

**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Географический факультет**

«Утверждено»
Чл.-корр. РАН С.А. Добролюбов

« ____ » _____ 2018 г.

Согласовано
Учебно-методической комиссией
факультета

« ____ » _____ 2018 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физико-математические основы ландшафтоведения»

по направлению подготовки 05.03.02 «География»
направленность (профиль) «Физическая география и ландшафтоведение»
уровня высшего образования бакалавриата
с присвоением квалификации «бакалавр»

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель курса - охарактеризовать физико-математический подход как методологическую основу ландшафтоведения

Задачи:

- Понять внутреннее единство теоретического описания структуры геосистем и природных процессов геосистемного уровня;
- Усвоить основы построения теории процессов в геосистемах;
- Знать пути реализации теоретических уравнений для практического моделирования процессов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к блоку профильных профессиональных дисциплин вариативной части основной образовательной программы высшего образования по направлению «География», профиль "Физическая география и ландшафтоведение", обязательный курс.

Дисциплина изучается на 4 курсе уровня в 7 семестре.

Предварительно обучающийся должен получить необходимую информацию в следующих дисциплинах, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: «Геоморфология с основами геологии», «География почв с основами почвоведения», «Экология с основами биогеографии», «Климатология с основами метеорологии», «Гидрология», «Ландшафтоведение».

Освоение дисциплины необходимо как предшествующее для приобретения знаний в следующих дисциплинах: «Ландшафтное планирование и инженерная география», «Экологические технологии производства и оценка воздействия на окружающую среду».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии со Стандартом МГУ:

- знание принципов изучения круговоротов вещества, энергии и информации в ландшафте, принципы моделирования процессов и пространственной структуры ландшафта с использованием полевых, геохимических, геофизических, геоинформационных, аэрокосмических методов, методов пространственного анализа (СПК-2; компетенция формируется частично).

- владение фундаментальными разделами математики, необходимыми для решения научно-исследовательских и практических задач в профессиональной области (ОНК-5; компетенция формируется частично).

В результате освоения дисциплин модуля обучающийся должен:

Знать:

- Основные концепции создания физико-математической теории ландшафта
- Физические законы основных процессов переноса вещества и энергии в геосистемах различного уровня.
- Принципы построения теоретических моделей структуры и функционирования ПТК.

Уметь:

- 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)

Владеть:

- 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.

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Общая аудиторная нагрузка – 108 часов, в т.ч. лекции – 36 часа и семинары – 18 часов.

Объем самостоятельной работы студентов – 54 академических часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекция	семинар	СРС	
1	Раздел 1. Введение. Тема 1. Предпосылки создания теории геосистем	7	1	3	-	2	Опрос
2	Тема 2. Положения классической физики и их соотнесение с геосистемным анализом	7	2-3	6	3	6	Опрос
3	Раздел 2. Моделирование структуры геосистем Тема 3. Анализ земной поверхности в геофизических полях	7	4-5	6	3	6	Контрольная работа
4	Тема 4. Моделирование геофизической	7	6, 7	6	3	12	Реферат (по выбору студента)

	дифференциации ландшафтов						
5	Раздел 3. Моделирование функционирования геосистем Тема 5. Абиогенный перенос вещества и энергии	7	8-12	6	3	6	Контрольная работа
6	Тема 6. Биогенные процессы переноса вещества и энергии	7	13-16	3	3	6	Контрольная работа
7	Тема 7. Модели геосистем на основе синтеза моделей структуры и функционирования	7	17	3	-	10	Реферат (по выбору студента) Опрос
8	Тема 8. Планирование устойчивого природопользования на основе теории геосистем	7	18	3	3	6	Опрос. Зачет по практическим работам
	Итого			36	18	54	Зачет

5. Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение.

Тема 1. Введение. Предпосылки создания теории геосистем

Основные регулятивы 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.

Семинары

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. Сравнить математический аппарат обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений математической физики в частных производных с точки зрения теории геосистем

Тема 2. Положения классической физики и их соотнесение с геосистемным анализом

Понятия классической физики, основополагающие постулаты для вывода теории ландшафта: геометрия пространства и координатные системы отсчета геосистем;

материальные точки (частицы) и абсолютно твердое тело; состояние физической системы и движение системы частиц; силовые поля и взаимодействия; потенциальное поле и градиент потенциала; гравитационный потенциал Земли; обобщенный поток с точки зрения термодинамики необратимых процессов. Билинейное уравнение Онзагера. Принципы классификации природных явлений, объектов и процессов по определяющим потокам, по градиентам потенциалов (движущим силам), и величинам феноменологических коэффициентов обобщенной проводимости.

