

**Методические материалы для обучающихся
по освоению дисциплины**

Б1.В.05.02 Техногенные системы и экологический риск
наименование дисциплины

Направление подготовки /специальность **05.03.06 Экология и природопользование**
код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль)/специализация **Рациональное природопользование и охрана
природных территорий Арктики**

Составитель – **Ангелова Е.Ю.**, канд. пед. наук, доцент кафедры экологии и техносферной безопасности ФГАОУ ВО «МАУ»

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модулю) « **Техно-
генные системы и экологический риск**» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры экологии и техносферной безопасности «05» февраля 2026 г., протокол № 6.

Общие положения

Цель методических материалов по освоению дисциплины (модуля) – обеспечить обучающемуся оптимальную организацию процесса изучения дисциплины (модуля), а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Освоение дисциплины (модуля) осуществляется на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Основными видами аудиторной работы по дисциплине (модулю) являются занятия лекционного и семинарского типа. Конкретные формы аудиторной работы обучающихся представлены в учебном плане образовательной программы и в рабочих программах дисциплин (модулей).

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины (модуля), ее структурой и содержанием, фондом оценочных средств.

Работая с рабочей программой, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемому перечню основной и дополнительной литературы и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего контроля и промежуточной аттестации.

Рабочая программа по дисциплине (модулю) сопровождается методическими материалами по ее освоению.

Отдельные учебно-методические разработки по дисциплине (модулю): учебные пособия, методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям размещены в ЭИОС МАУ.

Обучающимся рекомендуется работать с учебной литературой из ЭБС, необходимой для работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины (модуля).

Виды учебной работы, сроки их выполнения, запланированные по дисциплине (модулю), а также система оценивания результатов, зафиксированы в технологической карте дисциплины (модуля):

Таблица 1 - Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) Б1.В.05.02 Техногенные системы и экологический риск (промежуточная аттестация – экзамен)

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (недели сдачи)
		min	min	
Текущий контроль				
1.	Практические занятия	min – 58,5	max – 72	По расписанию на прак- тических занятиях
2.	Своевременная сдача контрольных точек	min – 1,5	max – 8	По расписанию занятий
	ИТОГО	min – 60	max – 80	
Промежуточная аттестация				
	Экзамен	min – 10	max – 20	На экзамене
	ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	min – 70	max – 100	Экзамен

Работа по изучению дисциплины (модуля) должна носить систематический характер. Для успешного усвоения теоретического материала по дисциплине (модулю) необходимо регулярно посещать лекции, активно работать на учебных занятиях, выполнять запланированные работы по заданию преподавателя, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины (модуля).

Важным условием успешного освоения дисциплины (модуля) является создание самим обучающимся системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с календарным учебным графиком.

1. Методические рекомендации при работе на занятиях лекционного типа

К занятиям лекционного типа относятся лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем.

Лекция представляет собой последовательное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Цель лекционного занятия – организация целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению программным материалом учебной дисциплины (модуля).

В ходе занятий лекционного типа необходимо вести конспектирование излагаемого преподавателем материала.

Наиболее точно и подробно в ходе лекции записываются следующие аспекты: название лекции; план; источники информации по теме; понятия, определения; основные формулы; схемы; принципы; методы; законы; гипотезы; оценки; выводы и практические рекомендации.

Конспект – это не точная запись текста лекции, а запись смысла, сути учебной информации. Конспект пишется для последующего чтения и это значит, что формы записи следует делать такими, чтобы их можно было легко и быстро прочитать спустя некоторое время. Конспект должен облегчать понимание и запоминание учебной информации.

Рекомендуется задавать лектору уточняющие вопросы с целью углубления теоретических положений, разрешения противоречивых ситуаций. При подготовке к занятиям семинарского типа, можно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из изученной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины (модуля).

Тематика лекций представлена в рабочей программе дисциплины (модуля).

2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Важной составной частью учебного процесса в университете являются практические занятия семинарского типа (семинары). Эффективность этих занятий во многом зависит от качества предшествующих занятий лекционного типа и самоподготовки обучающихся. Занятия семинарского типа проводятся по дисциплинам (модулям), требующим научно-теоретического обобщения литературных источников, и помогают обучающимся глубже усвоить учебный материал, приобрести навыки творческой работы с различными источниками информации.

Планы занятий семинарского типа, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателям на вводных занятиях, в методических указаниях, которые размещаются в ЭИОС МАУ.

Подготовка к занятию семинарского типа включает 2 этапа.

1 этап – организационный. Обучающийся планирует свою работу, которая включает: уяснение задания; подбор рекомендованной литературы; составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе.

2 этап – закрепление и углубление теоретических знаний. Включает непосредственную подготовку обучающегося к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекционном занятии обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на суть основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы обучающийся должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.

Различают четыре типа конспектов:

План-конспект – развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.

Текстуальный конспект – воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.

Свободный конспект – четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.

Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то схеме (вопросу).

Семинарские занятия предполагают активную работу студентов – выступления с рефератами или докладами, устные ответы на вопросы преподавателя, коллективное обсуждение проблем курса. Тема семинара является общей для всей группы студентов, и каждый должен подготовить ответы на все вопросы, если преподаватель не распределил вопросы для подготовки персонально. Сообщения или доклады, сделанные на семинаре, обсуждаются, студенты выступают с дополнениями и замечаниями. Таким образом, семинары учат студентов умению четко излагать свои мысли, аргументировать свои суждения, вести научную полемику, считаться с точкой зрения оппонентов. Кроме этого, в ходе семинара выявляются недостаточно понятые и усвоенные вопросы, положения.

Также предусмотрены практические занятия по выполнению расчетных работ по оценке техногенного риска. При выполнении заданий необходимо пользоваться методическими рекомендациями, выданными преподавателем на занятии, поэтапно выполнять расчет переменных по формулам, исходя из предложенного образца. Проверка правильности расчетов проводится в аудитории при совместном обсуждении и записи результатов расчетов на доске.

Тематический план

№ п/п	Наименование практических работ	Кол-во часов
		Очное обучение
1.	Техногенные системы и их воздействие на человека и окружающую среду. Роль техногенеза в развитии глобальных проблем	4
2.	Надежность сложных технических систем и экологический риск	6
3.	Качественные методы оценки техногенных воздействий. Анализ риска	4
4.	Количественная оценка опасных воздействий. Основные направления и методы снижения экологического риска	6
5.	Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов	6

6.	Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов (нерадиоактивных канцерогенов)	6
		32

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ: ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА

При изучении раздела 1 необходимо обратить внимание на следующие тематические блоки: *Безопасность или защита человека и окружающей среды, обеспечение устойчивого развития цивилизации*. Проблема количественной оценки разнородных опасностей. Техника. Основные эпохи в развитии техники. Техногенез. Основные этапы техногенеза. Проблема количественной оценки опасностей. Окружающая среда как система, понятие об урбогеосоциосистеме. *Природно-техногенные системы*. Техносфера. Техносферный круговорот. Рост техносферы: сравнительные показатели. Структура природно-техногенной системы, потоки вещества и энергии в них. Основные проблемы в области взаимодействия техногенных систем с окружающей средой. Геохимические барьеры как путь оптимизации в развитии техногенных систем. *Масштаб современных и прогнозируемых техногенных воздействий на окружающую среду в концепции устойчивого развития*. Экологические последствия загрязнения окружающей среды и проблемы экотоксикологии.

РАЗДЕЛ 2. АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ КАК ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЙ ФАКТОР ВОЗ- ДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОПАСНОСТЕЙ

При изучении раздела 2 необходимо обратить внимание на следующие тематические блоки: *Аварийная ситуация*: понятие специфика, классификация, анализ причин возникновения, оценка последствий. Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды. *Основы теории опасностей*: параметры, классификация, уровни и методы оценки опасностей. Концепция приемлемого риска. Аксиомы о потенциальной опасности технических систем для окружающей среды. Процесс развития опасности. Безопасность. Показатели безопасности технических систем. Виды опасностей. Вероятность и последствия. Оценка и прогноз. Наиболее опасные факторы воздействия на здоровье населения и окружающую среду. События с высокой и низкой вероятностью. Систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду. Долгосрочные эффекты опасных воздействий. Понятие надежности. Виды надежности технических систем. Безотказность. Ремонтопригодность. Долговечность. Сохраняемость.

РАЗДЕЛ 3. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКА

При изучении раздела 3 необходимо обратить внимание на следующие тематические блоки: *Методология оценки риска: основные понятия, определения, подходы и методы расчета, сравнение и анализ рисков*. Стоимостная оценка риска. Экологическая безопасность и страхование. Виды риска. Характеристика видов риска. Принципы расчета экологического, технического, экономического, индивидуального и социального рисков.

Источники и факторы экологического риска. Функциональная модель развития риска промышленной системы. *Риск-анализ*. Системный анализ риска. Процедура анализа риска. Управление риском. Основные подходы к оценке риска, их характеристика. Региональная оценка риска. Расчет и построение полей риска на картографической основе. Зоны экологического риска. Социальные аспекты риска; восприятие рисков и реакция обще-

ства на них. Экономический подход к проблемам безопасности; стоимостная оценка риска; приемлемый уровень риска.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (семинары)

Практическое занятие №1-2. Техногенные системы и их воздействие на человека и окружающую среду. Роль техногенеза в развитии глобальных проблем (4 часа)

Цель практического занятия: усвоить основные понятия, ознакомиться с вопросами, предусмотренные по теме занятия.

