

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: ПАНОВ Юрий Петрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 31.10.2023 17:40:52
Уникальный программный ключ:
e30ba4f0895d1683ed43800960e77389e6cbff62

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе"

(МГРИ)

Математическая геоэкология

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Экологии и природопользования**

Учебный план b050306_23_ЕКО23.plx
Направление подготовки 05.03.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108
в том числе:
аудиторные занятия 53,35
самостоятельная работа 27,65
часов на контроль 27

Виды контроля в семестрах:
экзамены 8
курсовые проекты 8

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	12 4/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24
Практические	24	24	24	24
Иные виды контактной работы	5,35	5,35	5,35	5,35
В том числе инт.	2	2	2	2
Итого ауд.	53,35	53,35	53,35	53,35
Контактная работа	53,35	53,35	53,35	53,35
Сам. работа	27,65	27,65	27,65	27,65
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	108	108	108	108

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целями изучения дисциплины является приобретение студентами экологической специализации обучения знания основ математического моделирования катастроф, освоение закономерностей построения и функционирования базовых математических моделей экологических катастроф, получение представления о динамике сложных систем в экологии, механизмах самоорганизации и явлениях перехода от регулярной к хаотической динамике.
1.2	Основные задачи преподавания дисциплины следующие:
1.3	1. Изучение уравнений экологической динамики на ряде базовых математических моделей;
1.4	2. Рассмотрение современных методов математического моделирования;
1.5	3. Применение моделирования в качестве метода визуализации, исследования и прогнозирования динамики сложных экосистем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Мониторинг окружающей среды
2.1.2	Геоэкология
2.1.3	Методы обработки экологической информации
2.1.4	Математика
2.1.5	Введение в экологию и природопользование
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Государственная итоговая аттестация (подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы)
2.2.2	Методика экологических исследований
2.2.3	Управление природопользованием

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	
Знать:	
Уровень 1	структуру задач, выделяя ее базовые и сопутствующие составляющие
Уровень 2	основы системного подхода к решению задач профессиональной деятельности; взаимосвязь факторов, определяющих решение задач
Уровень 3	.
Уметь:	
Уровень 1	проводить поиск информации, необходимой для решения профессиональных задач. выявлять структуру задач, выделяя ее ключевые и второстепенные, зависимые составляющие
Уровень 2	проводить анализ информации разного типа в соответствии с поставленными профессиональными задачами; определять возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки; классифицировать факты, интерпретации, оценки в открытых и специализированных источниках информации
Уровень 3	.
Владеть:	
Уровень 1	навыками аргументации на основе проведенного или предоставленного анализа информации при обсуждении подходов к решению профессиональных задач; навыками определения и оценки последствий возможных решений задачи
Уровень 2	навыками определения и оценки последствий возможных решений задачи; навыками декомпозиции задачи; навыками разработки плана действий по решению поставленных задач
Уровень 3	.

ПК-2.2: Способен самостоятельно проводить геоэкологические исследования, владеть методами отбора и анализа геологических, почвенных, гидрологических и биологических проб, обрабатывать, анализировать и синтезировать полевые и лабораторные данные, моделировать природные процессы и прогнозировать возможные сценарии развития природных и техногенных процессов и систем	
Знать:	

Уровень 1	основные задачи геоэкологических исследований, методы отбора проб и анализа научной информации, в т.ч. с помощью специальных программ и инструментов Excel, QGIS
Уровень 2	методику геоэкологических исследований, современные методы отбора и анализа геологических, почвенных, гидрологических и биологических проб, аналитические подходы при обработке и синтезе полевых и лабораторных данных для моделирования и прогнозирования возможных сценариев развития природных и техногенных процессов и систем
Уровень 3	.
Уметь:	
Уровень 1	применять знания, подходы и методический аппарат экологических наук для решения геоэкологических научно-исследовательских задач, в т.ч. с помощью специальных программ и инструментов Excel, QGIS
Уровень 2	самостоятельно проводить научные исследования, применять методы отбора и анализа геологических, почвенных, гидрологических и биологических проб, обрабатывать, анализировать и синтезировать полевые и лабораторные данные, моделировать природные процессы и прогнозировать возможные сценарии развития природных и техногенных процессов и систем, в т.ч. с помощью специальных программ Excel, QGIS
Уровень 3	.
Владеть:	
Уровень 1	методами отбора и анализа геологических, почвенных, гидрологических и биологических проб, методами обработки, анализа и синтеза полевых и лабораторных данных, методами моделирования и прогнозирования природных процессов, в т.ч. с помощью специальных программ и инструментов Excel, QGIS
Уровень 2	навыками самостоятельной обработки, анализа и синтеза полевых и лабораторных данных, знаниями, подходами и методическим аппаратом для построения моделей природных процессов и прогнозирования возможных сценариев развития природных и техногенных процессов и систем, в т.ч. с помощью специальных программ и инструментов Excel, QGIS
Уровень 3	.

