

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 <i>(индекс дисциплины)</i>	Моделирование в экологии и природно-технических системах <i>(Наименование дисциплины)</i>
Кафедра: 31 <i>Код</i>	Охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов <i>(Наименование кафедры)</i>
Направление подготовки: 20.04.01 Техносферная безопасность	Защита окружающей среды территориально-производственных комплексов
Профиль подготовки: комплексов	
Уровень образования: Магистратура	

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		
	Аудиторные занятия	72		
	Лекции	36		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	36		
	Самостоятельная работа	36		
	Промежуточная аттестация	36		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	3		
	Зачет			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная			4							
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным
государственным образовательным стандартом высшего образования
по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

На основании учебных планов № m200401-12_20-12

Кафедра-разработчик: Охраны окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов

Заведующий кафедрой: Шанова О.А.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Охраны окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов

Заведующий кафедрой: Шанова О.А.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
 Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области исследования сложных объектов природно-технических систем (ПТС) с помощью моделей.

1.3. Задачи дисциплины

- обучение студентов концептуальным и методологическим основам моделирования сложных систем;
- обучение студентов методам и средствам математического моделирования ПТС в рамках территориально - производственных комплексов;
- получение навыков работы с современными информационными технологиями в области экологического моделирования.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОК-10	способностью к творческому осмыслению результатов эксперимента, разработке рекомендаций по их практическому применению, выдвижению научных идей	2
Планируемые результаты обучения Знать: 1) закономерности представления результатов эксперимента Уметь: 1) разрабатывать рекомендации по практическому применению результатов эксперимента, выдвижению научных идей Владеть: 1) способностью к творческому осмыслению результатов эксперимента, разработке рекомендаций по их практическому применению, выдвижению научных идей		
ПК-1	способностью выполнять сложные инженерно-технические разработки в области техносферной безопасности	1,2
Планируемые результаты обучения Знать: 1) концептуальные и методологические основы построения экологических моделей в природно-технических системах Уметь: 1) выполнять сложные инженерно-технические расчеты в области техносферной безопасности Владеть: 1) навыками имитационного моделирования сложных природно-технических систем		
ПК-9	способностью создавать модели новых систем защиты человека и среды обитания	2,3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) принципы формирования экологических моделей в техносферной безопасности при техногенном воздействии и обеспечение систем защиты человека и среды обитания Уметь: 1) оценивать и анализировать техногенные воздействия на экологические системы, решать вопросы,		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
связанные с обеспечением экологической безопасности техносферных систем Владеть: 1) методами разработки и применения экологических моделей при техногенном воздействии и обеспечения системной защиты человека и среды обитания.		
ПК-10	способностью анализировать, оптимизировать и применять современные информационные технологии при решении научных задач	2,3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) методы и средства оптимизации современных информационных технологий при моделировании экологических процессов Уметь: 1) применять современные информационные технологии при решении задач экологического моделирования Владеть: 1) Навыками работы с современным программным обеспечением при решении задач экологического моделирования		
