природные и антропогенные. Природные воздействия на человека и окружающую среду. Естественные факторы глобальных воздействий на биосферу. Геофизические и космические факторы. Естественные ионизирующие факторы среды. Радиоактивность.

Глобальные эффекты стихийных бедствий. Ураганы, наводнения, землетрясения, цунами, вулканическая деятельность, засуха и др.

Антропогенные воздействия на человека и окружающую среду. Типы воздействия человека на окружающую среду: преднамеренное, непреднамеренное, прямое, косвенное.

Основные виды антропогенных воздействий на биосферу.

Загрязнение окружающей среды. Основные направления и методы борьбы с загрязнением окружающей среды.

4. Природа и характеристика опасностей в техносфере

Техносфера. Природа и характеристика опасностей в техносфере. Принципы, факторы и причины усиления техногенной опасности. Классификация и систематизация опасностей. Негативные факторы техносферы.

Качественный и количественный анализ опасностей.

Экологическая опасность и экологический риск. Проблема безопасного (устойчивого) развития общества.

Методологические аспекты анализа аварийного риска

Химическая опасность, ее особенности. Химически опасные объекты. Техногенные аварии и катастрофы на объектах с химическими технологиями, их классификация и возможные последствия. Этапы оценки последствий техногенных аварий.

Характеристика воздействия промышленного производства на окружающую среду и климат. Ущербы.

Краткая характеристика методов анализа опасности.

5. Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды

Понятие безопасности. Показатели безопасности. Средства защиты человека и окружающей среды от воздействия природных и антропогенных факторов.

Защита атмосферы. Защита гидросферы. Состав и расчет выпусков сточных вод в водоемы. Проблема отходов. Пути ее решения.

Безопасность и риск. Основные положения теории риска. Источники и факторы индивидуального и технического рисков. Методы оценки риска и безопасности. Измерение, вычисление и представление оценок риска.

Экологическая безопасность. Средства снижения опасности техногенных систем.

Техногенные аварии и катастрофы. Этапы оценки последствий техногенных аварий. Анализ и оценка возможных последствий аварий. Пути снижения аварийного риска.

Методы построения полей риска и расчета последствий негативного воздействия источников опасности.

Методические особенности расчета распространения выбросов в атмосфере.

6. Управление качеством окружающей среды, промышленной и экологической безопасностью

Основные экологические законы и правила, определяющие условия самосохранения больших экосистем.

Преобразование природы. Восстановительное преобразование природы. Экологический критерий. Экологическая шкала. Экологическая цена.

Методы инженерно-экологических исследований.

Обеспечение промышленной и экологической безопасности.

Лицензирование видов деятельности в области безопасности. Сертификация оборудования. Система экспертизы промышленной безопасности. Декларирование промышленной безопасности. Страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта.

Стратегические риски. Качественная характеристика рисков.

Планетарные, глобальные и национальные катастрофы. Техногенные катастрофы регионального масштаба. Локальные аварии и катастрофы. Объектовые аварии и катастрофы.

Количественная характеристика рисков.

Прогноз стратегических рисков. Экспертная оценка воздействия производства на окружающую человека среду.

Правовые основы обеспечения экологической безопасности.

Правовые и нормативно-технические основы обеспечения экологической безопасности.

Природоохранные законы и подзаконные акты. Санитарно-экологические нормы. Экологический норматив.

Нормативно-техническая документация.

Целевая комплексная программа охраны природной и окружающей человека среды.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Техногенные системы и экологический риск» призвана помочь студентам в организации самостоятельной работы. Курс «Техногенные системы и экологический риск» изучается на протяжении восьмого семестра и ставит своей целью обеспечение подготовки высококвалифицированных специалистов к профессиональной деятельности в соответствии с их фундаментальной и специальной подготовкой.

Данный курс занимает значимое место в структуре учебного плана профессиональной подготовки студентов, поскольку базируется на знаниях ранее изученных курсов химии, дающих возможность определять условия и направленность техногенных экологических рисков, в частности, в процессе производства продуктов химической промышленности.

Рабочая программа дисциплины, составленную в строгом соответствии с учебным планом и ООП.

Программа содержит задания для самостоятельного изучения, варианты контрольных работ, а также итоговые контрольные тесты по всем изучаемым темам, которые позволяют проверить уровень усвоения изученного материала. Контрольные тесты содержат задания разного содержания и уровня сложности, что позволяет достоверно оценить полноту знаний студентов.

Прежде чем приступить к выполнению заданий для самоконтроля, студентам необходимо изучить рекомендуемую по каждой теме литературу. Общий список учебной и учебно-методической литературы представлен в отдельном разделе данной работы.

В процессе проведения лабораторного практикума студенты должны закрепить и углубить знания, полученные в лекционном курсе, приобрести практические навыки в проведении исследования и количественной обработки результатов проводимой работы, ознакомиться с современными методами расчета прямых и косвенных воздействий техногенных систем.

Учитывая специфику предмета, выпускник должен знать требования техники безопасности и охраны труда при работе в химической лаборатории и на химическом предприятии и уметь их выполнять.

.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Техногенные системы и экологический риск

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Формы/виды самостоятельной работы	Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом
1	Введение. Общество и окружающая среда.	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников	2
2	Окружающая среда как система	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Решение расчетных задач	4
3	Природные и антропогенные воздействия на человека и окружающую среду	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Решение расчетных задач	8
4	Природа и характеристика опасностей в техносфере	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Решение расчетных задач	4
5	Принципы обеспечения безопасности человека и	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Подготовка отчета по лабораторной работе	4

	окружающей среды		
6	Управление качеством окружающей среды, промышленной и экологической безопасностью	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Подготовка рефератов и презентаций	6
ИТОГО			**28**

5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Примерный план лабораторных работ

№	Тема
1	Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов
2	Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов
3	Расчет радиационного риска, связанного с внутренним облучением
4	Расчет радиационного риска, связанного с внешним облучением
5	Расчет сокращения продолжительности жизни в зависимости от условий труда и проживания
6	Оценка экологического риска предприятия
7	Определение ущерба от нерационального природопользования
8	Построение и анализ дерева решений с количественными оценками последствий
9	Расчет размера предъявляемого риска за загрязнение атмосферы в результате сгорания ТБО на полигоне
10	Расчет ущерба водному объекту в результате химического загрязнения
11	Расчет ущерба лесам от незаконной рубки
12	Расчет ущерба охотничьим ресурсам

Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов

Негативное действие порогового токсиканта должно характеризоваться значением той пороговой дозы (или мощности дозы, отнесенной к некоторому интервалу времени), начиная с которой появляются неблагоприятные последствия. Практика показала, что возможны несколько подходов к установлению величины пороговой мощности дозы. Возможно использование следующих значений, выявляемых опытным путем (как правило, по результатам экспериментов над животными):

- H_{NOEL} – наибольшая пороговая мощность дозы, которая не приводит к появлению *каких бы то ни было* статистически значимых биологических эффектов (*NOEL – «no-observed-effect-level»,* т.е. уровень при котором никакие эффекты не наблюдаются);
- H_{NAOEL} – наибольшая мощность дозы, которая не приводит к появлению статистически значимых *неблагоприятных* биологических эффектов (*NOAEL – «no-observed-adverse-effect-level»,* т.е. уровень при котором не наблюдаются неблагоприятные эффекты);
- H_{LOEL} – наименьшая мощность дозы, которая приводит к появлению *каких бы то ни было* статистически значимых биологических эффектов (*LOEL – «lowest-observed-effect-level»,* т.е. наинизший уровень, при которм наблюдаются эффекты);
- H_{LOAEL} – наименьшая мощность дозы, которая приводит к появлению статистически значимых *неблагоприятных* биологических эффектов (*LOAEL – «lowest-observed-adverse-effect-level»,* т.е. наинизший уровень, при котором наблюдаются *неблагоприятные* эффекты.

Все четыре величины измеряются количеством загрязнителя, поступающего в единицу времени в организм человека или животного и нормированного на единицу массы тела. Обычно количество токсиканта измеряется в миллиграммах, единицей времени служит день (сутки), а единицей массы тела – килограмм; следовательно размерность перечисленных величин – мг/(кг·сут).

Оптимальное согласование экспериментальных данных и результатов наблюдений над группами риска означает, что имеется достаточная информация по перечисленным выше факторам. Однако на практике такое согласование обеспечить не удается, поэтому приходится вводить коэффициенты неопределенности, которые играют роль своеобразного «запаса надежности» в процессе вычисления мощности дозы. Обычно используют три коэффициента: F_1, F_2, F_3. На их произведение делят величину пороговой мощности дозы:

$$H_D = \frac{H_{D(i)}}{F_1 \cdot F_2 \cdot F_3},$$

где $H_{D(i)}$ – любое из представленных выше значений пороговой мощности дозы, H_D – ее скорректированное значение.

Коэффициент F_1 используется для учета возможных межвидовых вариаций в проявлении эффектов от одной и той же мощности дозы, т.е. он характеризует межвидовые различия в чувствительности к токсиканту. Если биокинетические особенности токсиканта и механизмы его токсичности у экспериментальных животных и у людей различаются сильно, то коэффициенту F_1 приписывается максимальное значение, равное 10. Если биокинетика и механизмы токсичности у экспериментальных животных и людей схожи, то $F_1 = 1$.

Коэффициент F_2 ответственен за внутривидовые различия в действии токсиканта, которые обусловлены индивидуальной чувствительностью. Его значения могут изменяться от 1 до 10; также обычно полагают $F_2 = 1$ (если существенные индивидуальные различия в чувствительности к данному токсиканту не выявлены).

Коэффициент F_3 повышает надежность расчетов, связанных с переходом от сравнительно кратковременных наблюдений к оценкам эффектов на значительно больший период времени. Значение этого коэффициента может варьировать от 10 до 100. Когда требуется оценить H_{NOEL} или H_{NAOEL} для всей жизни животного или человека, а имеются данные только по кратковременным экспериментам, то полагают $F_3 = 10$. Для оценки же H_{LOEL} и H_{LOAEL} при тех же условиях используют максимальное значение $F_3 = 100$.

Таким образом, введение коэффициентов неопределенности существенно снижает значение пороговой мощности дозы, что обусловлено влиянием ряда неопределенностей. Максимальное значение произведения коэффициентов $F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 = 10 \cdot 100 \cdot 10 = 10\,000$.

Можно сказать, что эти коэффициенты выполняют роль факторов перестраховки, т. к. в расчеты риска будут входить намеренно заниженные значения пороговой мощности дозы.

Единица мощности пороговой дозы – мг/кг·сут – связана зависимостью воздействия поступающего в организм токсиканта от массы тела. Перед тем как зафиксировать значение этой дозы для людей, проводятся опыты на животных, при этом используются несколько групп животных, для каждой из них принимается средняя величина массы тела. Часто объектами таких опытов становятся маши, крысы, морские свинки и кролики.

Значения пороговой мощности дозы H_D при поступлении некоторых токсикантов-неканцерогенов с воздухом, водой и пищей приведены в таблицах 6-8.

Таблица 6

Токсиканты, поступающие с воздухом	**H_D, мг/кг·сут**
Бензол	$9 \cdot 10^{-3}$
Марганец	$1{,}4 \cdot 10^{-3}$

Ртуть	$8{,}6\cdot10^{-5}$
Бериллий	$5{,}8\cdot10^{-6}$
Тетраэтилсвинец	$5{,}7\cdot10^{-6}$

Таблица 7

Токсиканты, поступающие с водой и пищей	**H_D, мг/кг·сут**	**Токсиканты, поступающие с водой и пищей**	**H_D, мг/кг·сут**
Нитраты	1,6	Селен	$5\cdot10^{-3}$
Хром (Cr^{3+})	1,0	Молибден	$5\cdot10^{-3}$
Цинк	0,3	Серебром	$5\cdot10^{-3}$
Барий	0,2	Хром (VI)	$5\cdot10^{-3}$
Бор	0,2	Кадмий	$5\cdot10^{-4}$
Марганец	0,14	Сурьма	$4\cdot10^{-4}$
Хлор	0,1	Мышьяк	$3\cdot10^{-4}$
Медь	0,04	Ртуть (хлорид)	$3\cdot10^{-4}$
Никель	0,02	Таллий (хлорид, карбонат)	$8\cdot10^{-5}$

Таблица 8

Токсиканты, поступающие с водой	**H_D, мг/кг·сут**
1	**2**
Этиленгликоль	**2**
Ацетон	0,9
Нефтепродукты	0,6
Фенол	0,6
Метанол	0,5
Формальдегид	0,2
Пентахлорфенол	$3\cdot10^{-2}$
1	**2**
Бензол	$4\cdot10^{-3}$
Винилхлорид	$3\cdot10^{-3}$
Нитробензол	$5\cdot10^{-4}$
ДДТ	$5\cdot10^{-4}$
Метилртуть	$1\cdot10^{-4}$
Тетраэтилсвинец	$1{,}2\cdot10^{-7}$

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

При решении задач, в которых рассматривается вдыхание токсиканта, среднесуточное его поступление m, отнесенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывается по формуле:

$$m = \frac{C\cdot V\cdot f\cdot T_p}{P\cdot T},$$

где C – концентрация канцерогена в воздухе (мг/м^3); V – объем воздуха, поступающего в легкие в течение суток (м^3/сут (считается, что взрослый человек вдыхает 20 м^3 воздуха ежесуточно); f – количество дней в году, в точение которых происходит воздействие токсиканта; T_P – количество лет, в течение которых происходит воздействие токсиканта; P – средняя масса тела взрослого человека, принимается равной 70 кг; T – усредненное время возможного воздействия токсиканта, принимаемое равным 30 годам (10 950 суток).

Вышеприведенное выражение для m базируется на давно известной и используемой в токсикологии формуле Габера, по которой вычисляют показатель токсичности вещества K_{iox}. Для токсиканта поступающего с воздухом эта формула имеет вид:

$$K_{iox} = \frac{C \cdot V \cdot t}{P},$$

где C – концентрация токсиканта, V – объем легочной вентиляции, t – время действия токсиканта, m – масса тела.

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

$$m = \frac{C \cdot \upsilon \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

где C – концентрация токсиканта в питьевой воде, мг/л; υ - 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 токсиканта; T_P – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая питьевая вода.

Величины P и T – такие же, как и в формуле, по которой рассчитывается поступление токсиканта с воздухом. Размерность величины m мг/л·сут.

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

$$m = \frac{C \cdot \text{М} \cdot T_p}{P \cdot T},$$

где C – концентрация токсиканта в рассматриваемом пищевом промежутке; M – количество продукта, потребляемого за один год; T_P – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемый продукт.

Величины P и T – такие же, как и в формуле, по которой рассчитывается поступление канцерогена с воздухом или водой. Размерность величины m мг/кг·сут.

$$m = \frac{C \cdot V \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T} = \frac{12\left(\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}\right) \cdot 20\left(\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}\right) \cdot 10(\text{лет})}{70(\text{кг}) \cdot 25550(\text{сут})} = \frac{7{,}2 \cdot 10^5(\text{мг})}{1788500(\text{кг} \cdot \text{сут})} = 0{,}40\,\frac{\text{мг}}{\text{кг}} \cdot \text{сут}.$$

Индивидуальный канцерогенный риск:

$r = m \cdot F_r = 0{,}4$ *(мг/кг·сут)* $\times 1{,}6 \cdot 10$ После того, как вычислено среднесуточное поступление токсиканта, отнесенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывается величина, называемая *индексом опасности.* Ее обозначают через *HQ (*от слов *Hazard Quotiend)* и определяют выражением:

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

где H_D – пороговая мощность дозы.

Если $HQ<1$, то опасности нет; риска угрозы здоровью нет. Если же $HQ>1$, то существует опасность отравления, которая тем больше, чем больше индекс HQ превышает единицу.

Если в воздухе, в питьевой воде или пище содержится несколько токсикантов, то полный индекс опасности HQ_i равен сумме индексов опасности отдельных токсикантов:

$$HQ_i = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3.$$

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

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

Задача. В одном из колодцев обнаружен тяжелый металл – шестивалентный хром, причем его содержание в воде этого колодца в десять раз превысило значение ПДК хрома (VI) для питьевой воды (0,005 мг/л). Данным колодцем пользуются 6 лет. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью.

Дано:

C = 10 ПДК = 0,05 мг/л

υ = 2 л/сут

T_P = 6 лет = 2190 сут

P = 70 кг

T = 30 лет = 10950 сут

$H_D = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг·сут

Решение:

Среднесуточное поступление токсиканта с водой на 1 кг массы тела человека:

$$m = \frac{C \cdot \upsilon \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T} = \frac{0{,}5\left(\frac{\text{мг}}{\text{л}}\right) \cdot 2\left(\frac{\text{л}}{\text{сут}}\right) \cdot 2190(\text{сут})}{20(\text{кг}) \cdot 10950(\text{сут})} = \frac{2190(\text{мг})}{766500(\text{кг} \cdot \text{сут})} = 2{,}9 \cdot \frac{10^{-3}\text{мг}}{\text{кг}} \cdot \text{сут}.$$

Индекс опасности:

$$HQ = \frac{m}{H_D} = \frac{2{,}9 \cdot 10^{-3}\left(\frac{\text{мг}}{\text{кг}} \cdot \text{сут}\right)}{5 \cdot 10^{-3}\left(\frac{\text{мг}}{\text{кг}} \cdot \text{сут}\right)} = 0{,}58 < 1.$$

Ответ: Ни опасности отравления, ни риска угрозы здоровью нет.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью в результате вдыхания в течение одного года пестицида ДДТ с концентрацией, равной 10 значениям ПДК этого вещества в воздухе. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с воздухом составляет $5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут. ПДК пестицида ДДТ в воздухе равна 0,0005 мг/м^3.

2. В воду некоторого водоема попала ртуть, в результате чего содержание этого элемента в тканях рыбы составляет 10 мг/кг. В течение двух лет в этом водоеме рыбак-любитель ловит рыбу и употребляет ее в пищу. За эти два года он ел рыбу 80 раз, при этом за один раз съедал в среднем 150 г. Пороговая мощность дозы ртути при попадании в организм с пищей составляет $1 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут. Вычислить риск угрозы здоровью.

3. 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.

4. Установлено, что в некоторой местности оказались загрязненными питьевая вода и выращенные здесь овощи. В воде присутствуют нефтепродукты, их содержание равно 5 мг/л, а в овощах – тетраэтилсвинец с содержанием 5 мкг/кг. Всего овощей в России потребляют в среднем 94 кг на душу населения в год. Человек выпивает в среднем 2 л воды в сутки. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек подвергается воздействию указанных токсикантов в течение трех месяцев. Пороговая мощность дозы нефтепродуктов при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг·сут, а пороговая мощность дозы тетраэтилсвинца при попадании в организм с пищей

составляет $1,2 \cdot 10^{-7}$ мг/кг·сут.

5. Считается, что в течение года житель России съедает в среднем 130,8 кг хлебопродуктов. Предположим, что в хлебопродуктах обнаружены нитраты с содержанием, равным 37 мг/кг. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, если такими продуктами человек питается в течение одного года. Пороговая мощность дозы нитратов в пищевых продуктах составляет 1,6 мг/кг·сут.

6. За год взрослый житель России съедает в среднем 151 яйцо. Рассчитать риск угрозы здоровью при употреблении в пищу яиц в течение года, если яйца содержат хлор со среднем содержании 30 мг в одном яйце. Пороговая мощность дозы хлора в пищевых продуктах 0,1 мг/кг·сут.

7. За год взрослый житель России съедает в среднем 124 кг картофеля. Рассчитать риск угрозы здоровью при употреблении в пищу картофеля в течение полугода, если он содержит тяжелый металл – кадмий со средним содержанием, равным ПДК этого металла в картофеле и овощах, которая равна 0,003 мг/кг. Пороговая мощность дозы кадмия в пищевых продуктах составляет $5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут.

8. Анализ проб яиц показал, что содержание меди и цинка в них в три раза превышает ПДК этих металлов в яйцах, которые равны 3 мг/кг и 50 мг/кг. Имеется ли риск угрозы здоровью, если такие яйца будут употребляться в пищу в течение полугода? Значение пороговой мощности дозы меди и цинка при поступлении с пищей равны 0,03 мг/кг·сут и 0,04 мг/кг·сут соответственно.

9. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью в результате вдыхания паров ртути с концентрацией, равной 10 значениям ПДК этого элемента в воздухе. Считать, что пары ртути находятся в некотором помещении при неизменной концентрации и что человек вдыхает пары ртути в течение 12 час ежесуточно на протяжении одного года, но на один месяц он уезжает в отпуск. Пороговая мощность дозы ртути при ее поступлении с воздухом составляет $8,6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг·сут. Значение ПДК ртути в воздухе составляет 0,0003 мг/м^3.

10. Среднегодовое потребление молочных продуктов на душу населения в России составляет 212,4 кг/год. Предположим, что в молочных продуктах содержится фенол в концентрации 15 мг/кг. Рассчитать риск угрозы здоровью при употреблении в пищу таких молочных продуктов в течение полугода. Пороговая мощность дозы для фенола при поступлении с пищей равна 0,6 мг/кг·сут.

11. Среднегодовое потребление растительного масла на душу населения в России составляет 10 кг/год. Предположим, что в растительном масле содержится тетраэтилсвинец в концентрации 1 мг/кг. Существует ли риск угрозы здоровью при употреблении в пищу такого растительного масла в течение года? Пороговая мощность дозы для тетраэтилсвинца при поступлении с пищей $1,2 \cdot 10^{-7}$ мг/кг·сут.

12. Установлено, что винилхлорид может переходить из бутылок, изготовленных из полимерного материала – полихлорвинила, в воду в алкогольные напитки (включая пиво), в результате чего его концентрация в жидкости может составить 10-20 мг/л. Скорость перехода пропорциональна времени хранения бутылок. Пусть в некоторой партии бутылок пива содержание винилхлорида составляет в среднем 10 мг/л. Пиво этой партии пьют люди в течение полугода, каждый из них выпивает при этом в среднем 60 литров. Существует ли риск угрозы здоровью? Пороговая мощность дозы винилхлорида при поступлении с водой или пищей $3 \cdot 10^{-3}$ мг/кг·сут.

13. В России потребляется в среднем $M = 21,8$ кг капусты на душу населения в год. Анализ проб капусты, выращенной в некоторой местности, показал, что содержание меди и цинка в два раза превышает значения ПДК этих металлов, которые равны соответственно 5мг/кг и 10 мг/кг. Имеется ли риск угрозы здоровью, если такая капуста будет потребляться 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.

14. В питьевой воде некоторой местности обнаружен хлорорганический пестицид – ДДТ с концентрацией, равной утроенному значению его ПДК в воде, которая составляет 0,002 мг/кг. Рассчитать риск угрозы здоровью человека, пьющего эту воду в течение одного года. Учесть, что ежегодно этот человек уезжает из данной местности в отпуск, в котором проводит в среднем 30 дней. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с пищей равна $5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут.

15. Предельно допустимая концентрация пестицида ДДТ в мясе составляет 0,1 мг/кг. Считается, что житель России съедает в среднем 26,6 кг мясопродуктов. Рассчитать риск угрозы здоровью человека, употребляющего в течение 3 лет мясопродукты, в которых содержание ДДТ превышает ПДК в 2 раза. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с пищей равна $5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут.

Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов (нерадиоактивных канцерогенов)

К канцерогенам относят вещества, воздействие которых достоверно увеличивает частоту возникновения опухолей (доброкачественных и/или злокачественных) в популяции человека. 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.***

Линейный характер зависимости между канцерогенным риском и дозой канцерогенного вещества выражается просто формулой:

$$\boldsymbol{r = F_r \cdot D,}$$

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; F_r – коэффициент пропорциональности между риском и дозой, называемой фактором риска.

Фактор риска F_r 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 F_r – [мг/кг·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.

Часто индивидуальный канцерогенный риск вычисляю по формуле:

$$\boldsymbol{r = m \cdot F_r,}$$

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

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

Таблица 9

Канцерогены	**F_r (мг/кг·сут)$^{-1}$**
1	**2**
Дихлорметан	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$
Трихлорэтилен	$7 \cdot 10^{-3}$
Формальдегид	$2{,}1 \cdot 10^{-2}$
Свинец и его соединения	$4{,}2 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$5{,}5 \cdot 10^{-2}$
Винилхлорид	$7{,}2 \cdot 10^{-2}$
Тетрахлорэтилен	0,15
Дихлорэтан	0,27
Хлорбензол	0,27
ДДТ	0,34
1	**2**

Никель (пыль в воздухе)	0,91
Полихлорированные бифенилы	2,0
Выхлопные газы дизельных двигателей	2,1
Кадмий и его соединения	6,3
Бензо(а)пирен	7,3
Бериллий, металл и оксид	8,4
Мышьяк	12
Хром (VI)	42
Бериллий, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Диоксины (смесь)	$4{,}6 \cdot 10^3$

Значения факторов риска определяются, как правило, в результате опытов на животных.

В таблицах ниже приведены значения факторов риска (в порядке возрастания) при поступлении в организм человека канцеровенов с воздухом (таблица 9), а также с водой и пищей (таблица 10).

Таблица 10

Канцерогены	**F_r (мг/кг·сут)$^{-1}$**
1	**2**
Свинец и его соединения	$8{,}5 \cdot 10^{-3}$
Хлороформ	$3{,}1 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$5{,}5 \cdot 10^{-2}$
Петахлорбензол	0,12
Хлорбензол	0,27
ДДТ	0,3
Кадмий и его соединения	0,38
Трихлорэтилен	0,4
Тетрахлорэтилен	0,54
Мышьяк	1,74
Винилхлорид	1,9
Бериллий оксид	2,0
Полихлорированные бифенилы	5,0
Бензо(а)пирен	12
1	**2**
Бериллий, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Диоксины (смесь)	$1{,}6 \cdot 10^5$

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

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

$$m = \frac{C \cdot V \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

где *C* – концентрация канцерогена в воздухе (мг/м^3); *V* – объем воздуха, поступающего в легкие в течение суток (м^3/сут (считается, что взрослый человек вдыхает 20 м^3 воздуха ежесуточно); *f* - количество дней в году, в точение которых происходит воздействие канцерогена; T_P – количество лет, в течение которых происходит воздействие канцерогена; P – средняя масса тела взрослого человека, принимается равной 70 кг; *T* – усредненное время возможного воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, считается равной 70 годам (25 550 суток).

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:

$$m = \frac{C \cdot \upsilon \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

где C – концентрация канцерогена в питьевой воде, мг/л; υ – 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.

Величины P и T – такие же, как и в формуле, по которой рассчитывается поступление канцерогена с воздухом.

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:

$$m = \frac{C \cdot \mathrm{M} \cdot T_p}{P \cdot T},$$

где C – концентрация канцерогена в рассматриваемом пищевом промежутке; M – количество продукта, потребляемого за один год; T_P – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемый продукт; величины P и T – такие же, как и в формуле, по которой рассчитывается поступление канцерогена с воздухом или водой.

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

$$r = m \cdot F_r,$$

где F_r – фактор риска, выраженный в (мг/кг·сут)$^{-1}$, его значения приведены в таблицах 1 и 2.

Если $r \leq 10^{-6}$, то индивидуальный канцерогенный риск считается пренебрежительно 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:

$$r_t = r_1 + r_2 + \ldots.$$

Коллективный канцерогенный риск R определяется формулами:

$$R = r \cdot N,$$
$$\mathrm{R_t} = r_t \cdot N,$$

где N – количество человек, подвергающихся данному риску.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

Задача. В воздухе вблизи химического завода находится дихлорэтан, концентрация которого составляет 12 мг/м^3. На протяжении 10 лет таким воздухом дышит население, численность которого составляет 6 тыс человек. Количество дней, в течение которых люди подвергаются канцерогенному риску, равно в среднем 300. Фактор риска при поступлении дихлорметана с воздухом равен 1,6 $\cdot 10^{-3}$ (мг/кг·сут)$^{-1}$. Рассчитать значения

индивидуального и коллективного канцерогенного рисков.

Дано:

C = 12мг/м^3
V = 20 м^3
F_r = 1,6·10^{-3} (мг/кг·сут)$^{-1}$
T_P = 10 лет
f = 300 сут/год
N = 6·10^3 чел
P = 70 кг
T = 70 лет

Найти:

r - ?
R -?

Решение:

Среднесуточное поступление дихлорметана с воздухом на 1 кг массы тела человека рассчитывается по формуле:

$$m = \frac{12 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 10}{70 \cdot 70} = 6{,}4 \cdot 10^{-4}.$$

Приведенный к одному году индивидуальный риск составляет

$$6{,}4 \cdot 10^{-4} : 10 = 6{,}4 \cdot 10^{-5}.$$

Эта величина ниже уровня допустимого риска (10^{-4} чел$^{-1}$ · год$^{-1}$).

Коллективный риск определяется формулой $R = r \cdot N$. Для условий данной задачи

$$R = 6{,}4 \cdot 10^{-5} \times 6 \cdot 10^3 = 0{,}38 < 1.$$

Следовательно, в рассматриваемой ситуации можно ожидать, что в течение 10 лет не будет наблюдаться ни одного дополнительного случая появления раковых заболеваний.

Ответ: $r = 6{,}4 \cdot 10^{-5}$; R = 0,38 (ниже уровня допустимого риска).

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Рассчитать индивидуальный риск, обусловленный комбинированным действием двух токсикантов-канцерогенов, содержащихся воздухе: трихлорэтилена, с концентрацией равной 0,3 мг/м^3 (его фактор риска равен 0,4 (мг/кг·сут)$^{-1}$), и банзо(а)пирена с концентрацией, равной 0,05 мг/м^3 (фактор риска равен 12 (мг/кг·сут)$^{-1}$). Таким воздухом дышит человек в течение 5 лет, причем в среднем 300 дней в году.

2. В ежегодный рацион жителя России входит в среднем 212,4 кг молочных продуктов. Предположим, что в молочных продуктах содержится диоксины, и их концентрация равна значению ПДК для диоксинов в молоке (5,2·10^{-6} мг/кг). Пусть эти молочные продукты идут в пищу 100 человек на протяжении 2 лет. Фактор риска при поступлении диоксинов с продуктами в организм равен F_r = 1,6 ·10^5 (мг/кг·сут)$^{-1}$. Рассчитать индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью.

3. Рассчитать индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью для следующих условий. Содержание диоксинов в питьевой воде равно 10 ПДК этих веществ в воде, ПДК составляет 2·10^{-8} мг/л. Время потребления такой воды группой в 10 челоек – 5 лет. Средняя частота потребления – 300 дней в год. Фактор риска при поступлении диоксинов с водой равен 1,6·10^5 (мг/кг·сут)$^{-1}$.

4. Рассчитать риск в виде количества дополнительных случаев онкологических

заболеваний среди жителей поселка с населением в 10 тыс человек в результате потребления воды с содержанием канцерогена – трихлорэтилена, равным 25 мкг/л. Такая вода потребляется в течение 30 лет, причем в течение каждого года она потребляется в среднем в течение 300 дней. Фактор риска в данном случае равен 0,4 $(мг/кг·сут)^{-1}$.

5. В воздухе некоторого промышленного предприятия обнаружен бензол с концентрацией, равной 15 $мкг/м^3$. Рассчитайте канцерогенный риск, которому подвергается рабочий при вдыхании бензола в течение полугода. Считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает 10 $м^3$ воздуха. Количество рабочих дней в году – 250. Фактор риска при поступлении бензола с воздухом равен $5{,}5·10^{-2}(мг/кг·сут)^{-1}$.

6. Процесс производства в одном из цехов завода связан с поступлением пыли, содержащей никель. Измерения показали, что концентрация никеля в воздухе в 6 раз превышает значение ПДК никеля в воздухе, которое равно 0,001 $мг/м^3$. Считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает 10 $м^3$ воздуха. Рассчитать риск, которому подвергаются люди, работающие в этом цеху в течение 3 лет. Количество рабочих дней в году – 250. Фактор риска для никеля при его поступлении с воздухом равен 0,91 $(мг/кг·сут)^{-1}$.

7. Рассчитать индивидуальный риск, обусловленный комбинированным действием двух канцерогенов, содержащихся в питьевой воде. В воде находится винилхлорид с концентрацией равной 0,3 мг/л (его фактор риска при поступлении с водой составляет 1,9 $(мг/кг·сут)^{-1}$), и мышьяк с концентрацией, равной его ПДК в питьевой воде (0,05 мг/л). Фактор риска при поступлении мышьяка с водой равен 1,75 $(мг/кг·сут)^{-1}$. Такая вода потребляется в среднем в течение 300 дней.

8. В некоторой местности из-за повышенного содержания мышьяка в почве, и как следствие, в кормовых травах содержание этого химического элемента в молоке оказалось равным 0,15 мг/кг, это в три раза выше ПДК мышьяка в молоке, которая составляет 0,05 мг/кг. Рассчитать риск употребления такого молока в течение 3 месяцев. Житель России выпивает в среднем 69,6 кг молока в год. Фактор риска при поступлении мышьяка с пищевыми продуктами равен 1,75 $(мг/кг·сут)^{-1}$.

9. Шестивалентный хром является достаточно сильным канцерогеном. Предложим, что содержание соединений шестивалентного хрома в воздухе равно его ПДК в воздухе и составляет 0,0015 $мг/м^3$. Каков коллективный риск угрозы здоровью для группы людей численностью в 10 000 человек, если все они дышат таким воздухом в течение 5 лет? Фактор риска для поступления шестивалентного хрома с воздухом равен 42 $(мг/кг·сут)^{-1}$.

10. Предположим, что из-за влияния предприятия цветной металлургии содержание мышьяка в воздухе равно его ПДК в воздухе, которая составляет 0,003 $мг/м^3$. Каков коллективный риск угрозы здоровью для группы людей численностью 10 000 человек, если все эти люди дышат таким воздухом в течение 5 лет? Фактор риска для поступления мышьяка с воздухом равен 12 $(мг/кг·сут)^{-1}$.

11. Средняя концентрация выхлопных газов дизельных двигателей в некотором городе составляет 1 мкг в 1 кубическом метре. Рассчитать индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью для10 тыс человек, живущих в рассматриваемых условиях в течение 5 лет. Фактор риска в данном случае равен 2,1 $(мг/кг·сут)^{-1}$.

12. В Российской Федерации значение ПДК (среднесуточной) бензо(а)пирена в воздухе населенных мест принято считать равным 1 $мг/м^3$. Предположим, что содержание этого канцерогена в воздухе некоторого населенного пункта превысило эту величину в 5 раз. Каков коллективный риск угрозы здоровью для группы людей численностью 100 000

человек, если все эти люди дышат таким воздухом в течение 3 лет? Фактор риска для поступления бензо(а)пирена с воздухом равен 7,3 (мг/кг·сут)$^{-1}$.

13. В Российской Федерации значение ПДК бензо(а)пирена в поверхностных водах принято равным 5 нг/л. Содержание этого канцерогена в воде некоторого населенного пункта превысило данную величину в 5 раз. Каков коллективный риск угрозы здоровью для группы людей численностью 100 000 человек, если все эти люди пьют такую воду в течение 3 лет? В течение каждого года такая вода потребляется в среднем 330 дней. Фактор риска для поступления бензо(а)пирена с водой равен 12 (мг/кг·сут)$^{-1}$.

14. Среднее содержание канцерогена – сульфата бериллия в овощах, выращенных в непосредственной близости от химкомбината, оказалась равным 10 мкг/кг. Житель России съедает в среднем 94 кг овощей в год. Каков индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек употребляет в пищу такие овощи в течение 3 месяцев? Фактор риска для поступления сульфата бериллия с продуктами питания равен $3\cdot10^{3}$ (мг/кг·сут)$^{-1}$.

15. 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 употребляет в пищу этот картофель в течение одного года? Значение фактора риска для поступления бензола с продуктами питания составляет $5{,}5\cdot10^{-2}$ (мг/кг·сут)$^{-1}$.

Расчет радиационного риска, связанного с внутренним облучением

Если *a* – удельная активность некоторого радионуклида, присутствующего в воздухе, в питьевой воде или продуктах питания, то полная активность этого радионуклида *(A),* попавшая в организм человека за время *t* (количество лет) будет равна:

$$A = a \cdot M \cdot t, \text{ (Бк)},$$

где *M* – масса воздуха, воды или пищевого продукта, поступившая за один год. Единица измерения полной активности Беккерель (Бк).

Вызванная этой активностью эффективная доза внутреннего облучения (*H*) составит:

$$H = A \cdot \varepsilon, \text{ (Зв)},$$

где ε - дозовый коэффициент рассматриваемого радионуклида.

Единица измерения эффективной дозы облучения – Зиверт (Зв). Смысл дозового коэффициента в том, что с его помощью активность радионуклида, попавшего в организм человека, пересчитывается в соответствующую этой активности дозу внутреннего облучения. Значения дозовых коэффициентов ε (Зв/Бк) для радионуклидов, с которыми чаще всего приходиться иметь дело на практике, при их поступлении в организм человека с воздухом, водой и пищей приведены в таблице 11.

Таблица 11

Радионуклиды	**Период полураспада, годы**	**Поступление с воздухом, Зв/Бк**	**Поступление с водой и пищей, Зв/Бк**
Тритий ^{3}H	12,3	$2{,}7\cdot10^{-10}$	$4{,}8\cdot10^{-11}$
Углерод ^{14}C	5730	$2{,}5\cdot10^{-9}$	$1{,}6\cdot10^{-9}$
Калий ^{40}K	$1{,}28\cdot10^{9}$	$1{,}7\cdot10^{-8}$	$4{,}2\cdot10^{-8}$
Кобальт ^{60}Co	5,27	$1{,}2\cdot10^{-8}$	$2{,}7\cdot10^{-8}$
Стронций ^{90}Sr	29,1	$5{,}0\cdot10^{-8}$	$8{,}0\cdot10^{-8}$
Цезий ^{137}Cs	30,0	$4{,}6\cdot10^{-9}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$

Радий ^{226}Ra	1600	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Уран ^{228}U	$4,47 \cdot 10^{9}$	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Торий ^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Плутоний ^{239}Pu	$2,41 \cdot 10^{4}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
Америций ^{241}Am	432	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$

После вычисления величины дозы внутреннего облучения H можно рассчитать значение индивидуального радиационного риска r. Для этого используется формула:

$$r = H \cdot r_E ,$$

где r_E – коэффициент индивидуального радиационного риска.

Этот коэффициент характеризует сокращение деятельности периода полноценной жизни в среднем на β = 15 лет на один стохастический (вероятностный) случай смертельного заболевания (главным образом раком). В соответствии НРБ-99 значения этого коэффициента равны:

$r_E = 5,6 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$ · Зв$^{-1}$ – для производственного облучения (т.е. для персонала, работающего с ионизирующим излучением);

$r_E = 7,3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$ · Зв$^{-1}$ – для населения.

Согласно НРБ-99, индивидуальный радиационный риск считается пренебрежимым, если величина r не превосходит $1,0 \cdot 10^{-6}$ чел$^{-1}$ · год$^{-1}$. В этом же нормативном документе приведено значение верхней границы допустимого индивидуального радиационного риска, она составляет $5,0 \cdot 10^{-5}$ чел$^{-1}$ · год$^{-1}$. Значения r, превышающие $5,0 \cdot 10^{-5}$ чел$^{-1}$ · год$^{-1}$, следует считать недопустимыми.

Чтобы рассчитать коллективный радиационный риск, сначала надлежит определить величину коллективной дозы внутреннего облучения. Она равна произведению индивидуальной дозы H на численность коллектива N, подвергшегося такому облучению:

$$K = H \cdot N.$$

Коллективная доза выражается в человека-зивертах.

Коллективный радиационный риск R равен произведению коллективной дозы K на величину коэффициента радиационного риска r_E:

$$R = r_E \cdot K.$$

Коллективный радиационный риск R показывает количество случаев проявления стохастических эффектов, каждый из которых характеризуется сокращением длительности периода полноценной жизни в среднем на β = 15 лет. Перемножая R и β, получим потерю коллективной продолжительности жизни, обозначим ее Δ:

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

Если считать, что средняя продолжительность жизни человека равна 70 годам, то ожидаемая коллективная продолжительность жизни рассматриваемого коллектива численностью N равна:

$$T_K = 70 \cdot N \text{ (лет)}.$$

Относительная потеря коллективной продолжительности жизни δ будет равна:

$$\delta = \frac{\Delta}{T_K} = \frac{\Delta}{70N}.$$

Для одного человека среднее сокращение продолжительности жизни составит $70 \cdot \delta$ (лет). Эта величина, как и значение *r*, также характеризует индивидуальный радиационный риск.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

Задача. Согласно санитарным нормам и правилам СанПиН 2.3.2.560-96, допустимые уровни содержания радионуклидов в сушеных грибах составляет: ^{90}Sr – 250 Бк/кг, ^{117}Cs – 2500 Бк/кг. Рассчитать соответствующие этим уровням значения коллективного и индивидуального рисков, если в течение одного года каждый из жителей некоторой местности использует в пищу в среднем 2 кг сушеных грибов с указанными уровнями содержаний радионуклидов. Численность населения в местности равна 1000 чел. Дозовые коэффициенты (при поступлении радионуклидов с продуктами питания) равны: для ^{90}Sr – $8{,}0 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк, ^{117}Cs – $1{,}3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

Дано:

a_1 (^{90}Sr) = 250 Бк/кг

a_2 (^{117}Cs) = 2500 Бк/кг

ε_1(^{90}Sr) = $8{,}0 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк

ε_2(^{117}Cs) = $1{,}3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк

M = 2 кг/год

t = 1 год

N = 1000 чел

r_E = $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

Найти:

R - ?

r -?

Δ – ?

δ – ?

Решение:

Сначала вычислим риск, обусловленный попаданием в организм раиостронция. Полная активность этого радионуклида:

$$A_1 = a_1 \cdot M \cdot t = 250 \text{ (Бк/кг)} \cdot 2 \text{ (кг/год)} \cdot 1 \text{ (год)} = 500 \text{ Бк.}$$

Вызванная этой активностью эффективная доза внутреннего облучения составит:

$$H_1 = A_1 \cdot \varepsilon_1 = 500 \text{ (Бк)} \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-8} \text{ (Зв/Бк)} = 4{,}0 \cdot 10^{-5} \text{ Зв.}$$

Коллективная эффективная среднегодовая доза:

$$K_1 = H_1 \cdot N = 4{,}0 \cdot 10^{-5} \text{ (Зв)} \cdot 1000 \text{ (чел)} = 0{,}04 \text{ чел·Зв.}$$

Теперь вычислим риск обусловленный попаданием в организм радиоцезия. Полная активность этого радионуклида:

$$A_2 = a_2 \cdot M \cdot t = 2500 \text{ (Бк/кг)} \cdot 2 \text{ (кг/год)} \cdot 1 \text{ (год)} = 5000 \text{ Бк.}$$

Обусловленная этой активностью эффективная доза внутреннего облучения:

$H_2 = A_2 \cdot \varepsilon_2$ = 5000 (Бк) · 1,3·10^{-8} (Зв/Бк) = 6,5·10^{-5} Зв.

Коллективная эффективная среднегодовая доза:

$$K_2 = H_2 \cdot N = 6{,}5 \cdot 10^{-5}\ (\text{Зв}) \cdot 1000\ (\text{чел}) = 0{,}0065\ \text{чел}\cdot\text{Зв}.$$

Полная эффективная среднегодовая доза:

$$K = K_1 + K_2 = 0{,}04 + 0{,}065 = 0{,}105\ \text{чел}\cdot\text{Зв}.$$

Коллективный риск определяется выражением:

$$R = r_E \cdot K = 7{,}3 \cdot 10^{-2}\ (\text{чел}^{-1}\cdot\text{Зв}^{-1}) \cdot 0{,}105\ (\text{чел}\cdot\text{Зв}) = 0{,}008$$ случая проявления стохастических эффектов.

Каждый такой эффект приводит к сокращению длительности периода полноценной жизни в среднем на β = 15 лет. Перемножая 0,008 и 15, получим потерю коллективной продолжительности жизни, равную:

$$\Delta = R \cdot \beta = 0{,}008 \cdot 15 = 0{,}12\ \text{лет}.$$

Если считать, что средняя продолжительность жизни человека равна 70 годам, то ожидаемая коллективная продолжительность жизни рассматриваемой группы составит:

$$T_K = 70 \cdot N = 70 \cdot 1000 = 7 \cdot 10^4\ \text{лет}.$$

Относительная потеря коллективной продолжительности жизни δ будет равна:

$$\delta = \frac{\Delta}{T_K} = \frac{0{,}12(\text{лет})}{7 \cdot 10^4(\text{лет})} = 0{,}0000017 = 0{,}00017\%.$$

Для одного человека среднее сокращение продолжительности жизни составит:

70·δ = 70 · 0,0000017 = 0,00012 года = 0,04 дня = 0,96 часа.

Ответ: R = 0,008 случаев; r = 0,96 часа; Δ = 0,12 лет; δ = 0,00017%.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Среднее значение коэффициента переноса L радиоцезия из супесчанных почв в растения составляет 0,06 Бк·кг/Бк·м$^{-2}$. В Ленинградской области максимальное загрязнение почвы радиоцезием, обусловленное чернобыльскими выпадениями, достигает 1 Ku/км^2. На таких почвах выращен картофель. Рассчитать величину индивидуального радиационного риска, вызванного употреблением этого картофеля в пищу в течение одного года. Среднее количество картофеля в рационе жителя России 124,2 кг в год. Сравнить полученное значение риска с величиной предельно допустимого риска, равной 5·10^{-5} чел$^{-1}$·год$^{-1}$. Считать, что весь цезий (^{137}Cs) остается в организме человека. Дозовый коэффициент ^{137}Cs

равен $1,3\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7,3\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$.

Рассчитать величину коллективного риска для контингента в 1000 человек.