Семинары

1. Составить перечень известных (гео)физических постулатов теории геосистем
2. Проанализировать иерархию системы твердых тел образующих почвенный покров
3. Описать переменные и функции состояния физической системы
4. Выписать в полном виде билинейное уравнение Онзагера и проанализировать его с точки зрения классификации геосистем

Раздел 2. Моделирование структуры геосистем

Тема 3. 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 механизмы аккумуляции вещества; водосборные морфометрические характеристики земной поверхности; инсоляционные характеристики земной поверхности. Пространственное распределение МВ по цифровым моделям рельефа (DEM) экспериментальных территорий. Верификация морфометрических параметров по полевым данным.

Семинары

1. Выписать уравнения градиента силовых полей и дивергенции вектора и дать определение их физического и математического смысла
2. Привести и обосновать примеры глобальных и локальных морфометрических величин, описывающих силовые геофизические поля
3. Практическая работа: Дать описание физического смысла и доказать теоремы о двух механизмах аккумуляции вещества
4. Проанализировать значение цифровой модели рельефа для расчета параметров описания силовых геофизических полей

Тема 4. 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, и цифровых данных дистанционного зондирования методами численной классификации. Проверка статистической достоверности автоматизированных процедур дифференциации локальных ПТК и верификация выделенных классов на основе материалов полевых комплексных трансектных исследований. Морфометрическое описание поверхности рельефа и геофизическая дифференциация ПТК - граничные условия, которые обеспечивают однозначность и единственность решения дифференциальных уравнений

переноса не только в задачах гидролого-гидрогеологического цикла, но и во всех остальных задачах описания процессов функционирования ландшафтов.

Семинары

1. Практическая работа: Изучить алгоритм выделения однородной территории по параметрам градиентов определяющих силовых полей
2. Проанализировать классические определения ландшафтоведения с точки зрения выбора системы морфометрических величин для их формализованного описания
3. Подготовить список ландшафтных дешифрировочных свойств (признаков) спектрональных каналов изображений ДДЗ
4. Практическая работа: Сравнить методы количественной классификации ПТК
5. Проанализировать разные схемы иерархического описания дренажных (речных) систем с точки зрения моделирования геосистем

Раздел 3. Моделирование функционирования геосистем

Тема 5. Абиогенный перенос вещества и энергии

Процессы водного стока - основа функционирования геосистем. Вывод уравнений переноса из простейших постулатов: плотность и скорость среды; поток величины, дивергенция вектора; уравнение неразрывности. Динамика потоков поверхностных вод. Общие уравнения движения сплошной среды, уравнения Навье-Стокса, уравнение турбулентного движения. Моделирование поверхностного дождевого склонового стока на практическом примере модели кинематической волны с проведение верификации по экспериментальным результатам дождевания комбинированного поле-лес склона. Движение подземных вод, закон Дарси, основные уравнения фильтрации подземных вод. Простейшие схемы расчета уровней грунтовых вод для экспериментальных объектов. Диффузия и дисперсия в различных средах, вывод уравнений диффузии для описания вертикального диффузионного влагомассопереноса в почвах. Вертикальная миграция растворенных химических веществ в почвах с различными режимами фильтрации, изотермами адсорбции и описанием пористой среды. Практический пример: моделирование переноса растворов в дерново-подзолистых почвах с аппроксимацией параметров по результатам экспериментов миграции растворов удобрений в монолитах почв естественного сложения. Теплоперенос в различных средах. Общие уравнения теплопереноса и задача о фазовых переходах при промерзании-оттаивании почв.