ПК-11	способностью идентифицировать процессы и разрабатывать их рабочие модели, интерпретировать математические модели в нематематическое содержание, определять допущения и границы применимости модели, математически описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность, делать качественные выводы из количественных данных, осуществлять машинное моделирование изучаемых процессов	3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) принципы определения допущений и границ применимости моделей и основных численных методов решения систем конечно-разностных уравнений 2) основные методы и способы математического описания экспериментальных данных и определения их физической сущности с формулированием выводов из количественных данных Уметь: 1) описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность с формулированием выводов из количественных данных 2) интерпретировать полученные результаты и представлять их для наглядности в графическом редакторе, делать физически обоснованные упрощения, ставить начальные и граничные условия 3) строить модели сложных природно – технических систем в рамках территориально – производственных комплексов на основе типизации, схематизации и районирования 4) применять современные пакеты прикладных программ математического моделирования и многомерного статистического анализа, анализировать интерпретировать результаты математического моделирования Владеть: 1) навыками моделирования сложных процессов в природно технических системах.		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Методы и средства систем измерения в защите окружающей среды (ОК-10)
- Массоперенос в воздушной и водной средах (ПК-9, ПК-11)
- Производственная практика (научно-исследовательская работа) (ПК-9, ПК-11)
- Дополнительные главы математики (ПК-10)
- Экспертиза безопасности (ПК-10)
- Экологическое управление территориально-производственными комплексами (ПК-11)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1 Моделирование в экологии			
<p>Тема 1. Концептуальные и методологические основы построения экологических моделей на основе информационных технологий</p> <p>Предмет и задачи курса, его связь с другими дисциплинами. Основные понятия системной экологии. Сложность экосистемы. Этапы и элементы моделирования. Элементы теории подобия в моделировании. Экосистема как объект моделирования. Общесистемный подход к моделированию сложных систем. Структурные компоненты описания экосистем.</p> <p>Математические модели в экологии. Эмпирико-статистические модели. Аналитические и имитационные модели.</p> <p>Методологические основы моделирования. Сравнительный анализ математических методов экологии. Применение MatCad в экологическом моделировании</p>	22		
<p>Тема 2. Базовые модели популяционной динамики</p> <p>Дискретные модели популяций с неперекрывающимися поколениями. Непрерывные модели возрастной структуры. Структурные модели популяций. Модели взаимодействия двух популяций. Обобщённые модели взаимодействия двух видов. Динамические режимы в многовидовых сообществах. Динамика человеческой популяции. Ограниченный рост. Уравнение Ферхюльста. Классические модели Лотки и Вольтера. Реакция Белоусова-Жаботинского. Модели экологических сообществ. Качественные (базовые) модели. Неограниченный рост. Глобальные модели. Модели развития общества. Модель «пределы роста». Оптимистическая модель Канна и модель Геи. Модель взаимосвязей между природой, населением, производством и институальными структурами.</p>	27		
Текущий контроль 1. Письменный опрос №1	1		
Учебный модуль 2. Моделирование в природно-технических системах			
<p>Тема 3. Математические методы и компьютерные программы решения задач о переносе загрязнений в окружающей среде</p> <p>Понятия природно-технических систем как объектов для моделирования. Компоненты природно –технических систем. Расчёт теплообмена в ложе водоёма.</p> <p>Расчет теплопереноса в водотоке. Теоретические основы переноса загрязняющих веществ. Методы решения дифференциальных уравнений. Граничные и начальные условия. Метод конечных разностей. Основные уравнения переноса вещества.</p>	26		
<p>Тема 4. Модели природно-технических систем</p> <p>Балансовые модели загрязняющих веществ. Расчет нормативов допустимых воздействий, расчет диффузного управляемого и неуправляемого стока, балансовые модели поступления загрязняющих веществ. Системы поддержки принятия управленческих решений.</p>	31		
Текущий контроль 2. Письменный опрос №2	1		
Промежуточная аттестация по дисциплине. Экзамен	36		
ВСЕГО:	144		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	3	8				