Методические рекомендации. Для обсуждения предложенных вопросов, обучающемуся необходимо опираться на лекционный материал и знания, полученные в процессе самостоятельной работы. Для обсуждения теоретических вопросов используется метод ответов на вопросы и метод дискуссии.

Содержание занятия:

1. Контроль исходного уровня знаний и умений – обсуждение теоретических вопросов.
2. Проверка заданий для самостоятельной работы.
3. Контроль конечного уровня усвоения темы – обсуждение в форме эвристической беседы.

Материалы и оборудование: мультимедийная презентация.

Литература: [1, с. 183-187; 2, с. 71-82; 4, с. 195].

Ход работы

1) Вопросы для обсуждения:

1. Условия и факторы, обеспечивающие безопасную жизнедеятельность в окружающей среде.
2. Техника. Основные эпохи в развитии техники. Техногенез.
3. Техносфера. Техносферный круговорот. Рост техносферы: сравнительные показатели.
4. Техническая система. Природно-техногенные системы. Структура природно-техногенной системы, потоки вещества и энергии в них.
5. Основные проблемы в области взаимодействия техногенных систем с окружающей средой.
6. Техногенные эмиссии и воздействия. Понятие о загрязняющих веществах.
7. Классификация загрязнения среды.
8. Количественная оценка глобального загрязнения.
9. Загрязнение атмосферы: источники, загрязнители, опасные свойства газов.
10. Жидкие загрязнители в гидросфере, почве. Химические свойства жидкостей.
11. Твердые отходы в окружающей среде. Отходы потребления и производства. Классификация отходов.
12. Накопление и размещение отходов. Обезвреживание отходов. Утилизация отходов.
13. Радиационное загрязнение. Техногенные добавки к радиационному фону.
14. Физическое волновое загрязнение среды.

2) Практическая часть. Задания для самостоятельной работы:

1. Заполните таблицу «Основные эпохи в развитии техносферы»

Эпоха	Достижения технического прогресса	Последствия для природной среды
-------	-----------------------------------	---------------------------------

- Изобразите схематично структуру природно-техногенной системы, обозначьте элементы, входящие в экономическую, социальную и природную системы, выделите компоненты социально-экономической, экономико-природной и природно-социальной зоны.
- Составьте таблицу «Факторы, определяющие устойчивость природных систем»:

<i>Категория</i>	<i>Факторы</i>	<i>Примеры</i>

- Какие факты позволили У.О. Дугласу написать в своей знаменитой книге «Трехсотлетняя война. Хроника экологического бедствия» (1975): «Технология и интересы прибыли завели нас далеко по пути к катастрофе...»?
- Заполните таблицу «Техногенное воздействие на окружающую среду»:

<i>Геосфера</i>	<i>Источники загрязнения</i>	<i>Загрязняющие вещества</i>	<i>Последствия загрязнения</i>	<i>Пути решения проблемы</i>
Атмосфера				
Литосфера				
Гидросфера				

3) Контроль. Вопросы для контроля конечного уровня усвоения темы:

- Каковы цели и задачи учения о техногенных системах и экологическом риске?
- Что такое природно-техногенная система и какова ее структура?
- Какие примеры техногенных объектов и систем вы могли бы назвать?
- Какие опасности и источники опасного воздействия со стороны техногенных систем вы знаете?

Практическое занятие №3-5.

Надежность сложных технических систем и экологический риск (6 часов)

Цель практического занятия: Усвоить основные понятия, ознакомиться с вопросами, предусмотренные по теме занятия.

Методические рекомендации. Для обсуждения предложенных вопросов, обучающемуся необходимо опираться на лекционный материал и знания, полученные в процессе самостоятельной работы. Для обсуждения теоретических вопросов используется метод ответов на вопросы и метод дискуссии.

Содержание занятия:

- Контроль исходного уровня знаний и умений – обсуждение теоретических вопросов.
- Проверка заданий для самостоятельной работы.
- Контроль конечного уровня усвоения темы – обсуждение в форме эвристической беседы.

Материалы и оборудование: мультимедийная презентация.

Литература: [2, с. 72-90; 7, с. 10-39].

Ход работы

1) Вопросы для обсуждения:

1. Понятие надежности технической системы.
2. Показатели надежности технической системы.
3. Способы оценки надежности.
4. Математические зависимости для оценки надежности системы.
5. Расчет показателей надежности системы.
6. Логико-графические методы анализа надежности и риска.
7. Методы обеспечения надежности технических систем.
8. Политика экологической безопасности; уменьшение последствий и компенсация ущерба. Научные основы оценки техногенных воздействий на окружающую среду.
9. Экологический подход к оценке состояния и регулированию качества окружающей среды.
10. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов окружающей среды.

2) Практическая часть. Задания для самостоятельной работы:

1. Сравните два типа систем по надежности и риску. Для хранения токсичного химического реагента на заводе можно использовать 2 схемы: схема А - один большой резервуар объемом 500 м³, схема Б - пять резервуаров объемом по 100 м³ каждый. Сравните эти две системы, заполнив таблицу и сделав вывод. В столбец 1 таблицы внесите «Критерии сравнения» (Вероятность крупного разлива (экологический риск); Надежность системы снабжения (отказоустойчивость); Сложность контроля и обслуживания; Стоимость реализации; Вывод), в столбцы 2 и 3 схемы (Схема А: Один большой резервуар; Схема Б: Несколько малых резервуаров).
2. Произошел аварийный выброс сероводорода (H₂S) на установке подготовки газа из-за разгерметизации фланцевого соединения. Составьте таблицу, описав последствия этого события для различных компонентов окружающей среды и человека. Столбец 1 «Компонент среды / Объект воздействия» (Атмосферный воздух; Человек (персонал); Растительность в санитарно-защитной зоне; Почвенный покров), столбец 2 «Последствия воздействия сероводорода (H₂S)».
3. На промышленном предприятии необходимо модернизировать систему очистки сточных вод. Инженеры рассматривают два варианта: Схема А: Одна мощная очистная установка (моновальная система). Схема Б: Три установки средней мощности, работающие параллельно (дивизиональная система). Сравните эти две системы по критериям надежности и риска, заполнив таблицу: Критерии сравнения; Схема А (Одна мощная установка); Схема Б (Три установки средней мощности). В качестве критериев рассмотрите следующие: Вероятность полного сброса неочищенных стоков (экологический риск); Надежность системы снабжения (отказоустойчивость); Сложность контроля и обслуживания; Стоимость реализации; Вывод.
4. В результате механического повреждения произошел разрыв наземного продуктопровода и разлив дизельного топлива на рельеф местности вблизи лесополосы. Составьте таблицу, описав последствия этого события для различных компонентов окружающей среды: «Компонент среды / Объект воздействия» и «Последствия воздействия дизельного топлива». В качестве компонентов среды рассмотрите следующие: Атмосферный воздух; Поверхностные и грунтовые воды; Почвенный покров (литосфера); Растительность и животный мир.

3) Контроль. Вопросы для контроля конечного уровня усвоения темы:

1. Дайте определение понятию «надежность технической системы». В чем заключается принципиальное отличие понятий «надежность» и «безопасность»?
2. Перечислите основные показатели надежности и объясните их физический смысл.
3. Какие существуют основные способы оценки надежности технических систем? В чем разница между расчетными и экспериментальными методами?
4. Как рассчитываются показатели надежности для системы с последовательным и параллельным соединением элементов? Приведите примеры таких систем из экологической сферы.
5. Опишите последовательность расчета вероятности отказа сложной технической системы, которая может привести к экологической катастрофе (на примере прорыва нефтепровода).
6. Что такое логико-графические методы анализа техногенных происшествий? Какую роль они играют в оценке экологического риска?
7. Какие методы обеспечения надежности применяются при проектировании и эксплуатации опасных производственных объектов? Приведите примеры (резервирование, блокировки, регламентное ТО).
8. Что такое политика экологической безопасности предприятия? Каковы основные механизмы уменьшения последствий и компенсации ущерба от техногенных воздействий?
9. Какова роль диагностики и химико-аналитического контроля в обеспечении надежности технических систем и управлении экологическими рисками? Какие объекты подлежат контролю?

Практическое занятие №6-7. Качественные методы оценки техногенных воздействий. Анализ риска (4 часа)

Цель практического занятия: усвоить основные понятия, ознакомиться с вопросами, предусмотренными по теме занятия.

Методические рекомендации. Для обсуждения предложенных вопросов, обучающемуся необходимо опираться на лекционный материал и знания, полученные в процессе самостоятельной работы. Для обсуждения теоретических вопросов используется метод ответов на вопросы и метод дискуссии.

Содержание занятия:

1. Контроль исходного уровня знаний и умений – обсуждение теоретических вопросов.
2. Проверка заданий для самостоятельной работы, выполненных дома.
3. Контроль конечного уровня усвоения темы – обсуждение в форме эвристической беседы.

Материалы и оборудование: мультимедийная презентация.

Литература: [2, с. 91-105; 7, с. 307-335].

