

**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

«Моделирование геосистем»

по направлению подготовки 05.04.02 «География»
уровня высшего профессионального образования магистратура
с присвоением квалификации «магистр»

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель курса - освоение дисциплины является охарактеризовать методы физико-математического моделирования как методологическую основу теории геосистем.

Задачи:

- демонстрация внутреннего единства теоретического описания структуры геосистем и природных процессов геосистемного уровня;
- демонстрация построения теории процессов в геосистемах;
- демонстрация путей 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 профессионального образования по направлению 05.04.02 «География», профиль "Физическая география и ландшафтоведение".

Дисциплина изучается на 2 курсе уровня подготовки высшего профессионального образования «интегрированный магистр» с присвоением квалификации «магистр» в 3 семестре. Дисциплина по выбору

Предварительно обучающийся должен получить необходимую информацию в следующих дисциплинах, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: «Актуальные проблемы физической географии», «Теория и методология ландшафтоведения и ландшафтной экологии».

Освоение дисциплины необходимо как предшествующее для написания магистерской диссертации.

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);

- понимание современных теоретических и методологических проблем физической географии, ландшафтоведения и ландшафтной экологии, и умение использовать фундаментальные представления в сфере профессиональной деятельности (СПК-6).

В результате освоения дисциплины 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 2 зачетных единицы.

Общая аудиторная нагрузка – 56 часа, в т.ч. лекции – 14 часов и семинары – 42 часов.

Объем самостоятельной работы студентов – 16 академических часов.

№ 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. Детерминированные и термодинамические модели геосистем Тема 1. Введение. Предпосылки создания теории геосистем	3	1	2	2	-	Опрос
2	Тема 2. Общефизические постулаты и их соотнесение с геосистемным анализом	3	2	2	2	2	Опрос
3	Тема 3. Основы термодинамики	3	3	2	2	-	Опрос
4	Тема 4. Термодинамические модели природных процессов в геосистемах	3	4		2	2	Реферат (по выбору студента)
5	Тема 5. Нелинейный образ геосистем	3	4		2	-	Контрольная работа по темам 2-5
6	Тема 6. Анализ земной поверхности в геофизических полях	3	5	2	2	-	Реферат (по выбору студента)
7	Тема 7. Моделирование геофизической дифференциации ландшафтов	3	6	2	2	-	Опрос, Реферат (по выбору студента)

8	Тема 8. Моделирование функционирования и общие модели геосистем	3	7		2	2	Реферат (по выбору студента)
9	Тема 9. Планирование и оптимизация природопользования	3	7		2	2	Контрольная работа по теме 6-9 Промежуточный зачет
10	Раздел 2. Стохастическое моделирование Тема 10. Основные понятия математической морфологии ландшафта	3	8	2	-	-	Опрос
6	Тема 11. Факторы формирования количественных характеристик ландшафтных рисунков.	3	8	2	-	2	Опрос
	Тема 12. Математическая модель ландшафтного рисунка эрозионных равнин.	3	9	-	4	-	Опрос
	Тема 13. Математическая модель ландшафтного рисунка равнин с развитием карстовых и просадочно-суффозионных процессов.	3	10	-	4	2	Опрос
	Тема 14. Математическая модель ландшафтного рисунка заболоченных и солончаковых равнин.	3	11	-	2	-	Опрос
	Тема 15. Математическая модель ландшафтного рисунка эоловых равнин.	3	11	-	2	2	Опрос
	Тема 16. Математическая модель ландшафтного рисунка термокарстовых озерных равнин.	3	12	-	2	-	Опрос
	Тема 17. Математическая модель ландшафтного рисунка аллювиальных равнин.	3	12	-	2	2	Опрос
	Тема 18. Математическая модель ландшафтных соседств и модели сложных морфологических структур.	3	13	-	2	-	Опрос
	Тема 19. Использование методов математической морфологии ландшафта при индикации геологических условий.	3	13	-	2	-	Опрос
	Тема 20. Использование методов математической морфологии ландшафта при анализе динамики природной среды, ретроспективном анализе динамики.	3	14	-	2	-	Опрос
	Тема 21. Перспективы развития	3	14	-	2	-	Опрос

	математической морфологии ландшафта.						
	Итого			14	42	16	Зачет

5. Содержание дисциплины

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 перераспределения параметров основных геофизических полей, являющихся движущими силами этих системообразующих процессов. Основные приемы моделирования и уравнения математической физики как основной аппарат моделирования геосистемных процессов.