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	3	8				
3	3	10				
4	3	10				
ВСЕГО:		36				

3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Расчет основных параметров динамики численности населения»	3	2				
1	Модель роста населения Земли	3	4				
2	Построение компьютерной модели системы «хищник—жертва» Лотки—Вольтера	3	2				
2	Нелинейная модель «хищник-жертва»	3	4				
2	Модель «хищник-жертва» при наличии конкурирующих сообществ	3	2				
2	Модель Эпидемии	3	4				
2	Глобальные модели и устойчивое развитие	3	4				
3	Расчёт теплообмена в ложе водоёма	3	2				
3	Расчёт теплопереноса в водотоке	3	4				
4	Распространение загрязняющих веществ в подземных водах	3	2				
4	Расчет нормативов допустимого воздействия по привносу химических веществ (НДВхим)	3	6				
ВСЕГО:		36					

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Письменный опрос	3	2				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	3	10				
Подготовка к практическим занятиям	3	26				
Подготовка к экзамену	3	36				
ВСЕГО:		72				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Практические и семинарские занятия	Моделирование процессов изменения качества окружающей среды при антропогенном воздействии	6		
ВСЕГО:		6		

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Трифонова Т.А. Геоинформационные системы экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н.— М.: Академический Проект, 2015.— 352 с.— ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/36865>
2. Сазонова С.А. Разработка математических моделей для мониторинга технического состояния и обеспечения безопасности функционирования систем газоснабжения [Электронный ресурс]: монография/ Сазонова С.А., Колодяжный С.А., Сушко Е.А.— Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 111 с.— ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55026>
3. Оптико-электронные спутниковые системы мониторинга природной среды [Электронный ресурс]: учебное пособие/ М.Л. Белов [и др.]— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 76 с. ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31604>

б) дополнительная учебная литература

4. Бескид П.П. Геоинформационные системы и технологии [Электронный ресурс]/ Бескид П.П., Куракина Н.И., Орлова Н.В.— СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2010.— 173 с.— ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17902>
5. Вычислительные методы, алгоритмы и аппаратурно-программный инструментарий параллельного моделирования природных процессов [Электрон. ресурс] / М.Г. Курносов [и др.]; под ред. В.Г. Хорошевский. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. - 355 с. («КнигаФонд»: Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/170606/>
6. Оценка техногенного воздействия на водные объекты с применением геоинформационных систем [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие / А.И. Шишкин, А.В. Епифанов, Д.В. Шаренков, Н.С. Хуршудян, И.В. Антонов. - СПб: СПбГТУРП, 2010. - 110с. - ЭБ ВШТЭ Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/otvvnospgs.htm>

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Щербаков В.М. Экспертно-оценочное ГИС-картографирование [Электронный ресурс]/ Щербаков В.М.— СПб.: Проспект Науки, 2011.— 192 с.— ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35807>
2. Дружинин, Н.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши [Текст] / Н.И. Дружинин, А.И. Шишкин - Л.: Гидрометеоздат, 1989.-390 с.
3. Мешалкин, В.П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Текст]: Учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. - М.: Инфа-М, 2011. - 357 с.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. НИЦ СПбГТУРП [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru/>
2. Электронно-библиотечная система «КнигаФонд»: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.knigafund.ru/>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013
3. PTC MathCad 15

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Компьютерный класс с установленным программным обеспечением
2. Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет»

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные и раздаточные материалы

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с электронными источниками, решение задач по алгоритму и др.
Самостоятельная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими для практических занятий. Составление аннотаций к прочитанным источникам литературы в ЭБС, подготовка аналитического обзора ресурса информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (http://www.knigafund.ru/). Подготовка к опросам по пройденному материалу и литературе. При подготовке к экзамену необходимо проработать рекомендуемую литературу, материалы с практических занятий и т.д.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОК-10 (2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Умеет представлять результаты эксперимента и разработки рекомендаций по их практическому применению 2. Выдвигает научные идеи в ходе осмысления результатов эксперимента 	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к экзамену (4 вопроса)</p> <p>Практические задания (14 заданий)</p>
ПК-1 (1,2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Умеет строить математические модели сложных природно-технических систем 2. Демонстрирует знание методических основ инженерных расчетов в области техносферной безопасности 	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к экзамену (5 вопросов)</p> <p>Практические задания (14 заданий)</p>
ПК-9 (2,3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Демонстрирует знание моделирования сложных природно-технических систем при различных уровнях антропогенного воздействия 2. Умеет прогнозировать изменение качества окружающей среды на основе математического моделирования и программных комплексов. 	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к экзамену (5 вопроса)</p> <p>Практические задания (14 заданий)</p>
ПК-10 (2,3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Умеет анализировать и оптимизировать исходные данные для построения математических моделей природно-технических систем 2. Демонстрирует знания современного программного обеспечения в области экологического моделирования 	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к экзамену (7 вопроса)</p> <p>Практические задания (14 заданий)</p>
ПК-11 (3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Умеет строить рабочие модели популяционной динамики, переноса загрязняющих веществ в окружающей среде и переноса тепла 2. Демонстрирует знания построения корреляционных зависимостей между компонентами природно-технических систем и формализации исходных данных 	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к экзамену (7 вопроса)</p> <p>Практические задания (14 заданий)</p>