Семинары

1. Вывести одномерное и трехмерное уравнение переноса
2. Вывести уравнение Навье-Стокса
3. Объяснить на физическом уровне строгости возможные пути интегрирования уравнений Рейнольдса для получения уравнений гидравлики речного потока и сплошного дождевого стока
4. Практическая работа: Выполнить постановку задачи описания поверхностного склонового дождевого стока на основе уравнения кинематической волны
5. Вывести на физическом уровне строгости уравнения диффузии и конвективной диффузии
6. Описать модель влагопереноса в почве на основе уравнений диффузии
7. Описать структуру модели массопереноса в почвах и пути ее детализации по конкретным процессам
8. Описать модели теплопереноса в почвах и теплопереноса при фазовых процессах

Тема 6. Биогенные процессы переноса вещества и энергии

Физико-математические модели продукционных процессов типа «зеленая машина» с подробным описанием процессов всасывания и транспирации влаги, поглощения и

выдыхания газов, поглощения элементов минерального питания в зависимости от внешних условий. Описание процессов фотосинтеза с применением полуэмпирических моделей. Демонстрация принципов создания моделей перехвата и трансформация дождевых осадков пологом леса в качестве сшивания процессов в ПТК и биогенного переноса.

Семинары

1. Написать общую систему уравнений экологических и продукционных процессов и объяснить их ландшафтный смысл
2. Описать физическую сущность процессов переноса влаги в пологе растительности
3. Описать физическую сущность процессов переноса газов в пологе растительности
4. Описать процессы фотосинтеза с применением полуэмпирических моделей разной сложности
5. Вывести уравнение перехвата дождевых осадков пологом леса

Тема 7. Модели геосистем на основе синтеза моделей структуры и функционирования

Модели структуры и функционирования болотных ландшафтов (по Иванову К.Е., 1975) Общие свойства болотообразования и гидродинамические характеристики болотных массивов. Связь гидрологических и климатических характеристик с морфологией и строением болота. Основное уравнение гидроморфологических связей болотного массива.

Обобщенная модель гидрологического функционирования лесной геосистемы водосбора. Типологическая и бассейновая структуры ландшафтов – граничные условия решения уравнений гидрологического стока с распределенными параметрами и имитационных моделей продуктивности разнопородного древостоя. Пример применения модели для расчета скорости и расходов потока а также времени добегания для водосбора малой таежной реки по априорным данным.

Семинары

1. Проанализировать физическую сущность болотообразовательных процессов
2. Вывести на основе уравнения Дарси обобщенные показатели связи структуры и функционирования простого болотного массива
3. Проанализировать географические следствия уравнения функционирования простого болотного массива
4. Проанализировать основное уравнение гидроморфологических связей болотного массива
5. Составить структуру блоков обобщенной модели гидрологического функционирования лесной водосборной геосистемы
6. Проанализировать на конкретном примере связь распределенных параметров моделей гидрологического стока и имитационных моделей продуктивности разнопородного древостоя с параметрами модели структуры геосистем

Тема 8. Планирование устойчивого природопользования на основе теории геосистем

Использование теоретических моделей для ландшафтного планирования. Пример модели долгосрочного устойчивого лесопользования по действующим нормативам в конкретных условиях сложного конечно-моренного южно-таежного ландшафта для зонирования экспериментальной территории по условиям устойчивости лесных древостоев к рубкам главного лесопользования.

Семинары

1. Изучить структуру блоков и алгоритмы моделирования пространственной динамики многопородного разновозрастного древостоя с учетом антропогенного воздействия
2. Проанализировать значения критических параметров моделирования динамики древостоя
3. Разработать несколько различных сценариев длительного лесопользования.
4. Исследовать зонирование лесопользования на конкретном примере

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Самостоятельная работа обучающегося является обязательной составляющей учебного процесса и включает в себя:

- работу по закреплению знаний, полученных в ходе лекционных и семинарских занятий, в т.ч. работу с конспектами и литературой из основного списка в целях повторения пройденного материала, подготовки к опросам и тестированию;
- приобретение дополнительных, но необходимых знаний по основным разделам и темам дисциплины, в т.ч. чтение и проработку литературных источников из дополнительного списка (включая литературу на иностранном языке);
- самостоятельный поиск и работу с источниками информации, в т.ч. периодическими научными изданиями, Интернет-источниками и базами данных;
- составление конспектов и объясняющих схем к прочитанным учебным, учебно-научным и научным литературным материалам;
- приобретение навыков подготовки рефератов и компьютерных презентаций, в т.ч. краткого, логичного изложения информации.

