

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
Академик РАН Добролюбов С.А.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОСИСТЕМ

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки:
05.04.02 «География»

Направленность (профиль) ОПОП:
«Физическая география и ландшафтоведение»

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол №_10_ дата_27 октября 2021 г._)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «География» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утверждены решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по программе бакалавриата в области наук о Земле, по программе магистратуры «Физическая география и ландшафтоведение» (дисциплины «Актуальные проблемы физической географии», «Теория и методология ландшафтоведения и ландшафтной экологии»).

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p>МПК-2 (формируется частично)</p> <p>Владеет теоретическими знаниями и методами изучения потоков вещества, энергии и информации в ландшафте, методами пространственного анализа, моделирования процессов и структуры ландшафта и способен применять их на практике</p>	<p>МПК-2.2. Знает и использует методы пространственного анализа, моделирования процессов и структуры ландшафта</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные концепции создания физико-математической теории ландшафта • физические законы основных процессов переноса вещества и энергии в геосистемах различного уровня • основные понятия анализа морфологических структур и область применения, примеры анализа морфологических структур, закономерности морфологических структур и факторы их формирования • механизмы отображения протекающих физико-географических процессов в особенностях морфологических структур ландшафтов • подходы к количественному анализу и моделированию морфологических структур ландшафтов <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбрать для описания конкретных компонентов и частей природно-территориальных комплексов (ПТК) параметры силовых полей основных структурообразующих процессов и применить для их описания физические (геофизические) законы разной степени фундаментальности • поставить задачу математического моделирования структуры ПТК и моделирования процессов переноса вещества и энергии с помощью известных пакетов прикладных программ (ГИС и специальных программ)

		<ul style="list-style-type: none"> • анализировать генезис и факторы формирования морфологических структур, прежде всего их геометрических особенностей, проводить качественный морфологический анализ и типизацию структур, выбирать оптимальный комплекс методов для количественного анализа морфологических структур • использовать анализ пространственных географических структур для решения различных типов задач (анализ динамики ландшафтов и прогноз экзогенных процессов, анализ структуры миграционных потоков, индикационные исследования и интерпретация материалов дистанционных съемок, анализ природных рисков и др.) <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами получения параметров основных геофизических силовых полей (поля гравитации и поля инсоляции) на основе цифровых моделей местности, данных дистанционного зондирования Земли и стандартных полевых методов измерения геофизических параметров • методами численной классификации (дифференциации) ПТК разного иерархического уровня • методологическими основами, навыками качественного и количественного анализа морфологических структур ландшафтов, навыками использования анализа морфологических структур для решения научных и практических задач
--	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 56 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 16 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку реферата)	Выполнение практических заданий	Всего
Раздел 1. Детерминированные и термодинамические модели геосистем Тема 1. Введение. Предпосылки создания теории геосистем	2	2				2			
Тема 2. Общефизические постулаты и их соотнесение с геосистемным анализом	2	2				2			
Тема 3. Основы термодинамики	4	2	2			4			
Тема 4. Термодинамические модели природных процессов в геосистемах	2		2			2			
Тема 5. Нелинейный образ геосистем	2	2				2			
Тема 6. Анализ земной поверхности в геофизических полях	4	2	2			4			
Тема 7. Моделирование геофизической дифференциации ландшафтов	4	2	2			4			
Тема 8. Моделирование функционирования и общие модели геосистем	6	2	4			6			
Тема 9. Планирование и оптимизация природопользования	2		2			2			

Текущая аттестация 1: проверка самостоятельных заданий	6							6	6
Раздел 2. Математическая морфология ландшафта									
Тема 10. Основные понятия анализа морфологической структуры ландшафта.	2	2				2			
Тема 11. Факторы формирования морфологической структуры ландшафта	2	2				2			
Тема 12. Канонические математические модели морфологических структур	12	4	8			12			
Тема 13. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при изучении динамики природной среды и оценке рисков	4	2	2			4			
Тема 14. Математический анализ морфологической структуры ландшафта и проблема возраста	4	2	2			4			
Тема 15. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при дешифрировании материалов дистанционных съемок и геоиндикации. Заключение.	4	2	2			4			
Текущая аттестация 2: написание реферата	6						6		6
Промежуточная аттестация: зачет	4	<i>Устный зачет</i>						4	
Итого	72	56						16	