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
отлично	Обучающийся дает полный, исчерпывающий ответ, показывающий всестороннее и глубокое знание основных закономерностей в области изучаемой тематики. Творческий подход и применение эрудиции в изложении учебного материала.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных зависимостей для ее решения, знание размерностей физических величин. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
хорошо	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний закономерностей в области	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия

	изучаемой тематики, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные ошибки при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.	задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных зависимостей для ее решения, знание размерностей физических величин. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
удовлетворительно	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме, без углубления в изучаемый материал; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере реализовать ее решение. Знает размерности физических величин.
неудовлетворительно	Обучающийся не понимает поставленных вопросов; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать закономерности и плохо ориентируется в физических величинах. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания

* **Существенные ошибки** – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).

* **Несущественные ошибки** – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Цели, задачи и особенности моделирования в экологии.	1
2	Предмет и задачи теории систем. Основные понятия: система, элементы.	1
3	Системный анализ. Основные этапы системного анализа	1
4	Общая схема математического моделирования.	1
5	Основные этапы моделирования, их взаимосвязь.	1
6	Классификация задач и методов моделирования.	1
7	Эмпирико – статистические модели. Сущность, определения, классификация.	1
8	Оптимизационные и игровые модели в экологии	1
9	Физические модели. Практическое применение при моделировании русловых процессов	1
10	Понятие сложности экосистемы. Структурное и морфологическое описание экосистемы.	1
11	Методологические основы моделирования. Сравнительный анализ математических методов в экологии.	1
12	Модели экосистем. Качественные модели.	1
13	Динамические модели. Динамика популяций. Линейная модель двух популяций	2
14	Динамические модели. Динамика популяций. Нелинейная модель двух популяций.	2
15	Динамические модели. Модель развития эпидемии	2
16	Базовые модели популяционной динамики. Динамика человеческой популяции.	2
17	Модели экосистем. Модели развития общества. Модель «пределы роста».	2
18	Стохастические модели. Методы оценки случайных популяций.	3
19	Методы решения задач. Аналитический, численный	3
20	Количественная оценка многофакторных воздействий в экологическом моделировании	3
21	Применение методов схематического моделирования в экологии.	3
22	Аналитические и имитационные модели в экологии. Особенности.	3
23	Конечно-разностные схемы решения дифференциальных уравнений. Расчет колебательных процессов.	3

24	Конечно-разностные схемы решения дифференциальных уравнений. Расчет переноса тепла в ложе водоема	3
25	Современное программное обеспечение при экологическом моделировании.	3
26	Моделирование переноса загрязняющих веществ в подземных водах	4
27	Конечно-разностные схемы решения дифференциальных уравнений. Перенос загрязняющих веществ в водных объектах	4
28	Разработка геоинформационных систем для моделирования природно-технических систем.	4

10.2.2. Вариант типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Вывести линейную модель развития двух популяций	$F_{n+1} = F_n \times (1 - \alpha) + \beta \times R_n;$ $R_{n+1} = R_n \times (1 + d) - c \times F_n$
2	Представить в конечно разностной форме уравнение теплопереноса в водном объекте $\frac{\partial t}{\partial t} = a \times \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$	$\frac{t_{i+1,j} - t_{i,j}}{\Delta t} = a \times \frac{t_{i+1,j} - 2 \times t_{i,j} + t_{i-1,j}}{h^2};$
3	Вывести модель развития эпидемии в замкнутой системе	$\begin{cases} R_{n+1} = R_n + y \times I_n \\ I_{n+1} = I_n + a \times S_n \times I_n - y \times I_n \\ S_{n+1} = S_n - a \times S_n \times I_n \end{cases}$

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная

10.3.3. Особенности проведения экзамена

На подготовку дается не более 45 минут.

Преподаватель, для уточнения глубины овладения материалом, вправе задать дополнительный вопрос по пройденному за семестр курсу.