Семинар

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.

Тема 2. Общефизические постулаты и их соотношение с геосистемным анализом

; 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

Семинар

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; потенциальное поле и градиент потенциала

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.

Семинар

Термодинамика нелинейных систем далеких от равновесия

Тема 4. Термодинамические модели природных процессов в геосистемах

Семинары

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

Семинары

Фрактальная структура блоковой делимости Земли. Топология бассейново-руслевой системы и законы скейлинга. Законы Хортонa, 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.

Семинар

Построение цифровой модели рельефа (ЦМР). Построение МВ по цифровым моделям и их пространственное распределение на экспериментальных территориях. Верификация морфометрических параметров по полевым данным.

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.

Семинар

Геофизическая дифференциация ПТК на основе морфометрическое описание 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.

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.

Семинары

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.

Движение подземных вод, закон Дарси, основные уравнения фильтрации подземных вод. Схемы расчета уровней грунтовых вод для экспериментальных объектов.

Модели структуры и функционирования болотных ландшафтов

Тема 9. Планирование и оптимизация природопользования

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

Семинар

Моделирование в ГИС долгосрочного устойчивого лесопользования по действующим нормативам в конкретных условиях для зонирования территории по критериям

устойчивости лесных древостоев к рубкам главного лесопользования; зонирование водосборной геосистемы по времени добегания (стока, загрязнений) на основе моделирования

Раздел 2.

Темы лекций

Тема 10. Основные понятия математической морфологии ландшафта.

Предмет и метод математической морфологии ландшафта. Задачи, приводящие к необходимости развития направления. Исторический очерк. Понятия ландшафтный рисунок, морфологическая структура, ландшафтная структура. Основные группы особенностей ландшафтных рисунков. Разнообразие математических приемов анализа ландшафтных рисунков. Математические модели ландшафтных рисунков, канонические математические модели.

Тема 11. Факторы формирования количественных характеристик ландшафтных рисунков.

Генетические типы геоморфологических процессов как основной фактор формирования геометрических особенностей ландшафтных рисунков. Изоморфизм рисунков. Влияние неоднородностей вещественного состава горных пород и рельефа подстилающих отложений. Влияние тектонических особенностей - площадные и линейные структуры, механизмы влияния. Климатический фактор. Биотический фактор. Антропогенный фактор. Проблема возраста и генезиса ландшафтного рисунка.

Темы семинаров

Тема 12. Математическая модель ландшафтного рисунка эрозионных равнин.

Основные положения модели. Основные уравнения канонической математической модели морфологической структуры однородного склона. Распределение числа пересечений случайной трансектой и ее отрезком эрозионной сети. Распределение числа притоков разных порядков. Аналитический вывод законов Хортон. Использование моделей ветвящихся процессов.

Тема 13. Математическая модель ландшафтного рисунка равнин с развитием карстовых и просадочно-суффозионных процессов.

Основные положения модели ландшафтного рисунка равнин с развитием карстовых и просадочно-суффозионных процессов. Основные уравнения канонической математической модели морфологической структуры. Вывод формулы защищенности объекта от карстовых и просадочно-суффозионных процессов. Аналитическое определение минимум-ареала геосистемы.

Тема 14. Математическая модель ландшафтного рисунка заболоченных и солончаковых равнин.

Основные положения математической модели ландшафтного рисунка на разных стадиях заболачивания. Понятие индекса границы. Уравнения канонической математической модели морфологической структуры для разных стадий процесса болотообразования. Изменение среднего индекса на разных стадиях; понятие времени заболачивания.

Тема 15. Математическая модель ландшафтного рисунка эоловых равнин.

Основные положения модели ландшафтного рисунка эоловых равнин. Основные уравнения канонической математической модели морфологической структуры. Особые

точки рисунка и их типы. Распределение особых точек. Представление о математической модели бугристо-ячеистых песков. Формула вероятности слияния термокарстовых озер.

Тема 16. Математическая модель ландшафтного рисунка термокарстовых озерных равнин.