Для эффективной самостоятельной работы необходимо обеспечение доступа студентов к источникам информации, перечисленным в соответствующем разделе данной программы.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Примерный список тем для рефератов с последующими докладами на семинарах

1. Геофизические методы подповерхностного зондирования почв и отложений в ландшафтоведении.
2. Использование методов морфометрии рельефа для определения градиентов физических полей.
3. Моделирование структуры ПТК на основе морфометрических параметров полей гравитации и инсоляции, и цифровых данных ДЗЗ.
4. Методы и материалы лесоустройства для целей ландшафтных исследований.
5. Математическое моделирование латеральных ландшафтообразующих процессов.
6. Математическое моделирование радиальных ландшафтообразующих процессов.
7. Математическое моделирование биогеофизических продукционных процессов.
8. Математическое моделирование биогеохимических процессов миграции вещества.

Примерная тематика устных опросов:

Тема 1.

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. Сравнить математический аппарат обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений математической физики в частных производных с точки зрения теории геосистем

Тема 2.

1. Составить перечень известных (гео)физических постулатов теории геосистем
2. Проанализировать иерархию системы твердых тел образующих почвенный покров
3. Описать переменные и функции состояния физической системы
4. Выписать в полном виде билинейное уравнение Онзагера и проанализировать его с точки зрения классификации геосистем

Тема 4.

1. Изучить алгоритм выделения однородной территории по параметрам градиентов определяющих силовых полей
2. Проанализировать классические определения ландшафтоведения с точки зрения выбора системы морфометрических величин для их формализованного описания
3. Подготовить список ландшафтных дешифрировочных свойств (признаков) спектрозональных каналов изображений ДДЗ
4. Сравнить методы количественной классификации ПТК
5. Проанализировать разные схемы иерархического описания дренажных (речных) систем с точки зрения моделирования геосистем

Тема 7.

1. Проанализировать физическую сущность болотообразовательных процессов
2. Вывести на основе уравнения Дарси обобщенные показатели связи структуры и функционирования простого болотного массива
3. Проанализировать географические следствия уравнения функционирования простого болотного массива
4. Проанализировать основное уравнение гидроморфологических связей болотного массива
5. Составить структуру блоков обобщенной модели гидрологического функционирования лесной водосборной геосистемы
6. Проанализировать на конкретном примере связь распределенных параметров моделей гидрологического стока и имитационных моделей продуктивности разнопородного древостоя с параметрами модели структуры геосистем

Тема 8.

1. Изучить структуру блоков и алгоритмы моделирования пространственной динамики многопородного разновозрастного древостоя с учетом антропогенного воздействия
2. Проанализировать значения критических параметров моделирования динамики древостоя
3. Разработать несколько различных сценариев длительного лесопользования.
4. Исследовать зонирование лесопользования на конкретном примере

Примерный перечень вопросов к контрольным работам

Тема 3.

1. Выписать уравнения градиента силовых полей и дивергенции вектора и дать определение их физического и математического смысла
2. Привести и обосновать примеры глобальных и локальных морфометрических величин, описывающих силовые геофизические поля
3. Дать описание физического смысла и доказать теоремы о двух механизмах аккумуляции вещества
4. Проанализировать значение цифровой модели рельефа для расчета параметров описания силовых геофизических полей

Тема 5.

1. Вывести одномерное и трехмерное уравнение переноса
2. Вывести уравнение Навье-Стокса
3. Объяснить на физическом уровне строгости возможные пути интегрирования уравнений Рейнольдса для получения уравнений гидравлики речного потока и сплошного дождевого стока
4. Выполнить постановку задачи описания поверхностного склонового дождевого стока на основе уравнения кинематической волны
5. Вывести на физическом уровне строгости уравнения диффузии и конвективной диффузии
6. Описать модель влагопереноса в почве на основе уравнений диффузии
7. Описать структуру модели массопереноса в почвах и пути ее детализации по конкретным процессам
8. Описать модели теплопереноса в почвах и теплопереноса при фазовых процессах

Тема 6.

1. Написать общую систему уравнений экологических и продукционных процессов и объяснить их ландшафтный смысл
2. Описать физическую сущность процессов переноса влаги в пологе растительности
3. Описать физическую сущность процессов переноса газов в пологе растительности
4. Описать процессы фотосинтеза с применением полуэмпирических моделей разной сложности
5. Вывести уравнение перехвата дождевых осадков пологом леса

Зачет по практической работе выставляется по результатам выполнения работы после исправления указанных преподавателем недостатков и ответа на замечания и вопросы.