Ход работы

1) Вопросы для обсуждения:

1. Основные понятия, определения, термины.
2. Риск, уровень риска, риск-анализ. Оценка риска на основе доступных данных. Сравнение и анализ рисков в единой шкале.
3. Понятие и методология качественного анализа опасностей и выявления отказов систем.
4. Порядок определения причин отказов и нахождения аварийного события при анализе состояния системы. Предварительный анализ опасностей (ПАО).
5. Метод анализа опасности и работоспособности (АОП).

6. Методы проверочного листа (*Check-list*).
7. Анализ вида и последствий отказа (*АВПО*).
8. Анализ вида, последствий и критичности отказа (*АВПКО*).
9. Дерево отказов (*Fault Tree Analysis*), дерево событий (*Event Tree Analysis*).
10. Характеристика программных моделей для построения ориентированных графов (программный компонент *TsimpleGraph* и др.).

2) Практическая часть. Задания для самостоятельной работы:

1. Сравните методы качественного анализа опасностей: предварительный анализ опасностей (*ПАО*), метод анализа опасности и работоспособности (*АОП*), анализ вида и последствий отказа (*АВПО*), анализ вида, последствий и критичности отказа (*АВПКО*). Выделите их особенности, преимущества и ограничения.
2. На основе предложенной схемы технической системы постройте дерево отказов (*Fault Tree Analysis*) для выбранного аварийного события. Определите основные причины и пути развития отказа.
3. Разработайте чек-лист (*Check-list*) для оценки безопасности выбранного производственного объекта. Проведите анализ по пунктам чек-листа и выявите потенциальные риски.
4. Постройте дерево событий (*Event Tree Analysis*) для одного из сценариев техногенного воздействия. Определите возможные исходы и их последствия.
5. Используйте программный компонент (*TsimpleGraph* или др.) для построения ориентированного графа, отражающего взаимосвязи между элементами системы и возможными отказами. Опишите этапы работы и полученные результаты.

3) Контроль. Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое риск и риск-анализ? Каковы основные этапы оценки риска?
2. Как определяется уровень риска и как проводится его сравнение в единой шкале?
3. В чём заключается суть качественного анализа опасностей?
4. Какие этапы включает предварительный анализ опасностей (*ПАО*)?
5. Какова цель метода анализа опасности и работоспособности (*АОП*)?
6. Для чего используется метод проверочного листа (*Check-list*)?
7. В чём различие между анализом вида и последствий отказа (*АВПО*) и анализом вида, последствий и критичности отказа (*АВПКО*)?
8. Как строится дерево отказов (*Fault Tree Analysis*) и для чего оно применяется?
9. Что такое дерево событий (*Event Tree Analysis*) и как оно используется в анализе риска?
10. Какие программные средства применяются для построения ориентированных графов при анализе техногенных рисков?
11. Каковы основные этапы определения причин отказов и нахождения аварийного события при анализе состояния системы?
12. Какие преимущества и недостатки имеют качественные методы анализа по сравнению с количественными?

Практическое занятие №8-10. Количественная оценка опасных воздействий. Основные направления и методы снижения экологического риска (6 часов)

Цель практического занятия: усвоить основные понятия, ознакомиться с вопросами, предусмотренными по теме занятия.

Методические рекомендации. Для обсуждения предложенных вопросов, обучающемуся необходимо опираться на лекционный материал и знания, полученные в процессе самостоятельной работы. Для обсуждения теоретических вопросов используется метод ответов на вопросы и метод дискуссии.

Содержание занятия:

1. Контроль исходного уровня знаний и умений – обсуждение теоретических вопросов.
2. Проверка заданий для самостоятельной работы, выполненных дома.
3. Контроль конечного уровня усвоения темы – обсуждение в форме эвристической беседы.

Материалы и оборудование: мультимедийная презентация.

Литература: [2, с. 91-105; 7, с. 307-335].

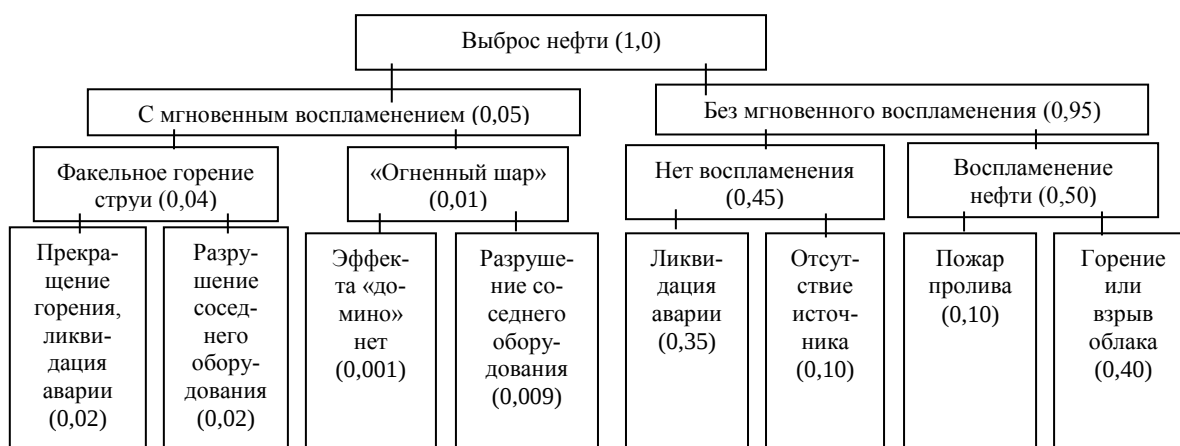
Ход работы

1) Вопросы для обсуждения:

1. Методология оценки риска – основа для количественного определения и сравнения опасных факторов, воздействующих на человека и окружающую среду.
2. Виды опасностей. Вероятность и последствия. Оценка и прогноз.
3. Наиболее опасные факторы воздействия на здоровье населения и окружающую среду.
4. События с высокой и низкой вероятностью.
5. Систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду.
6. Основные подходы к количественной оценке риска крупномасштабных аварий с большими последствиями.
7. Долгосрочные эффекты опасных воздействий.
8. Количественная оценка риска природных опасностей.
9. Особенности управления риском в экстремальных условиях.

2) Практическая часть. Задания для самостоятельной работы:

1. Проанализируйте «дерево» (орграф), изображенное на рисунке, определите его типологию.



2. Постройте ориентированный граф, исходя из предложенной ситуации: при условии, если произойдет разгерметизация ж/д цистерны с бензином на сливно-наливной эстакаде (1,0) последующие события могут развернуться двумя путями: образуется пролив горючей жидкости (с вероятностью 0,2) или пролив локализуют и ликвидируют (с вероятностью 0,8). Если пролив жидкости все же произойдет, то возможно испарение с поверхности пролива с образованием ТВО (0,13), которое приведет к воспламенению ТВО, взрыву (0,01) или рассеиванию ТВО (0,12), либо испарение не произойдет, а пролив воспламенится, возникнет пожар (0,07), который может привести либо к тепловому воздействию на конструкционные материалы и людей (0,01), либо пожар локализуют и ликвидируют (0,06). Если все же об-

разовались ТВО, которые воспламенились (взрыв), то возможно развитие двух событий: разрушение зданий, поражение ударной волной, травмирование людей (0,0014) или опасных последствий наблюдаться не будет (0,0086).

3. Предложите свою ситуацию и опишите развитие ее событий посредством построения орграфа.

3) Контроль. Вопросы для самоконтроля:

1. Как производится количественная оценка экологического риска?
2. Какие факторы воздействия наиболее опасны для здоровья населения и окружающей среды?
3. Какие систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду вы знаете?
4. Какие основные подходы к количественной оценке риска крупномасштабных аварий существуют?
5. Какие долгосрочные эффекты опасных воздействий Вам известны?
6. Как оценивают риск от природных опасностей?
7. Что такое управление риском?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (расчетные работы)

Практическое занятие №11-13. Оценка риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов (6 часов)

План: записать основные формулы для расчетов, научиться производить расчет риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов.

Литература: [2, с. 31-33, с. 37-39].

1) Практическая часть:

Методика оценки риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов:

1. При решении задач, в которых рассматривается вдыхание токсиканта, среднесуточное его поступление m , отнесенное к 1 кг массы тела человека (мг/кг·сут), рассчитывается по формуле 1 (выводится из формулы Ф. Габера):

$$m = \frac{C \times V \times f \times T_p}{P \times T} \quad (1),$$

где:

C – концентрация токсиканта в воздухе (мг/м³);

V – объем воздуха, поступающего в легкие в течение суток (м³/сут): считается, что взрослый человек вдыхает 20 м³ воздуха ежедневно;

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

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

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

T – усредненное время воздействия токсиканта (или средняя продолжительность воздействия токсиканта за время жизни человека), принимаемое равным 30 годам (10 950 сут).

2. Если решаются задачи, связанные с потреблением питьевой воды, то среднесуточное поступление токсиканта с водой на 1 кг массы тела человека m (мг/л·сут), определяется в соответствии с формулой 2:

$$m = \frac{C \times v \times f \times T_p}{P \times T} \quad (2),$$

где:

C – концентрация токсиканта в питьевой воде (мг/л);

v – скорость поступления воды в организм человека (л/сут): считается, что взрослый человек выпивает ежедневно 2 л воды;

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

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

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

T – усредненное время воздействия токсиканта (или средняя продолжительность воздействия токсиканта за время жизни человека), принимаемое равным 30 годам (10 950 сут).