Основные положения модели ландшафтного рисунка термокарстовых озерных равнин. Основные уравнения канонической математической модели морфологической структуры. Понятие скелета русла. Распределение длин излучин и их хорд. Распределение времени развития и угла разворота излучин.

Тема 17. Математическая модель ландшафтного рисунка аллювиальных равнин.

Основные положения модели ландшафтного рисунка аллювиальных равнин. Основные уравнения канонической математической модели морфологической структуры.

Тема 18. Математическая модель ландшафтных соседств и модели сложных морфологических структур.

Генетические типы ландшафтных соседств. Математическая модель ландшафтных соседств на основе марковских цепей. Типы сложных морфологических структур. Основные подходы к генерации моделей сложных морфологических структур. Математическая модель морфологической структуры термокарстово-эрозионной равнины.

Тема 19. Использование методов математической морфологии ландшафта при индикации геологических условий.

Основные положения ландшафтной индикации, типы индикационных связей. Решение основных типов индикационных задач на основе методов математической морфологии ландшафта. Подходы к разработке программных средств интерпретации материалов аэрокосмических съемок на основе методов математической морфологии ландшафта.

Тема 20. Использование методов математической морфологии ландшафта при анализе динамики природной среды, ретроспективном анализе динамики.

Использование математической морфологии ландшафта при выявлении идущих процессов и определении их параметров. Использование математической морфологии ландшафта при прогнозе изменений природной среды.

Тема 21. Перспективы развития математической морфологии ландшафта.

Проблема инвариантов ландшафтных рисунков. Перспективы использования математической морфологии ландшафта при моделировании функционирования природных систем. Перспективы использования математической морфологии ландшафта при оценке устойчивости ПТК.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Задания для самостоятельной работы

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
5. Составить перечень известных (гео)физических постулатов теории геосистем
6. Проанализировать иерархию системы твердых тел образующих почвенный покров
7. Описать переменные и функции состояния физической системы
8. Выписать в полном виде билинейное уравнение Онзагера и проанализировать его с точки зрения классификации геосистем
9. Вывести уравнение неразрывности в одномерном и многомерном случаях из простейших постулатов.
10. Выписать уравнения градиента силовых полей и дивергенции вектора и дать определение их физического и математического смысла
11. Привести и обосновать примеры глобальных и локальных морфометрических величин, описывающих силовые геофизические поля
12. Дать описание физического смысла и доказать теоремы о двух механизмах аккумуляции вещества
13. Проанализировать значение цифровой модели рельефа для расчета параметров описания силовых геофизических полей
14. Изучить алгоритм выделения однородной территории по параметрам градиентов определяющих силовых полей
15. Проанализировать классические определения ландшафтоведения с точки зрения выбора системы морфометрических величин для их формализованного описания
16. Подготовить список ландшафтных дешифрировочных свойств (признаков) спектрозональных каналов изображений ДДЗ
17. Сравнить методы количественной классификации ПТК
18. Проанализировать разные схемы иерархического описания дренажных (речных) систем с точки зрения моделирования геосистем
19. Выполнить постановку задачи описания поверхностного склонового дождевого стока на основе уравнения кинематической волны
20. Вывести на физическом уровне строгости уравнения диффузии и конвективной диффузии
21. Описать модель влагопереноса в почве на основе уравнений диффузии
22. Описать структуру модели массопереноса в почвах и пути ее детализации по конкретным процессам
23. Описать модели теплопереноса в почвах и теплопереноса при фазовых процессах
24. Проанализировать физическую сущность болотообразовательных процессов
25. Вывести на основе уравнения Дарси обобщенные показатели связи структуры и функционирования простого болотного массива
26. Проанализировать географические следствия уравнения функционирования простого болотного массива
27. Проанализировать основное уравнение гидроморфологических связей болотного массива
28. Изучить структуру блоков и алгоритмы моделирования пространственной динамики многопородного разновозрастного древостоя с учетом антропогенного воздействия

29. Проанализировать значения критических параметров моделирования динамики древо-стоя
30. Разработать несколько различных сценариев длительного лесопользования.
31. Исследовать зонирование лесопользования на конкретном примере
32. Составить структуру блоков обобщенной модели гидрологического функционирования лесной водосборной геосистемы
33. Проанализировать связь распределенных параметров моделей гидрологического стока и имитационных моделей продуктивности разнопородного древостоя с параметрами модели структуры геосистем