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Детерминированные и термодинамические модели геосистем

Тема 1. Введение. Предпосылки создания теории геосистем

Основные регулятивы естественно-научной теории. Предпосылки развития эмпирической теории ландшафта. Пространственно-временные соотношения в геосистемах и протекающие в них процессы. Матрица основных структурообразующих процессов. Дифференциация поверхности рельефа с точки зрения перераспределение параметров основных геофизических полей, являющихся движущими силами этих

системообразующих процессов. Основные приемы моделирования и уравнения математической физики как основной аппарат моделирования геосистемных процессов.

Тема 2. Общефизические постулаты и их соотнесение с геосистемным анализом

Понятия классической физики, являющиеся основополагающими постулатами теории геосистем: геометрия пространства и координатные системы отсчета; материальные точки (частицы) и абсолютно твердое тело; состояние физической системы и движение системы частиц; силовые поля и взаимодействия; потенциальное поле и градиент потенциала. Процессы переноса - основа функционирования геосистем. Вывод уравнений переноса из простейших постулатов: плотность и скорость среды; поток величины, дивергенция вектора; уравнение неразрывности. Общие уравнения движения сплошной среды.

Тема 3. Основы термодинамики

Параметры и функции состояния термодинамических систем. Термодинамические потенциалы и условия равновесия систем. Термодинамика необратимых процессов и теория поля. Билинейное уравнение Онзагера.

Тема 4. Термодинамические модели природных процессов в геосистемах

Термодинамика нижних слоев атмосферы. Термодинамика воды в почве. Физико-химическая термодинамика почв. Пограничные эффекты в природных системах. Термодинамические принципы самоорганизации речных сетей. Термодинамические аналогии геоморфологических систем.

Тема 5. Нелинейный образ геосистем

Фрактальная структура блоковой делимости Земли. Топология бассейново-русловой системы и законы скейлинга. Законы Хортон, Стралера, Токунаги, Хака и моделирование потоковых геосистем высоких порядков.

Тема 6. Анализ земной поверхности в геофизических полях

Определяющие движущие силы, индуцирующие все потоки в геосистемах: градиенты поля силы тяжести и градиенты поля инсоляции. Уравнения теории поля и дифференциальной геометрии являются - достаточное условие для геофизического описания потенциальной дифференциации природных территориальных комплексов (ПТК). Доказательное обоснования системы морфометрических величин (МВ), описывающих распределение градиентов геофизических полей гравитации и инсоляции. Четыре класса морфометрических величин и понятий; геометрический и физический смысл кривизны; кривизны земной поверхности и теоремы о механизмах аккумуляции вещества; водосборные морфометрические характеристики земной поверхности; инсоляционные характеристики земной поверхности.

Тема 7. Моделирование геофизической дифференциации ландшафтов

Общий алгоритм выделения однородной территории по параметрам градиентов определяющих полей и индуцированным потокам, а так же и по феноменологическим коэффициентам. Построение типологической и функциональной структуры ПТК на основе системы морфометрических величин (МВ), описывающих распределение градиентов геофизических полей гравитации и инсоляции. Геофизическая сущность цифровых данных дистанционного зондирования и численная классификация состояния земной поверхности. Проверка статистической достоверности автоматизированных процедур дифференциации локальных ПТК и верификация выделенных классов на основе материалов полевых комплексных трансектных исследований.

Тема 8. Моделирование процессов функционирования и общие модели геосистем

Динамика потоков поверхностных вод. Общие уравнения движения сплошной среды, уравнения Навье-Стокса, уравнение турбулентного движения Диффузия и дисперсия в различных средах, вывод уравнений диффузии для описания вертикального диффузионного влагомассопереноса в почвах. Теплоперенос в различных средах. Общие уравнения теплопереноса и задача о фазовых переходах при промерзании-оттаивании почв. Общие свойства болотообразования и гидродинамические характеристики болотных массивов. Связь гидрологических и климатических характеристик с морфологией и строением болота Основное уравнение гидроморфологических связей болотного массива.