2. Допустимые уровни содержания радионуклидов в хлебе и хлебобулочных изделиях согласно санитарным нормам и правилам (СанПиН 2.3.2.560-96) составляет: радиостронций – 70 Бк/кг, радиоцезий – 40 Бк/кг. Рассчитать соответствующие этим уровням значения коллективного и индивидуального риска для жителей города с населением 100 000 человек, с учетом того, что согласно статистическим данным, каждый житель России съедает за год 130,8 кг хлебопродуктов. Дозовые коэффициенты равны: ^{90}Sr – $8,0\cdot10^{-8}$ Зв/Бк, ^{117}Cs – $1,3\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент радиационного риска равен $7,3\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$.

3. Согласно статистическим данным, в годовой продуктовый набор взрослого жителя России входит 10,9 кг свежей рыбы в год. Какую предельную активность цезия ^{117}Cs может иметь рыба, чтобы не был превзойден уровень пренебрежимого индивидуального риска, который составляет $1,0\cdot10^{-6}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$? Дозовый коэффициент ^{117}Cs равен $1,3\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент радиационного риска равен $7,3\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$.

4. Вода в одном из колодцев региона, пострадавшего в результате Чернобыльской катастрофы, характеризуется удельной активностью радиоцезия, равной 20 Бк/л. Это значение превышает величину уровня вмешательства, которая согласно НРБ-99 принята равной 11 Бк/л. Рассчитать индивидуальный радиационный риск в случае, если человек будет пить воду из этого колодца в течение 5 лет. Считать, что человек выпивает 2 л воды в день, причем весь радиоцезий остается в организме. Дозовый коэффициент ^{117}Cs равен $1,3\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент радиационного риска равен $7,3\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$. Сравнить полученное значение с величиной предельно допустимого риска, равной $5,0\cdot10^{-5}$ $чел^{-1}\cdot год^{-1}$

5. Согласно санитарным нормам и правилам СанПиН 2.3.2.560-96 допустимый уровень удельной активности радиостронция в молоке составляет 25 Бк/кг. Рассчитать индивидуальный радиационный риск в случае, если человек будет пить такое молоко и есть приготовленные из него молочные продукты в течение одного года. Полное количество потребляемого молока и молочных продуктов принимается равным 212,4 кг в год. Дозовый коэффициент ^{117}Cs равен $1,3\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент радиационного риска равен $7,3\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$. Рассчитать коллективный радиационный риск для населения численностью в 1000 человек.

6. В результате разгерметизации оболочки радиоактивного источника, происходящей в некоторой лаборатории, в воздух попал радиоактивный кобальт, объемная активность которого составила 55 Бк/м^3. В течение 2 рабочих дней один из сотрудников этой лаборатории дышал загрязненным воздухом. Оценить индивидуальный риск в виде сокращения ожидаемой длительности жизни. Считать, что весь поступивший радионуклид остается в организме человека. Согласно НРБ-99 количество воздуха, вдыхаемого за один рабочий день, равно примерно 10 м^3. Коэффициент радиационного риска для персонала равен $5,6\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$. Дозовый коэффициент для радиокобальта при поступлении его с воздухом равен $1,2\cdot10^{-8}$ Зв/Бк.

7. По нормам радиационной безопасности, действующим в России (НРБ-99), в эксплуатируемых зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе жилых помещений не должна превышать 200Бк/м^3. Пусть в результате обследования, проведенного в некотором городе, было показано, что 2 000 человек проживают в условиях, характеризующихся значением объемной активности радона (^{222}Rn) и торона (^{220}Rn), равным 100 Бк/м^3. Чему равен риск проживания в таких условиях в течение 20 лет (в виде гипотетического сокращения продолжительности жизни людей)? Дозовый коэффициент ε при поступлении смеси радона и торона с воздухом в организм человека принять равным $4,3\cdot10^{-9}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска установленный НРБ-99, равен $7,3\cdot10^{-2}$ $чел^{-1}\cdot Зв^{-1}$.

8. Согласно СанПиН 2.3.2.560-96, допустимый уровень содержания ^{90}Sr в растительном масле принят равным 80 Бк/кг. Считается, что житель России употребляет в пищу в среднем 10 кг растительного масла в год. Такое масло используют 500 человек. Рассчитать соответствующие этим значениям индивидуальный и коллективный радиационные риски. Дозовый коэффициент ^{90}Sr равен $8{,}0\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$.

9. Согласно НРБ-99 предел допустимого индивидуального риска составляет $5{,}0\cdot10^{-5}$ чел$^{-1}\cdot$год$^{-1}$. Рассчитать соответствующую этому риску удельную активность природного радионуклида ^{40}K в овощах. Считается, что житель России съедает в среднем 94 кг овощей в год. Дозовый коэффициент радиокалия равен $4{,}2\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$.

10. Рассчитать индивидуальный риск, возникающий при потреблении воды, в которой удельная активность радона равна 20 Бк/л. Будет ли превышен предел допустимого риска, равный $5{,}0\cdot10^{-5}$ чел$^{-1}\cdot$год$^{-1}$? Считать, что ежедневно человек выпивает 2 л воды. Выводом радона из организма пренебречь. Дозовый коэффициент радона при поступлении с водой равен $1{,}0\cdot10^{-7}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$.

11. Согласно НРБ-99, значение пренебрежимого индивидуального радиационного риска составляет $1{,}0\cdot10^{-6}$ чел$^{-1}\cdot$год$^{-1}$. Рассчитать соответствующую этому риску удельную активность радиоактивного изотопа трития в питьевой воде. Тритий образуется, в частности, в процессе штатной работы АЭС, и небольшая его часть попадает в воздух и в воду. Считается, что человек, живущий вблизи АЭС, потребляет 2 л воды в день из колодца. Дозовый коэффициент трития (^{3}H) равен $4{,}8\cdot10^{-11}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$.

12. Согласно НРБ-99 предел допустимого индивидуального риска составляет $5{,}0\cdot10^{-5}$ чел$^{-1}\cdot$год$^{-1}$. Рассчитать соответствующую этому риску удельную активность естественного радионуклида ^{40}K в хлебопродуктах. Считается, что житель России съедает в среднем 130,8 кг хлебопродуктов в год. Дозовый коэффициент ^{40}K для поступления с пищей равен $4{,}2\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$.

13. Согласно НРБ-99, предел допустимого индивидуального риска составляет $5{,}0\cdot10^{-5}$ чел$^{-1}\cdot$год$^{-1}$. Рассчитать соответствующую этому риску удельную активность радиокалия в мясопродуктах. Считается, что житель России съедает в среднем 26,6 кг мясопродуктов в год. Дозовый коэффициент ^{40}K равен $4{,}2\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$.

14. По данным Минатома и МЧС России, средние концентрации (объемная активность) ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосферном воздухе к началу XXI в. стабилизировалась и составляет в среднем для Российской Федерации $1{,}2\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 и $4{,}0\cdot10^{-7}$ Бк/м^3 соответственно. Рассчитать приведенные к одному году коллективный и индивидуальный риски, обусловленные комбинированным действием двух радионуклидов, содержащихся в воздухе. При расчете коллективного риска учесть все население России (150 млн чел). Дозовый коэффициент ^{90}Sr при ингаляционном поступлении равен $5{,}0\cdot10^{-8}$ Зв/Бк, а для ^{137}Cs значение этого коэффициента равно $4{,}6\cdot10^{-9}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}\cdot$Зв$^{-1}$. В год в легкие взрослого человека поступает в среднем 8100 м^3 воздуха (НРБ-99).

15. Коэффициент переноса *L* радиоцезия из почвы в плодовое тело грибов принят равным 0,1 Бк·кг/Бк·м$^{-2}$. В Ленинградской области максимальное загрязнение почвы радиоцезием, обусловленное чернобыльскими выпадениями, достигает 1 Ки/км^2. Рассчитать величину индивидуального радиационного риска, связанного с употреблением в пищу в течение года 2 кг грибов, собранных на участках с указанным значением поверхностного загрязнения. Сравнить с величиной предельно допустимого риска, равной $5\cdot10^{-5}$ чел$^{-1}\cdot$год$^{-1}$. Считать, что весь радиоцезий остается в организме человека. Дозовый

коэффициент ^{137}Cs равен $1{,}3\cdot10^{-8}$ Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

Рассчитать величину коллективного риска для группы в 100 человек.

Расчет радиационного риска, связанного с внешним облучением

При расчете радиационного риска, связанного с внешним облучением, используются те же соотношения, что для вычисления риска, обусловленного внутренним облучением. Здесь не нужно вычислять активность радионуклида, требуется знать дозу (или мощность дозы) внешнего облучения, которому подвергается человек. При решении некоторых задач следует использовать НРБ-99, согласно которому облучение коллективной дозой в 1 чел·Зв приводит к потенциальному ущербу, равному 1 чел·году жизни населения.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

Задача. Мощность дозы природного гамма-излучения в районах высокогорий может достигать 8 мЗв в год (влияние космического излучения). Рассчитать колективный радиационный риск для одного миллиона жителей этих районов. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

Дано:

$H' = 8$ мЗв в год$^{-1}$= $8\cdot10^{-3}$ Зв·год$^{-1}$,

t = 70 лет,

$N = 1\cdot10^{6}$ чел,

$r_E = 7{,}3\cdot10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

Найти:

R - ?

Решение:

Приняв среднюю продолжительность жизни, равную 70 годам, получим индивидуальную дозу внешнего облучения за это время:

$$H=H'\cdot t = 8\cdot10^{-3}\ (\text{Зв·год}^{-1})\cdot 70\ (\text{лет}) = 0{,}56\ \text{Зв}.$$

Коллективная доза будет равна:

$$K = H\cdot N = 0{,}56\ (\text{Зв})\cdot 10^{6} = 5{,}6\cdot10^{5}\ \text{чел·зВ}.$$

Согласно НРБ-99, облучение коллективной дозой в 1 чел·зВ приводит к потенциальному ущербу, равному 1 чел·году жизни населения. Следовательно, в рассматриваемом случае ущерб определяется величиной $\alpha = 5{,}6\cdot10^{5}$ чел·год.

Коллективная продолжительность жизни в рассматриваемом примере составит (считается, что средняя продолжительность жизни человека равна 70 годам):

$$T_K = 10^{6}\ (\text{чел})\cdot 70\ (\text{лет}) = 7\cdot10^{7}\ \text{чел·лет}.$$

Относительная потеря коллективной длительности жизни будет равна:

$$\delta = \frac{\alpha}{T_к} = \frac{5{,}6\cdot10^{5}}{7\cdot10^{7}(\text{лет})} = 0{,}008 = 0{,}8\%.$$

Среднее сокращение жизни одного человека:

$$70\cdot\delta = 70\cdot 0{,}008 = 0{,}56\ \text{года}.$$

С другой стороны, коллективный риск R равен произведению коэффициента индивидуального риска и величины коллективной дозы:

$$R = K\cdot r_E = 5{,}6\cdot10^{5}\ (\text{чел·зВ})\cdot 7{,}3\cdot10^{-2}\ (\text{чел}^{-1}\cdot\text{Зв}^{-1}) = 4{,}1\cdot10^{4}.$$

Это означает, что можно ожидать появления неблагоприятных эффектов в 41 тыс. случаев. Согласно НРБ-99 каждый такой случай сопровождается сокращением длительности жизни, равным 15 годам.

Таким образом, потеря коллективной продолжительности жизни составит:

$$\Delta = 15\cdot 4{,}1\cdot10^{4} = 6{,}15\cdot10^{5}\ \text{лет}.$$

Относительная потеря коллективной продолжительности жизни будет равна:

$$\delta = \frac{\Delta}{T_К} = \frac{6{,}15 \cdot 10^5}{7 \cdot 10^7} = 0{,}0088 = 0{,}88\%.$$

Получен практически тот же результат.

Ответ: R = 0,008 случаев.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. При работе на компьютере с катодно-лучевым дисплеем мощность дозы мягкого гамма- и рентгеновского излучения составляет в среднем 0,01 мЗв в год. Рассчитать индивидуальный радиационный риск при работе на компьютере на протяжении 20 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

2. Из-за повышенного содержания естественных радионуклидов в глине в некотором кирпичном доме мощность дозы гамма-излучения составляет в среднем 50 микрорентген в час, или 0,5 мкЗв в час. Рассчитать индивидуальный радиационный риск проживания в таком доме, если человек находится в нем 12 часов в сутки 300 дней в году в течение 15 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$. Рассчитать коллективный риск для жителей численностью 400 человек.

3. В непосредственной близости от ТЭС, работающей на каменном угле, мощность дозы гамма-излучения за счет выбросов естественных радионуклидов (находящихся в топливе и перешедших в продукты сгорания) в атмосферу составляет в среднем 0,06 мЗв в год. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационные риски для населения численностью 10 000 человек, проживающего в данной местности в течение 10 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

4. Мощность дозы гамма-излучения на протяженном выходе биотитового гранита на земную поверхность равна 2,4 мЗв в год. На этом месте расположен жилой дом. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационные риски для 80 человек, проживающих в этом доме и работающих в данной местности в течение 10 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

5. Мощность дозы гамма-излучения в приповерхностном слое воздуха из-за загрязнений радионуклидами почвы равна 80 мкР в час. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационные риски для 1500 человек, живущих и работающих в данной местности в течение 10 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

6. Средняя мощность дозы природного гамма-излучения на высоте полета пассажирских авиалайнеров составляет 50 мЗв в год (из-за влияния космического излучения). Рассчитать индивидуальный радиационный риск для человека, проведшего в салоне самолета 100 часов за 3 года. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$.

7. При просмотре телевизионных передач (3 часа в сутки) мощность дозы мягкого гамма- и рентгеновского излучения на расстоянии 2 м от экрана катодно-лучевой трубки (имеются ввиду кинескопы не на жидких кристаллах) составляет, в среднем, 0,02 мЗв в год. Рассчитать индивидуальный радиационный риск, если человек проводит у телевизора каждый вечер в течение 20 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ чел$^{-1}$·Зв$^{-1}$. Вычислить коллективный риск для 100 тысяч телезрителей.

8. Мощность дозы внешнего облучения персонала в зоне аэропорта может достигать 8,0 мЗв/год (индивидуальная доза). Необходимо оценить коллективный радиационный риск R для 1,5 тыс. человек персонала за 10 лет работы в аэропорту.

9. В результате разгерметизации оболочки гамма-дефектоскопа во время сборки корпуса воздушного корабля в воздух попал радионуклид кобальт-60 с объемной активностью 500 Бк/м^3. На протяжении 2 суток дней 1000 работников пребывали в зоне загрязнения (в силу не проведенного вовремя мониторинга). Масса воздуха, поступившая в организм человека V = 10 м^3/сут. Дозовый коэффициент ^{60}Co E=$1{,}2 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк.

Коэффициент индивидуального радиационного риска для персонала r_E= 5,6·10^{-2} $чел^{-1}$ $Зв^{-1}$. Необходимо оценить индивидуальный риск r и коллективную дозу R, полученную работниками во время выполнения работ.

10. Мощность дозы внешнего облучения персонала в зоне аэропорта может достигать 6,0 мЗв/год (индивидуальная доза). Необходимо оценить коллективный радиационный риск R для 0,25 тыс. человек персонала за 30 лет работы в аэропорту.

11. В результате разгерметизации оболочки гамма-дефектоскопа во время сборки корпуса воздушного корабля в воздух попал радионуклид стронций-90 с объемной активностью 600 Бк/$м^3$. На протяжении 2,5 суток дней 1500 работников пребывали в зоне загрязнения (в силу не проведенного вовремя мониторинга). Масса воздуха, поступившая в организм человека V = 10 $м^3$/сут. Дозовый коэффициент ^{90}Sr E =1,6·10^{-8} Зв/Бк. Коэффициент индивидуального радиационного риска для персонала r_E= 5,6·10^{-2} $чел^{-1}$ $Зв^{-1}$. Необходимо оценить индивидуальный риск r и коллективную дозу R, полученную работниками во время выполнения работ.

12. Мощность дозы гамма-излучения на протяженном выходе биотитового гранита на земную поверхность равна 2,4 мЗв в год. На этом месте расположен жилой дом. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационные риски для 180 человек, проживающих в этом доме и работающих в данной местности в течение 15 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен 7,3·10^{-2} $чел^{-1}$·$Зв^{-1}$.

13. Мощность дозы внешнего облучения персонала в зоне аэропорта может достигать 6,0 мЗв/год (индивидуальная доза). Необходимо оценить коллективный радиационный риск R для 1 тыс. человек персонала за 25 лет работы в аэропорту.

14. Мощность дозы гамма-излучения на протяженном выходе биотитового гранита на земную поверхность равна 2,4 мЗв в год. На этом месте расположен жилой дом. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационные риски для 100 человек, проживающих в этом доме и работающих в данной местности в течение 10 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен 7,3·10^{-2} $чел^{-1}$·$Зв^{-1}$.

15. Мощность дозы гамма-излучения на протяженном выходе биотитового гранита на земную поверхность равна 2,4 мЗв в год. На этом месте расположен жилой дом. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационные риски для 120 человек, проживающих в этом доме и работающих в данной местности в течение 30 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен 7,3·10^{-2} $чел^{-1}$·$Зв^{-1}$.

СОКРАЩЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТРУДА И ПРОЖИВАНИЯ

Неблагоприятные условия труда – условия труда, отягощенные вредными и опасными факторами производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Ущерб здоровью – нарушения целостности организма или профессиональные заболевания, а также эффекты в виде генетических изменений, нарушений репродуктивной функции, снижения психической устойчивости.

Сокращение продолжительности жизни (СПЖ) – предположительное время сокращения продолжительности жизни в сутках конкретного человека на момент расчета в зависимости от условий его труда и быта.

Риск – вероятность реализации негативного воздействия (травма, гибель) в зоне пребывания человека.

При суточной миграции человека во вредных условиях жизненного пространства суммарная оценка ущерба здоровью может быть определена через подсчет времени сокращения продолжительности жизни в сутках по приближенной формуле:

$$СПЖ = СПЖ_{ПР} + СПЖ_{Г} + СПЖ_{Б},$$

где $СПЖ_{ПР}$, $СПЖ_{Г}$, $СПЖ_{Б}$ – сокращения продолжительности жизни при пребывании, соответственно, в условиях производства, города и быта, (сут).

Расчет снижения продолжительности жизни осуществляется:

1. По фактору неблагоприятных условий производства:

$$СПЖ_{ПР} = (К_{ПР} + К_{Т} + К_{Н}) \cdot (Т - Т_{Н}),$$

где $К_{ПР}$, $К_{Т}$, $К_{Н}$ – ущерб здоровью на основании оценки класса условий производства, тяжести и напряженности труда, сут/год (таблицы 2 и 3);

Т – возраст человека, год;

$Т_{Н}$ – возраст начала трудовой деятельности.

2. По фактору неблагоприятных жилищных бытовых условий и загрязненного воздуха в городе:

$$СПЖ_{Б,Г} = (К_{Б} + К_{Г}) \cdot Т,$$

где $К_{Б}$, $К_{Г}$ – скрытый ущерб здоровью в условиях бытовой и городской среды, сут/год (таблица 4).

3. По факту курения с учетом сомножителя (n/20):

$$СПЖ_{Б(курение)} = К_{Б}Т_{К} \cdot \left(\frac{n}{20}\right),$$

где n –количество выкуриваемых сигарет в день;

$Т_{К}$ – стаж курильщика.

4. По факту езды в общественном транспорте

$$СПЖ_{Г(транспорт)} = К_{Г}Т_{Т}t,$$

где $Т_{Т}$ – количество лет езды на работу в общественном транспорте;

t – суммарное количество часов, затрачиваемое человеком ежедневно на проезд домой и на работу в оба конца.

Расчет носит вероятностный характер и позволяет ценить влияние наиболее весомых факторов, характеризующих качество жизни конкретного человека.

Классификация условий труда по степени вредности и опасности

Условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Оптимальные условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

Допустимые условия труда (2 класс) при которых факторы не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма, восстанавливаются во время отдыха или к началу следующей смены.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуется наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются на 4 степени вредности:

1 степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами;

2 степень 3 класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие к появлению начальных признаков профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

3 степень 3 класса (3.3) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести с временной утратой трудоспособности;

4 степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создают угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Градация условий труда в зависимости от степени отклонения действующих факторов производственной среды и трудового процесса от гигиенических нормативов представлена в таблицах 7-9.

Уровни вредных воздействий, реально возможные в условиях производства, не ограничиваются значениями, соответствующими классу 3.4. При более высоких значениях уровней вредных факторов их воздействие на человека может стать травмирующим класса 4. Пороговые значения таких уровней вредных факторов для 4 класса приведены в таблице 1.

Следует отметить, что работа в условиях труда 4 класса не допускается, за исключением ликвидации аварий и проведение экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций. При этом работы должны проводится с применением средств индивидуальной защиты и при строгом соблюдении режимов проведения работ.

Таблица 1 – Пороговые значения уровней вредных факторов для класса 4

Вредные факторы	**Значение уровня**
Вредные вещества 1-2 класса опасности	> 20 ПДК
Вредные вещества, опасные для развития острого отравления	> 10 ПДК
Шум, дБА	Превышение ПДУ > 35
Вибрация локальная, дБ	Превышение ПДУ > 12
Вибрация общая, дБ	Превышение ПДУ > 24
Тепловое облучение	> 2800 Вт/км^2
Электрические поля промышленной частоты	> 40 ПДУ
Лазерное излучение	> 1000 ПДУ при однократном воздействии

Нормативные значения вредных и опасных факторов приведены в справочной литературе.

Оценка влияния факторов на здоровье человека

Воздействие вредных факторов на здоровье человека определяется их уровнями, совокупностью факторов и длительностью пребывания человека в этих зонах (таблицы 1-6).

Шкала оценки ущерба здоровью с учетом влияния возможных сочетаний вредных факторов и их уровней, тяжести и напряженности трудового процесса на здоровье работающих (таблицы 2-3).

Таблица 2 – Скрытый ущерб здоровью на основании общей оценки класса условий труда

Фактические условия труда	**Класс условий труда**	**Ущерб, суток за год $К_{ПР}$ ($К_Н$)**
1 фактор класса 3.1	3.1	2,5
2 фактора класса 3.1	3.1	3,75 +
3 и более факторов класса 3.1	3.2	5,1
1 фактор класса 3.2	3.2	8,75 +
2 и более факторов класса 3.2	3.3	12,6
1 фактор класса 3.3	3.3	18,75 +
2 и боле факторов класса 3.3	3.4	25
1 фактор класса 3.4	3.4	50,0 +
2 и более факторов класса 3.4	4	75,1
Наличие факторов класса 4	4	75,1

Таблица 3 – Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса

Фактические условия труда	**Класс условий труда**	**Ущерб, суток за год $К_Т$**
Менее 3 факторов класса 2	2	-
3 и более факторов класса 2	3.1	2,5
1 фактор класса 3.1	3.1	3,75
2 и более факторов класса 3.1	3.2	5,1
1 фактор класса 3.2	3.2	8,75
2 фактора класса 3.2	3.3	12,6
Более 2 факторов класса 3.2	3.3	18,75

Методика количественной оценки ущерба здоровью при работе в неблагоприятных условиях труда включает следующие этапы:

1. Производится оценка условий труда на рабочем месте по каждому негативному фактору, указанному в описании варианта, и устанавливается класс вредности условий труда (таблицы 7-9).