ПК-3.2: Способен находить и критически анализировать информацию из всех источников по вопросам экологии и природопользования, формулировать задачи научного исследования, представлять и распространять результаты своей научно-исследовательской деятельности

Знать:	
Уровень 1	наиболее существенные источники информации по вопросам экологии и природопользования и использовать накопленные мировой наукой сведения в профессиональной деятельности
Уровень 2	основные задачи геоэкологических исследований, способы реферирования научных трудов, способы представления и распространения своей научно-исследовательской деятельности
Уровень 3	.
Уметь:	
Уровень 1	использовать информацию из всех доступных источников (в том числе ГИС и баз данных QGIS) для постановки задач и проведения научных исследований, представлять результаты своей научно-исследовательской работы
Уровень 2	находить и критически анализировать информацию из всех источников (в том числе ГИС и базы данных QGIS) по вопросам экологии и природопользования, формулировать задачи научного исследования, представлять и распространять результаты своей научно-исследовательской деятельности
Уровень 3	.
Владеть:	
Уровень 1	навыками формулирования задач научного исследования в области экологии и природопользования на основе данных различных источников информации, навыками представления результатов своей научной деятельности
Уровень 2	навыками формулирования задач научного исследования в области экологии и природопользования на основе данных различных источников информации, составления аналитических обзоров и реферирования научных трудов, навыками представления и распространения результатов своей научной деятельности
Уровень 3	.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	принципы рационального природопользования;
3.1.2	всю информацию, необходимую для обоснованного принятия аргументированных управленческих и природоохранных решений в производственной и социальной сфере;
3.1.3	природно-ресурсный потенциал территорий и его рациональное использование;
3.1.4	систему регулирования природопользования и природоохранной деятельности для предотвращения техногенных катастроф.
3.2	Уметь:

3.2.1	принимать профилактические меры для снижения уровня опасностей различного вида и их последствий;
3.2.2	диагностировать проблемы охраны природы;
3.2.3	разрабатывать мероприятия в конкретных направлениях организации природопользования;
3.2.4	разрабатывать практические рекомендации по охране природы и обеспечению устойчивого развития.
3.3	Владеть:
3.3.1	методами прогнозирования техногенных катастроф и их последствий, навыками планирования мероприятий по профилактике и ликвидации последствий экологических катастроф, принимать профилактические меры для снижения уровня опасностей различного вида и их последствий;
3.3.2	методами диагностики проблем охраны природы; методами и специализированными средствами научных исследований;
3.3.3	навыками исследования в области интегральных оценок устойчивого развития;
3.3.4	организационными навыками в области природопользования, основными представлениями о существующих принципах, подходах и методах деятельности в этой области, информационной и методической основой для использования знаний, полученных при изучении экологических дисциплин.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Основные сведения о моделировании в экологии						
1.1	История развития моделирования в экологии. Значение моделирования. Основные определения и понятия теории катастроф. Краткое представление методов, применяемых для построения моделей. /Лек/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Э1	0	
1.2	Моделирование роста популяции. Построение дискретной модели неограниченной одиночной популяции. Построение дискретной модели ограниченной популяции: логистическое уравнение. /Пр/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
1.3	Сформировать у студентов представление о математических моделях, описывающих изменение популяционных характеристик. /СП/	8	5	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Э1	0	
	Раздел 2. Математическая постановка задачи моделирования Вопросы устойчивости моделей						
2.1	Основные принципы математического моделирования. Этапы построения моделей. Содержательное описание моделируемого объекта. Формализация операций. Проверка адекватности модели. Корректировка модели. Оптимизация модели. Определение устойчивости и стабильности. Обратимые и необратимые изменения. Динамическая и структурная устойчивость. Чувствительность модели. Разные подходы к классификации моделей. Классификация по математическим подходам. Априорные и апостериорные модели. Стандартные статистические методы. Многомерные методы. Отклонение от нормальности, непараметрические методы. Марковские случайные процессы. Дифференциальные уравнения /Лек/	8	4	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Э1	0	