Тема 9. Планирование и оптимизация природопользования

Имитационная модель динамики многопородного древостоя на основе различных сценариев природопользования для ландшафтного планирования.

Раздел 2. Математическая морфология ландшафта

Тема 10. Введение. Основные понятия анализа морфологической структуры ландшафта.

Место курса в системе подготовки ландшафтоведа. Постановка проблемы анализа морфологической структуры ландшафта. Задачи, приводящие к необходимости анализа морфологической структуры ландшафта. Развитие представлений об анализе пространственных структур в физической географии. Работы Б.В.Виноградова, Т.И.Исаченко, С.В.Викторова, Е.А.Востоковой, Ю.Г.Симонова, В.М.Фридланда, В.А.Николаева, И.Н.Степанова, К.Риттера, О'Нила.

Понятие морфологической структуры ландшафта; родственные понятия: структура растительного покрова, фитоценотический рисунок, ландшафтный рисунок, морфологическая структура, ландшафтная структура, структура почвенного покрова, структура почвенно-геоморфологических тел. Геометрическое подобие различных пространственных структур. Геометрические особенности и физико-географическое содержание морфологических структур; проблема изоморфности. Основные группы геометрических особенностей морфологических структур (состав форма, ориентировка, метрические и топологические особенности).

Разнообразие количественных параметров анализа морфологической структуры ландшафта. Понятия анализа ландшафтных структур и ландшафтных метрик.

Понятие о математических моделях морфологических структур. Канонические модели морфологических структур и модели сложных морфологических структур. Классификация математических моделей морфологических структур.

Классификация пространственных (морфологических) структур геосистем. Классификации А.А.Алехина, Б.В.Виноградова, С.В.Викторова, И.Н.Степанова, Г.А. Глумова. Проблема выбора принципов классификации.

Тема 11. Факторы формирования морфологической структуры ландшафта

Морфологическая структура ландшафта как физико-географический объект. Влияние генетического типа процессов на геометрические особенности морфологических структур. Влияние состава и неоднородности отложений на геометрические особенности морфологических структур. Тектоническое строение территории как фактор, влияющий на геометрические особенности морфологических структур. Роль климатических условий при формировании геометрических особенностей морфологических структур. Биогеографические особенности как фактор, влияющий на геометрические особенности морфологических структур.

Изоморфность структур, сформировавшихся в сходных геолого-геоморфологических условиях. Комплексность воздействия факторов на различные группы особенностей рисунков.

Тема 12. Канонические математические модели морфологических структур

Понятие канонических математических моделей морфологических структур. Путь создания канонических моделей и моделей сложных морфологических структур.

Математический аппарат анализа моделей морфологических структур.

Математическая модель морфологической структуры равнин с господством карстовых и просадочно-суффозионных процессов. Математическая модель морфологической структуры эрозионных равнин. Математическая модель морфологической структуры аллювиальных равнин. Математическая модель морфологической структуры равнин с господством плоскостного смыва. Математическая модель морфологической структуры заболоченных и солончаковых равнин. Математическая модель морфологической структуры озерно-термокарстовых равнин. Математическая модель морфологической структуры эоловых равнин. Математическая модель морфологической структуры равнин с широким развитием оползневых процессов.

Тема 13. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при изучении динамики природной среды и оценке рисков

Применение анализа морфологической структуры ландшафта при ретроспективном изучении динамики природной среды. Задача о циклических почвенно-растительных комплексах.

Применение анализа морфологической структуры ландшафта при прогнозном изучении динамики природной среды. Модель динамики эрозионно-термокарстовой равнины. Развитие территории эрозионно-термокарстовой равнины при значительном времени развития; состояние динамического равновесия. Предельные значения количественных характеристик морфологической структуры ландшафта. Модель морфологической структуры территории с развитием диффузных природных процессов.