2. Оценивается ущерб здоровью в виде сокращения продолжительности жизни $К_{ПР}$ от класса условий труда на производстве по таблице 2.

3. При оценке ущерба здоровью только по показателю тяжести трудового процесса используют данные таблицы 3.

4. При оценке ущерба здоровью только по показателю напряженности трудового процесса величину ущерба принимают по классу условий труда по данным таблицы 2 указанным в графе со знаком «+».

5. Учет влияния вредных факторов городской и бытовой сред на здоровье людей обычно проводится по упрощенным показателям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской ($К_Г$) и бытовой ($К_Б$) среды, сутки/год

Факторы городской среды	**$К_Г$**
Загрязнение воздуха в крупных городах	5
Езда в час «пик» в общественном транспорте	2
Факторы бытовой среды	**$К_Б$**
Проживание в неблагоприятных жилищных условиях	7
Курение по 20 сигарет в день	50

Градация условий труда

Градация условий в зависимости от степени отклонения действующих факторов производственной среды и трудового процесса от гигиенических нормативов:

Таблица 6 – Риск принудительной гибели людей в непроизводственных условиях

Причина	**Риск гибели человека**
Автокатастрофа	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$
Авиакатастрофа	$1 \cdot 10^{-5}$
Электротравма	$6 \cdot 10^{-6}$
Падения человека	$1 \cdot 10^{-4}$
Падение предметов на человека	$6 \cdot 10^{-6}$
Воздействие пламени	$4 \cdot 10^{-5}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$
Авария на АЭС	$5 \cdot 10^{-7}$
Природные явления (молнии, ураганы и пр.)	10^{-6}-10^{-7}

Таблица 7 – Классы условий труда в зависимости от условий труда

Фактор рабочей среды	**Классы условий труда**					
	1 оптимальный	**2 допустимый**	**3.1 вредный 1 степени**	**3.2 вредный 2 степени**	**3.3 вредный 3 степени**	**3.4 вредный 4 степени**
1	2	3	4	5	6	7
Температура воздуха на рабочем месте, ºС: теплый период холодный период	18…20 20…22	21…22 17…19	23…28 15…16	29…32 7…14	33…35 ниже +7	>35 -
Токсичное вещество, кратность превышения ПДК, раз	-	≤ 1	1,0-2,5	2,6-4,0	4,0-6,0	> 6
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК, раз	-	≤ 1	1-5	6-10	11-30	> 30
Вибрация, превышение ПДУ, дБ	ниже ПДУ	на уровне ПДУ	1-3	4-6	7-9	> 9
Промышленный шум, превышение ПДУ, дБ	< 1	равно ПДУ	1-5	6-10	> 10	> 10 с вибрацией
Ультразвук, превышение ПДУ, дБ	< 1	равно ПДУ	1-5	6-10	11-20	> 20
Интенсивность теплового излучения, Вт/м^2 Освещенность рабочего места, лк: Мин. объект различ., мм Разряд работы	≤ 140 > 1 5-9	141-1000 1,0…0,3 3-4	1001-1500 < 0,3 1-2	1501-2000 > 0,5 4-9	2001-2500 < 0,5 1-3	> 2500

Таблица 8 – Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса

Показатели тяжести трудового процесса	**Классы условий труда**			
	Оптимальный (легкая физическая нагрузка)	**Допустимый (средняя физическая нагрузка)**	**Вредный (тяжелый труд)**	
			1 степени	**2 степени**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1 Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг·м)				
1.1 При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м: для мужчин для женщин	 до 2500 до 1500	 до 5000 до 3000	 до 7000 до 4000	 > 7000 > 4000
1.2 При общей нагрузке (с участим мышц рук, корпуса, ног):				
1.2.1 При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м для мужчин для женщин	 до 12500 до 7500	 до 25000 до 15000	 до 35000 до 25000	 > 35000 >25000
1.2.2 При перемещении груза на расстояние более 5 м для мужчин для женщин	 до 24000 до 14000	 до 46000 до 28000	 до 70000 до 40000	 >70000 >40000
2 Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг)				
2.1 Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час): для мужчин для женщин	 до 15 до 5	 до 30 до 10	 до 35 до 12	 более 35 более 12
2.2 Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены: для мужчин для женщин	 до 5 до 3	 до 15 до 7	 до 20 до 10	 более 20 более 10
2.3 Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены:				
2.3.1 С рабочей поверхности для мужчин для женщин	 до 250 до 100	 до 870 до 350	 до 1500 до 700	 > 1500 > 700
2.3.2 С пола для мужчин для женщин	 до 100 до 50	 до 435 до 175	 до 600 до 350	 более 600 более 350

3 Стереотипные рабочие движения (количество за смену)				
3.1 При локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук)	до 20000	до 40000	до 60000	более 60000
3.2 При региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	до 10000	до 20000	до 30000	более 30000
4 Статическая нагрузка – величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий (кгс-с)				
4.1 Одной рукой: для мужчин для женщин	до 18000 до 11000	до 36000 до 22000	до 70000 до 42000	> 70000 > 42000
4.2 Двумя руками: для мужчин для женщин	до 36000 до 22000	до 70000 до 42000	до 140000 до 84000	> 140000 > 84000
4.3 С участием мышц корпуса и ног: для мужчин для женщин	до 43000 до 26000	до 100000 до 60000	до 200000 до 120000	> 200000 > 120000
5 Рабочая поза				
5.1 Рабочая поза	Свободная, удобная поза,	Периодическое, до 25% времени смены,		Периодическое, более 50% времени смены,
	возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40 % времени смены.	нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.) и/или фиксированной позе (невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга). Нахождение в позе стоя до 60 % времени смены.	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т.п.) до 25 % времени смены. Нахождение в позе стоя до 80 % времени смены.	нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т.п.) более 25 % времени смены. Нахождение в позе стоя более 80% времени смены.
6 Наклоны корпуса				
6.1 Наклоны корпуса (вынужденные более 30º), количество за смену	до 50	51-100	101-300	свыше 300
7 Перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом				
7.1 По горизонтали	до 4	до 8	до 12	более 12
7.2 По вертикали	до 1	до 2,5	до 5	более 5

Таблица 9 – Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса

Показатели напряженности трудового процесса	**Классы условий труда**			
	Оптимальный (напряженность труда легкой степени)	**Допустимый (напряженность труда средней степени)**	**Вредный (напряженный труд)**	
			1 степени	**2 степени**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1 Интеллектуальные нагрузки:				
1.1 Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях
1.2 Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности
1.3 Распределение функций по степени сложности задания	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам
1.4 Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Работа в условиях дефицита времени	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат
2 Сенсорные нагрузки				
2.1 Длительность сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	До 25	26-50	51-75	Более 75
2.2 Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы	До 75	76-175	176-300	Более 300
2.3 Число производственных объектов одновременного наблюдения	До 5	6-10	11-25	Более 25

2.4 Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения не более 0,5 м) в мм при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	Более 5 мм – 100 %	5-1,1 мм – более 50 %; 1-0,3 мм – до 50 %; менее 0,3 мм – до 25 %	1-0,3 мм – более 50 %; менее 0,3 мм – 26-50 %	Менее 0,3 мм – более 50 %
2.5 Работы с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	До 25	26-50	51-75	Более 75
2.6 Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену): при буквенно-цифровом типе информации при графическом типе отображения информации	До 2 До 3	До 3 До 5	До 4 До 6	Более 4 Более 6
2.7 Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	Разборчивость слов и сигналов от 100 до 90 %. Помехи отсутствуют	Разборчивость слов и сигналов от 90 до 70 %. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 3,5 м	Разборчивость слов и сигналов от 70 до 50 %. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 2 м	Разборчивость слов и сигналов менее 50 %. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 1,5 м
2.8 Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю)	До 16	До 20	До 25	Более 25
3 Эмоциональные нагрузки				
3.1 Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет х ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера и т.д)	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влечет за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т.п.)	Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Влечет за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса и может возникнуть опасность для жизни

3.2 Степень риска для собственной жизни	Исключена			Вероятна
3.3 Степень ответственности за безопасность других лиц	Исключена			Возможна
3.4 Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональных профессиональной деятельностью, за смену	Отсутствуют	1-3	4-8	Более 8
4 Монотонность нагрузок				
4.1 Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	Более 10	9-6	5-3	Менее 3
4.2 Продолжительность (в с) выполнения простых заданий или повторяющихся операций	Более 100	100-25	24-10	Менее 10
4.3 Время активных действий (в % к продолжительности и смены). В остальное время – наблюдение за ходом производственного процесса	20 и более	19-10	9-5	Менее 5
4.4 Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены)	Менее 75	76-80	81-90	Более 90
5 Режим работы				
5.1 Фактическая продолжительность рабочего дня	6-7 ч	8-9 ч	10-12 ч	Более 12 ч
5.2 Сменность работы	Односменная работа (без ночной смены)	Двухсменная работа (без ночной смены)	Трехсменная работа (работа в ночную смену)	Нерегулярная сменность с работой в ночное время
5.3 Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность	Перерывы регламентированы, достаточной продолжительности: 7% и более рабочего времени	Перерывы регламентированы, недостаточной продолжительности: от 3% до 7% рабочего времени	Перерывы не регламентированы, недостаточной продолжительности: до 3% рабочего времени	Перерывы отсутствуют

Расчет сокращения продолжительности жизни в зависимости от условий труда и проживания

Порядок выполнения практического задания

1. Внимательно изучите вариант задания.
2. Определите класс условий труда в соответствии с заданием по таблицам 7-9.
3. Проведите количественную оценку ущерба здоровью при работе в неблагоприятных условиях труда по таблицам 2 и 3, а также жизни в городе и в быту по таблице 4.
4. Оцените риск получения травмы $R_{тр}$ и риск гибели на производстве $R_{си}$ согласно формулам (8) и (9), зная величины $K_ч$ и $K_{си}$ из таблицы 5, а риск гибели в непроизводственных условиях $R_Б$ и $R_Г$ из таблицы 6.
5. Сделайте выводы и предложите рекомендации по увеличению СПЖ и снижению риска $R_{тр}$ и $R_{си}$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели мастера (инженера) участка виброуплотнения и термообработки стержневых смесей литейного цеха.

Условия на рабочем месте: Вентиляция в цехе работает не эффективно. Печи электрические, работают на частоте 3,0 МГц с интенсивностью поля, превышающей нормы в > 5 раз. Вибрация на рабочем месте мастера превышает допустимую на 12 дБ. Уровень шума превышает допустимый на 15 дБА. Напряженность электрической составляющей превышает предельно допустимый уровень в 3 раза, так как печь старая и отсутствует экранирование индуктора. Интенсивность теплового потока на рабочем месте 1,05 кВт/м^2 (норма 0,35 кВт/м^2). Запыленность алюминиевой, магниевой пылью (2 класс опасности), загазованность воздуха превышает ПДК в 7 раз.

Мастер живет за городом, куда добирается на электричке и автобусе в течение 1,5 часа. Дом его расположен около железнодорожного переезда и уровень инфразвука (ИЗ) от маневровых паровозов в доме в ночное время превышает ПДУ на 10 дБ. Ему 60 лет, из них 45 лет он курит и выкуривает среднем до 12 сигарет в день.

2. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели инженера-разработчика, металлургического завода, 56 лет. Стаж работы – 26 лет. Время езды на общественном транспорте (метро, троллейбус) до места работы – 1 ч. Выкуривает 15 сигарет в день в течение 25 лет.

Условия на рабочем месте: Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – < 3; разряд зрительной работы – 2. Превышение допустимого уровня звука дБа – 2. РМ стационарное, поза свободная. Масса перемещаемых грузов – до 5 кг. Продолжительность рабочего времени – 8 часов.

Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 6. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности сены – 35. Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.

3. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели оператора ПЭВМ, 29 лет лаборатории механического завода. Стаж работы – 5 лет. Время езды на общественном транспорте (маршрутное такси) до места работы – 0,6 ч. Выкуривает 20 сигарет в день в течение 12 лет.

Условия на рабочем месте. Температура воздуха на РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – < 3; разряд зрительной работы – 2. Превышение допустимого уровня звука,

дБ – 2. РМ стационарное, поза несвободная – до 20 % времени в наклонном положении до 30º. Работа в две смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 8. Число важных объектов наблюдения – 2. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 70 часов. Число движений пальцев в час – 2600. Монотонность: число приемов операций, с – 20. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.

4. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели оператора стенда контроля авиационных двигателей – 60 лет. Работает с 40 лет. Курит с 17 лет по 15 сигарет в день. Живет за городом, сидит на работу на метро и троллейбусе – 2 часа.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 26-27. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – >1; разряд зрительной работы – 3. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 6. РМ стационарное, поза свободная – до 20 % времени в наклонном положении до 30º. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 8. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 40. Число важных объектов наблюдения – 5. Вибрация, превышение ПДУ, дБ – 4. Число движений пальцев в час – 100. Монотонность: число приемов в операции – 3; длительность повторяющихся операций, с – 35. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану с возможностью коррекции. Токсическое вещество, кратность превышения ПДК – 2.

5. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели сотрудника (ВЦ) вычислительного центра, 47 лет. Работает с 23 лет. Курит с 25 лет по 20 сигарет в день. Живет далеко от ВЦ, добирается к месту работы на велосипеде за 1,6 часа.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 21. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – < 0,3; разряд зрительной работы – 2. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 5. РМ стационарное, поза свободная. Работа в две смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 6. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 95. Обоснованный режим труда и отдыха с применения функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану и общения с людьми.

6. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели монтажника печатных плат, 45 лет, механического завода. Стаж работы – 25 лет. Добирается до работы пешком за 0,7 ч через ж/д пути, автомобильные переезды. Не курит.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 23. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – 0,5; разряд зрительной работы – 3. Превышение допустимого уровня звука, дБа –5. РМ стационарное, поза свободная. Масса перемещаемых грузов – до 5 кг. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 6. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 80. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по индивидуальному плану. Токсическое вещество (пары свинца) – кратность превышения ПДК – 2,2.

7. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели оператора гибкого автоматизированного комплекса, которому 48 лет. Живет оператор в крупном городе, домой добирается на метро за 40 минут, курит по 10 сигарет в день в течение 30 лет.

Условия на рабочем месте: РМ оснащено компьютером буквенно-цифрового типа, на котором на работает более 4 часов за смену, и пультом управления с большим числом

контрольно- измерительных шкальных приборов. Оператор постоянно, с длительностью сосредоточенного наблюдения более 45 % от времени смены, обрабатывает информацию, внося коррекцию в работу комплекса. При этом он несет полную ответственность за функциональное качество вспомогательных работ, а также за обеспечение непрерывного производственного процесса. Обеспечение последнего зависит от оперативного принятия управленческих решений. Работа комплекса связана с механической высокоскоростной обработкой высоколегированных сталей. Работа 2-сменная с ночной сменой. Продолжительность смены 10 часов. Помещение комплекса с пультом управления не имеет окон, в нем предусмотрена общеобменная вытяжная вентиляция.

8. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели инженера-исследователя в центральной заводской лаборатории, 45 лет. Стаж работы – 25 лет. Курит с 22 лет по 25 сигарет в день. Живет за городом, в экологически чистом районе. Добирается к месту работы на велосипеде за 1,2 часа.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 25-26. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – 0,45; разряд зрительной работы – 3. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 10. РМ стационарное, поза несвободная – до 50 % времени в наклонном положении. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 6. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 60. Число важных объектов наблюдения – 7. Число движений пальцев в час 120. Монотонность: число приемов в операции – 7; длительность повторяющихся операций, с – 60. Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану.

9. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели 50-летнего инженера, поступившего работать мастером окрасочного цеха завода в 25 лет. Курит 25 лет по 20 сигарет в день.

Условия на рабочем месте: Содержание в составе лакокрасочного аэрозоля аэрозоля токсичных веществ стирола, фенола, формальдегида составляет 15 ПДК. Уровни шума при пневматической окраске превышает ПДУ на 26 дБА, освещенность в цехе из-за постоянного наличия лакокрасочного тумана составляет меньше $0{,}5 \cdot E_{нор}$; уровень статического электричества при окраске с помощью центробежной электростатической установки УЭРЦ – 1 составляет < 5 ПДУ.

Степень ответственности за окончательный результат работы (боязнь остановки техпроцесса, возможность возникновения опасных ситуаций для жизни людей и др.). Дефицит времени по напряженности труда. Живет инженер в районе завода.

10. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели 55-летнего инженера. Работающего мастером на деревообрабатывающем заводе. Содержание в составе лакокрасочного аэрозоля токсичных веществ – стирола, фенола, формальдегида составляет 10 ПДК. Уровни шума при пневматической окраске превышает ПДУ на 25 дБА, освещенность в цехе из-за постоянного наличия лакокрасочного тумана составляет меньше $0{,}5 \cdot E_{нор}$; уровень статического электричества при окраске с помощью центробежной электростатической установки УЭРЦ – 1 составляет < 3 ПДУ.

Степень ответственности за окончательный результат работы (боязнь останови техпроцесса). Дефицит времени по напряженности труда. Живет инженер далеко от завода и на дорогу на общественном транспорте (автобус) тратит 1,5 ч. Не курит.

11. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели оператора дисплея автоматической линии по производству изделий механической обработкой, 34 года. Механический завод, цех. Стаж работы – 11 лет. Живет рядом с заводом, ходит пешком. Курит по 25 сигарет в день.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 19-20. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – 1; разряд зрительной работы – 4. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 5. РМ стационарное, поза несвободная – до 20 % времени в наклонном положении до 30º. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 4. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 45. Число важных объектов наблюдения – 8. Число движений пальцев в час 120. Монотонность: число приемов в операции – 6; длительность повторяющихся операций, с – 20. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану. Промышленная пыль, кратность превышения ПДК -1,5.

12. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели оператора дисплея в промышленном производстве, 44 года. Работает с 22 лет. Курит с 16 лет по 15 сигарет в день. Живет далеко от центра. Рядом находится автозаправочная станция. На работу ездит на маршрутном такси. Время в пути – 40 мин.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 19-20. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – < 0,3; разряд зрительной работы – 2. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 2. РМ стационарное, поза несвободная – до 20 % времени в наклонном положении до 30º. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 6. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 60. Число важных объектов наблюдения – 6. Число движений пальцев в час 100. Вредное вещество (тетрабромэтан), кратность превышения ПДК -1,3. Монотонность: число приемов в операции – 6; длительность повторяющихся операций, с – 20. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану. Промышленная пыль, кратность превышения ПДК - 3.

13. Определите величину сокращения продолжительности жизни маляра – женщины, которая окрашивает промышленные изделия с помощью краскопульта, весом 1,8 кг, в течение 80% смены, т.с. 23040 с, при этом она выполняет около 30 движений с большой амплитудой в минуту.

Живет работница рядом с хлебозаводом, который работает круглосуточно. Система вентиляции создают в ночное время уровни шума, превышающие ПДУ на 25 дБА. Добирается домой на двух видах транспорта в течение 1 часа 15 мин. Она курит в течение уже 20 лет, в среднем по 15 сигарет в день, ей 55 лет, рабочий стаж 35.

14. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели инженера, работающего на установке для определения плотности металла, 36 лет. Живет за городом, добирается к месту работы на автобусе и троллейбусе – 1,2 ч. Курит 10 сигарет в день в течение 15 лет. Стаж работы – 13 лет.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 22. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – < 0,3; разряд зрительной работы – 1. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 3. РМ стационарное, поза вынужденная – до 50 % времени смены. Работа в две смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 5. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 40. Вредное вещество (тетрабромэтан), кратность превышения ПДК -1,3. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному плану с возможной коррекцией.

15. Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели оператора стенда контроля выхлопных газов автобазы, 38 лет. Живет недалеко от работы, по маршруту движения – оживленная магистраль.

Условия на рабочем месте: Температура воздуха на РМ в теплый период года, ºС – 27. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: размер объекта, мм – > 1; разряд зрительной работы – 2. Превышение допустимого уровня звука, дБа – 15. РМ стационарное, поза несвободная – до 30% времени в наклонном положении до 30º. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч – 8. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены – 30. Число важных объектов наблюдения – 3. Вибрация, кратность превышения ПДУ, дБ – 5. Монотонность: число приемов в операции – 3; длительность повторяющихся операций, с – 45. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану с возможностью коррекции. Токсическое вещество ПДК – 1,5.

Оценка экологического риска предприятия

Любая производственная система является источником экологического риска.

Экологический риск – вероятность возникновения и масштабы распространения опасных экологических ситуаций.

Наиболее распространенными факторами экологического риска являются образование отходов производства, загрязнение водоемов и атмосферного воздуха вредными веществами.

Существует несколько применяемых на практике методов оценки экологического риска, в частности известен метод суммирования уровней факторов риска, определяемых отношением их количественных характеристик к некоторым удельным параметрам окружающей среды, принимаемых в качестве базовых. Обобщенная формула расчета экологического риска ($R_э$) методом суммирования уровней факторов риска:

$$R_э = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} У_i \cdot 100(\%), \qquad (1)$$

где $У_i$ – уровень i-го фактора, изменяющийся в пределах от 0 до 1; n – количество учитываемых факторов риска.

Обычно оцениваются пять комплексных факторов экологического риска: уровень повреждения ландшафтов ($У_{п.л.}$), уровень энергетического загрязнения ($У_{э.з.}$), уровень образования отходов производства ($У_{о.п.}$), уровень загрязнения водоемов ($У_{з.в.}$) и уровень загрязнения атмосферного воздуха ($У_{з.а.}$).

В общем виде расчет уровней осуществляется по формуле:

$$У_i = k\frac{x_i}{x_0}, \qquad (2)$$

где x_i – соответствующий фактор загрязнения (площадь территории, количество отходов, объем воды и т.д.); x_0 – константы, обозначающие удельные величины соответствующих факторов (для удобства обычно равны 1000 га, 1000 т, 1000 м^3 и т.д.); k – коэффициент коррекции.

Таким образом, формула для расчета экологического риска принимает вид:

$$R_э = 0{,}02(\alpha S_n + \beta S_э + \gamma M_0 + \delta V_b + \sigma A_0)(\%),$$

где S_n –площадь ландшафтных повреждений (карьеры; шахты; места складирования сырья, материалов, отходов; площадки транспортных и инженерных коммуникаций и т.д.), га; $S_э$ – площадь территорий, подверженных экологическому воздействию (повышенный уровень шума, инфразвука, электромагнитных и других излучений), га; M_0 – среднемесячное количество неутилизированных отходов, т; V_b – среднемесячный объем

воды, загрязненность которой выше ПДК, $м^3$; A_0 – среднемесячная масса вредных веществ выбрасываемых в атмосферу, т.

Корреляционные коэффициенты определяются по следующей схеме:

- $\alpha \leq 1$, если глубина повреждения ландшафта не превышает 1 м, а при большей глубине $\alpha = 1+0,1$ на каждый последующий метр глубины повреждения;

- $\beta \leq 1$, если энергетическое загрязнение среды не превышает предельно допустимый уровень (ПДУ), а в случае превышения $\beta = 1+0,1$ за каждые 1 % превышения ПДУ;

- γ, δ, σ равны 2, если загрязняющие вещества относятся к первому классу опасности; 1,5 – ко второму; 1,0 – к третьему и 0,5 – к четвертому.