8. Формы и содержание промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к устному зачету

1. Физико-математическое естествознание – методология построения теории геосистем.
2. 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.
3. Дифференциация геосистем с точки зрения термодинамики необратимых процессов. Билинейное уравнение Онзагера

4. Границы геосистем и предпосылках их формализации. Система морфометрических величин. Четыре класса морфометрических величин и понятий
5. Геометрический и физический смысл кривизны. Кривизны земной поверхности и механизмы аккумуляции вещества
6. Водосборные морфометрические характеристики земной поверхности. Инсоляционные характеристики земной поверхности
7. Общий алгоритм определения однородной территории по параметрам. Методы численной дифференциации ПТК и выбор параметров геофизических полей
8. Типологическая дифференциация ПТК по геоморфометрическим параметрам цифровых моделей рельефа и цифровым параметрам данных дистанционного зондирования Земли
9. Функциональная дифференциация геосистем по гидроморфологическим параметрам
10. Плотность и скорость среды. Полный дифференциал функции двух переменных, градиент поля
11. Поток величины, формула Гаусса-Остроградского, дивергенция вектора
12. Вывод уравнения неразрывности, одномерный случай. Уравнение неразрывности пространственный случай
13. Уравнение движения сплошной среды, идеальная жидкость, уравнение Эйлера
14. Связь тензора напряжений с тензором скоростей. Уравнение Навье-Стокса
15. Уравнения турбулентного движения, осреднение и упрощение уравнений Рейнольдса, формулы Шези-Маннинга, одномерное уравнение Сен-Венана
16. Уравнение кинематической волны. Моделирование поверхностного дождевого склонового стока. Схематизация процесса и математическая постановка задачи
17. Закон Дарси. Уравнение установившейся фильтрации напорных несжимаемых подземных вод
18. Вывод основного уравнения неустановившейся фильтрации грунтовых вод
19. Движение вод со свободной поверхностью при горизонтальном водоупоре. Построение кривой депрессии УГВ
20. Переход от напорного потока к решениям для потока со свободной поверхностью. Движение вод на междуречье с горизонтальным водоупором при учете инфильтрации.
21. Вывод уравнений диффузии. Диффузия в многомерном пространстве
22. Дисперсия в движущейся среде, источники-стоки вещества. Дисперсия в пористой среде.
23. Вертикальный диффузионный влагоперенос в почвах
24. Сорбция и вертикальная миграция растворенных химических веществ в почвах
25. Массоперенос фосфора и азота в почвах с описанием сорбционных и трансформационных процессов
26. Модели с детализированным описание почвенной среды
27. Теплоперенос в различных средах
28. Задача о фазовых переходах в воде и почве при промерзании-оттаивании
29. Общие понятия и модели популяционной динамики, модели «хищник-жертва»
30. Кинетические модели трофических цепей и малого биологического круговорота
31. Применение теории размерности в построении модели развития древостоя
32. Модель пространственной динамики древостоя диффузионного типа

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Сысуев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения. Учебное пособие. М.: Географический ф-т МГУ, 2003. 245 с.

Сысуев В.В. Моделирование процессов в ландшафтно-геохимических системах. М.: Наука, 1986. 302 с.

б) дополнительная литература:

Арманд Д.А. Наука о ландшафте. М., Наука, 1975

Астахов А.В. Курс физики. Т. 1. Механика, кинетическая теория материи. М., Наука, 1977

Бихеле З.Н., Молдау Х.А. и Росс Ю.К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. Л., Гидрометеиздат, 1980

Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., Высшая школа, 1986

Глебов Ф.З., Корзухин М.Д. Экологические модели в болотной динамике. //Эксперимент и мат. моделирование в изучении биогеоценозов лесов и болот. М., Наука, 1990

Гришанин К.В. Теория руслового процесса. М., Транспорт, 1972.

Дьяконов К.Н. Геофизика ландшафта. Биоэнергетика, модели, проблемы. Учебно-методическое пособие. М., МГУ, 1991

Дьяконов К.Н. Геофизика ландшафта. Метод балансов. Учебно-методическое пособие. М., МГУ, 1988,

Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики. М., Наука, 1972.

Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., Гидрометеиздат, 1975, 280 с.

Иванов К. Е. Основы гидрологии болот. // Общая гидрология, Л., Гидрометеиздат, 1984.

Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод. М. Высшая школа, 1985.

Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Г. Формирование речного стока. М., Наука, 1983.

Москаленко А.И. Методы нелинейных отображений в оптимальном управлении. Теория и приложение к моделям природных систем. Новосибирск, Наука, 1983

Парфенова Г.И., Ярилова Е.А. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М., Наука, 1977

Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 1999. 764 с.

Пузаченко Ю.Г. Основы экологии. М., МГУ, 1996

Пузаченко Ю.Г. Пространственно-временная иерархия геосистем с позиции теории колебаний. //Вопросы географии. Вып. 127, 1985

Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М., Наука, 1985.

Ретеюм А.Ю. Земные миры. М., Наука, 1986

Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. М., МГУ, 1977

Свирижев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М., Наука, 1978

Сиротенко О.Д. Математическое моделирование вводно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. Л., Гидрометеиздат, 1981

Солнцев Н.А. Учение о ландшафте. Избранные труды. М., МГУ, 2001

Сысуев В.В. Математические модели процессов водной миграции химических веществ на водосборе //Эксперимент и мат. моделирование в изучении лесов и болот. М., Наука, 1990

Сысуев В.В. Структурообразующие геосистемные процессы: характерные масштабы и моделирование. //Вестник МГУ, сер. геогр. № 1, 2002, с. 22-28

Сысуев В.В. Морфометрический анализ геофизической дифференциации ландшафтов. //Известия Академии наук. Серия географическая, № 3, 2003

Тихонов А.Н, Самарский А.А. Уравнения математической физики. М. Наука, 1985

Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М., Мысль, 1972

Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. М., АН СССР, 1957

Черкашин А.К. Полисистемный анализ и синтез. Новосибирск: Наука, 1997. 501 с.

Черных В.Л., Сысуев В.В. Информационные технологии в лесном хозяйстве. Марийский ГТУ, Йошкар-Ола, 2000, 377 с.

Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции. М., изд-во УРСС, 2001.

34.Shary P.A. Land surface in gravity points classification by a complete system of curvatures // Mathematical Geology, 1995, V. 27. No 3. P. 373-390.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

А. Учебная аудитория на 15 мест с выходом в интернет

Б. Мультимедиа-проектор.

11. Контролирующие материалы по дисциплине (ФОС)

Тесты контроля остаточных знаний по дисциплине

1. Каким типом математических уравнений можно описать пространственно-временную динамику геосистем? 1 - алгебраическими уравнениями, 2 – обыкновенными дифференциальными уравнениями, 3 – тригонометрическими уравнениями, **4 – дифференциальными уравнениями в частных производных.**
2. Какие законы в геосистемах описываются с помощью уравнения неразрывности? 1 – законы всемирного тяготения (гравитации), 2 – первый и второй законы Ньютона, 3 – модели популяционной динамики, **4 - гидродинамики**
3. Какая из перечисленных геоморфометрических величин является глобальной и не инвариантной по отношению к индуцирующим силовым полям: 1 – крутизна склона, 2 – вертикальная кривизна, 3 – полная Гауссова кривизна, **4 - удельная площадь водосбора.**
4. Какие процессы в геосистемах описываются выражениями типа задачи Стефана? 1 – гидрологические процессы в малых реках, 2 – перенос излучения в пологе растительности, 3 – перенос химических растворенных веществ в почвах, **4 – промерзания-протаивания почв.**

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 05.03.02 «География», профиль «Физическая география и ландшафтоведение».

Программа одобрена на заседании кафедры физической географии и ландшафтоведения

Протокол №8 от 11 декабря 2018 г.

Зав. кафедрой _____ К.Н. Дьяконов

Разработчик:
Сысуев Владислав
Васильевич

Профессор, д.г.н.

МГУ имени
М.В.Ломоносова,
географический факультет,
кафедра физической
географии и
ландшафтоведения

Эксперт:
Хорошев Александр
Владимирович

доцент, д.г.н.

МГУ имени
М.В.Ломоносова,
географический факультет,
кафедра физической
географии и
ландшафтоведения