3. Если решаются задачи, связанные с потреблением продуктов питания, то среднесуточное поступление токсиканта с пищей m , приведенное к 1 кг массы тела человека (мг/кг·сут), определяется по формуле 3:

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

где:

C – концентрация токсиканта в пищевых продуктах (мг/кг);

M – количество продукта, потребляемого за один год (кг);

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

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

T – усредненное время воздействия токсиканта (или средняя продолжительность воздействия токсиканта за время жизни человека), принимаемое равным 30 годам (10 950 сут).

После расчета среднесуточного поступления токсиканта рассчитывается индекс опасности (Hazard Quotient) по формуле 4:

$$HQ = \frac{m}{H_D} \quad (4),$$

где:

HQ – индекс опасности;

H_D – пороговая мощность дозы токсиканта. Если $HQ < 1$, то опасность отсутствует, угрозы здоровью нет; если $HQ > 1$, то существует опасность отравления, которая тем больше, чем больше индекс HQ превышает единицу.

Если в воздухе, питьевой воде или в пище содержится несколько токсикантов, то полный индекс опасности $HQ_{\text{сумм.}}$ равен сумме индексов опасности отдельных токсикантов:

$$HQ_{\text{сумм.}} = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 + \dots + HQ_n \quad (5),$$

Если $HQ_{\text{сумм.}} < 1$, то опасность отсутствует, угрозы здоровью нет.

Образцы оценки риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов:

1. Поступление токсиканта с водой.

Условие задачи: В одном из колодцев обнаружен тяжелый металл – хром (VI), причем его содержание в воде этого колодца в **10 раз** превысило значение *ПДК* хрома (VI) для питьевой воды (**0,005 мг/л**). Данным колодцем пользуются в течение **6 лет**. Рассчитайте индивидуальный риск угрозы здоровью. Пороговая мощность дозы хрома при попадании в организм с водой составляет **$5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг·сут**.

$C = 10 \cdot \text{ПДК} = 0,005 \cdot 10 = 0,05$ мг/л;

$v = 2$ л/сут (*постоянная величина*);

$T_p = 6$ лет;

$f = 365$ сут (в году);

$P = 70$ кг (*постоянная величина*);

$T = 30$ лет = 10 950 сут. (*постоянная величина*);

$H_D = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг·сут.

Решение:

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

$$m = \frac{C \times v \times f \times T_p}{P \times T} = \frac{0,05 \text{ (мг/л)} \times 2 \text{ (л/сут)} \times 365 \text{ (сут)} \times 6 \text{ (лет)}}{70 \text{ (кг)} \times 10\,950 \text{ (сут)}} \\ = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}.$$

Индекс опасности:

$$HQ = \frac{m}{H_D} = \frac{0,29 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,058 < 1.$$

Ответ: Опасность отравления, риск угрозы здоровью отсутствует.

2. Поступление токсиканта с воздухом.

Условие задачи: Рассчитайте индивидуальный риск угрозы здоровью в результате вдыхания паров ртути с концентрацией, равной **10** значениям ПДК этого элемента в воздухе. Считается, что пары ртути находятся в некотором помещении при неизменной концентрации, и что человек вдыхает пары ртути в течение **12 часов** ежесуточно на протяжении **1 года**, но на **один месяц** уезжает в отпуск. Пороговая мощность дозы ртути при его поступлении с воздухом составляет **$8,6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг·сут**. Значение ПДК ртути в воздухе составляет **0,0003 мг/м³**.

$$C = 10 \cdot \text{ПДК} = 0,0003 \cdot 10 = 0,003 \text{ мг/м}^3;$$

$$V = 10 \text{ м}^3/\text{сут за 12 часов (постоянная величина } 20 \text{ м}^3/\text{сут} - \text{ за 24 часа)};$$

$$T_p = 1 \text{ год};$$

$$f = 335 \text{ сут/год (= 365 дней в году – 30 дней отпуск)};$$

$$P = 70 \text{ кг (постоянная величина)};$$

$$T = 30 \text{ лет} = 10\,950 \text{ сут. (постоянная величина)};$$

$$H_D = 8,6 \cdot 10^{-5} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут}.$$

Решение:

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

$$m = \frac{C \times V \times f \times T_p}{P \times T} = \frac{0,003 \text{ (мг/м}^3) \times 10 \text{ (м}^3/\text{сут)} \times 335 \text{ (сут)} \times 1 \text{ (год)}}{70 \text{ (кг)} \times 10\,950 \text{ (сут)}} \\ = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}.$$

Индекс опасности:

$$HQ = \frac{m}{H_D} = \frac{1,3 \cdot 10^{-5}}{8,6 \cdot 10^{-5}} = 0,15 < 1.$$

Ответ: Опасность отравления, риск угрозы здоровью отсутствует.

2) Контроль. Задания для самостоятельной работы:

1. Постройте ориентированный граф, исходя из предложенной ситуации: при условии, если произойдет разгерметизация ж/д цистерны с бензином на сливно-наливной эстакаде (1,0) последующие события могут развернуться двумя путями: образуется пролив горячей жидкости (с вероятностью 0,2) или пролив локализуется и ликвидируется (с вероятностью 0,8). Если пролив жидкости все же произойдет, то возможно испарение с поверхности пролива с образованием ТВО (0,13), которое приведет к воспламенению ТВО, взрыву (0,01) или рассеиванию ТВО (0,12), либо испарение не произойдет, а пролив воспламенится, возникнет пожар (0,07), который может привести либо к тепловому воздействию на конструкционные материалы и людей (0,01), либо пожар локализуется и ликвидируется (0,06). Если все же образовались ТВО, которые воспламенились (взрыв), то возможно развитие двух событий: разрушение зданий, поражение ударной волной, травмирование людей (0,0014) или опасных последствий наблюдаться не будет (0,0086).

2. Предельно допустимая концентрация пестицида (ДДТ) в сахаре составляет 0,005 мг/кг. Считается, что житель России съедает в год в среднем 19,7 кг сахара. Рассчитайте риск угрозы здоровью человека, употребляющего в течение 5 лет сахар, в котором содержание ДДТ превышает его ПДК в 3 раза. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с пищей равна 5×10^{-4} мг/кг·сут.
3. В атмосферном воздухе обнаружены газообразные токсиканты – ацетон, фенол и формальдегид, причем их содержание превысило принятые в РФ значения средне-суточной предельно допустимой концентрации (СПДК): у ацетона и фенола – в 2 раза, а у формальдегида – в 3 раза. Каков индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек будет дышать таким воздухом в течение 7 лет? На протяжении каждого года воздействие токсиканта длится в среднем 330 дней. Значения пороговой мощности дозы при поступлении с воздухом составляют: у ацетона – 0,9 мг/кг·сут, у фенола – 0,004 мг/кг·сут, у формальдегида – 0,2 мг/кг·сут. Значения СПДК для токсикантов: ацетон – 0,35 мг/м³, фенол – 0,003 мг/м³, формальдегид – 0,003 мг/м³.
4. Анализ проб яиц показал, что содержание меди и цинка в них в три раза превышает ПДК этих металлов в яйцах, которые равны соответственно 3 мг/кг и 50 мг/кг. Имеется ли риск угрозы здоровью, если такие яйца будут употребляться в пищу в течение полугода? Значения пороговой мощности дозы меди и цинка при поступлении с пищей равны 0,04 мг/кг·сут и 0,3 мг/кг·сут соответственно. Считается, что житель России за год съедает в среднем 151 яйцо (при этом масса яйца около 50 г).
5. В питьевой воде некоторой местности обнаружен хлорорганический пестицид (ДДТ) с концентрацией, равной утроенному значению его ПДК в воде, которая составляет 0,002 мг/л. Рассчитайте риск угрозы здоровью человека, пьющего эту воду в течение одного года. Учтите, 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 5×10^{-4} мг/кг·сут.

Практическое занятие №14-16. Оценка риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов (нерадиоактивных канцерогенов) (6 часов)

План: записать основные формулы для расчетов, научиться производить расчет риска угрозы здоровью при воздействии пороговых токсикантов.

Литература: [2, с. 31-33, с. 37-39].

1) Практическая часть:

Методика оценки риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов:

1. При решении задач, в которых рассматривается поступление канцерогена с воздухом, среднесуточное его поступление m , отнесенное к 1 кг массы тела человека (мг/кг·сут), рассчитывается следующим образом:

$$m = \frac{C \cdot V \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T} \quad (5),$$

где:

C – концентрация канцерогена в воздухе (мг/м³);

V – объем воздуха, поступающего в легкие в течение суток (м³/сут): считается, что взрослый человек вдыхает 20 м³ воздуха ежедневно;

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

на;

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

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

T – усредненное время возможного воздействия канцерогена (средняя продолжительность жизни человека), принимаемое равным 70 годам (25 550 сут).

2. Если решаются задачи, связанные с потреблением питьевой воды, то среднесуточное поступление канцерогена с водой на 1 кг массы тела человека m (мг/л·сут), определяется по формуле:

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T} \quad (6),$$

где:

C – концентрация канцерогена в питьевой воде (мг/л);

v – скорость поступления воды в организм человека (л/сут): считается, что взрослый человек выпивает ежедневно 2 л воды;

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

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

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

T – усредненное время возможного воздействия канцерогена (средняя продолжительность жизни человека), принимаемое равным 70 годам (25 550 сут).