Понятие природных опасностей и рисков; параметры рисков. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при оценке рисков.

Тема 14. Математический анализ морфологической структуры ландшафта и проблема возраста

Понятие макровозрастной и микровозрастной дифференциации ландшафта.

Количественное моделирование макровозрастной дифференциации на примере эрозионно-термокарстовой равнины. Количественные характеристики, отражающие и не отражающие макровозрастную дифференциацию.

Количественное моделирование микровозрастной дифференциации на примере аллювиальных и эрозионно-термокарстовых равнин. Применение количественного анализа морфологической структуры при оценке распределения площадей участков разного возраста в пределах эрозионно-термокарстовых равнин.

Возрастная неоднородность аллювиальных равнин. Применение количественного анализа морфологической структуры при оценке возрастных разрывов, при оценки длительности формирования пакетов.

Тема 15. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при дешифрировании материалов дистанционных съемок и геоиндикации

Индикационное значение анализа морфологических структур. Морфологическая структура как одна из основ экстраполяции индикационных закономерностей. Методы выбора и оценки количественных приемов при индикационном анализе пространственной структуры геосистем и дешифрировании. Оценка значимости различий при индикационном анализе пространственной структуры геосистем на основе математических моделей.

План проведения семинаров

1. Принципы классификации природных явлений, объектов и процессов по определяющим потокам, по градиентам потенциалов (движущим силам), и величинам феноменологических коэффициентов обобщенной проводимости в соответствии с понятиями термодинамики необратимых процессов.
2. Термодинамика нелинейных систем далеких от равновесия
3. Построение цифровой модели рельефа (ЦМР). Построение МВ по цифровым моделям и их пространственное распределение на экспериментальных территориях. Верификация морфометрических параметров по полевым данным.
4. Геофизическая дифференциация ПТК на основе морфометрического описания поверхности рельефа и граничные условия для обеспечения однозначности и единственности решения дифференциальных уравнений переноса в задачах гидролого-гидрогеологического цикла (в среде ГИС SAGA), и во всех остальных задачах описания процессов функционирования ландшафтов.
5. Моделирование поверхностного дождевого склонового стока на практических примерах: модель кинематической волны, верификации по экспериментальным результатам дождевания комбинированного поле-лес склона, расчеты гидрологического функционирования водосборных геосистем в ГИС.
6. Движение подземных вод, закон Дарси, основные уравнения фильтрации подземных вод. Схемы расчета уровней грунтовых вод для экспериментальных объектов.
7. Модели структуры и функционирования болотных ландшафтов
8. Обсуждение факторов формирования морфологической структуры ландшафта
9. Обсуждение математической модели морфологической структуры равнин с господством карстовых и просадочно-суффозионных процессов
10. Обсуждение применения количественного анализа морфологической структуры ландшафта

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

Текущая аттестация 1: проверка самостоятельных заданий

Текущая аттестация 2: написание реферата

Примерный перечень самостоятельных заданий

1. Проанализировать предпосылки развития теории ландшафта с точки зрения соответствия основным принципам естественно-научной теории
2. Составить иерархический перечень основных характерных времен процессов в геосистемах
3. Выявить основные движущие силы геосистемных структурообразующих процессов
4. Составить перечень известных (гео)физических постулатов теории геосистем
5. Описать переменные и функции состояния физической системы
6. Выписать в полном виде билинейное уравнение Онзагера и проанализировать его с точки зрения классификации геосистем
7. Вывести уравнение неразрывности в одномерном и многомерном случаях из простейших постулатов.
8. Выписать уравнения градиента силовых полей и дивергенции вектора и дать определение их физического и математического смысла
9. Привести и обосновать примеры глобальных и локальных морфометрических величин, описывающих силовые геофизические поля
10. Дать описание физического смысла и доказать теоремы о двух механизмах аккумуляции вещества
11. Проанализировать значение цифровой модели рельефа для расчета параметров описания силовых геофизических полей
12. Изучить алгоритм выделения однородной территории по параметрам градиентов определяющих силовых полей
13. Подготовить список ландшафтных дешифрировочных свойств (признаков) спектрзональных каналов изображений ДДЗ
14. Сравнить методы количественной классификации ПТК
15. Проанализировать схемы иерархического описания дренажных (речных) систем с точки зрения моделирования геосистем
16. Выполнить постановку задачи описания поверхностного склонового дождевого стока на основе уравнения кинематической волны
17. Вывести на физическом уровне строгости уравнения диффузии и конвективной диффузии
18. Описать модель влагопереноса в почве на основе уравнений диффузии
19. Описать структуру модели массопереноса в почвах и пути ее детализации по конкретным процессам
20. Описать модели теплопереноса в почвах и теплопереноса при фазовых процессах
21. Вывести на основе уравнения Дарси обобщенные показатели связи структуры и функционирования простого болотного массива
22. Проанализировать географические следствия уравнения функционирования простого болотного массива
23. Изучить структуру блоков и алгоритмы моделирования пространственной динамики многопородного разновозрастного древостоя с учетом антропогенного воздействия