Значения экологического риска могут изменяться от 0 до 100 % и более. Варианты ранжирования предприятий по величине экологического риска представлены в таблице 1.

Таблица 1– Экологическая характеристика производства по величине экологического риска

Степень экологической опасности	**Величина экологического риска,%**
Безопасное	1 и менее
Относительно безопасное	1-5
Опасное	5-25
Особо опасное	25-50
Чрезвычайно опасное	Более 50

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

Используя данные приведенные в таблице 2, оцените экологический риск предприятия. К какому классу по степени экологической опасности оно относится?

Таблица 2 – Данные для расчета

	Показатель							
Вариант	Площадь ландшафтных повреждений, га	Глубина ландшафтных повреждений, м	Площадь энергетического загрязнения	Превышение ПДУ, %	Среднемесячное количество неутилизированных отходов, т	Класс опасности отходов	Среднемесячный объем воды с загрязнением выше ПДК, $м^3$	Среднемесячная масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, т
1	90	1,4	88	3	10	2	1300	130

2	95	1,3	76	4	4,5	3	2300	230
3	100	2,5	45	5	7,6	4	5700	210
4	105	2,3	88	6	8,2	2	2700	170
5	86	1,2	34	7	20	4	200	150
6	79	1,7	36	6	11,6	2	300	190
7	23	2,4	76	3	16.5	3	4200	120
8	56	2,2	23	2	14,3	3	3500	150
9	89	2,1	74	6	18.5	2	1600	140
10	23	2,7	81	7	20	4	4800	170
11	76	2,2	104	3	3,7	1	2400	180
12	23	1,9	123	5	18,1	2	2600	200
13	46	1,8	165	4	19,5	3	2900	130
14	87	1,5	143	8	3,2	1	3900	230
15	54	1,7	34	10	6,8	4	700	130

Определение ущерба от нерационального природопользования

Под ущербом понимают фактические или возможные экономические потери в результате изменения природной среды под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Ущерб сельскому хозяйству от загрязнения среды определяется:

а) изъятием земель из сельскохозяйственного оборота;

б) недобором продукции растениеводства в результате снижения урожайности сельскохозяйственных культур;

в) недобором продукции животноводства в результате снижения продуктивности животных.

Ущерб сельскому хозяйству от загрязнения среды

$$У_{сх} = У_{из} + У_{раст} + У_{живт},$$

где $У_{сх}$ – годовой ущерб сельскому хозяйству, руб/год; $У_{из}$ – ущерб от изъятия земель из сельскохозяйственного оборота в следствии их загрязнения, руб/год; $У_{раст}$ – ущерб от недобора продукции растениеводства в результате снижения урожайности сельскохозяйственных культур, руб/год; $У_{живт}$ – ущерб от недобора продукции животноводства в результате снижения продуктивности сельскохозяйственных животных, руб/год.

Ущерб от изъятия земель

$$У_{из} = S_{из} \cdot Ч_{д},$$

где $S_{из}$ площадь земель, изъятых из сельскохозяйственного оборота вследствие их загрязнения, га; $Ч_{д}$ –дифференцированный доход хозяйства в расчете на 1 га, руб/га в год.

Ущерб сельскому хозяйству от недобора продукции растениеводства

$$У_{раст} = \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot \Delta У_i \cdot Ц_i,$$

где i – вид сельскохозяйственных культур; S_i - загрязненная площадь, занятая i–й культурой; $\Delta У_i$ – среднее снижение урожайности в загрязненном районе по сравнению с контролем, т/га в год; $Ц_i$ – закупочная цена на данную культуру, руб/т.

Ущерб от недобора продукции животноводства

$$У_{живт} = \sum_{i=1}^{n} Ж_i \cdot \Delta П_{жi} \cdot Ц_{жi},$$

где i – вид сельскохозяйственных животных; $Ж_i$ – поголовье сельскохозяйственных животных i-й группы; $ΔП_{жi}$ – среднее снижение продуктивности животноводства на загрязненных площадках (определяется разницей показателей загрязненного и контрольного регионов); $Ц_{жi}$ – закупочная цена единицы продукции.

Определение ущерба от эрозии почвы

Годовой ущерб, причиненный эрозией почв, можно рассчитать по формуле:

$$У_{эр} = У_{из} + У_{раст} + У_{зл},$$

где $У_{эр}$ – годовой ущерб от эрозии почв, руб/год; $У_{из}$ – ущерб от изъятия земель из сельскохозяйственного оборота в результате овражной эрозии, руб/год; $У_{раст}$ – ущерб от недобора продукции растениеводства на смытых почвах, руб/год; $У_{зл}$ – ущерб от заиления рек и пойменных угодий, руб/га.

Ущерб от изъятия земель в результате овражной эрозии рассчитывается по зависимости:

$$У_{из} = S_{из} \cdot Ч_д,$$

где $S_{из}$ – площадь земель, изъятых из сельскохозяйственного оборота в результате эрозии, га; $Ч_д$ –дифференцированный доход сельскохозяйственных предприятий в расчете на 1 га, руб/га в год.

Площадь земель, изъятых из сельскохозяйственного оборота

$$S_{из} = 2{,}86 \cdot (S_{ов})^{1{,}05},$$

где $S_{ов}$ – площадь оврагов, га.

Ущерб от недобора продукции растениеводства на смытых почвах находится по зависимости:

$$У_{раст} = \sum_{i=1}^{n} S_{слi} \cdot ΔУ_{слi} \cdot Ц_i + \sum_{i=1}^{m} S_{срi} \cdot ΔУ_{срi} \cdot Ц_i + \sum_{i=1}^{k} S_{сиi} \cdot ΔУ_{сиi} \cdot Ц_i,$$

где n, m, k – количество возделываемых культур соответственно на слаб-, средне- и сильносмытых почвах; $S_{слi}$, $S_{срi}$, $S_{сиi}$ – площади соответственно слабо-, средне- и сильносмытых почв, занятых i-культурой; $ΔУ_{слi}$, $ΔУ_{срi}$, $ΔУ_{сиi}$ – среднее снижение урожая i-культуры соответственно на слабо-, средне- и сильносмытых почвах, т/га в год; $Ц_i$ – закупочная цена единицы продукции i-культуры.

Ущерб от заиления рек и пойменных угодий:

$$У_{зл} = W_{зл} \cdot З_у,$$

где $W_{зл}$ – годовой объем мелкозема, выносимый в реку в результате овражной эрозии, $м^3$/год; $З_у$ – среднеудельные затраты на очистку реки от мелкозема, ранее 15 тыс. руб/$м^3$.

Годовой объем мелкозема

$$W_{зл} = 0{,}05 \cdot W_{ов},$$

где $W_{ов}$ – общий объем оврагов, $м^3$.

Среднее значение урожаев сельскохозяйственных культур на смытых почвах (в % к несмытой почве) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Снижение урожаев сельскохозяйственных культур на смытых почвах

Культура	Среднее снижение урожая на смытых почвах, % к урожаю на несмытой почве		
	слабосмытая почва	среднесмытая почва	сильносмытая почва
Озимая	15	35	55

пшеница			
Ячмень	20	40	60
Кукуруза	18	36	58
Подсолнечник	16	38	61

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

Задание 1. Рассчитать ущерб от загрязнения среды, наносимый сельскому хозяйству ($У_{сх}$). В хозяйстве в результате загрязнения выведено из сельхозоборота $S_{из}$ га. Дифференцированый доход на 1 га составляет $Ч_д$ тыс. руб/га в год. В результате загрязнения произошло снижение урожая озимой пшеницы на $ΔУ_1$ т/га (площадь S_1 га), ячменя на $ΔУ_2$ т/га (площадь S_2 га), кукурузы на $ΔУ_3$ т/га (площадь S_3 га), подсолнечника $ΔУ_4$ т/га (площадь S_4 га). Закупочная цена 1 т пшеницы равна $Ц_1$ тыс. руб/т, ячменя – $Ц_2$ тыс. руб/т, кукурузы – $Ц_3$ тыс. руб/т, подсолнечника – $Ц_4$ тыс. руб/т. Снижения продуктивности сельскохозяйственных животных в районе не обнаружено.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для решения задачи

	$S_{из}$	$Ч_д$	S_1	S_2	S_3	S_4	$ΔУ_1$	$ΔУ_2$	$ΔУ_3$	$ΔУ_4$	$Ц_1$	$Ц_2$	$Ц_3$	$Ц_4$
1	20	2	300	200	100	70	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
2	21	2	297	198	103	72	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
3	22	2	294	196	106	73	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
4	23	2	291	194	109	74	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
5	24	2	288	192	112	75	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
6	25	2	285	190	115	76	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
7	26	2	290	186	100	77	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
8	27	2	286	202	110	78	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
9	30	2	280	199	121	79	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
10	28	2	290	189	109	80	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
11	29	2	284	180	108	79	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
12	25	2	282	199	112	78	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
13	24	2	297	178	108	77	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
14	23	2	320	190	106	76	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0
15	22	2	299	200	114	74	0,45	0,33	0,51	0,42	2,5	1,8	2,0	5,0

Задание 2. Рассчитать ущерб от эрозии почв. Овраги на территории хозяйства занимают площадь $S_{ов}$ га и имеют объем $W_{ов}$ м^3. Среднегодовой чистый доход хозяйства с

1 га земель составляет $Ч_д$ тыс. руб/га в год. По средним многолетним данным, урожай озимой пшеницы на немсытых почвах – 2,9 т/га, ячменя – 2,3 т/га, кукурузы на зерно – 3,5 т/га, слабосмытые почвы занимают в хозяйстве под озимой пшеницей $S_{сл1}$ га, под ячменем - $S_{сл2}$ га, под кукурузой - $S_{сл3}$ га. Соответствующие площади сренесмытых и сильносмытых почв равны: $S_{ср1}$, $S_{ср2}$, $S_{ср3}$; $S_{си1}$, $S_{си2}$, $S_{си3}$ га. Закупочные цены на зерно пшеницы – $Ц_1$, ячменя – $Ц_2$, кукурузы – $Ц_3$ тыс. руб/т.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для решения задачи

	$S_{ов}$	$W_{ов}$	$Ч_д$	$S_{сл1}$	$S_{сл2}$	$S_{сл3}$	$S_{ср1}$	$S_{ср2}$	$S_{ср3}$	$S_{си1}$	$S_{си2}$	$S_{си3}$	$Ц_1$	$Ц_2$	$Ц_3$
1	10	37000	2,0	150	120	95	80	68	81	18	15	13	1,8	2	3
2	11	37000	2,0	149	119	97	79	67	82	20	16	14	1,8	2	3
3	12	37000	2,0	148	118	99	78	66	83	22	17	15	1,8	2	3
4	13	37000	2,0	147	117	98	77	65	84	24	18	16	1,8	2	3
5	14	37000	2,0	146	116	96	76	64	85	26	19	17	1,8	2	3
6	15	37000	2,0	145	115	94	75	63	86	28	20	18	1,8	2	3
7	16	37000	2,0	144	114	96	74	62	87	30	21	19	1,8	2	3
8	17	37000	2,0	143	113	98	73	61	88	28	22	20	1,8	2	3
9	18	37000	2,0	142	112	97	72	60	89	26	18	21	1,8	2	3
10	19	37000	2,0	141	111	99	71	61	90	24	19	20	1,8	2	3
11	20	37000	2,0	140	112	96	70	62	89	22	17	18	1,8	2	3
12	19	37000	2,0	141	113	94	72	63	88	20	16	16	1,8	2	3
13	18	37000	2,0	142	114	92	74	64	87	18	14	14	1,8	2	3
14	17	37000	2,0	143	115	91	76	65	86	16	15	12	1,8	2	3
15	16	37000	2,0	144	116	93	78	66	85	14	18	20	1,8	2	3

ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВА СОБЫТИЙ (ДЕРЕВА ОТКАЗОВ)

При моделировании опасных процессов, в том числе несчастных случаев, получили широкое распространение диаграммы причинно-следственных связей, называемые ***деревьями отказов*** и ***деревьями событий***.

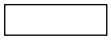
Анализ дерева отказов – это методика идентификации и анализа факторов, которые могут способствовать наступлению некоторого нежелательного события (называемого вершинным). Факторы-причины определяются дедуктивным способом, логически

выстраиваются и представляются графически в виде диаграммы-дерева, которая изображает связь факторов-причин с основным событием.

Общая процедура моделирования и априорной количественной оценки ущерба от техногенных происшествий с помощью диаграмм причинно-следственных связей типа «дерево» обычно включает следующие этапы:

1) выбор опасного процесса и уточнение цели его моделирования;
2) построение моделей типа «дерево отказов» и «дерево событий»;
3) проведение качественного анализа моделируемого процесса;
4) количественная оценка техногенного риска;
5) обоснование мероприятий по снижению техногено-
   го риска.

Таблица 1 – Логические символы для построения дерева отказов

Обозначение	Интерпретация
	Событие в настоящее время не подлежит дальнейшему анализу
	Событие, подвергающееся дальнейшему анализу
	Базовое (основное) событие, дальнейший анализ не нужен
	Оператор «ИЛИ». Событие на выходе произойдет при условии совершения хотя бы одного события на входе
	Оператор «И». Событие на выходе произойдет при условии совершения всех событий на входе.

Ниже дан анализ события «Электротравма при прикосновении к корпусу электродрели», дерево отказов которого приведено на рисунке 1. Головное событие произойдет, если будут иметь место все четыре события Б, В, Г и Д, представленные входами логической операции И. Наличие напряжения на корпусе электродрели (событие Б) возможно, если имевшее место замыкание токоведущих частей на ее корпус (событие Е) не было устранено перед ее применением (событие Ж). Касание человеком корпуса электродрели (событие В) возможно при любом из событий И, К и Л, которые представлены входами логической операции ИЛИ.

Ток, проходящий через тело человека, может превысить допустимое значение (событие Г) как при источнике напряжением не более 42 В (событие М) при длительном прикосновении, так и при источнике напряжения более 42 В (событие Н) при неэффективных индивидуальных

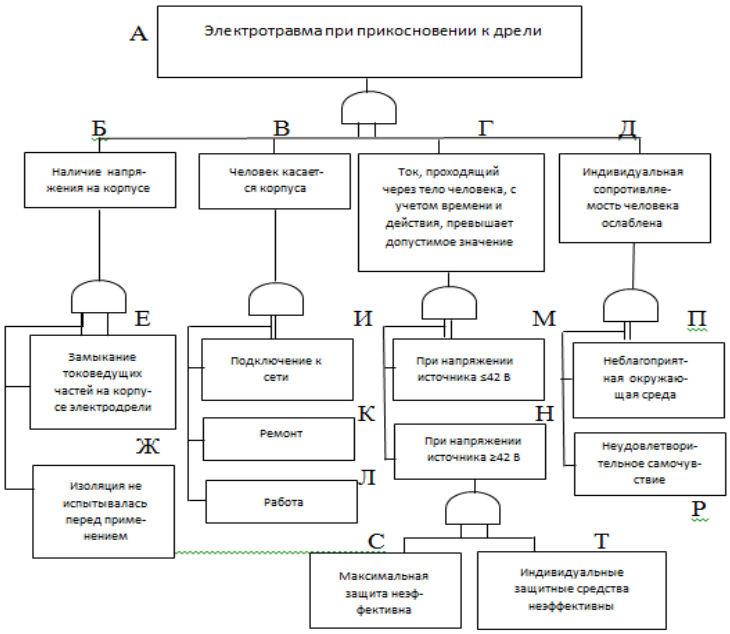


Рис. 1. Электротравма при прикосновении к корпусу электродрели

защитных средствах (событие Т) и неэффективных автоматических средствах защиты (событие С). Под неэффективностью средств защиты понимается их отсутствие или сознательное неприменение, а также несоответствие их параметров нормам. Индивидуальная сопротивляемость человека к действию электрического тока будет ослаблена (событие Д) при неблагоприятной окружающей среде (событие П) или неудовлетворительном самочувствии (событие Р).

Построение и анализ дерева решений с количественными оценками последствий

Пример. Главному инженеру компании надо решить, монтировать или нет новую производственную линию, использующую новейшую технологию. Если новая линия будет работать безотказно, компания получит прибыль 200 млн руб. Если же она откажет, компания может потерять 150 млн руб. По оценкам главного инженера, существует 60 % шансов, что новая производственная линия откажет. Можно создать экспериментальную установку, а затем уже решать, монтировать или нет производственную линию. Эксперимент обойдется в 10 млн руб. Главный инженер считает, что существует 50 % шансов, что экспериментальная установка будет работать. Если экспериментальная установка будет работать, то 90 % шансов зато, что смонтированная производственная линия также будет работать. Если же экспериментальная установка не будет работать, то только 20 % шансов за то, что производственная линия заработает. Следует ли строить экспериментальную установку? Следует ли монтировать производственную линию? Какова ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения? Решение: Строим дерево решений. Будем обозначать цифрами узлы решений, буквами – узлы случаев (рис. 2). Сначала идет узел решений (1): возможны два варианта: 1) строить экспериментальную установку (расходы 10 млн); 2) не строить экспериментальную установку (расходы – 0). Если мы решаем строить экспериментальную установку (узел случаев А), то вероятность того, что она будет работать, составляет 0,5, и что она не будет работать – тоже 0,5 (см.

рис. 2). Если экспериментальная установка будет работать, то снова принимаем решение (узел 2) монтировать или не монтировать производственную линию. Если мы монтируем производственную линию (узел B), то вероятность того, что производственная линия будет работать, составляет 0,9 (прибыль 200 млн), и что она не будет работать – 0,1 (убытки 150 млн). Если мы не монтируем производственную линию (узел C), то прибыль равна 0. Если экспериментальная установка не будет работать, то принимаем решение (узел 3) монтировать или не монтировать производственную линию. Если мы монтируем производственную линию (узел D), то вероятность того, что производственная линия будет работать, составляет 0,2 (прибыль 200 млн), и что она не будет работать – 0,8 (убытки 150 млн). Если мы не монтируем производственную линию (узел E), то прибыль равна 0. Возвращаемся к узлу 1. Если мы не будем строить экспериментальную установку, то идет узел решений 4: монтировать или нет производственную линию. Если мы монтируем производственную линию (узел F), то вероятность того, что линия будет работать, составляет 0,4 (прибыль 200 млн), и что она не будет работать – 0,6 (убытки 150 млн). Если мы не монтируем линию (узел G), то прибыль равна 0.

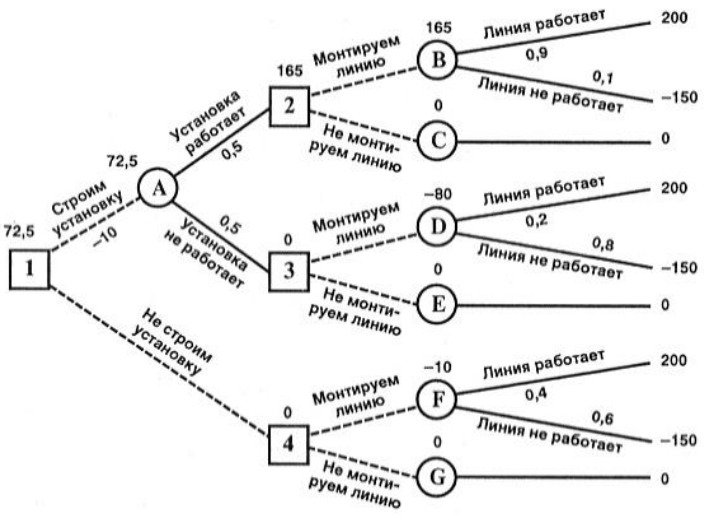


Рис. 2. Дерево решений в задаче о производственной линии

Теперь проведем анализ дерева решений. В узле F возможны исходы «линия работает» с вероятностью 0,4 (что приносит прибыль 200) и «линия не работает» с вероятностью 0,6 (что приносит убыток -150) => оценка узла F: (F) = 0,4 · 200 + 0,6 · (-150) = -10. Это число мы пишем над узлом F. Оценка узла (G) = 0. В узле 4 мы выбираем между решением «монтируем линию» (оценка этого решения F = -10) и решением «не монтируем линию» (оценка этого решения G = 0). Наибольшим значением является 0. Эту оценку мы пишем над узлом 4, а решение «монтируем линию» отбрасываем и зачеркиваем.

Аналогично: (B) = 0,9 · 200 + 0,1 · (-150) = 180 - 15 = 165. (C) = 0. Здесь наибольшее значение 165. Поэтому в узле 2 отбрасываем возможное решение «не монтируем линию». Над узлом 2 пишем 165. (D) = 0,2 · 200 + 0,8 · (-150) = 40 – 120 = -80. (E) = 0. Здесь наибольшее значение 0. Поэтому в узле 3 отбрасываем возможное решение «монтируем линию». Над узлом 3 пишем 0. (A) = 0,5 · 165 + 0,5 · 0 – 10 = 72,5. Узел (l): выбираем между значениями узлов 4 (0) и A (72,5). Наибольшим здесь является значение 72,5.

Поэтому в узле 1 отбрасываем возможное решение «не строим установку». Ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения равна 72,5 млн руб. Строим установку. Если установка работает, то монтируем линию. Если установка не работает, то линию монтировать не надо.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

Задание. Предприятие платит штрафы за сброс сточных вод **a** млн руб. в год. Возможны три варианта действий 1. Построить очистные сооружения стоимостью **b** млн руб. по новейшей технологии. Вероятность того, что сооружения будут работать нормально, **c** %. Если сооружения будут работать нормально, то штрафы будут равны 0. 2. Построить очистные сооружения стоимостью **d** млн руб. по традиционной технологии. Вероятность того, что сооружения будут работать нормально, **e** %. Если сооружения будут работать нормально, то штрафы будут равны **f** млн руб. 3. Отложить строительство на n лет. Сначала построить опытную установку стоимостью l млн руб. Вероятность того, что установка будет работать нормально, **m** %. Если установка будет работать нормально, то предприятие будет строить очистные сооружения по новейшей технологии. Вероятность того, что сооружения будут работать нормально, **p** %. Если сооружения будут работать нормально, то штрафы будут равны 0.