3. Если решаются задачи, связанные с потреблением продуктов питания, то среднесуточное поступление канцерогена с пищей m , приведенное к 1 кг массы тела человека (мг/кг·сут), определяется по формуле 7:

$$m = \frac{C \cdot M \cdot T_p}{P \cdot T} \quad (7),$$

где:

C – концентрация канцерогена в пищевых продуктах (мг/кг);

M – количество продукта, потребляемого за один год (кг);

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

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

T – усредненное время возможного воздействия канцерогена (средняя продолжительность жизни человека), принимаемое равным 70 годам (25 550 сут).

После расчета среднесуточного поступления канцерогена рассчитывается индивидуальный канцерогенный риск r по формуле 8:

$$r = m \cdot F_r \quad (8),$$

где:

r – индивидуальный канцерогенный риск;

F_r – фактор риска (мг/кг·сут)⁻¹.

Если $r \leq 10^{-6}$, индивидуальный канцерогенный риск считается пренебрежимо малым. Верхний предел допустимого индивидуального канцерогенного риска принимается равным 10^{-4} .

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

В случае воздействия нескольких канцерогенов полный риск ($r_{\text{сумм.}}$) выражается суммой отдельных рисков:

$$r_{\text{сумм.}} = r_1 + r_2 + \dots + r_n \quad (9).$$

Коллективный канцерогенный риск (R) определяется как:

$$R = r \cdot N \quad (10),$$

где:

N – количество человек, подвергающихся данному риску.

Образец оценки риска угрозы здоровью при воздействии беспороговых токсикантов (поступление канцерогена с пищей):

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

$$C = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ мг/кг};$$

$$M = 212,4 \text{ кг};$$

$$F_r = 1,6 \cdot 10^5 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1};$$

$$T_p = 2 \text{ года};$$

$$N = 10^2 \text{ чел.};$$

$$P = 70 \text{ кг (постоянная величина);}$$

$$T = 70 \text{ лет} = 25\,550 \text{ сут. (постоянная величина).}$$

Решение:

Среднесуточное поступление диоксинов с молочными продуктами на 1 кг массы тела человека:

$$m = \frac{C \cdot M \cdot T_p}{P \cdot T} = \frac{5,2 \cdot 10^{-6} \text{ (мг/кг)} \cdot 212,4 \text{ (кг)} \cdot 2 \text{ (года)}}{70 \text{ (кг)} \cdot 25\,550 \text{ (сут)}} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ (мг/кг·сут)}.$$

Индивидуальный канцерогенный риск:

$$r = m \cdot F_r = 1 \cdot 10^{-9} \text{ (мг/кг·сут)} \times 1,6 \cdot 10^5 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1} = 1,6 \cdot 10^{-4}.$$

Приведенный к одному году индивидуальный риск составит:

$$r = 1,6 \cdot 10^{-4} : 2 = 0,8 \cdot 10^{-4}.$$

Эта величина очень близка к уровню допустимого риска ($1 \cdot 10^{-4}$ чел⁻¹·год⁻¹).

Коллективный риск:

$$R = r \cdot N = 1,6 \cdot 10^{-4} \times 1 \cdot 10^2 = 0,016 \ll 1.$$

Ответ: В рассматриваемом случае в течение двух лет не должно наблюдаться ни одного случая появления дополнительных онкологических заболеваний.

2) Контроль. Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитайте 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 1000 человек – 5 лет. Средняя частота потребления – 300 дней в году. Фактор риска при поступлении диоксинов с водой равен $1,6 \times 10^5$ (мг/кг·сут)⁻¹. Уровень допустимого риска составляет 1×10^{-4} чел⁻¹·год⁻¹.
2. В почве обнаружены соединения кадмия, причем его содержание в 3 раза превысило значение ПДК кадмия в почвах, которое принято равным 2 мг/кг. Известно, что коэффициент концентрации кадмия при переходе из почвы в морковь близок к 1,0. Каков индивидуальный канцерогенный риск, если человек в течение полугода будет использовать в пищу морковь, выращенную на почве с повышенным содержанием кадмия. Считается, что житель России съедает в год в среднем 28,1 кг моркови. Фактор риска для кадмия при его поступлении с пищей равен $0,38$ (мг/кг·сут)⁻¹.
3. Содержание канцерогена бензо(а)пирена в крупе в 5 раз превысило ПДК в зерновых продуктах, которое равно 0,001 мг/кг. Житель России съедает в среднем 5,2 кг крупы в год. Каков индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек употребляет в пищу такую крупу в течение 1 года? Фактор риска для бензо(а)пирена с продуктами питания равен 12 (мг/кг·сут)⁻¹.

4. Процесс производства в одном из цехов завода связан с поступлением в воздух пыли, содержащей никель. Измерения показали, что концентрация никеля в воздухе в 6 раз превышает значение ПДК никеля в воздухе, которое равно $0,001 \text{ мг/м}^3$. считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает 10 м^3 воздуха. Рассчитайте 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 $0,91 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1}$.

Критерии и шкала оценивания работы на практических занятиях:

16 практических занятий (32 часа) по 4,5 балла (72 балла)

Оцен-ка/баллы	Критерии оценивания
Отлично 4-4,5 баллов	Обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал темы; уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные знания с изученным материалом; обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; делает выводы и обобщения; свободно владеет понятиями. <i>ИЛИ Расчетные задания решены без ошибок, правильная последовательность расчета, вывод обоснован.</i>
Хорошо 3-3,5 балла	Тема раскрыта недостаточно четко и полно; обучающийся освоил проблему, излагает ее по существу, опираясь на знания только основной литературы; допускает несущественные ошибки и неточности; испытывает затруднения в практическом применении знаний; слабо аргументирует научные положения; затрудняется в формулировании выводов и обобщений; частично владеет системой понятий. <i>ИЛИ Расчетные задания решены без ошибок, нарушена последовательность расчета, вывод не обоснован.</i>
Удовлетворительно 2-2,5 балла	Обучающийся не усвоил значительной части темы; допускает существенные ошибки и неточности при ее рассмотрении; испытывает трудности в практическом применении знаний; не может аргументировать научные положения; при формулировке выводов и обобщений допускает существенные ошибки и неточности; слабо владеет понятийным аппаратом. <i>ИЛИ При выполнении расчетных заданий допущены незначительные ошибки, нарушена последовательность расчета, вывод не обоснован/не сделан.</i>
Неудовлетворительно 0-1,5 балла	Обучающийся не участвует в обсуждении вопросов семинара; допускает существенные ошибки при изложении материала; не владеет понятийным аппаратом. <i>ИЛИ Расчетные задания не решены / решены с ошибками, вывод неверный.</i>

3. Групповые и индивидуальные консультации

Слово «консультация» латинского происхождения, означает «совещание», «обсуждение».

Консультации проводятся в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания консультативной помощи в самостоятельной работе (при написании рефератов, контрольных работ, выполнении курсовых работ (проектов), подготовке к промежуточной аттестации, участию в конференции и др.);

- если обучающемуся требуется помощь в решении спорных или проблемных вопросов, возникающих при освоении дисциплины (модуля).

Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. В частности, если затруднение возникло при изучении теоретического материала, то конкретно укажите, что вам непонятно, на какой из пунктов обобщенных планов вы не смогли самостоятельно ответить.

Если же затруднение связано с решением задачи или оформлением отчета о лабораторной работе, то назовите этап решения, через который не могли перешагнуть, или требование, которое не можете выполнить.

4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Успешное освоение компетенций, формируемых учебной дисциплиной (модулем), предполагает оптимальное использование времени для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающегося – деятельность, которую он выполняет без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию, под его руководством и наблюдением. Обучающийся, обладающий навыками самостоятельной работы, активнее и глубже усваивает учебный материал, оказывается лучше подготовленным к творческому труду, к самообразованию и продолжению обучения.

Самостоятельная работа может быть аудиторной и внеаудиторной. Границы между этими видами работ относительны, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется во время проведения учебных занятий по дисциплине (модулю) по заданию преподавателя. Включает в себя:

- выполнение самостоятельных работ, участие в тестировании;
- выполнение практических работ;
- составление графических изображений (схем, диаграмм, таблиц и т.п.);
- работу со справочной, методической, специальной литературой;
- оформление отчета о выполненных работах;
- подготовка к дискуссии.

Внеаудиторная самостоятельная работа (в библиотеке, в домашних условиях, в специальных помещениях для самостоятельной работы в МАУ) является текущей обязательной работой над учебным материалом (в соответствии с рабочей программой), которая не предполагает непосредственного и непрерывного руководства со стороны преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа может включать в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим занятиям) и выполнение необходимых домашних заданий;
- работу над отдельными темами дисциплины (модуля), вынесенными на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой;
- проработку материала из перечня основной и дополнительной литературы по дисциплине, по конспектам лекций;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение заданий, предусмотренных их рабочими программами;
- подготовку ко всем видам текущего контроля, промежуточной аттестации;
- участие в исследовательской и творческой деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля);
- подготовка к участию в конкурсах, олимпиадах, конференциях, работа в студенческих научных обществах и кружках;
- другие виды самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы имеют четкие календарные сроки выполнения.

Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение обучающимся следующих этапов:

1. Определение цели самостоятельной работы.
2. Конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи.
3. Самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи.
4. Выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения).
5. Планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи.
6. Реализация программы выполнения самостоятельной работы.
7. Самоконтроль выполнения самостоятельной работы, оценивание полученных результатов.
8. Рефлексия собственной учебной деятельности.

Содержание дисциплины для самостоятельного изучения

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение в:

- 1) учебном плане, в целом, по теоретическому обучению по каждой дисциплине;
- 2) рабочей программе дисциплины с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.
- 3) Карте самостоятельной работы.

Таблица – Карта «Самостоятельное изучение содержания дисциплины»

Содержание раздела	Объем самостоятельной работы акад. час	Рекомендуемые источники информации
	очная	
Раздел 1. Техногенные системы: воздействие на природную среду и человека. <i>Тема 1. Безопасность или защита человека и окружающей среды, обеспечение устойчивого развития цивилизации.</i> Проблема количественной оценки разнородных опасностей. Техника. Основные эпохи в развитии техники. Техногенез. Основные этапы техногенеза. Проблема количественной оценки опасностей. Окружающая среда как система, понятие об урбогеосоциосистеме. <i>Тема 2. Природно-техногенные системы.</i> Техносфера. Техносферный круговорот. Рост техносферы: сравнительные показатели. Структура природно-техногенной системы, потоки вещества и энергии в них. Основные проблемы в области взаимодействия техногенных систем с окружающей средой. Геохимические барьеры как путь оптимизации в развитии техногенных систем. <i>Тема 3. Масштаб современных и прогнозируемых техногенных воздействий на окружающую среду в концепции устойчивого развития.</i> Экологические последствия загрязнения окружающей среды и проблемы экотоксикологии.	16	1. Указаны в рабочей программе 2. Рекомендованы для самостоятельного поиска и изучения: Белов, С.В. Техногенные системы и экологический риск: учебник для вузов / С.В. Белов. – М.: Юрайт, 2026. – 399 с. Надежность технических систем и техногенный риск: учебно-методическое пособие / А.А. Челтыбашев, Е.Ю. Ангелова. – М.; Волог-

Раздел 2. Аварийная ситуация как чрезвычайный фактор воздействия на окружающую среду. Основы теории опасностей. <i>Тема 4. Аварийная ситуация:</i> понятие специфика, классификация, анализ причин возникновения, оценка последствий. Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды. <i>Тема 5. Основы теории опасностей:</i> параметры, классификация, уровни и методы оценки опасностей. Концепция приемлемого риска. Аксиомы о потенциальной опасности технических систем для окружающей среды. Процесс развития опасности. Безопасность. Показатели безопасности технических систем. Виды опасностей. Вероятность и последствия. Оценка и прогноз. Наиболее опасные факторы воздействия на здоровье населения и окружающую среду. События с высокой и низкой вероятностью. Систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду. Долгосрочные эффекты опасных воздействий. <i>Тема 6.</i> Понятие надежности. Виды надежности технических систем. Безотказность. Ремонтопригодность. Долговечность. Сохраняемость.	16	да: Инфра-Инженерия, 2025. – 136 с.
Раздел 3. Методология оценки риска. <i>Тема 7. Методология оценки риска:</i> основные понятия, определения, подходы и методы расчета, сравнение и анализ рисков. Стоимостная оценка риска. Экологическая безопасность и страхование. Виды риска. Характеристика видов риска. Принципы расчета экологического, технического, экономического, индивидуального и социального рисков. Источники и факторы экологического риска. Функциональная модель развития риска промышленной системы. <i>Тема 8. Риск-анализ.</i> Системный анализ риска. Процедура анализа риска. Управление риском. Основные подходы к оценке риска, их характеристика. Региональная оценка риска. Расчет и построение полей риска на картографической основе. Зоны экологического риска. Социальные аспекты риска; восприятие рисков и реакция общества на них. Экономический подход к проблемам безопасности; стоимостная оценка риска; приемлемый уровень риска.	16	

ЗАДАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ: ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА

При самостоятельном изучении раздела 1 необходимо обратить внимание на следующие тематические блоки: *Безопасность или защита человека и окружающей среды, обеспечение устойчивого развития цивилизации.* Проблема количественной оценки разнородных опасностей. Техника. Основные эпохи в развитии техники. Техногенез. Основные этапы техногенеза. Проблема количественной оценки опасностей. Окружающая среда как система, понятие об урбогеосоциосистеме. *Природно-техногенные системы.* Техносфера. Техносферный круговорот. Рост техносферы: сравнительные показатели. Структура природно-техногенной системы, потоки вещества и энергии в них. Основные проблемы в области взаимодействия техногенных систем с окружающей средой. Геохимические барьеры

ры как путь оптимизации в развитии техногенных систем. *Масштаб современных и прогнозируемых техногенных воздействий на окружающую среду в концепции устойчивого развития.* Экологические последствия загрязнения окружающей среды и проблемы экотоксикологии.

Вопросы для самостоятельной подготовки по дисциплине:

1. Условия и факторы, обеспечивающие безопасную жизнедеятельность в окружающей среде. Техника. Основные эпохи в развитии техники. Техногенез.
2. Техносфера. Техносферный круговорот. Рост техносферы: сравнительные показатели.
3. Техническая система. Природно-техногенные системы. Структура природно-техногенной системы, потоки вещества и энергии в них.
4. Основные проблемы в области взаимодействия техногенных систем с окружающей средой.
5. Техногенные эмиссии и воздействия. Понятие о загрязняющих веществах.
6. Классификация загрязнения среды. Количественная оценка глобального загрязнения.
7. Загрязнение атмосферы: источники, загрязнители, опасные свойства газов.
8. Жидкие загрязнители в гидросфере, почве. Химические свойства жидкостей.
9. Твердые отходы в окружающей среде. Отходы потребления и производства. Классификация отходов.
10. Накопление и размещение отходов. Обезвреживание отходов. Утилизация отходов.
11. Радиационное загрязнение. Техногенные добавки к радиационному фону.
12. Физическое волновое загрязнение среды.

Задания для самостоятельной работы:

1. Заполните таблицу «Основные эпохи в развитии техносферы»

<i>Эпоха</i>	<i>Достижения технического прогресса</i>	<i>Последствия для природной среды</i>

2. Изобразите схематично структуру природно-техногенной системы, обозначьте элементы, входящие в экономическую, социальную и природную системы, выделите компоненты социально-экономической, экономико-природной и природно-социальной зоны.
3. Предложите перечень природоохранных мероприятий для Мурманской области, необходимых при современном экологическом состоянии территории.
4. Составьте таблицу «Факторы, определяющие устойчивость природных систем»:

<i>Категория</i>	<i>Факторы</i>	<i>Примеры</i>

5. Оцените преимущества различных источников энергии, расскажите о возможностях использования альтернативных источников энергии на Кольском полуострове.
6. Какие факты позволили У.О. Дугласу написать в своей знаменитой книге «Трехсотлетняя война. Хроника экологического бедствия» (1975): «Технология и интересы прибыли завели нас далеко по пути к катастрофе...»?
7. Составьте таблицу «Основные экологические проблемы Мурманской области».

8. Впишите пропущенный термин: «Твёрдые бытовые отходы (ТБО) представляют собой предметы или товары, потерявшие свойства».
9. Заполните таблицу «Техногенное воздействие на окружающую среду»:

<i>Геосфера</i>	<i>Источники загрязнения</i>	<i>Загрязняющие вещества</i>	<i>Последствия загрязнения</i>	<i>Пути решения проблемы</i>
Атмосфера				
Литосфера				
Гидросфера				

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы цели и задачи учения о техногенных системах и экологическом риске?
2. Что такое природно-техногенная система и какова ее структура?
3. Какие примеры техногенных объектов и систем вы могли бы назвать?
4. Какие опасности и источники опасного воздействия со стороны техногенных систем вы знаете?

РАЗДЕЛ 2. АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ КАК ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЙ ФАКТОР ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОПАСНОСТЕЙ

При самостоятельном изучении раздела 2 необходимо обратить внимание на следующие тематические блоки: *Аварийная ситуация*: понятие специфика, классификация, анализ причин возникновения, оценка последствий. Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды. *Основы теории опасностей*: параметры, классификация, уровни и методы оценки опасностей. Концепция приемлемого риска. Аксиомы о потенциальной опасности технических систем для окружающей среды. Процесс развития опасности. Безопасность. Показатели безопасности технических систем. Виды опасностей. Вероятность и последствия. Оценка и прогноз. Наиболее опасные факторы воздействия на здоровье населения и окружающую среду. События с высокой и низкой вероятностью. Систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду. Долгосрочные эффекты опасных воздействий. Понятие надежности. Виды надежности технических систем. Безотказность. Ремонтопригодность. Долговечность. Сохраняемость.

