

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

Геофизика ландшафта

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.02 «География»

Направленность (профиль) ОПОП:
«Гляциология и криолитология», «Геоморфология и палеогеография»

Форма обучения:
Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол №19, дата 24.03.2023)

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины 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 утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол № 1383).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована без разрешения факультета.

1. **Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП** - относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.
2. **Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:** перечень дисциплин, которые должны быть освоены для начала чтения данной дисциплины: «Введение в физическую географию с основами землеведения», «Климатология с основами метеорологии», «Гидрология», «Экология с основами биогеографии», «Ландшафтоведение», «Физика», «Геоморфология с основами геологии», «Методы физико-географических исследований» и «Геохимия ландшафтов».
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>ПК-4. <i>(формируется частично)</i> Способен использовать базовые физико-географические знания о России и мире для исследования структуры современных ландшафтов, а также глобальных и региональных закономерностей их формирования.</p>	<p>Применяет базовые физико-географические знания о России и мире для исследования структуры современных ландшафтов, а также глобальных и региональных закономерностей их формирования.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные физические свойства ландшафтов, физические законы и закономерности, объясняющие эти свойства. • балансовые уравнения геосистем: радиационного, теплового, водного и баланса вещества. • макробиоэнергетику ландшафта – закономерности трансформации потока энергии по пищевым цепям.
<p>ПК-8. <i>(формируется частично)</i> Способен применять на практике методы физико-географических исследований для сбора, обработки и анализа информации в проектно-исследовательской и производственной сферах.</p>	<p>Применяет на практике методы физико-географических исследований для сбора, обработки и анализа информации в проектно-исследовательской и производственной сферах.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • принципы общей теории систем, геокибернетики и теории информации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Свободно ориентироваться в теоретических и методических вопросах дисциплины. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способами применения полученных знаний в научно-исследовательской и практической деятельности.

4. **Объем дисциплины** (модуля) 2 з.е., в том числе 39 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 33 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	Всего	Работа с литературой	Подготовка реферата	Всего
Тема 1.Объект и предмет геофизики ландшафта. Системный подход – методологическая основа геофизики ландшафта	8	2	3	5	3		3
Тема 2.История становления геофизического направления в географии и в ландшафтоведении	7	1	3	4	3		3
Тема 3.Физические факторы функционирования и эволюции ландшафта. Элементарные и интегральные процессы.	8	2	2	4	4		4
Текущая аттестация №1 . Устный опрос	1		1	1			
Тема 4.Метод балансов. Радиационный и тепловой баланс геосистем	11	2	4	6	5		5
Тема 5.Водный баланс и баланс вещества геосистем	11	2	4	6	5		5
Тема 5.Биоэнергетика ландшафта.	13	2	6	8	5		5
Тема 6. Физическая география, кибернетика и теория информации.	9	2	2	4	5		5
Текущая аттестация №2. Устный опрос	1		1	1			
Промежуточная аттестация	3	Устный зачет				3	3
Итого	72	13	26	52			33

Содержание лекций

Часть I. Введение.

1. Объект и предмет геофизики ландшафта. Основные геосистемные постулаты и аксиомы. Геофизика ландшафта – наука о физических свойствах, процессах и пространственно-временной организации геосистем как функционально-целостных объектов. Направление, изучающее роль физических полей и факторов в формировании локальной и региональной структуры ландшафтной сферы Земли, физическую (энергетическую, вещественную и информационную) сторону взаимодействия отдельных компонентов геосистем; метаболизм со средой; физико-географические факторы фотосинтеза, трансформацию энергии по трофическим цепям.

Место ГЛ среди наук о Земле и соотношение с другими геофизическими направлениями.

Основной методологический принцип, на котором строится дисциплина, заключается в признании существования природных единств топологического уровня – геосистем, для которых рассмотрены балансовые уравнения вещества и энергии. Для систем, образованных движением живого вещества, рассмотрены потоки энергии по цепям питания.

Геофизические поля, переменные, константы. Географическая, геофизическая и физическая размерности. Редукционизм и его роль в познании геосистем. Градиент, скорость, ускорение, напряженность потоков вещества и энергии.

Системный подход – методологическая основа геофизики ландшафта. Работы В.С. Преображенского, В.Б. Сочавы, А.Ю. Ретеюма, В.Н. Солнцева и др. Системы с вертикальными и горизонтальными связями. Три понятия целостности в географии. Эмерджентность. Полиструктурность и полисистемность. Принцип дополнительности. Понятие ландшафтного пространства, ландшафтного времени и состояния геосистемы. Иерархия пространства и времени. Эргодичность. Элементы термодинамики обратимых и необратимых процессов.

2. История становления геофизического направления в географии и в ландшафтоведении. Идеи и работы А. Гумбольдта, А.И. Воейкова, В.М. Дэвиса, В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского, А.А. Григорьева, М.И. Будыко, Г.Ф. Хильми, Д.Л. Арманда, Ю.Л. Раунера, А.Д. Арманда, Н.Л. Беручашвили, А.Ю. Ретеюма, Н.И. Руднева, В.Н. Павлова, В.В. Сысуева, И.А. Шульгина. Современные геофизические и биогеофизические направления.