2.2	Моделирование процесса межвидовой конкуренции. Изучение систем Вольтерра с учетом допущений. Построить фазовые портреты системы. При исследовании свойств этой модели, ответить на вопрос: при каких условиях увеличивается или уменьшается численность каждого вида. /Пр/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	1	
2.3	Изучить особенности моделей, описывающих межвидовую конкуренцию, их основные свойства и область применения. /СР/	8	1	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
Раздел 3. Модели динамических систем							
3.1	Основные понятия теории динамических систем. Классификация динамических систем. Фазовые портреты динамических систем. Аттракторы. /Лек/	8	4	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
3.2	Моделирование взаимодействия популяций хищника и жертвы. Простейшая модель взаимоотношений популяций хищника и жертвы, основанная на логистическом уравнении роста, названа по имени ее создателей - Лотки и Вольтерры. Эта модель крайне упрощает исследуемую ситуацию, но все же полезна в качестве отправной точки в анализе системы хищник-жертва. В результате исследования модели определить, какие исходные значения параметров приводят к следующим результатам: хищник полностью уничтожает жертву и затем вымирает сам; хищник вымирает, но жертва выживает и размножается; возникают сопряженные циклические колебания в системе популяций хищника и жертвы. /Пр/	8	3	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
3.3	Освоить методы построения моделей, описывающих взаимодействие популяций хищника и жертв. /СР/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
Раздел 4. Элементы теории катастроф							
4.1	Элементы теории устойчивости динамических систем в непрерывном и дискретном времени. Динамический хаос. Бифуркационная диаграмма. Понятие о фракталах. Фрактальные размерности. Фрактальная геометрия и детерминированный динамический хаос. Примеры фрактальных структур в экологии. Нелинейная динамика и вычислительный эксперимент. /Лек/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
4.2	Способы прогнозирования ряда данных Прогнозы с применением метода скользящего среднего. Прогнозирование с помощью функций регрессии. Прогнозирование с использованием функции экспоненциального сглаживания. /Пр/	8	8	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
4.3	Освоить студентом базовые элементы прогноза ряда данных. /СР/	8	1	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	

	Раздел 5. Методы исследования моделей. Элементы прогноза катастроф						
5.1	Классы математических моделей. Качественное и количественное исследование моделей. Корректность решения. Метод прогнозирования. Модель прогнозирования. Оценка прогнозирования. Оценка вероятности возникновения и экологических последствий катастрофы. /Лек/	8	4	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
5.2	Расчет потери нефти от инфильтрации в грунт Рассчитать потери нефти от инфильтрации в грунт. Известны: расход нефти при истечении; кинематическая вязкость нефти; объем вытекшей нефти; время истечения, тип грунта и характер поверхности. /Пр/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2	0	
5.3	Изучить математическую модель истечения и инфильтрации нефти в грунт. /СР/	8	4	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2	0	
	Раздел 6. Простейшие математические модели популяционной динамик						
6.1	Простейшие математические модели популяционной динамики в непрерывном и дискретном времени. Модели одновидовой популяции, в том числе, модели, учитывающие возрастную и пространственную структуру популяции. Модели типа «хищник–жертва»: классическая модель Лотки-Вольтерра и некоторые ее обобщения (модель Колмогорова). Модели конкурентного взаимодействия биологических видов. Модели антропогенного воздействия на экосистему. /Лек/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
6.2	Модель речного загрязнения Рассмотрим простейшую модель водной системы, включающую в себя растворенные в воде кислород и органические отходы. С течением времени отходы разлагаются под воздействием бактерий при потреблении кислорода. Концентрация отходов определяется биохимической потребностью в кислороде, т.е. количеством кислорода на единицу объема воды, необходимым для разложения отходов. Рассчитать концентрацию загрязнителя и дефицит кислорода от времени и от расстояния от точки выброса. /Пр/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
6.3	Изучить математические модели концентрации органического загрязнителя в реке. /СР/	8	4	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2	0	
	Раздел 7. Математические модели загрязнения окружающей среды						
7.1	Математическое моделирование нефтяных загрязнений на акватории. Модель загрязнения реки. Миграция загрязняющих веществ в грунтах. /Лек/	8	4	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2	0	