Вопросы для самостоятельной подготовки по дисциплине:

1. Понятие надежности технической системы.
2. Показатели надежности технической системы.
3. Способы оценки надежности.
4. Математические зависимости для оценки надежности системы.
5. Расчет показателей надежности системы.
6. Логико-графические методы анализа надежности и риска.
7. Методы обеспечения надежности технических систем.
8. Политика экологической безопасности; уменьшение последствий и компенсация ущерба. Научные основы оценки техногенных воздействий на окружающую среду. Предельно-допустимые концентрации. Пороговая и беспороговая концепции. Токсикологическое нормирование химических веществ.
9. Экологический подход к оценке состояния и регулированию качества окружающей среды. Экологическое и санитарно-гигиеническое нормирование. Предельно-допустимая экологическая нагрузка. Поля воздействий; поля концентраций.

10. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов окружающей среды. Методы контроля воздействия на окружающую среду: биоиндикация, биотестирование.
11. Экологическая экспертиза природных экосистем и территорий, техногенных систем: принципы, модели, критерии оценки.

Задания для самостоятельной работы:

1. Оцените санитарное состояние воздуха, учитывая эффект суммации: В воздухе одновременно присутствуют пары фенола и ацетона в концентрациях: $C_{\text{фен.}} = 0,008$ мг/м, $C_{\text{ацет.}} = 0,334$ мг/м, соответствующее им ПДК = 0,1 и 0,35 мг/м³. Выберите правильный ответ: а) состояние опасно для человека, б) состояние среды не влияет на человека.
2. Выберите правильный вариант ответа, обоснуйте Ваш выбор: В задачи службы мониторинга не входят: проведение наблюдений с помощью авиации и космических методов; контроль и оценка параметров среды в особо опасных районах; контроль выполнения природоохранного законодательства; прогнозирование изменения природной среды.
3. В водоёме обнаружены: нитриты по азоту 5 мг/л (ПДК= 10 мг/л), толуол 0,3 мг/л (ПДК= 0,3 мг/л), тринитротолуол 0,1 мг/л (ПДК= 0,1 мг/л). Дайте оценку санитарного состояния водоёма. Можно ли использовать воду данного водоёма и в каких целях?

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое экологическая безопасность?
2. На каких принципах основана оценка техногенных воздействий на окружающую среду?
3. Что такое предельно-допустимая концентрация?
4. Как осуществляется токсикологическое нормирование химических веществ.
5. Что такое предельно допустимая экологическая нагрузка?
6. Что такое поля воздействий?
7. Что такое поля концентраций?
8. Какие методы контроля воздействия на окружающую среду вы знаете?
9. С какой целью проводится экологическая экспертиза техногенных систем?

РАЗДЕЛ 3. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКА

При самостоятельном изучении раздела 3 необходимо обратить внимание на следующие тематические блоки: *Методология оценки риска: основные понятия, определения, подходы и методы расчета, сравнение и анализ рисков*. Стоимостная оценка риска. Экологическая безопасность и страхование. Виды риска. Характеристика видов риска. Принципы расчета экологического, технического, экономического, индивидуального и социального рисков. Источники и факторы экологического риска. Функциональная модель развития риска промышленной системы. *Риск-анализ*. Системный анализ риска. Процедура анализа риска. Управление риском. Основные подходы к оценке риска, их характеристика. Региональная оценка риска. Расчет и построение полей риска на картографической основе. Зоны экологического риска. Социальные аспекты риска; восприятие рисков и реакция общества на них. Экономический подход к проблемам безопасности; стоимостная оценка риска; приемлемый уровень риска.

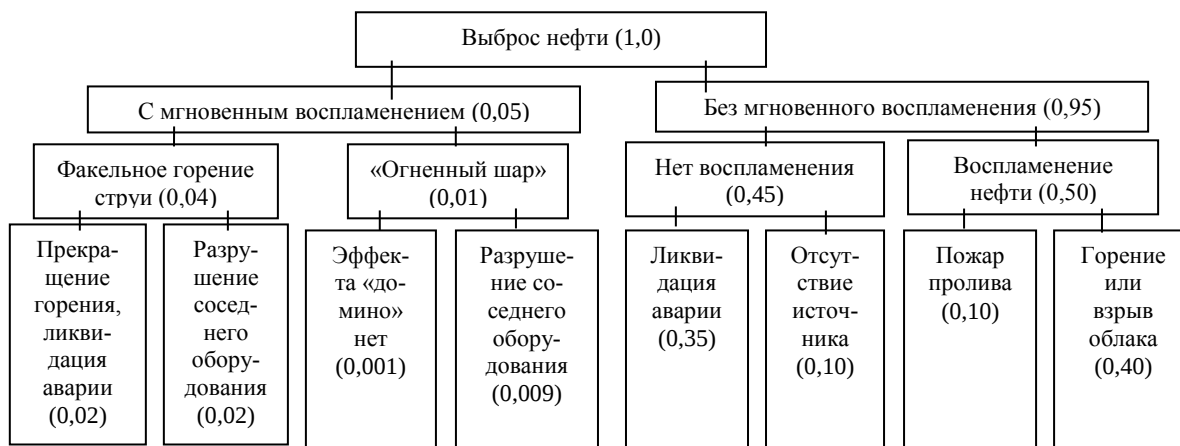
Вопросы для самостоятельной подготовки по дисциплине:

1. Методология оценки риска – основа для количественного определения и сравнения опасных факторов, воздействующих на человека и окружающую среду.

10. Основные понятия, определения, термины.
11. Риск, уровень риска, его расчет. Оценка риска на основе доступных данных. Сравнение и анализ рисков в единой шкале.
12. Виды опасностей. Вероятность и последствия. Оценка и прогноз.
13. Наиболее опасные факторы воздействия на здоровье населения и окружающую среду.
14. События с высокой и низкой вероятностью.
15. Систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду.
16. Основные подходы к оценке риска крупномасштабных аварий с большими последствиями.
17. Долгосрочные эффекты опасных воздействий.
18. Оценка риска природных опасностей.
19. Особенности управления риском в экстремальных условиях.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проанализируйте «дерево» (орграф), изображенное на рисунке, определите его типологию.



2. Постройте ориентированный граф, исходя из предложенной ситуации: при условии, если произойдет разгерметизация ж/д цистерны с бензином на сливно-наливной эстакаде (1,0) последующие события могут развернуться двумя путями: образуется пролив горючей жидкости (с вероятностью 0,2) или пролив локализуется и ликвидируется (с вероятностью 0,8). Если пролив жидкости все же произойдет, то возможно испарение с поверхности пролива с образованием ТВО (0,13), которое приведет к воспламенению ТВО, взрыву (0,01) или рассеиванию ТВО (0,12), либо испарение не произойдет, а пролив воспламенится, возникнет пожар (0,07), который может привести либо к тепловому воздействию на конструкционные материалы и людей (0,01), либо пожар локализуется и ликвидируется (0,06). Если все же образовались ТВО, которые воспламенились (взрыв), то возможно развитие двух событий: разрушение зданий, поражение ударной волной, травмирование людей (0,0014) или опасных последствий наблюдаться не будет (0,0086).
3. Предложите свою ситуацию и опишите развитие ее событий посредством построения орграфы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как производится оценка экологического риска?
2. Что такое уровень риска?
3. Какие виды опасностей Вы знаете?

4. Какие факторы воздействия наиболее опасны для здоровья населения и окружающей среды?
5. Какие систематические опасные воздействия на человека и окружающую среду вы знаете?
6. Какие основные подходы к оценке риска крупномасштабных аварий существуют?
7. Какие долгосрочные эффекты опасных воздействий Вам известны?
8. Как оценивают риск от природных опасностей?
9. Что такое управление риском?

Отдельные виды самостоятельной работы

Работа с научной и учебной литературой. Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

Обучающемуся рекомендовано воспользоваться **профессиональными базами данных и информационными справочными системами:**

1) Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://pravo.gov.ru>

2) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru>

3) Справочно-правовая система. Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/>

4) ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>

5) ЭБС «Юрайт: образовательная платформа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urait.ru/>

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого

изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

Подготовка информационного сообщения. Это вид самостоятельной работы по подготовке небольшого по объему устного сообщения для озвучивания на семинаре, практическом занятии. Сообщаемая информация носит характер уточнения или обобщения, несет новизну, отражает современный взгляд по определенным проблемам.

Сообщение отличается от докладов и рефератов не только объемом информации, но и ее характером – сообщения дополняют изучаемый вопрос фактическими или статистическими материалами. Возможно письменное оформление задания, оно может включать элементы наглядности (иллюстрации, демонстрацию).

Регламент времени на озвучивание сообщения – до 7 мин.

6. Методические рекомендации по подготовке обучающегося к промежуточной аттестации

Учебным планом по дисциплине предусмотрена следующая форма промежуточной аттестации: экзамен (4 курс, 7 семестр).

Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов освоения дисциплины (модуля).

При подготовке к экзамену целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При повторении материала нежелательно использовать много книг. Основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций. Следует запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других. В ходе подготовки обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания категорий и реальных профильных проблем. Подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала. В этот период полезным может быть общение обучающихся с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях.

Подготовку по билету на экзамене надо начинать с того, что помнится лучше всего. Однако, готовясь по одному вопросу, на отдельном листе нужно постоянно кратко записывать и те моменты, которые «всплывают» в памяти и по другим вопросам билета.

Во время экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также, с разрешения экзаменатора, справочной литературой.