Если установка не будет работать, то предприятие будет строить очистные сооружения по традиционной технологии. Вероятность того, что сооружения будут работать нормально, e %. Если сооружения будут работать нормально, то штрафы будут равны f млн руб. Какова ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения за период k лет? Значения коэффициентов принимать по таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета

	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**n**	**m**	**l**	**p**	**k**
1	5	10	40	5	90	2	1	1	45	90	100
2	10	25	50	15	95	3	2	1	50	95	20
3	12	20	30	10	90	3	1	2	40	90	30
4	20	30	40	12	92	6	2	2	45	90	15
5	25	40	45	15	90	8	1	3	50	95	20
6	5	10	30	5	90	2	1	3	45	95	15
7	10	25	35	15	95	3	2	1	50	90	25
8	15	20	40	10	90	3	2	1	45	95	30
9	20	30	30	15	92	3	1	1	50	90	10
10	25	40	35	12	90	6	1	2	50	90	15
11	15	20	35	10	95	8	2	2	45	95	20
12	10	30	30	15	90	2	1	1	40	90	15
13	25	40	40	10	92	2	1	1	45	95	20
14	20	30	45	12	95	3	2	2	50	90	25
15	15	40	40	15	90	6	2	1	45	90	15

Расчет размера предъявляемого риска за загрязнение атмосферы в результате сгорания ТБО на полигоне

Сгорание твердых бытовых (ТБО) рассматривается как аварийный выброс загрязняющих веществ в атмосферу, вследствие чего применяется десятикратный тариф к

нормативам платы за допустимые выбросы загрязняющих веществ, установленный действующим порядком применения нормативов платы за загрязнение природной среды на территории Российской Федерации. Рекомендации разработаны в соответствии с требованиями Закона РФ «Об охране окружающей природной среды» и действующих в стране нормативных актов. Сумма иска определяется в зависимости от нормативов платы за выбросы загрязняющих вредных веществ в атмосферный воздух, установленных Постановлением Правительства России «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия». Расчет выбросов и сумм исков: Расчетная насыпная масса 1 м^3 ТБО принимается равной 0,25 т/м^3. Значения удельных выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в результате сгорания одной тонны ТБО, и нормативы платы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения удельных выбросов загрязняющих веществ в результате сгорания одной тонны ТБО и нормативы платы, руб/т.

Вещество	Удельный выброс	Норматив платы, руб/т
1	2	3
Твердые частицы	0,00125	1100,5
Сернистый ангидрид	0,003	3300,0
1	2	3
Окислы азота	0,005	4102,5
Окись углерода	0,025	54,5
Сажа	0,000625 7	3300,0 37

Данные о массе или объеме сгоревших ТБО принимаются по справке руководства полигона. Масса сгоревших ТБО определяется как произведение объема и расчетной насыпной массы ТБО (0,25 т/м^3). Для уточнения рекомендуется объем сгоревших ТБО определять как разницу между поступившими на свалку (полигон) и оставшимися после сгорания ТБО. Количество поступивших на полигон ТБО берется по учетной документации, а объем оставшихся (не сгоревших) ТБО определяется с помощью обмеров, принимая за начальные размеры проектные отметки. Количество образовавшихся вредных веществ определяется как произведение массы сгоревших ТБО на величину удельного выброса, указанного в таблице, а размер платы за выброс этого вещества – умножением полученной массы на величину соответствующего норматива платы за аварийный выброс. Сумма иска за загрязнение атмосферного воздуха в результате сгорания ТБО определяется суммированием платежей за выбросы указанных в таблице веществ. При определении величины иска следует учитывать коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости. В соответствии с «Порядком применения нормативов платы за загрязнение природной среды на территории РФ» эти коэффициенты могут увеличиваться для городов и крупных промышленных центров на 20 %, а в случае выбросов от пожаров на полигонах, расположенных в зонах экологического бедствия, районах Крайнего Севера, на территориях национальных парков, особо охраняемых и заповедных территориях, а также на территориях, подпадающих под действие международных конвенций, – в 2 раза. Следует иметь в виду, что предприятия,

учреждения, организации, должностные лица, виновные в возгорании 38 свалок, рассматриваются как нарушители экологических требований по обезвреживанию, переработке, утилизации, складированию и захоронению производственных и бытовых отходов, подвергаются штрафу, налагаемому в административном порядке. Сумма штрафа определяется статьей 84 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды» для предприятий от 50 до 500 тыс. рублей, должностных лиц – от трехкратного до двадцатикратного.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Исходные данные: Центральный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,9. Полигон расположен в черте города –коэффициент увеличивается на 20 процентов: 1,9 · 1,2 = 2,28. Объем сгоревших ТБО – 1000 куб. м. Насыпная масса отходов – 0,25 тонны на куб. м ТБО. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице.

Определяем массу сгоревших ТБО (как произведение объема и насыпной массы ТБО):

1000 куб. м · 0,25 т/куб. м = 250 т.

Определяем количество выброшенных в атмосферу вредных веществ (как произведение массы сгоревших ТБО и величин удельных выбросов):

твердые частицы – 250 т ТБО · 0,00125 т/т ТБО = 0,3125 т;
сернистый ангидрид – 250 т ТБО · 0,003 т/т ТБО = 0,75 т;
окислы азота – 250 т ТБО · 0,005 т/т ТБО = 1,25 т;
окись углерода – 250 т ТБО ·0,025 т/т ТБО = 6,25 т;
сажа – 250 т ТБО · 0,000625 т/т ТБО = 0,15625 т.

Определяем размер платы за выброс вещества (как произведение массы вещества на норматив платы за аварийный выброс):

твердые частицы – 0,3125 т · 1100,5 руб./т = 344 руб.;
сернистый ангидрид – 0,75 тонны · 3300 руб./тонну = 2475 руб.;
окислы азота – 1,25 тонны · 4102,5 руб./тонну = 5128 руб.;
окись углерода – 6,25 тонны · 54,5 руб./тонну = 340 руб.;
сажа – 0,15625 тонн · 3300 руб./тонну = 515 руб.

Плата за загрязнение атмосферного воздуха определяется суммированием плат за выбросы этих веществ:

344 + 2475 + 5128 + 340 + 515 = 8802 руб.

С учетом коэффициента экологической ситуации и экологической значимости сумма иска должна составить:

8802 руб. · 2,28 = 20068 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

Рассчитать размер предъявляемого риска за загрязнение атмосферы в результате сгорания ТБО на полигоне.

Необходимо определить: 1) массу сгоревших ТБО; 2) количество выброшенных в атмосферу вредных веществ; 3) размер платы за выброс; 4) размер платы за выброс с учетом коэффициента экологической ситуации и экологической.

Исходные данные:

1. Дальневосточный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,0. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 900 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

2. Северный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,4. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1900 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

3. Северо-Западный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,5. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1500 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

4. Центральный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,9. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1200 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

5. Волго-Вятский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,1. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1300 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

6. Центрально-Черноземный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,5. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 800 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

7. Поволжский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,9. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 600 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

8. Северно-Кавказский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,6. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1600 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

9. Уральский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 2,0. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1100 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

10. Западно-Сибирский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,2. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1600 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

11. Восточно-Сибирский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,4. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1900 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

12. Дальневосточный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,0. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1200 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

13. Северно-Кавказский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,6. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1200 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

14. Уральский экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 2,0. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1200 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

15. Центральный экономический район, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости – 1,9. Полигон расположен в черте города. Объем сгоревших ТБО – 1300 м^3. Удельные выбросы и нормативы платы согласно таблице 1.

РАСЧЕТ УЩЕРБА ВОДНЫМ ОБЕКТАМ

Исчислению подлежит ущерб, причиненный водному объекту в результате (перечислены только некоторые пункты указанные в официальной методике):

- загрязнения с судов нефтью, вредными веществами, сточными водами или мусором;
- сброса сточных вод и (или) дренажных вод в водные объекты, содержащие природные лечебные ресурсы, или отнесенные к особо охраняемым водным объектам;
- сброса сточных вод и (или) дренажных вод в водные объекты, расположенные в границах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения; первой, второй зон округов санитарной (горносанитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов; рыбоохранных зон, рыбохозяйственных заповедных зон засорение водных объектов в результате сплава древесины;
- сброса в водные объекты и захоронение в них отходов производства и потребления, в том числе выведенных из эксплуатации судов и иных плавучих средств;
- загрязнения и засорения водных объектов радиоактивными и (или) токсичными веществами в результате проведения на водных объектах взрывных работ;
- загрязнения и засорения болот отходами производства и потребления, загрязнение их нефтепродуктами, ядохимикатами и другими вредными веществами;
- ухудшения состояния неиспользуемых частей болот, других водных объектов и истощения вод вследствие осушения либо иного использования болот или их частей.

Ущерб исчисляется в соответствии с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» утвержденной Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 87 от 13.04.2009 г., где прописаны способы установления размера вреда, количество вредных веществ и т.д. и приведены все необходимые приложения.

Расчет ущерба водному объекту в результате химического загрязнения

На практическом занятии ознакомьтесь с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» (Утверждена Приказом МПР и Э РФ № 87 от 13.04.2009 г.)

Исчисление размера вреда, причиненного водному объекту сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе сточных вод и (или) дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод, производится по формуле:

$$У = К_{ВГ} \cdot К_{В} \cdot К_{ИН} \cdot \sum_{n=1}^{n} H_i \cdot M_i \cdot К_{ИЗ},$$

где: $У$ − размер вреда, тыс. руб.; $К_{ВГ}$ − коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, определяется в соответствии с таблицей 1 приложения 1 к настоящей Методике; $К_{В}$ − коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), определяется в соответствии с таблицей 2 приложения 1 к настоящей Методике; $К_{ИН}$ − коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, определяется в

соответствии с п. 11.1 настоящей Методики; H_i − таксы для исчисления размера вреда от сброса i-го вредного (загрязняющего) вещества в водные объекты определяются в соответствии с таблицей 3 приложения 1 к настоящей Методике, тыс. руб./т; M_i − масса сброшенного i-го вредного (загрязняющего) вещества определяется по каждому загрязняющему веществу в соответствии с главой IV настоящей Методики, т; $K_{ИЗ}$ − коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект, определяется в соответствии с пунктом 11.2 настоящей Методики.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Пермь в ноябре 2014 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Кама с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 10 м^3 в час. Продолжительность сброса – 9 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 15,6 мг/дм^3; нефтепродукты – 4,4 мг/дм^3; железо – 15 мг/дм^3; аммонийный азот – 20 мг/дм^3; нитратный азот – 20 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

2. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Пермь в ноябре 2015 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Кама с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составила 100 м^3 в час. Продолжительность сброса – 2 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 250,1 мг/дм^3; нефтепродукты – 40,2 мг/дм^3; железо – 20 мг/дм^3; аммонийный азот – 10 мг/дм^3; нитратный азот – 10 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

3. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Благовещенска в ноябре 2014 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Амур с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 20 м^3 в час. Продолжительность сброса – 7 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества –25,6 мг/дм^3; нефтепродукты – 6,4 мг/дм^3; железо – 23 мг/дм^3; аммонийный азот – 15 мг/дм^3; нитратный азот – 23 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

4. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Хабаровска в ноябре 2015 г. предприятие произвело

сброс сточных вод в р. Амур с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составила 120 м^3 в час. Продолжительность сброса – 2,5 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 260,1 мг/дм^3; нефтепродукты – 50,2 мг/дм^3; железо – 28 мг/дм^3; аммонийный азот – 12 мг/дм^3; нитратный азот – 15 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

5. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Москва в ноябре 2015 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Яуза с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составила 80 м^3 в час. Продолжительность сброса – 3 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 150,1 мг/дм^3; нефтепродукты – 30,2 мг/дм^3; железо – 15 мг/дм^3; аммонийный азот – 12 мг/дм^3; нитратный азот – 8 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

6. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Чита в ноябре 2018 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Ингода с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 10 м^3 в час. Продолжительность сброса – 6 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 25,6 мг/дм^3; нефтепродукты – 6,4 мг/дм^3; железо – 23 мг/дм^3; аммонийный азот – 13 мг/дм^3; нитратный азот – 21 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

7. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Хабаровска в ноябре 2017 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Амур с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 15 м^3 в час. Продолжительность сброса – 8 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 20,6 мг/дм^3; нефтепродукты – 3,4 мг/дм^3; железо – 21 мг/дм^3; аммонийный азот – 14 мг/дм^3; нитратный азот – 21 мг/дм^3. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 мг/дм^3; нефть – 0,05 мг/дм^3, железо – 5 мг/дм^3; аммонийный азот – 3 мг/дм^3; нитратный азот – 5 мг/дм^3.

8. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Чита в ноябре 2016 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Чита с превышением предельно допустимых концентраций

загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 20 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 7 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 25,6 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 6,4 $мг/дм^3$; железо – 23 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 15 $мг/дм^3$; нитратный азот – 23 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

9. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Благовещенска в ноябре 2018 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Зея с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 12 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 5 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества –27,6 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 7,4 $мг/дм^3$; железо – 23 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 12 $мг/дм^3$; нитратный азот – 24 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

10. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Кемерово в ноябре 2017 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Томь с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 10 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 4 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 23,6 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 5,4 $мг/дм^3$; железо – 22 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 16 $мг/дм^3$; нитратный азот – 25 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

11. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Иркутска в ноябре 2016 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Ангара с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составил 12 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 3 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 15,6 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 4,4 $мг/дм^3$; железо – 18 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 12 $мг/дм^3$; нитратный азот – 18 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

12. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Новокузнецка в ноябре 2017 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Томь с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались.

Интенсивность сброса сточных вод составил 10 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 5 часов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 23,6 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 5,4 $мг/дм^3$; железо – 21 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 13,5 $мг/дм^3$; нитратный азот – 18,3 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс, составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

13. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Уссурийска в ноябре 2017 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Комаровка с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составила 80 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 2 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 150,1 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 30,2 $мг/дм^3$; железо – 20 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 11 $мг/дм^3$; нитратный азот – 12 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

14. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Новосибирска в ноябре 2018 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Обь с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составила 120 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 3 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 240,1 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 43,2 $мг/дм^3$; железо – 25 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 20 $мг/дм^3$; нитратный азот – 16 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

15. Рассчитайте ущерб водному объекту на основании соответствующего пункта методики. На территории города Биробиджан в ноябре 2018 г. предприятие произвело сброс сточных вод в р. Бира с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Меры по ликвидации загрязнения не принимались. Интенсивность сброса сточных вод составила 110 $м^3$ в час. Продолжительность сброса – 1,5 часа. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах: взвешенные вещества – 150,1 $мг/дм^3$; нефтепродукты – 30,2 $мг/дм^3$; железо – 25 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 8 $мг/дм^3$; нитратный азот – 12 $мг/дм^3$. Концентрация загрязняющих веществ в водоприемнике, исходя из которой предприятию установлен разрешенный сброс составила: взвешенные вещества – 10,0 $мг/дм^3$; нефть – 0,05 $мг/дм^3$, железо – 5 $мг/дм^3$; аммонийный азот – 3 $мг/дм^3$; нитратный азот – 5 $мг/дм^3$.

РАСЧЕТ УЩЕРБА ЛЕСАМ

Термины «ущерб» (экологический ущерб, экономический ущерб от загрязнения и т.п.) и «вред» (причиненный кому-либо или чему-либо, например, здоровью или

имуществу граждан) используют в нормативно-правовых и методических документах для обозначения негативных последствий воздействия деятельности организаций (предприятий) на окружающую среду.

В законодательных актах обычно используется термин «вред», а термин «ущерб» упоминается лишь в контексте изложения правовых норм. В ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7 от 10 января 2002 года дано определение вреда окружающей среде как негативного изменения окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшего за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

Экологический ущерб – это вред, нанесенный окружающей среде, выраженный в натуральных единицах измерения, например, количество загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду; количество безвозвратно используемых природных ресурсов и т.д. (Игошин Н.В., 2001; Чубуков Г.В., 2006; Вываренц А. Д., 2007).

Экологический ущерб принято выражать в денежном выражении, таким образом, синонимичным понятием является экономический ущерб от негативного воздействия на окружающую среду.

Под экономическим ущербом от загрязнения окружающей среды понимается денежная оценка фактических и возможных убытков (потерь), обусловленных воздействием загрязнения.

Существуют федеральные, региональные и отраслевые методики расчета ущерба различным компонентам окружающей среды. К федеральным методикам расчета ущерба биологическим ресурсам относится, например, «Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу РФ, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания» (Приказ МПР и Э РФ от 28.04.2008 г. № 107).

К региональным относится, например, «Методика исчисления размера возмещения вреда, причиненного юридическими и физическими лицами незаконным уничтожением и повреждением естественных мест обитания объектов животного и растительного мира Пермского края» (в настоящее время не действует). «Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения» (РД 153-34.2-002-01 Министерства энергетики РФ) является отраслевой.

Антропогенная нагрузка на лесной фонд неуклонно возрастает, поэтому возникла необходимость в определении размеров ущерба от деградации лесов. Таксы и методики исчисления размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства, в соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации (статья 100), утверждаются Правительством Российской Федерации.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 8 мая 2007 г. № 273 «Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства» (в ред. Постановлений Правительства РФ от 11.10.2014 № 1038 и Постановлением Конституционного Суда РФ от 02.06.2015 № 12-П) введена в действие «Методика исчисления размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства».

В рассматриваемой методике в соответствии с «Перечнем видов (пород) деревьев и кустарников, заготовка древесины которых не допускается» отдельно установлены таксы для исчисления размера ущерба деревьям и кустарникам, заготовка древесины которых не допускается.

К деревьям, заготовка которых запрещена, относятся всего 52 вида: береза карельская – Betula pendula Roth var. carelica (Merckl.) Hamet-Ahti.; вишня (все виды рода Вишня) – Cerasus Mill.; дуб зубчатый – Quercus dentata Thunb.; клен ложноплатановый, или белый (явор) – Acer pseudoplatanus L.; можжевельник вонючий – Juniperus foetidissima Willd.; орех маньчжурский – Juglans mandshurica Maxim.; пихта грациозная – Abies gracilis Kom.; Сосна меловая – Pinus sylvestris L. var. cretacea Kalenicz. ex Kom.; хурма обыкновенная – Diospyros lotus L.; яблоня (все виды рода Яблоня) – Malus Mill.; ясень шерстистый, ясень Зибольда – Fraxinus lanuginose Koidz. (Fraxinus sieboldiana auct.) и др. Запрещена заготовка также шести видов кустарников: жимолость Толмачева – Lonicera tolmatchevii Pojark., калина Райта – Viburnum wrightii Miq., клекачка колхидская – Staphylea colchica Stev.

Исчисление размера вреда, причиненного лесам, в том числе лесным насаждениям, включает в себя расчет ущерба и упущенной выгоды.

При расчете размера ущерба лесам вследствие воздействия сточных вод, химических, радиоактивных и других вредных веществ, отходов производства и потребления, ввода в эксплуатацию производственных объектов без устройств, предотвращающих вредное воздействие, лесных пожаров (возникших в результате поджога или небрежного обращения с огнем), в состав ущерба включаются расходы, связанные с приведением соответствующей территории в состояние, пригодное для дальнейшего использования. Включаются расходы, связанные с тушением лесных пожаров. Размер ущерба может быть рассчитан исходя из затрат на выращивание сеянцев и саженцев, создание лесосеменных и маточных плантаций, очистку территории, изготовление и установку лесоустроительных и лесохозяйственных знаков, устранение повреждений лесной дороги. В этом случае применяются действующие на момент совершения правонарушения цены и нормативы затрат.

В случае, если в соответствии с таксами размер ущерба исчисляется, исходя из ставок платы за единицу объема лесных ресурсов, применяются ставки платы, установленные Правительством Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления в пределах их полномочий, определенных в соответствии со статьями 81-84 Лесного кодекса РФ в отношении вывозки древесины на расстояние до 10 км. В последующем, при расчете стоимость древесины в соответствии с Методикой умножается на повышающий коэффициент. Например, ущерб, причиненный незаконным уничтожением или повреждением до степени прекращения роста деревьев хвойных пород диаметром более 12 см и деревьев лиственных пород с диаметром ствола 16 см и более, составляет 50-кратную стоимость древесины по ставкам платы за единицу объема лесных ресурсов. Ущерб, причиненный незаконным повреждением (не до степени прекращения роста) деревьев хвойных пород диаметром ствола 12 см и более и деревьев лиственных пород с диаметром ствола 16 см и более составляет 10-кратную стоимость древесины по ставкам платы за единицу объема. В случае если в соответствии с таксами размер ущерба исчисляется исходя из ставок платы за единицу объема лесных ресурсов, применяются ставки платы, установленные Правительством Российской Федерации. При исчислении стоимости древесины разделение ее на деловую и дровяную не производится. В этом случае применяется ставка платы, установленная в отношении деловой древесины средней крупности. Размер ущерба исчисляется с точностью до 1 рубля.

В РФ существует градация лесов в зависимости от выполняемой ими природоохранной функции. К защитным лесам, согласно Лесному кодексу РФ (№ 200-ФЗ от 4 декабря 2006 года), относятся те, которые подлежат освоению в целях сохранения средообразующих, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций. Вместе с тем допускается их использование при условии, если оно совместимо с целевым назначением защитных лесов и выполняемыми ими полезными функциями. Определяются следующие категории защитных лесов с учетом особенностей их правового режима:

1) леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях;

2) леса, расположенные в водоохранных зонах;

3) леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов:

– леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственнобытового водоснабжения;

– защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации;

– зеленые и лесопарковые зоны;

– городские леса;

– леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебнооздоровительных местностей и курортов;

4) ценные леса:

– государственные защитные лесные полосы;

– противоэрозионные леса;

– леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах;

– леса, имеющие научное или историческое значение;

– орехово-промысловые зоны;

– лесные плодовые насаждения;

– ленточные боры;

– запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов;

– нерестоохранные полосы лесов.

К особо защитным участкам лесов относятся:

– берегозащитные, почвозащитные участки лесов, расположенных вдоль водных объектов, склонов оврагов;

– опушки лесов, граничащие с безлесными пространствами;

– лесосеменные плантации, постоянные лесосеменные участки и другие объекты лесного семеноводства;

– заповедные лесные участки;

– участки лесов с наличием реликтовых и эндемичных растений;

– места обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения диких животных;

– другие особо защитные участки лесов.

Особо защитные участки лесов могут быть выделены в защитных лесах, эксплуатационных лесах и резервных лесах.

В защитных лесах и на особо защитных участках лесов запрещается осуществление деятельности, несовместимой с их целевым назначением и полезными функциями.

Отнесение лесов к защитным лесам и выделение особо защитных участков лесов, и установление их границ осуществляются органами государственной власти, органами местного самоуправления в пределах их полномочий.

Особый статус имеют леса, расположенные в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В соответствии с Лесным кодексом РФ к лесам, расположенным на особо охраняемых природных территориях, относятся леса, расположенные на территориях государственных природных заповедников, национальных парков, природных парков, памятников природы, государственных природных заказников и иных установленных федеральными законами особо охраняемых природных территориях.

В зависимости от того, какую природоохранную функцию выполняет участок леса, каков его статус, размер ущерба, исчисленный в соответствии с таксами, увеличивается:

– в 2 раза, если нарушение лесного законодательства совершено в защитных лесах (за исключением особо охраняемых природных территорий – ООПТ) и на особо защитных участках эксплуатационных лесов (ОЗУ);

– в 3 раза, если нарушение лесного законодательства совершено на особо защитных участках защитных лесов (за исключением особо охраняемых природных территорий);

– в 5 раз, если нарушение лесного законодательства совершено на особо охраняемых природных территориях. В соответствии с методикой может быть оценен ущерб не только деревьям и кустарникам, но и недревесным ресурсам и объектам (муравейники, почвы и др.). Например, сумма ущерба лесам от самовольного уничтожения или порчи почв составляет 4-кратную наибольшую ставку платы за единицу объема древесины преобладающей основной лесообразующей породы в субъекте Российской Федерации за каждый квадратный метр снятой, уничтоженной или испорченной почвы.