7.2	Гауссова модель распространения загрязнений от точечного источника. Для описания процессов распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе используются различные модели, основанные на решении уравнения конвективно-диффузионного переноса. Рассмотрим задачу переноса примеси от стационарного точечного источника. Построить карты изолиний приземной концентрации и распределение концентрации загрязняющей примеси вдоль ветра на оси симметрии для открытой местности и условий городской застройки. /Пр/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2	0	
7.3	Изучить уравнения конвективно-диффузионного переноса /СР/	8	7	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2	0	
Раздел 8. Глобальные климатические модели							
8.1	Компоненты климатической системы. Воспроизведение современного климата (понимание физических механизмов его формирования). Математическое моделирование климатических изменений. Уравнения гидродинамики атмосферы и гидросферы. Радиационный баланс. Учет облачности и осадков. /Лек/	8	2	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2	0	
8.2	Гауссова модель распространения загрязнений от n точечных источников. Предположим, что вместо одного точечного источника имеется n источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу различной высоты, каждый из которых характеризуется своей мощностью выбросов и положением в пространстве /Пр/	8	3	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2	1	
8.3	Изучить уравнения конвективно-диффузионного переноса от нескольких источников /СР/	8	3,65	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2	0	
Раздел 9. Экзамен и курсовой проект							
9.1	Консультация к экзамену и экзамен /ИВКР/	8	2,35	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2	Л1.3Л3.2	0	
9.2	Курсовой проект /ИВКР/	8	3	УК-1 ПК-2.2 ПК-3.2		0	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Контрольные вопросы и задания

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. История развития математического моделирования в экологии
2. Понятие «математическая модель»
3. Модели и их классификация.
4. Методы моделирования
5. Детерминированные и стохастические модели.
6. Реальные системы, их модели и ограниченность детерминированного описания
7. Сферы и практика применения математического моделирования.
8. Дифференциальные модели
9. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
10. Методы исследования математических моделей. Устойчивость.

11.	Проверка адекватности математических моделей.
12.	Модели динамических систем.
13.	Особые точки.
14.	Бифуркации.
15.	Динамический хаос.
16.	Фазовый портрет систем.
17.	Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры.
18.	Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
19.	Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов.
20.	Корреляционный анализ различных событий. Означает ли это взаимозависимость событий?
21.	Методы оценки долгосрочного прогноза катастроф
22.	Равновесные состояния природных систем.
23.	Ведет ли неустойчивость «в малом» к катастрофическим последствиям?
24.	Модель Вольтерры-Лотки
25.	Моделирование процессов теплопередачи. Уравнение Ньютона.
26.	Диффузионные модели
27.	Модели переноса веществ
28.	Математические модели и моделирование климата
29.	Принципы построения климатических моделей
30.	Радиационно-конвективные модели
31.	Уравнения динамики атмосферы

5.2. Темы письменных работ

<p>Примерные темы курсовых работ/проектов:</p> <p>Модели динамических систем.</p> <p>Особые точки.</p> <p>Бифуркации.</p> <p>Динамический хаос.</p> <p>Фазовый портрет систем.</p> <p>Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры.</p> <p>Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.</p> <p>Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов.</p> <p>Корреляционный анализ различных событий. Означает ли это взаимозависимость событий?</p> <p>Методы оценки долгосрочного прогноза катастроф</p> <p>Равновесные состояния природных систем.</p> <p>Ведет ли неустойчивость «в малом» к катастрофическим последствиям?</p> <p>Модель Вольтерры-Лотки</p> <p>Моделирование процессов теплопередачи. Уравнение Ньютона.</p> <p>Диффузионные модели</p> <p>Модели переноса веществ</p> <p>Математические модели и моделирование климата</p> <p>Принципы построения климатических моделей</p>
--

5.3. Оценочные средства

<p>Рабочая программа дисциплины "Методы математического моделирования катастроф" обеспечена оценочными средствами для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, включающими контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации, критерии оценивания учебной деятельности обучающихся, примеры заданий для практических занятий.</p> <p>Все оценочные средства представлены в Приложении 1.</p>
--