По окончании ответа экзаменатор может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы.

Положительным будет стремление обучающегося изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам.

Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении промежуточной аттестации: результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Процесс техногенеза. Техносфера и поглощение природных ресурсов
2. Современные тенденции в области природно-техногенной безопасности

3. Система функционирования природно-техногенных систем
4. Тепловые электростанции и загрязнение окружающей среды
5. Металлургия и загрязнение окружающей среды
6. Химическая и нефтехимическая промышленность: загрязнение окружающей среды
7. Автотранспорт и загрязнение окружающей среды
8. Строительство и загрязнение окружающей среды
9. Сельское хозяйство и загрязнение окружающей среды
10. Понятие о комфортности и безопасности техносферы
11. Понятие «риск». Зависимость проявления заболеваний от величины риска
12. Причины техногенных аварий и катастроф
13. Опасность. Повреждающий фактор. ЧП. Несчастный случай. Отказ. Инцидент
14. Аксиомы о потенциальной опасности. Причинно-следственный анализ опасностей
15. Понятие о техническом риске
16. Понятие «надежность» технических устройств
17. Аварийная ситуация и техногенная катастрофа
18. Принципы нормального функционирования техногенных объектов (принцип нулевого, минимального, сбалансированного, приемлемого риска)
19. Виды риска: индивидуальный, социальный и экологический риск
20. Экологический риск и его связь с техническим риском
21. Экологическая оценка территории. Анализ антропогенной нагрузки
22. Количественные методы оценки техногенного воздействия на окружающую среду
23. Качественные методы оценки экологического риска: предварительный анализ опасностей (ПАО)
24. Качественные методы оценки экологического риска: анализ последствий отказов (АПО)
25. Анализ опасностей методом потенциальных отклонений (АОМПО)
26. Анализ ошибок персонала (АОП)
27. Причинно-следственный анализ (ПСА)
28. Анализ опасностей с помощью «дерева причин» и «дерева отказов»
29. Экометрический метод оценки техногенного воздействия на природную среду. Сценарии оценки экологического риска на основе ПДК
30. Энергетическая оценка экологической опасности и экологического риска
31. Метод оценки экологического риска, основанный на анализе эффективности производства
32. Технические системы безопасности. Назначение и принципы работы
33. Моделирование экологического риска

Задачи для подготовки к экзамену:

ОЦЕНКА РИСКА УГРОЗЫ ЗДОРОВЬЮ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ Пороговых токсикантов

1. 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 (**0,03 мг/кг**). Пороговая мощность дозы кадмия в пищевых продуктах составляет $H_D = 5 \times 10^{-4} \text{ мг/кг} \cdot \text{сут.}$ (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
2. Анализ проб яиц показал, что содержание меди и цинка в них в **три раза** превышает ПДК этих металлов в яйцах, которые равны соответственно **3 мг/кг** и **50 мг/кг**. Имеется ли риск угрозы здоровью, если такие яйца будут употребляться в пищу в течение **полугода**? Значения пороговой мощности дозы меди и цинка при поступ-

- лении с пищей равны **0,04 мг/кг·сут** и **0,3 мг/кг·сут** соответственно. Считается, что житель России за год съедает в среднем **151 яйцо** (при этом масса яйца около **50 г**). (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
3. 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**. Рассчитайте 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**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
 4. Среднегодовое потребление растительного масла на душу населения в России составляет **10 кг/год**. Предположим, что в растительном масле содержится тетраэтилсвинец (если поле находится вблизи шоссе, то тетраэтилсвинец может попасть в почву в результате осаждения выхлопных газов) 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 равна **$1,2 \times 10^{-7}$ мг/кг·сут**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
 5. В России, в среднем, потребляется $M=28,1$ кг капусты на душу населения в год. Анализ проб капусты, выращенной в некоторой местности, показал, что содержание меди и цинка в ней в **2 раза** выше значения ПДК этих металлов в свежих овощах, которые равны соответственно **5 мг/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. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
 6. (№14) В питьевой воде некоторой местности обнаружен хлорорганический пестицид (ДДТ) с концентрацией, равной **утроенному значению его ПДК** в воде, которая составляет **0,002 мг/л**. Рассчитайте риск угрозы здоровью человека, пьющего эту воду в течение **одного года**. Учтите, 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 **5×10^{-4} мг/кг·сут**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
 7. Предельно допустимая концентрация пестицида ДДТ в мясе составляет **0,1 мг/кг**. Считается, что житель России съедает в год в среднем **26,6 кг** мясопродуктов. Рассчитайте риск угрозы здоровью человека, употребляющего в течение **трех лет** мясопродукты, в которых содержание ДДТ превышает его ПДК в мясе в **2 раза**. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с пищей равна **5×10^{-4} мг/кг·сут**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
 8. (№16) Рассчитайте 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 его поступлении с воздухом составляет **5×10^{-4} мг/кг·сут**. ПДК пестицида ДДТ в воздухе равен **0,0005 мг/м³**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
 9. Предположим, что в воде находятся весьма токсичные тяжелые металлы – кадмий и ртуть, – причем их содержание равно значениям соответствующих ПДК в питьевой воде. Эти значения равны **0,001 мг/л** для кадмия и **0,0005 мг/л** для ртути. Какой индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек будет пить такую воду в течение **10 лет**? На протяжении каждого года воздействие токсикантов длится в среднем **300 дней**. Пороговая мощность дозы составляет **5×10^{-4} мг/кг·сут** для кадмия **3×10^{-4} мг/кг·сут** для ртути. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).

10. В атмосферном воздухе обнаружены газообразные токсиканты – ацетон, фенол и формальдегид, причем их содержание превысило принятые в РФ значения средне-суточной предельно допустимой концентрации (СПДК): у ацетона и фенола – **в 2 раза**, а у формальдегида – **в 3 раза**. Каков индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек будет дышать таким воздухом в течение **7 лет**? На протяжении каждого года воздействие токсиканта длится в среднем **330 дней**. Значения пороговой мощности дозы при поступлении с воздухом составляют: у ацетона – **0,9 мг/кг·сут**, у фенола – **0,004 мг/кг·сут**, у формальдегида – **0,2 мг/кг·сут**. Значения СПДК для токсикантов: ацетон – **0,35 мг/м³**, фенол – **0,003 мг/м³**, формальдегид – **0,003 мг/м³**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).
11. Предельно допустимая концентрация пестицида (ДДТ) в сахаре составляет **0,005 мг/кг**. Считается, что житель России съедает в год в среднем **19,7 кг** сахара. Рассчитайте риск угрозы здоровью человека, употребляющего в течение **5 лет** сахар, в котором содержание ДДТ превышает его ПДК **в 3 раза**. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с пищей равна **5×10^{-4} мг/кг·сут**. (Если индекс опасности менее 1, то опасности нет).

ОЦЕНКА РИСКА УГРОЗЫ ЗДОРОВЬЮ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БЕСПОРОГОВЫХ ТОКСИКАНТОВ (нерадиоактивных канцерогенов)

12. Рассчитайте 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 **1000 человек – 5 лет**. Средняя частота потребления – **300 дней** в году. Фактор риска при поступлении диоксинов с водой равен **$1,6 \times 10^5$ (мг/кг·сут)⁻¹**. Уровень допустимого риска составляет **1×10^{-4} чел.⁻¹ · год⁻¹**. (Уровень допустимого риска равен **1×10^{-4} чел.⁻¹ · год⁻¹**).
13. В воздухе некоторого промышленного предприятия обнаружен бензол с концентрацией, равной **15 мкг/м³**. Рассчитайте канцерогенный риск, которому подвергается рабочий при вдыхании бензола в течение **полугода**. Считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает **10 м³** воздуха. Количество рабочих дней в году – **250**. Фактор риска при поступлении бензола с воздухом равен **$5,5 \times 10^{-2}$ (мг/кг·сут)⁻¹**. (Уровень допустимого риска равен **1×10^{-6} чел.⁻¹ · год⁻¹**).
14. Процесс производства в одном из цехов завода связан с поступлением в воздух пыли, содержащей никель. Измерения показали, что концентрация никеля в воздухе в **6 раз** превышает значение ПДК никеля в воздухе, которое равно **0,001 мг/м³**. считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает **10 м³** воздуха. Рассчитайте 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**. (Уровень допустимого риска равен **1×10^{-4} чел.⁻¹ · год⁻¹**).

Критерии оценки:

Оценка	Критерии оценки ответа на экзамене
Отлично	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса. Владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников, в том числе на Интернет-ресурсы.
Хорошо	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу изла-

Оценка	Критерии оценки ответа на экзамене
	гает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.
Удовлетворительно	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.
Неудовлетворительно	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний. Нет ответа на поставленный вопрос.

Оценка, полученная на экзамене, переводится в баллы («5» – 20 баллов, «4» – 15 баллов, «3» – 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля.

Итоговая оценка по дисциплине (модулю)	Суммарные баллы по дисциплине (модулю), в том числе	Критерии оценивания
Отлично	91-100	Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Экзамен сдан
Хорошо	81-90	Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Экзамен сдан
Удовлетворительно	70-80	Контрольные точки выполнены в неполном объеме. Экзамен сдан
Неудовлетворительно	69 и менее	Контрольные точки не выполнены или не сдан экзамен