Расчет ущерба лесам от незаконной рубки

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

На территории лесничества в Краснодарском крае была проведена незаконная рубка. На участке произрастали следующие виды деревьев (в скобках обозначены индексы пород деревьев, принятые в лесной таксации): дуб низкоствольный пушистый (Днп), сосна пицундская (Спц), граб восточный (Гр), ясень обыкновенный (Яо). Сосна пицундская (Pinus brutia var. pityusa (STEVEN) SILBA), занесена в Красную книгу Российской Федерации (II категория статуса редкости). В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (статья 60), растения, животные и другие организмы, относящиеся к видам, занесенным в Красные книги, повсеместно подлежат изъятию из хозяйственного использования. Запрещается деятельность, ведущая к сокращению численности этих растений, животных и других организмов и ухудшающая среду их обитания.

Площади выделов, породный состав и запас древесины взяты из Материалов лесоустройства. Площади вырубок определены в ходе натурных обследований. Объем вырубленной древесины по породам в каждом выделе рассчитан путем определения

запаса на 1 га по породам и умножения его на площадь, вырубленную в каждом выделе. Соотношение запасов по породам соответствует соотношению запасов в таксационном описании (таблица 1).

Таблица 1 – Данные для расчета объема вырубленной древесины

Выдел	Площадь, га		Породный состав	Запас древесины, $м^3$		Объем вырубленной древесины по породам, $м^3$			
	выдела	вырубки		выдела	вырубки	$Г_р$	$Д_{нп}$	$С_{пц}$	$Я_о$
15	8,9	4,6	8$Д_{нп}$ 2 $С_{пц}$	258,9					
17	5,4	1,7	9$Д_{нп}$ 1 $Я_о$	187,9					
19	2,1	1,1	8 $Г_р$ 2 $С_{пц}$	190,7					
21	10,4	5,9	5 $Д_{нп}$ 3 $Г_р$ 2 $Я_о$	224,9					
23	1,9	1,9	10 $Я_о$	170,7					
Сумма									

1. Используя данные об общем запасе древесины в выделах, а также формулу леса, рассчитайте запас древесины по породам для каждого выдела. На основании данных о соотношении площади вырубки к соответствующей площади выдела, а также рассчитанных значениях запаса древесины по породам рассчитайте объем вырубленной древесины на каждом выделе. Определите объемы древесины незаконно вырубленных деревьев по каждой породе.

2. Рассчитайте ущерб от незаконной рубки деревьев, заготовка древесины которых допускается в соответствии с Приказом Рослесхоза № 513 от 05.12.2011 г. «Об утверждении Перечня видов (пород) деревьев и кустарников, заготовка древесины которых не допускается». В данном случае к таким породам относятся дуб низкоствольный пушистый (Днп), граб восточный (Гр) и ясень обыкновенный (Яо). Для расчета необходимо воспользоваться Ставками платы за единицу объема древесины лесных насаждений (основные породы), утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 22 мая 2007 г. № 310. В соответствии с данным постановлением стоимость деловой древесины средней крупности в Краснодарском крае составляет: для дуба и ясеня – 656,1 руб./$м^3$, для граба – 43,74 руб./$м^3$. Расчет необходимо провести для каждой вышеперечисленной породы дерева. Скорректируйте расчеты с помощью соответствующего коэффициента инфляции. В соответствии с ФЗ Российской Федерации от 13 декабря 2010 г. № 357-ФЗ «О федеральном бюджете на 2016 год и на плановый период 2017 и 2018 годов» ставки платы за единицу объема древесины, заготавливаемой на землях, находящихся в федеральной собственности, установленные Правительством Российской Федерации в 2007 году, применяются в 2018 году с коэффициентом 1,58.

3. Отдельно рассчитайте ущерб от вырубки сосны пицундской. В соответствии с Приказом Рослесхоза «Об утверждении Перечня видов (пород) деревьев и кустарников, заготовка древесины которых не допускается» от 05.12.2011 г. № 513, сосна пицундская

относится к видам, заготовка древесины которых не допускается. В соответствии с приложением № 2 к постановлению правительства Российской Федерации «Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства» от 8 мая 2007 г. № 273, ущерб от незаконной вырубки деревьев, заготовка которых не допускается, в Краснодарском крае составляет 14562 руб./м^3 .

4. Сумма ущерба от самовольного уничтожения или порчи почв составляет четырехкратную наибольшую ставку платы за единицу объема древесины преобладающей основной лесообразующей в субъекте Российской Федерации за каждый квадратный метр снятой, уничтоженной или испорченной почвы. В соответствии со Справочником лесотаксационных нормативов, преобладающей основной лесообразующей породой в рассматриваемом субъекте федерации является бук. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 22 мая 2007 г. № 310, наибольшая ставка платы за единицу объема бука в субъекте федерации 611,46 руб./м^3 . В результате незаконной рубки было повреждено 0,188 га (1880 м^2) почв.

5. Суммируйте ущерб объектам окружающей среды (лесам, почве) и сформулируйте выводы относительно размера ущерба от незаконной вырубки.

Расчет ущерба охотничьим ресурсам

Для исчисления размера ущерба, причиненного охотничьим ресурсам вследствие нарушения законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды в 2011 г. Министерством природных ресурсов разработана «Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам» (Приказ МПР и Э РФ от 8 декабря 2011 г. № 948). Данная методика применяется для исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам вследствие нескольких причин:

– прямого уничтожения, незаконной добычи (отлова, отстрела), в том числе по неосторожности;

– нарушения или уничтожения среды обитания в том случае если это привело к гибели, временному или постоянному уходу, сокращению численности, снижению продуктивности отдельных особей или популяций видов на данной территории;

– локального разрушения обитаемых либо регулярно используемых нор, дупел деревьев, токов.

Размер вреда вследствие прямого уничтожения конкретного вида охотничьих ресурсов определяется как произведение установленной государством соответствующей таксы, пересчетного коэффициента и количества уничтоженных особей.

При расчете размера вреда при нарушении или уничтожении среды обитания охотничьих ресурсов учитывается несколько характеристик. Первой из которых является характеристика территории, в границах которой нанесен вред охотничьим ресурсам вследствие нарушения или уничтожения среды их обитания (территория воздействия).

В зависимости от интенсивности негативного воздействия территории подразделяется на несколько видов: территория необратимой трансформации, территория сильного воздействия, территория среднего воздействия, территория слабого воздействия. Ранжирование территорий по интенсивности негативного воздействия основано на исследовании динамики численности и продуктивности видов охотничьих ресурсов:

– территория необратимой трансформации характеризуется снижением численности и годовой продуктивности охотничьих ресурсов от 75 до 100 %;

– территория сильного воздействия характеризуется снижением численности и годовой продуктивности охотничьих ресурсов от 50 до 74,9 %;

– территория среднего воздействия характеризуется снижением численности и годовой продуктивности охотничьих ресурсов от 25 до 49,9 %;

– территория слабого воздействия характеризуется снижением численности и годовой продуктивности охотничьих ресурсов от 0 до 24,9 %. В качестве второй характеристики выступает численность или плотность (показатель плотности) охотничьих ресурсов на территории воздействия.

В качестве третьей характеристики используется допустимый объем добычи каждого вида охотничьих ресурсов на территории, где установлен факт негативного воздействия. Данный показатель определяется в соответствии с нормативами допустимого изъятия охотничьих ресурсов и нормами в области охоты и сохранения охотничьих ресурсов, утвержденными органом государственной власти субъекта Российской Федерации, уполномоченным в области охоты и сохранения охотничьих ресурсов в соответствии со статьей 34 Федерального закона от 24 июля 2009 г. № 209-ФЗ. Данное положение регламентируется Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 апреля 2010 г. № 138 «Об утверждении нормативов допустимого изъятия охотничьих ресурсов и нормативов численности охотничьих ресурсов в охотничьих угодьях».

Суммарный размер вреда исчисляется как сумма вреда по каждой выделенной территории с разной интенсивностью негативного воздействия. В случае если ущерб охотничьим ресурсам нанесен в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), то при расчете размера вреда применяется дополнительный пересчетный коэффициент.

В случае частичного попадания территории воздействия в границы ООПТ указанный коэффициент применяется только для данного участка (ООПТ).

Размер суммарного вреда охотничьим ресурсам при нарушении или уничтожении среды обитания охотничьих ресурсов исчисляется как сумма вреда в отношении всех видов охотничьих ресурсов, которые обитают или обитали на территории воздействия.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

На основании «Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам» решите ситуационные задачи, определив размер вреда охотничьим ресурсам.

1. Физическое лицо, находясь в общедоступных охотничьих угодьях, совершило отстрел одного лося, не имея разрешения на добычу этого вида охотничьего ресурса. Рассчитайте размер экологического ущерба.

2. Физическое лицо, находясь в общедоступных охотничьих угодьях, совершило отстрел самки лося, не имея разрешения на добычу этого вида охотничьего ресурса и вне установленных сроков охоты. Рассчитайте размер экологического ущерба.

3. Физическое лицо, находясь на территории государственного природного зоологического заказника, отловило при помощи удушающих петель десять особей белки (5 самок и 5 самцов). Рассчитайте размер экологического ущерба.

4. Физическое лицо, находясь на территории государственного природного зоологического заказника, отловило при помощи удушающих петель четыре особи лисы (2 самца и 2 самки). Рассчитайте размер экологического ущерба.

5. При осуществлении коллективной охоты в общедоступных охотничьих угодьях произведен отстрел одного самца медведя сверх количества, указанного в разрешении на добычу охотничьих ресурсов. Рассчитайте размер экологического ущерба.

6. При осуществлении коллективной охоты в общедоступных охотничьих угодьях произведен отстрел самки медведя сверх количества, указанного в разрешении на добычу охотничьих ресурсов. Рассчитайте размер экологического ущерба.

7. Физическое лицо, находясь в общедоступных охотничьих угодьях Горнозаводского района Пермского края, совершило отстрел 3 перепелов сверх установленной нормы добычи в день, указанной в разрешении на добычу охотничьих ресурсов. Рассчитайте размер экологического ущерба.

8. Физическое лицо, управляя принадлежащим ему транспортным средством, сбило рысь, переходившую автомобильную дорогу. Дорожно-транспортное происшествие произошло в ночное время в условиях плохой видимости. Умысла физического лица в уничтожении рыси не было, то есть животное погибло по неосторожности. Рассчитайте размер экологического ущерба.

9. Физическое лицо, находясь на территории общедоступных охотничьих угодий Чердынского района Пермского края, добыло самца лебедя-кликуна (Cygnus cygnus L.). Данный вид занесен в красную книгу Пермского края. Рассчитайте размер экологического ущерба.

10. Физическое лицо, находясь на территории общедоступных охотничьих угодий Соликамского района Пермского края, добыло самку лебедя-кликуна (Cygnus cygnus L.). Данный вид занесен в красную книгу Пермского края. Рассчитайте размер экологического ущерба.

11. При прокладке ветки магистрального газопровода федерального значения в бессрочное пользование (то есть период воздействия принимается равным 30 годам) для строительных работ и возведения элементов инфраструктуры (территория необратимой трансформации) была изъята лесная территория (зона лиственных лесов), являющаяся средой обитания охотничьих ресурсов. Размер изъятой территории составил: в ширину – 0,2 км, в длину – 43 км, то есть 860 га. Кроме того установлено, что при проведении работ (из-за шума работающей техники) необходимо выделение территорий воздействия. Территории воздействия были выделены в результате проведения исследовательских работ (территория необратимой трансформации, территория сильного воздействия, территория среднего воздействия и территория слабого воздействия), а в ходе камеральных работ была определена площадь каждой из территорий воздействия, которая составила 1720 га. Для определения видового состава охотничьих ресурсов и их численности на территории необратимой трансформации и близлежащих территориях (территория сильного воздействия, территория среднего воздействия и территория слабого воздействия) были проведены учетные работы. При этом была установлена плотность охотничьих ресурсов (лоси) на территории воздействия, которая составила 10 особей на 1000 га. Определено соотношение территорий с разной интенсивностью негативного воздействия (% от всей территории воздействия): а) необратимая трансформация – 10 %; б) сильное воздействие – 20 %; в) среднее воздействие – 30 %; г) слабое воздействие – 40 %. Норматив допустимого изъятия вида на данной территории в текущем году составил 30 %. Рассчитайте размер экологического ущерба. Какая плотность популяции лосей является оптимальной для зоны лиственных лесов?

12. При обустройстве трансекты строительной организацией для строительства асфальтовой автодороги подвергся вырубке глухариный ток, расположенный на территории охотничьего хозяйства. Учет численности токующих глухарей на территории данного тока проводился в текущем году. Материалы учетных работ были надлежащим образом оформлены и представлены в виде отчетной документации в уполномоченный орган государственной власти субъекта Российской Федерации. По данным учета на территории данного тока в текущем году токовало 8 самцов глухаря. Учитывая, что половое соотношение особей в популяции глухаря близко 1:1, на территории данного тока принимало участие в размножении 16 особей глухаря. Рассчитайте размер экологического ущерба.

13. Физическое лицо, находясь на территории закрепленного охотничьего угодья, разрушило (раскопал и оставил не закопанным) барсучье поселение в целях добычи барсука, разрешение на добычу которого у него имелось. Вред, тем не менее, был нанесен. По данным материалов учета, численности барсука в охотничьем угодье в данном барсучьем поселении обитало 5 особей барсука. Рассчитайте размер экологического ущерба.

14. Физическое лицо, управляя принадлежащим ему транспортным средством, сбило тигра, переходившего автомобильную дорогу. Дорожно-транспортное происшествие произошло в ночное время в условиях плохой видимости. Умысла физического лица в уничтожении тигра не было, то есть животное погибло по неосторожности. Рассчитайте размер экологического ущерба.

15. Физическое лицо, находясь на территории государственного природного зоологического заказника, отловило при помощи удушающих петель четыре особи волка (2 самца и 2 самки). Рассчитайте размер экологического ущерба.

6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
ОПК-3, ОПК-4	Тест	Низкий (неудовлетворительно)	Количество правильных ответов на вопросы теста менее 60 %
		Пороговый (удовлетворительно)	Количество правильных ответов на вопросы теста от 61-75 %
		Базовый (хорошо)	Количество правильных ответов на вопросы теста от 76-84 %
		Высокий (отлично)	Количество правильных ответов на вопросы теста от 85-100 %

	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.

		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	Реферат	Низкий – неудовлетворительно	тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.
		Пороговый – удовлетворительно	имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
		Базовый – хорошо	основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
		Высокий – отлично	выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяется следующие критерии оценивания.

Критерии оценивания устного ответа на зачете

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если:

1. Вопросы раскрыты, изложены логично, без существенных ошибок;
2. Показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;
3. Продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов, сформированность компетенций, устойчивость используемых умений и навыков.

4.Допускаются незначительные ошибки.

Оценка «не зачтено» выставляется, если:

1. Не раскрыто основное содержание учебного материала;
2. Обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;
3. Допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
4. Не сформированы компетенции, умения и навыки.

ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Тема: Экологическое состояние окружающей среды

Вариант 1

1. Экологический кризис. Современный экологический кризис.
2. Концепция устойчивого развития.

Вариант 2

1. Экологические ситуации в природе, их краткая характеристика.
2. Концепция ноосферы.

Вариант 3

1. Деградация окружающей среды.
2. НТП и экологические проблемы. Этапы НТП.

Вариант 4

1. Медико-социальная шкала угасания природы
2. Главные формы воздействия человека на природу. Глобальные проблемы человечества, их общие черты.

Вариант 5

1. Специфика окружающей среды. Последствия изменения геосфер, вызванные техногенезом.
2. Токсичность. Обстоятельства, определяющие степень токсичности химических элементов или их соединений.

Вариант 6

1. Качество окружающей среды. Загрязнение. Трансформация веществ-загрязнителей в биосфере.
2. Конференция в Рио-де-Жанейро. Повестка дня на XXI век.

Контрольная работа

Тема: Аварийные риск и химическая опасность

Вариант 1

1. Понятие системы. Общие свойства и параметры системы.

2. Оценка риска технологий и управление риском. Подходы к оценке риска: инженерный, экспертный, модельный и социологический. Показатели безопасности.

Вариант 2

1. Система «ЧЭБС» («человек – экономика – биота – среда»), общая характеристика.
2. Безопасность и риск. Классификация риска: индивидуальный, технический, социальный и экономический. Краткая характеристика рисков.

Вариант 3

1. Природные экосистемы. Классификация экосистем на ландшафтной основе. Антропогенные экосистемы.
2. Понятие безопасности. Соотнесение понятий «риск», «опасность» и «уязвимость». Основные положения теории опасности.

Вариант 4

1. Природно-промышленные системы, их структура
2. Аксиомы о потенциальной опасности технических систем:

Вариант 5

1. Химическая безопасность. Химическая опасность. Химически опасные объекты. Токсичные химические вещества. Химически опасный объект.
2. Понятия техносферы и технической системы. Признаки системы. Промышленная безопасность. Приемлемый риск.

Вариант 6

1. Типовой химико-технологический объект (ХТО). Специфические особенности современных ХТО.
2. Ущерб. Ущерб прямой и косвенный. Ущерб материальный, ущерб от загрязнения окружающей среды.

Вариант 7

1. Потенциально опасные процессы химической технологии. Основные причины возникновения аварийной ситуации. Методы снижения опасности ХТО.
2. Понятия техносферы и технической системы. Признаки системы. Промышленная безопасность. Приемлемый риск.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Концепция экологической безопасности.
2. Экологические проблемы современного мира.
3. Экологическая ситуация в Амурской области.
4. Концепция устойчивого развития.
5. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере.
6. Ликвидация последствий чрезвычайных экологических ситуаций
7. Рукотворные катастрофы.
8. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека.
9. Экологические проблемы выживания (шум, вибрация, излучения, транспорт и т.д.).
10. Радиация и человек.
11. Экологические проблемы народонаселения.

12. Чем грозит вмешательство человека в дела природы?

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Промежуточный контроль по теме “Глобальные эколого-экономические проблемы”

1. Что определило формирование глобальной экологии в самостоятельную дисциплину (вариантов ответов может быть несколько):

1) Развитие человечества как социума;
2) Рост потребления природных ресурсов;
3) Развитие науки и техники;
4) Международное сотрудничество;
5) Развитие внешних экономических связей;
6) Исчерпаемость основных природных ресурсов.

2. Кто впервые применил термин «экология»? Это…

1) Ч.Дарвин;
2) Э.Геккель;
3) В.И.Вернадский;
4) Н.Ф.Реймерс;
5) К.Тролль;
6) Н.Н.Моисеев.

3. Что называется природно-ресурсным потенциалом территории? Это :

1) природные ресурсы на определенной территории, которые могут вовлекаться в хозяйственную деятельность
2) биосфера;
3) метеоклиматические характеристики;
4) возобновимые природные ресурсы.

4. Когда и где состоялся 1-ый Международный конгресс по охране окружающей среды:

1) В Москве в 1998 г;
2) В Стокгольме в 1972 г;
3) В Рио-де-Жанейро в 1992 г;
4) В Риме в 1972 г;
5) В Нью-Йорке в 1980 г;
6) В Киото в 1987г.

5. Техногенный путь развития – это:
1) путь, основанный на вовлечении в хозяйственный оборот все большего количества ресурсов;
2) ресурсосберегающий путь развития с использование новейших достижений техники.

6. Устойчивое развитие – это …
1) промышленное развитие с устойчивыми темпами роста на протяжении ряда последних лет;
2) развитие, которое обеспечивает постоянное воспроизводство производственного потенциала на перспективу;
3) сохранение сложившихся темпов прироста населения.

7. Когда начали формироваться экологические проблемы:
1) в первой половине 20-го столетия;
2) во второй половине 20-го столетия;
3) в конце 19-го века;
4)на всех этапах развития человеческого общества.

8. Что влияет на формирование экологических проблем:
1) Численность населения;
2) Условия жизни населения;
3) Искусство;
4)Наука;
5)Религия.

9. Глобальные экологические проблемы:
1) Имеют планетарный характер и затрагивают все человечество;
2) Затрагивают только индустриально развитые страны;
3) Затрагивают только те страны, где недостаточно внимания уделяется вопросам охраны окружающей среды;

10. Природопользование, как область знаний, занимается:
1)изучением природных ресурсов;
2) изучением вопросов эксплуатации природных ресурсов;
3) изучением сохранения и воспроизводством природных ресурсов.

11. Какие качественные изменения произошли во взаимоотношениях человека и природы к концу 20-го столетия:
1) Человечество осознало, что техногенный путь развития приведет к глобальной экологической катастрофе;
2) Человечество продолжает наращивать антропогенное воздействие на природу.

12. Где в первую очередь формируются глобальные экологические проблемы:
1) в экономически развитых странах запада;
2) в развивающихся странах;
3) в странах бывшего социалистического лагеря;
4) другой вариант ответа.

13. Что такое экологический кризис:
1) ухудшение качества окружающей среды;

2) резкое увеличение влияния измененной людьми природы на общественное развитие;
3) такое состояние окружающей среды, когда качество ее компонентов необратимо ухудшено.

14. Что такое экологическая катастрофа:
1) это обратимое состояние, в котором человечество выступает активно действующей стороной;
2) это необратимое состояние, когда человек является пассивной стороной.

15. Что такое природная среда:
1) совокупность абиотических и биотических компонентов природы земли;
2) это естественная растительность и живые организмы;
3) это нетронутые цивилизацией участки земного шара.

16. В чем сущность закона незаменимости биосферы:
1) биосфера представляет собой единственную систему обеспечивающую устойчивость среды обитания;
2) биосферу нельзя заменить, но можно видоизменить.

17. Сколько было экологических революций:
1) две; 2) четыре; 3) пять; 4) шесть.

18. Результатом какой экологический революции стал глобальный экологический кризис:
1) второй; 2) третьей; 3) пятой; 4) шестой.

19. Какое влияние на окружающую среду оказывает рост населения, - это:
1) никакого; 2) отрицательное; 3) положительное.

20. В каких странах наиболее высокий темп роста населения:
1) в экономически развитых странах запада;
2) в странах Азии и Африки;
3) в России.

21. Оказывает ли рост численности населения влияние на продовольственную проблему:
1) да;
2) нет;
3) оказывает косвенно.

22. Что такое энергетическая проблема, это:
1) нехватка электроэнергии;
2) увеличение потребления электроэнергии человечеством и, как следствие, рост вовлечения в хозяйственный оборот энергоресурсов;
3) снижение потребления энергии под воздействием экологических организаций.

23. В каких странах максимальное потребление энергии на душу населения:
1) в странах с низкими доходами;
2) в странах – экспортерах нефти;
3) в развитых странах запада.

24. Что такое глобальный сырьевой кризис - это:
1) дефицит сырья в отдельном регионе;
2) дефицит сырья для выпуска какой-либо продукции в разных странах;
3) отсутствие запасов сырья во всем мире.

25. Связаны ли глобальные проблемы человечества с экономикой отдельных государств:
1) связаны;
2) не связаны;
3) связаны отчасти.

26. Связаны ли глобальные мировые проблемы с проблемой войны и мира:
1) да;
2) нет.