Примерный перечень тем рефератов

1. Геофизические методы подповерхностного зондирования почв и отложений в ландшафтоведении (На примере электроразведки или георадиолокации).
2. Использование методов морфометрии рельефа для определения градиентов физических полей.
3. Методы и материалы лесоустройства для целей ландшафтных исследований.
4. Математическое моделирование латеральных ландшафтообразующих процессов.

5. Математическое моделирование радиальных ландшафтообразующих процессов.
6. Математическое моделирование биогеофизических продукционных процессов.
7. Построение цифровой модели рельефа и моделирование структуры ПТК на основе геоморфометрических параметров полей гравитации и инсоляции

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Основные геосистемные постулаты. Геометрия пространства и координатные системы, материальные частицы и абсолютно твердое тело. Состояние физической системы и движение системы частиц. Силовые поля и взаимодействия. Потенциальное поле и градиент потенциала. Геопотенциал.
2. Дифференциация геосистем с точки зрения термодинамики необратимых процессов. Билинейное уравнение Онзагера
3. Границы геосистем и предпосылки их формализации. Система морфометрических величин. Четыре класса морфометрических величин и понятий
4. Геометрический и физический смысл кривизны. Кривизны земной поверхности и механизмы аккумуляции вещества
5. Водосборные морфометрические характеристики земной поверхности. Инсоляционные характеристики земной поверхности
6. Общий алгоритм определения однородной территории по параметрам. Методы численной дифференциации ПТК и выбор параметров геофизических полей
7. Типологическая дифференциация ПТК по геоморфометрическим параметрам цифровых моделей рельефа и цифровым параметрам данных дистанционного зондирования Земли
8. Плотность и скорость среды. Полный дифференциал функции двух переменных, градиент поля
9. Поток величины, дивергенция вектора
10. Вывод уравнения неразрывности, одномерный случай. Уравнение неразрывности пространственный случай
11. Уравнение движения сплошной среды, идеальная жидкость, уравнение Эйлера
12. Связь тензора напряжений с тензором скоростей. Уравнение Навье-Стокса
13. Уравнение кинематической волны. Моделирование поверхностного дождевого склонового стока. Схематизация процесса и математическая постановка задачи
14. Закон Дарси. Уравнение установившейся фильтрации напорных несжимаемых подземных вод
15. Вывод основного уравнения неустановившейся фильтрации грунтовых вод
16. Движение вод со свободной поверхностью при горизонтальном водоупоре. Построение кривой депрессии УГВ
17. Вывод уравнений диффузии. Диффузия в многомерном пространстве
18. Дисперсия в движущейся среде, источники-стоки вещества. Дисперсия в пористой среде.
19. Вертикальный диффузионный влагоперенос в почвах
20. Теплоперенос в различных средах
21. Задача о фазовых переходах в воде и почве при промерзании-оттаивании