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Темы рефератов (один реферат в семестр по выбору студента)

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

Вопросы для контрольных работ:

1. Основные геосистемные постулаты.
2. Термодинамические потенциалы и условия равновесия систем
3. Термодинамика необратимых процессов и теория поля
4. Границы геосистем и предпосылках их формализации. Система морфометрических величин.
5. Геометрический и физический смысл кривизны и механизмы аккумуляции вещества
6. Обобщенное моделирование болотных геосистем

Вопросы для устных опросов:

1. Аналитический вывод законов Хортон.
2. Аналитическое определение минимум-ареала геосистемы.
3. Изменение среднего индекса на разных стадиях; понятие времени заболачивания.
4. Формула вероятности слияния термокарстовых озер.
5. Распределение длин излучин и их хорд.
6. Основные уравнения канонической математической модели морфологической структуры.
7. Генетические типы ландшафтных соседств.

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, 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. Уравнение кинематической волны. Моделирование поверхностного дождевого склонового стока. Схематизация процесса и математическая постановка задачи
 16. Закон Дарси. Уравнение установившейся фильтрации напорных несжимаемых подземных вод
 17. Вывод основного уравнения неустановившейся фильтрации грунтовых вод
 18. Движение вод со свободной поверхностью при горизонтальном водоупоре. Построение кривой депрессии УГВ
 19. Переход от напорного потока к решениям для потока со свободной поверхностью. Движение вод на междуречье с горизонтальным водоупором при учете инфильтрации.
 20. Вывод уравнений диффузии. Диффузия в многомерном пространстве
 21. Дисперсия в движущейся среде, источники-стоки вещества. Дисперсия в пористой среде.
 22. Вертикальный диффузионный влагоперенос в почвах
 23. Теплоперенос в различных средах
 24. Задача о фазовых переходах в воде и почве при промерзании-оттаивании
 25. Обобщенное моделирование болотных геосистем
 26. Имитационное моделирование динамики древостоев и сценарии лесопользования
 27. Обобщенное моделирование водосборных геосистем для задач ландшафтного планирования

8. 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
- 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,
- Иванов К. Е. Водобмен 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
- 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
- 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
- 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.
- 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.
- Terrain Analysis: Principles and Applications John P. Wilson (Editor), John C. Gallant (Editor), John Wiley & Sons, Ltd., 2000б) дополнительная литература:

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

ГИС: FractDim (Алещенко Г.М., Пузаченко Ю.Г.); ECO (Шарый П.А.), SAGA (Bohner, O.Konrad et al), MapWindow, TauDEM (D.J. Tarboton)

г) методические указания к практическим и/или творческим работам: варианты индивидуальных заданий и указания по их выполнению

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория на 15 человек с мультимедиа-проектором,

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.

Правильный ответ: дифференциальными уравнениями в частных производных, уравнениями математической физики.

2. Какая из перечисленных геоморфометрических величин является глобальной и не инвариантной по отношению к индуцирующим силовым полям и почему (объяснить): 1 – крутизна склона, 2 – вертикальная кривизна, 3 – полная Гауссова кривизна, 4 - удельная площадь водосбора.

Правильный полный ответ: удельная площадь водосбора (SCA - specific catchment area) - описывает с какой площади стекает под действием поля силы тяжести (индуцирующего силового поля) вода через единицу длины горизонтали в каждом пикселе цифровой модели рельефа, зависит от большой окружности данного пиксела вплоть до локального, местного, регионального или даже континентального водоразделов, что позволяет использовать ее величину для определения порядка водосборных геосистем.

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 05.04.02 «География».

Программа одобрена на заседании кафедры физической географии и ландшафтоведения

Протокол №___ от _____ 2018 г.

Зав. кафедрой _____ К.Н. Дьяконов

Разработчики:

Сысуев Владислав Васильевич профессор, д. г. н. МГУ имени
М.В.Ломоносова,
географический факультет,
кафедра физической
географии и
ландшафтоведения

, Викторов Алексей Сергеевич профессор, д. г. н. Институт геоэкологии
имени Сергеева РАН

Эксперт:

Хорошев Александр Владимирович доцент, д.г.н. МГУ имени
М.В.Ломоносова,
географический факультет,
кафедра физической

географии
и ландшафтоведения