27. Оказывают ли влияние мировые экологические проблемы на здоровье населения:
1) да;
2) нет;
3) отчасти.

28. Что такое глобальное загрязнение окружающей среды:
1) это изменение естественных характеристик среды во всем мире;
2) это влияние хозяйственной деятельности на территории одних государств на состояние среды других государств.

29. Что такое транстерриториальное распределение загрязняющих веществ - это:
1) распространение на большое расстояние от источника воздействия;
2) распространение на территории нескольких государств или нескольких регионов.

30. Что такое парниковый эффект - это:
1) удержание значительной части тепловой энергии солнца у поверхности земли;
2) усиление потока тепловой энергии под действием парниковых газов.

31. Какие газы называются парниковыми:
1) углекислый газ и метан;
2) диоксид серы и диоксид азота;
3) кислород и хлор.

32. Что отражают стандарты качества окружающей среды:
1) уровень общественных потребностей;
2) уровень фактического воздействия на окружающую среду;
3) уровень экономический стабильности.

ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Лабораторная работа оформляется в тетради каждым студентом самостоятельно. Указывается название работы, формулируются цель. Далее описывается ход работы, приводятся (если требуется) формулы, расчетные соотношения и результаты расчетов (экспериментов) в виде таблиц, схем, рисунков и графиков. В соответствии с ожидаемыми и полученными результатами делаются выводы об успешном (неудачном) выполнении задания, производится анализ допущенных ошибок и предлагаются варианты их устранения, а также предлагаются способы получения наиболее оптимальных результатов.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Что такое «окружающая среда»? Какова ее структура?
2. Что называется загрязнителями ОС, и как они классифицируются? Какие бывают уровни загрязнения ОС?
3 Техногенез. Этапы техногенеза.
4. Техносфера. Объем и состав техносферы. Техногенный материальный баланс.
5. Ресурсы техносферы. Классификация ресурсов.
6. Характеристика земельных ресурсов.
7. Характеристика водных ресурсов

8. Характеристика энергетических и минеральных ресурсов.

9. Техногенное загрязнение окружающей среды. Классификация техногенных воздействий.

10. Загрязнение атмосферы. Состав, количество и опасность аэрополлютантов. Индекс суммарного загрязнения атмосферы.

11. Загрязнение природных вод. Состав, количество и опасность гидрополлютантов. Загрязнение вод России.

12. Загрязнение Земли. Твердые и опасные отходы: количественные характеристики. Коэффициент концентрации загрязнения почвы.

13. Радиационное загрязнение. Техногенные добавки к радиационному фону.

14. Физическое волновое загрязнение среды.

15. Техногенные поражения. Классификация.

16. Связь общих показателей состояния здоровья с загрязненностью окружающей среды.

17. Экологическая безопасность. Критерии экологической безопасности. Безопасность территориальных комплексов. Безопасность экосистем. Экологическая безопасность человека.

18. Понятие системы. Общие свойства и параметры системы.

19. Системные законы экологии. Законы Коммонера.

20. Система «Человек – Экономика – Биота – Среда» (ЧЭБС).

21. Качество среды. Показатели качества.

22. Медико-социальная шкала угасания природы.

23.Системы природные и антропогенные. Эколого-экономические и природно-технические системы.

24. Определение опасности. Аксиомы о потенциальной опасности технических систем.

25. Таксономия опасностей. Алгоритм развития опасности. Источники опасности. Номенклатура опасностей. Пороговый уровень опасности. Показатели безопасности технических систем.

26. Технологические методы уменьшения объема сточных вод. Схемы организации оборотного водоснабжения. Методы очистки сточных вод от возбудителей болезней, органических и неорганических веществ, питательных веществ и термальных загрязнений. Переработка жидкофазных отходов, использование ценных компонентов. Комплексная система очистки сточных вод. Озонирование.

27. Методы очистки атмосферы от газообразных и аэрозольных загрязнителей: абсорбция, адсорбция, конденсация, каталитическая нейтрализация, дожигание. Улавливание аэрозолей в скрубберах, фильтрах, электрофильтрах. Очистка от пыли.

28. Источники твердых отходов; их свойства; городской мусор, ил сточных вод, отходы сельскохозяйственного производства, целлюлоза и бумага, отходы химической промышленности, зола, шлак. Переработка отходов; захоронение. Физико-химические методы очистки. Химическая и биохимическая обработка отходов. Современные биотехнологические методы обезвреживания отходов. Многоступенчатые комплексные системы.

29. Термические способы обезвреживания. Методы разделения при утилизации отходов.

30. Типовые схемы очистки производственных отходов. Оборудование. Средства контроля на примере химико-технологиеских производств. Использование твердых отходов промышленности.

31. Классификация радиоактивных отходов. Проблемы локализации, консервации, захоронения. Переработка и использование.

32. Проблемы охраны окружающей среды в процессе сельскохо-зяйственного производства. Нарушение биологического равновесия в результате применения удобрений

и ядохимикатов. Диагностика, методы предотвращения и ликвидации вредных последствий их использования.

6.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, ОПК-3, ОПК-4.

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	**№ задания**	**Вес задания (балл)**	**Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности ответа)**
задания закрытого типа с выбором одного правильного (1 из 4)	1, 2, 3	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (3 из 6)	4, 5, 6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания закрытого типа на установление соответствия (4 на 4)	8, 9	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задание закрытого типа на установление последовательности	10, 11	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания открытого типа с кратким ответом	12, 13	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи.
задания открытого типа с развернутым ответом	14, 15	5 баллов	5 б – полное правильное соответствие; если допущена одна ошибка/неточность / ответ правильный, но не полный - 3 балла; если допущено более одной ошибки / ответ неправильный / ответ отсутствует – 0 баллов

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	**ИД-1 ук-1- Знает** расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ **ИД-2 ук-1- Умеет** применять теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности. **ИД-3 ук-1- Имеет практический опыт** использования стандартного программного обеспечения при решении задач химической направленности.

Тест по дисциплине «Техногенные системы и экологический риск»

Часть 1. Вопросы с одним правильным ответом

1. Что из перечисленного является первичным источником энергии для большинства природных процессов в системе «окружающая среда»?

а) Химическая энергия недр Земли.
б) Геотермальная энергия.
в) Энергия солнца.
г) Кинетическая энергия ветра.

Ответ: в

2. Какой принцип обеспечения безопасности гласит, что система должна приходить в состояние минимальной опасности при выходе из строя любого ее элемента?

а) Принцип слабого звена.
б) Принцип нормирования.
в) Принцип резервирования.
г) Принцип информации.

Ответ: а

3. Ключевым объектом управления в системе промышленной безопасности является:

а) Качество атмосферного воздуха.
б) Техногенный риск.
в) Запас природных ресурсов.
г) Состояние здоровья населения.

Ответ: б

Часть 2. Задания типа «Верно/Неверно»

4. Утверждение: «Антропогенные воздействия, в отличие от природных, всегда носят негативный характер для экосистем».

Ответ: Неверно

5. Утверждение: «Понятие «экологический риск» количественно характеризует вероятность наступления неблагоприятных последствий для природной среды в результате воздействия хозяйственной деятельности»

Ответ: Верно

Часть 3. Задания с несколькими вариантами ответов

6. Какие из перечисленных факторов относятся к категории физических опасностей в техносфере?

а) Электромагнитное излучение от ЛЭП.
б) Вибрация от промышленного оборудования.
в) Выброс паров ртути в цехе.

г) Повышенный уровень шума в рабочей зоне.
д) Попадание пестицидов в почву.
Ответ: а), б), г).
7. Какие из перечисленных мероприятий непосредственно относятся к управлению качеством окружающей среды? (Выберите два или более варианта)
а) Установка газоочистного оборудования.
б) Проведение аттестации рабочих мест по условиям труда.
в) Создание системы мониторинга выбросов загрязняющих веществ.
г) Разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС).
д) Внедрение системы оборотного водоснабжения на предприятии.

Ответ: а), в), д).

Часть 4. Задания на соответствие

8. Установите соответствие между видом воздействия и его характером для окружающей среды:

№	Вид воздействия	Характер воздействия
1	Выбросы CO_2 от ТЭЦ	А. Локальное, кратковременное
2	Разлив нефти в акватории порта	Б. Глобальное, долговременное
3	Сброс биогенных элементов (азот, фосфор) в реку	В. Региональное, кумулятивное

Ответ: 1 – Б, 2 – А, 3 - В
9. Установите соответствие между принципом обеспечения безопасности и его содержанием:

№	Принцип	Содержание принципа
1	Принцип нормирования	А. Ограничение негативного воздействия установленными ПДК, ПДВ и др.
2	Принцип слабого звена	Б. Использование в системе элемента, который выходит из строя при заданных нагрузках первым, сохраняя целостность системы.
3	Принцип информации	В. Обучение и информирование персонала о возможных опасностях и правилах поведения.

Ответ: 1 – А, 2 – Б, 3 - В

Часть 5. Задания на установление последовательности

10. Расположите в правильной последовательности этапы управления риском:
А) Оценка риска
Б) Идентификация опасности

В) Мониторинг и контроль
Г) Разработка и реализация мер по снижению риска
Ответ: Б -> А -> Г -> В
11. Расположите в правильной последовательности иерархию управления отходами (от наиболее к наименее приоритетному методу):
А) Захоронение
Б) Переработка и рециклинг
В) Снижение образования отходов
Г) Повторное использование
Ответ: В -> Г -> Б -> А

Часть 6. Задания с коротким ответом

12. Как называется показатель, определяющий количество вредного вещества в единице объема (массы) окружающей среды, которое при постоянном контакте или воздействии за определенный промежуток времени не оказывает прямого или косвенного вредного влияния на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства?
Ответ: ПДК
13. Назовите основной законодательный акт Российской Федерации, который определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды.
Ответ: №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Часть 7. Задания с развернутым ответом

14. Опишите, как реализация компетенции ОПК-3 (способность применять расчетно-теоретические методы с использованием вычислительной техники) может быть применена для решения задачи по прогнозированию распространения загрязняющего вещества в атмосфере от промышленного источника. В ответе укажите, какие исходные данные необходимы, какие модели или методы могут быть использованы и какие результаты можно получить.
Ответ: Исходные данные: Мощность источника выброса, координаты и высота трубы, физико-химические свойства загрязняющего вещества (скорость осаждения, химическая активность), метеоданные (скорость и направление ветра, температура, класс устойчивости атмосферы), рельеф местности.
Методы/Модели: Используются математические модели рассеивания, например, гауссовы модели для распространения примесей в атмосфере. Расчеты проводятся с помощью специализированного ПО (например, УПРЗА «Эколог», EOLUS или самописные коды в MATLAB/Python).
Результаты: Прогнозное поле концентраций загрязняющего вещества на различном удалении от источника, определение зон повышенного экологического риска, оценка вклада источника в общий фон, расчет приземных концентраций для сравнения с ПДК.
15. Проанализируйте экологический риск, связанный с эксплуатацией крупного химического предприятия. Предложите комплекс мер управления (технических, организационных, управленческих), направленных на снижение как промышленной, так и экологической безопасности на данном объекте. Обоснуйте необходимость каждого предлагаемого мероприятия.
Ответ: Технические меры:

Внедрение современных систем автоматического контроля и аварийного отключения (АСУ ТП). *Обоснование: Снижает вероятность human error и позволяет оперативно реагировать на отклонения от нормального режима.*
Установка многоступенчатых систем очистки выбросов и сбросов (газоочистка, локальные очистные сооружения). *Обоснование: Прямое снижение негативного воздействия на окружающую среду.*

Создание герметичных систем замкнутого водооборота. *Обоснование: Минимизация водопотребления и сброса загрязненных сточных вод*.
Оборудование обваловки вокруг емкостей с АХОВ. *Обоснование: Локализация аварийных разливов, снижение масштабов воздействия.*

Организационные меры:

Регулярное проведение учений по действиям в ЧС. *Обоснование: Подготовка персонала к эффективным действиям при аварии.*

Внедрение системы производственного экологического контроля (ПЭК) и менеджмента (СЭМ). *Обоснование: Системный подход к выявлению и управлению экологическими аспектами.*

Строгое соблюдение режимов технологического регламента и проведение планово-предупредительных ремонтов. *Обоснование: Предотвращение аварий, вызванных износом оборудования.*

Управленческие меры:

Проведение регулярной оценки рисков (HAZOP, FMEA). *Обоснование: Проактивное выявление потенциальных опасностей.*

Разработка и актуализация декларации промышленной безопасности и планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. *Обоснование: Выполнение законодательных требований и формализация процедур управления рисками.*

Создание системы сбора и анализа данных о происшествиях и «почти случившихся» инцидентах. *Обоснование: Выявление системных слабостей и предотвращение более серьезных аварий.*

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**
ОПК-4. Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задачи.	**ИД-1 опк-4- Знает** теоретические и полуэмпирические модели решения задач химической направленности **ИД-1 опк-4. Умеет** обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик. **ИД-1 опк -4**. **Имеет практический опыт** интерпретации результатов химических наблюдений с использованием физических законов и представления научных текстов.

Тест по дисциплине «Техногенные системы и экологический риск»

Часть 1: Вопросы с одним правильным ответом

1. Что является первичным источником энергии для большинства глобальных природных процессов и, как следствие, основой для формирования природных воздействий на человека и среду?

а) Радиоактивный распад в недрах Земли
б) Химические реакции в океане
в) Солнечная радиация
г) Тепло промышленных предприятий

Ответ: в

2. Какое из перечисленных понятий описывает вероятность реализации опасности с конкретными последствиями в условиях воздействия опасных факторов?
а) Опасность
б) Риск
в) Ущерб
г) Уязвимость
Ответ: б
3. Какой принцип обеспечения безопасности предполагает создание такой техносферы, которая при любых отклонениях параметров от нормы сохраняет безопасное для человека и природы состояние?
а) Принцип классификации
б) Принцип слабого звена
в) Принцип нормирования
г) Принцип пассивной безопасности
Ответ: г

Часть 2: Задания типа «Верно/Неверно»

4. Утверждение: «Антропогенные воздействия, в отличие от природных, всегда носят негативный характер для экологических систем».
Ответ: Неверно
5. Утверждение: «Понятие «промышленная безопасность» уже, чем понятие «охрана труда», так как относится только к опасным производственным объектам».
Ответ: Верно

Часть 3: Задания с несколькими вариантами ответов

6. Какие из перечисленных факторов относятся к физическим опасностям в техносфере?
а) Повышенный уровень шума
б) Вибрация
в) Пары ртути в воздухе рабочей зоны
г) Электромагнитные поля
д) Повышенная психоэмоциональная нагрузка
Ответ: а, б, г
7. Какие из перечисленных мероприятий напрямую связаны с управлением качеством окружающей средыа)
а) Установка газоочистного оборудования на ТЭЦ
б) Проведение медицинских осмотров на предприятии
в) Создание системы мониторинга атмосферного воздуха в городе
г) Разработка инструкций по охране труда для рабочих
д) Внедрение системы оборотного водоснабжения на заводе
Ответ: а, в, д

Часть 4: Задания на соответствие

8. Установите соответствие между видами риска и их характеристиками:

Характеристика	Вид риска
1. Рассчитывается как отношение числа неблагоприятных последствий к их возможному	А) Индивидуальный риск

числу.

2. Отражает масштаб последствий реализации опасности для группы людей или территории.	Б) Коллективный (социальный) риск
3. Вероятность возникновения опасного события для конкретного человека.	В) Экологический риск
4. Риск, связанный с изменением свойств окружающей среды и degradation экосистем.	Г) Потенциальный риск

9. Установите соответствие между принципом обеспечения безопасности и его сущностью:

Принцип	Сущность
1. Принцип нормирования	А) Разделение среды на зоны с разным уровнем опасности (например, санитарно-защитная зона)
2. Принцип защиты расстоянием	Б) Создание систем, автоматически переходящих в безопасное состояние при отказах
3. Принцип слабого звена	В) Установление ПДК, ПДУ, ПДВ и других нормативов
4. Принцип блокировки	Г) Наличие в системе элемента, который разрушается первым при превышении нагрузок, предотвращая более тяжелые последствия

Часть 5: Задания на установление последовательности

10. Расположите в правильной логической последовательности этапы процедуры управления риском:

А) Оценка риска
Б) Идентификация опасности
В) Мониторинг и пересмотр риска
Г) Выбор и реализация мер по снижению риска
Д) Анализ приемлемости риска

11. Расположите в правильной последовательности иерархию систем управления в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности на предприятии (от высшего уровня к низшему):

А) Положение о системе экологического менеджмента
Б) Инструкция по обращению с отходами на участке
В) Экологическая политика предприятия
Г) Рабочий журнал учета образования отходов

Часть 6: Задания с коротким ответом

12. Инженер-химик рассчитал, что при проектной производительности установки в атмосферу будет выбрасываться 1,5 кг/ч оксида углерода (CO). Установка работает в закрытом помещении объемом 2000 м³ с несовершенной вентиляцией (коэффициент воздухообмена k=0,8 ч⁻¹). Рассчитайте, установится ли в помещении стационарная концентрация CO, превышающая ПДКр.з. (20 мг/м³). Формула для стационарной концентрации: C = P / (k * V), где P – мощность выброса (мг/ч), k – кратность воздухообмена (ч⁻¹), V – объем помещения (м³).

Ответ (приведите число): _____ мг/м³. Превышает ли ПДК? (Да/Нет)

13. Назовите основной документ, регламентирующий требования к проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий в Российской Федерации.

Часть 7: Задания с развернутым ответом

14. На химическом предприятии планируется запуск новой технологической линии, связанной с использованием хлора. Используя теоретические знания о принципах обеспечения безопасности и управлении рисками, спланируйте последовательность работ по оценке и минимизации экологического и промышленного риска на этапе проектирования. В ответе должны быть отражены как минимум 4 ключевых этапа, характерных для планирования работ химической направленности.

15. В результате аварии на промышленном объекте произошел выброс в атмосферу 100 кг диоксида серы (SO_2). Ветер равномерно рассеивал облако в сторону жилого района. Используя знания об окружающей среде как о системе и принципах экологического риска, интерпретируйте возможные последствия. Опишите цепь событий в системе «атмосфера – почва – водная среда – биота – человек». Какие исходные данные необходимы для более точной математической оценки ущерба?

7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Официальный сайт БГПУ;
- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования www.i-exam.ru»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы

(использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкции о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все обучающиеся учатся в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

9.1 Литература

1. Экология: Человек - Экономика - Биота - Среда : учебник для студ. вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ЮНИТИ, 2001. - 566 с. (10 экз.)
2. Белов, П. Г. Техногенные системы и экологический риск : учебник и практикум для вузов / П. Г. Белов, К. В. Чернов ; под общей редакцией П. Г. Белова. - Москва : Издательство Юрайт, 2022. - 366 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00605-6. - Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: https://urait.ru/bcode/489870
3. Белов, С. В. Техногенные системы и экологический риск : учебник для вузов / С. В. Белов. - Москва : Издательство Юрайт, 2022. - 434 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-8330-2. - Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: https://urait.ru/bcode/490060
4. Техногенные системы и экологический риск: практикум / М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО БГПУ ; сост. Л. П. Панова. – Благовещенск : Изд-во БГПУ, 2019. – 140 с. (35 экз).

9.2 Базы данных и информационно-справочные системы

1. Министерство природных ресурсов и экологии РФ http://www.mnr.gov.ru
2. Федеральное агентство водных ресурсов http://voda.mnr.gov.ru
3. Федеральное агентство лесного хозяйства https://rosleshoz.gov.ru
4. Федеральное агентство по недропользованию http://www.rosnedra.gov.ru
5. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) https://www.gosnadzor.ru/
6. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) www.meteorf.ru

7. Федеральное агентство по рыболовству http://www.fish.gov.ru
8. Всероссийский Экологический Портал http://ecoportal.ru
9. Портал научной электронной библиотеки http://elibrary.ru/defaultx.asp

9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник https://polpred.com/news
2. ЭБС «Юрайт» https://urait.ru

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется:

Ауд. 217 «А». Лаборатория аналитической химии

- Стол лабораторный 1-мест. (8 шт.)
- Стол письменный 1-мест. (2 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул (11 шт.)

- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (1 шт.)
- Принтер «Samsung» (1 шт.)
- 8 - портовый коммутатор D-Link для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ (1 шт.)
- Мультимедийный проектор SHARP -10 X (1 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- Анализатор АНИОН-7051 (1 шт.)
- Весы аналитические VIBRA HT-84RCE (2 шт.)
- Жидкостная хроматографическая система с кондуктометрическим детектированием «Джетхром» (1 шт.)
- Прибор для получения особо чистой деонизованной воды «Водолей» (1 шт.)
- Комплекс аппаратно-программный на базе хроматографа «Лристалл 2000М» (1 шт.)
- Кондуктометр «Анион 4120» (1 шт.)
- Насос вакуумный-компрессор (мини) Portlab N86 KTE (1 шт.)
- Устройство для фильтрации и дегазации растворов АНО-1566 «Phenomenex» (1 шт.)
- Центрифуга лабораторная ОПН-4 (с ротором) (1 шт.)
- Весы ВЛР-200 (аналитические) (2 шт.)
- Весы ВЛР-200Г (с гирями) (1 шт.)
- Весы ЕК-400Н (Эй энд Ди)(0,01г.) (1 шт.)
- Весы торсионные ВТ-100 (технические) (1 шт.)
- Вытяжной зонт (1 шт.)
- Иономер И130 2М.1 (1 шт.)
- Комплекс вольтамперометрический СТА (1 шт.)

- Микроскоп МБС-10 (1 шт.)
- Шкаф сушильный
- Муфельная печь (ПМ-8) (1 шт.)
- Аквадистиллятор (ДЭ-4-2М) (1 шт.)
- Комплекс пробоподготовки «Термос-экспресс» ТЭ 1 (1 шт.)
- Фотометр КФК3КМ (1 шт.)
- Пробоотборная система ПЭ-1420 (1 шт.)
- Фторопласт пробоотб. система ПЭ-1320 (1 шт.)
- Центрифуга (1 шт.)
- Эксикатор (2 шт.)
- Штатив ШЛ – 01 «ЛАБ» (7 шт.)
- Магнитная мешалка П-Э-6100 (1 шт.)
- Комплект «Ареометр учебный» (1 шт.)
- Штативы для пробирок, нагревательные приборы, лабораторная посуда
- Химические реактивы по тематике лабораторных работ

Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Техногенные системы и экологический риск»

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ.

Лицензионное программное обеспечение: операционные системы семейства Windows, Linux; офисные программы Microsoft office, Libreoffice, OpenOffice; Adobe Photoshop, Matlab, DrWeb antivirus и т.д.

Разработчик: Панова Л.П.., кандидат химических наук, доцент кафедры химии,

Кашина В.А., к. г.-м. наук, доцент кафедры химии, начальник партии инженерно-экологических изысканий лабораторных и опытных работ АО «Амурский территориальный институт строительных изысканий»

.

11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2024/2025 уч. г.

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024/2025 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 8 от 30 мая 2024 г.).

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2025/2026 уч. г.

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025/2026 учебном году. на заседании кафедры химии (протокол № 6 от 26 марта 2025 г.).