22. Обобщенное моделирование болотных геосистем
23. Имитационное моделирование динамики древостоев и сценарии лесопользования
24. Обобщенное моделирование водосборных геосистем для задач ландшафтного планирования
25. Понятие пространственной структуры геосистем; родственные понятия. Основные группы геометрических особенностей морфологических структур
26. Влияние генетического типа процессов на геометрические особенности морфологических структур.
27. Влияние состава и неоднородности отложений на геометрические особенности морфологических структур.
28. Влияние структурно-геологических особенностей территории на геометрические особенности морфологических структур.
29. Роль климатических условий при формировании геометрических особенностей морфологических структур.
30. Изоморфность структур, сформировавшихся в сходных геолого-геоморфологических условиях.
31. Понятие канонических математических моделей морфологических структур и методы их создания. Сложные морфологические структуры.
32. Математическая модель морфологической структуры равнин с господством карстовых и просадочно-суффозионных процессов.
33. Математическая модель морфологической структуры эрозионных равнин.
34. Математическая модель морфологической структуры аллювиальных равнин.
35. Математическая модель морфологической структуры заболоченных и солончаковых равнин.
36. Математическая модель морфологической структуры озерно-термокарстовых равнин.
37. Математическая модель морфологической структуры равнин с широким развитием оползневых процессов.
38. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при прогнозном изучении динамики природной среды. Модель динамики эрозионно-термокарстовой равнины.
39. Развитие территории эрозионно-термокарстовой равнины при значительном времени развития; состояние динамического равновесия.
40. Применение анализа морфологической структуры ландшафта при оценки рисков.
41. Понятие макровозрастной и микровозрастной дифференциации ландшафта.
42. Количественное моделирование микровозрастной дифференциации на примере аллювиальных равнин.
43. Индикационное значение анализа морфологических структур.
44. Методы выбора и оценки количественных приемов при индикационном анализе пространственной структуры геосистем и дешифрировании.

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – устный зачет

Оценка РО соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
--	----------------	--------------

Знания (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы,

Основная литература

1. Викторов А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М., Наука, 2006.
2. Викторов А.С., Капралова В.Н., Орлов Т.В., Трапезникова О.Н., Архипова М.В., Березин П.В., Зверев А.В., Садков С.А., Панченко Е.Г. Математическая морфология ландшафтов криолитозоны. М.: РУДН, 2016. 232 с.
3. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.:ГЕОС, 1998 418с.
4. Сысуев В.В. Введение в физико-математическую теорию геосистем. М.: URSS, 2020. 602 с.
5. Сысуев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения. Учебное пособие. М.: Географический ф-т МГУ, 2003. 245 с.

Дополнительная литература:

1. Астахов А.В. Курс физики. Т. 1. Механика, кинетическая теория материи. М., Наука, 1977
2. Бихеле З.Н., Молдау Х.А. и Росс Ю.К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. Л., Гидрометеиздат, 1980
3. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М., Мысль, 1986. 179с.
4. Викторов С.В. Использование индикационных географических исследований в инженерной геологии. М., Недра, 1966, 120с.
5. Виноградов Б.В. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. М., Недра, 1966.
6. Гришанин К.В. Теория руслового процесса. М., Транспорт, 1972.
7. Иванов К. Е. Основы гидрологии болот. //Общая гидрология, Л.,Гидрометеиздат, 1984.
8. Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод. М. Высшая школа, 1985.
9. Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Г. Формирование речного стока. М., Наука, 1983.
10. Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. М., АН СССР, 1957

- Перечень лицензионного программного обеспечения
 - Statistica 7
- Не лицензионное программное обеспечение
 - ГИС-пакет QGIS
 - ГИС-пакет SAGA GIS
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 - реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
 - поисковая система научной информации www.scopus.com
 - электронная база научных публикаций www.webofscience.com
 - научная электронная библиотека https://elibrary.ru/project_risc.asp?
- Описание материально-технической базы
 - Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Сысуев Владислав Васильевич, преподаватели: Сысуев Владислав Васильевич, Викторов Алексей Сергеевич

11. Разработчики программы: Сысуев Владислав Васильевич, профессор, профессор, д.г.н., Викторов Алексей Сергеевич, д.г.н.