5.4. Перечень видов оценочных средств

<p>Оценочные средства разработаны для всех видов учебной деятельности обучающегося - практических занятий, самостоятельной работы и промежуточной аттестации.</p> <p>Оценочные средства представлены в виде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средств текущего контроля: практическая работа, тестирование. - средств итогового контроля: экзамен в 8 семестре, курсовая работа/проект в 8 семестре.
--

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Гуськов О. И., Кушнарв П. И., Таранов С. М.	Математические методы в геологии. Сборник задач	М.: Недра, 1991
Л1.2	Каждан А. Б., Гуськов О. И.	Математические методы в геологии	М.: Недра, 1990

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.3	Королев В. А., под ред. проф. В.Т.Трофимова	Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем [Электронный ресурс/Текст]: учебное пособие	М.: КДУ, 2007
6.1.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Виноградов Ю. Б.	Математическое моделирование процессов формирования стока	Л.: Гидрометеоиздат, 1988
Л2.2	Павлов С. В.	Методы теории катастроф в исследовании фазовых переходов	М.: Изд-во МГУ, 1993
Л2.3	Агафонов В. И.	Обыкновенные дифференциальные уравнения. Ч. 1. Дифференциальные уравнения 1-го порядка [Электронный ресурс МГРИ/Текст]: учебное пособие	М.: МГРИ-РГГРУ, 2015
Л2.4	Кудинов И. В., Кудинов В. А., Еремин А. В., Колесников С. В.	Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях	Санкт-Петербург: Лань, 2015
6.1.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Лобанов А. М., Иванов А. А.	Интерпретация гравитационных и магнитных полей	М.: РГГРУ, 2008
Л3.2	Фахрутдинов Ш. И.	Геоинформационные технологии в техносферной безопасности [Электронный ресурс МГРИ]: курс лекций	М.: МГРИ, 2019
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"			
Э1	Использование метода трехмерного математического моделирования в практике геоэкологических исследований		
6.3.1 Перечень программного обеспечения			
6.3.1.1	Office Professional Plus 2013		
6.3.1.2	Office Professional Plus 2019		
6.3.2 Перечень информационных справочных систем			
6.3.2.1	Электронно-библиотечная система «Книжный Дом Университета» ("БиблиоТех")		
6.3.2.2	Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»		
6.3.2.3	База данных научных электронных журналов "eLibrary"		
6.3.2.4	Электронно-библиотечная система "Лань" Доступ к коллекциям электронных изданий ЭБС "Издательство "Лань"		

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение	Вид
3-45	Компьютерный класс; Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	12 П.М., Компьютер PC 15-240 в комплекте -12 шт., проектор BenQ MS500 DLP - 1шт., Коммутатор TP-LINK TL-SG1024DE, Маршрутизатор TP-LINK TL-WR 1043ND, Windows 7, MS Office, 1С Предприятие, Deductor Studio Academic	Пр
3-30	Аудитория для лекционных, практических и семинарских занятий.	Специализированная мебель: набор учебной мебели на 36 посадочных мест; стул преподавательский - 1 шт.; доска маркерная - 1 шт., проектор с экраном - 1 шт.	Лек

3-33	Компьютерный класс, Аудитория для лекционных, практических и семинарных занятий, самостоятельной работы, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель: набор учебной мебели на 11 посадочных мест; стул преподавательский – 1 шт.; стол преподавательский – 2 шт.; доска маркерная – 1 шт. 12 моноблоков Enigma Venus, 1 моноблок Acer B223w, 1 моноблок iru M22, 1 принтер HP LJ1020, 1 телевизор bbk 65LEX-8274/UTS2C, в аудитории развернута проводная сеть и подключен доступ к интернет.	
6-31	Компьютерный класс; Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	12 посадочных мест 8 монблоков Prittec; , в аудитории развернута локальная сеть подключен доступ к интернет.	
3-17	Аудитория для лекционных, практических и семинарских занятий.	Специализированная мебель: набор учебной мебели на 36 посадочных мест; стул преподавательский - 1 шт.; доска маркерная - 1 шт., проектор с экраном - 1 шт.	

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания по изучению дисциплины «Математическая геоэкология» представлены в Приложении 2 и включают в себя:

1. Методические указания по работе с конспектами лекций.
2. Методические указания по подготовке к практическим (семинарским) занятиям и коллоквиумам
3. Методические указания по организации процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.