Часть II. Физические факторы и процессы функционирования геосистем

3. Физические факторы функционирования и эволюции ландшафта.

«Энергетический потенциал» ландшафта – схема внешних и внутренних потоков вещества и энергии. Гелиотермическая и геотермическая зоны. Три принципа Фурье. Земля в солнечной системе. Теплоемкость и теплопроводность вещества. Солнце, солнечный ветер, солнечная постоянная. Барический центр солнечной системы. Роль движения планет на скорость вращения Земли. Колебания солнечной активности, числа Вольфа. Спектральный состав солнечной радиации.

Магнитосфера и магнитное поле Земли. Электромагнитные свойства оболочек Земли. Гравитация. Энергия силы тяжести. Приливообразующие силы и их геофизическая роль. Внутреннее строение Земли. Сейсмические волны: объемные (продольные и поперечные) и поверхностные. Волновой характер процессов в ландшафтной оболочке Земли.

Элементарные и интегральные физико-географические процессы. Классификация элементарных процессов в почвоведении. И.П. Герасимова. Классификация процессов по формам движения материи А.Г. Исаченко. «Единый физико-географический процесс» по А.А.Григорьеву. Типология интегральных физико-географических процессов.

Часть III. Балансовые уравнения энергии и вещества.

4. Метод балансов. Радиационный и тепловой баланс геосистем. Метод балансов, его достоинства и ограничения. Радиационный баланс Земли и геосистем. Альbedo. Роль экспозиции и крутизны склонов в приходе суммарной солнечной радиации. Расчет прихода прямой и рассеянной солнечной радиации на склоны разной экспозиции и крутизны. Сущность отношения радиационного баланса к суммарной солнечной радиации (R/Q). Методы определения составляющих радиационного баланса. Прикладное значение (изменения альbedo для увеличения или снижения потока поглощенной радиации; способы влияния на эффективное излучение).

Тепловой баланс геосистемы. Понятие деятельного слоя ландшафта. Уравнение теплового баланса. Показатели структуры теплового баланса и их зональные закономерности. Структура теплового баланса в летний полдень, в весенний и осенний периоды. Методы расчета составляющих теплового баланса. Градиентный теплобалансовый метод. Методы расчета испарения. Испаряемость. Энергетический баланс почвы (по В.Р. Волобуеву). Расчет потока энергии в почву. Изменение структуры теплового баланса при орошении и осушении земель.

5. Водный баланс и баланс вещества геосистем. Влагообороты в природе. Слой активного водообмена. Водный баланс геосистем. Показатели структуры водного баланса типов и подтипов ландшафтов. Бассейновая организация ландшафта. Принципы формализации речной сети. Взаимосвязь характеристик речных бассейнов различных иерархических уровней: длины водотока, площади бассейна, расхода воды и модуля стока, зон выноса, транзита и аккумуляции вещества, морфологической структуры ландшафта.

Водно-физические свойства почв и грунтов. Приход атмосферных осадков и закономерности их перераспределения в холодный и теплый период года. Факторы перераспределения жидких осадков в элементарной геосистеме (фации). Типы водного питания и водного режима и их зональные и региональные закономерности. Методы определения составляющих водного баланса.

Уравнение связи теплового и водного балансов (по М.И. Будыко). Изменения в структуре радиационного, теплового и водного балансов на вырубках северо- и среднетаежных лесов (причины заболачивания). Использование показателей радиационного, теплового и водного балансов для оценки воздействия хозяйственной деятельности человека на природную среду.

Баланс вещества геосистем. Обобщенное балансовое уравнение вещества в геосистеме (по Л.Г. Бондареву) и уравнения для локальных геосистем с различными системообразующими потоками – водными, селевыми, лавинными, ледниковыми. Зональные закономерности в приходной и расходной части баланса. Методы определения прихода и расхода вещества в геосистемах.

Часть IV. Биоэнергетика ландшафта. Элементы геокибернетики и теории информации.

6. Биоэнергетика ландшафта. Основные положения и понятия биоэнергетики. Схемы пищевых цепей – пастбищная и детритная подсистемы. Биологическая продуктивность, ее размерность, способы определения. Значение дендрохронологического метода в определении временной изменчивости био-продукционного процесса и климатических, геофизических и

астрофизических факторов ее определяющих. Структура показателей биопродуктивности. Литофагия. Автотрофное и гетеротрофное дыхание. Фотосинтез и его физико-географические факторы. Фотосинтетически активная радиация (ФАР). Световые кривые фотосинтеза.. Понятие о геометрии растительного покрова; его оптическая плотность. Листовой индекс. Фитометрические измерения. Функции пропускающей, поглощения и отражения солнечной радиации слоем стительного покрова. Закон Бугера-Ламберта. Удельное водопотребление растений (транспирационные коэффициенты) и их зависимость от возраста растений. Роль факторов запасов продуктивной влаги в почве, ее температуры, относительной влажности и температуры воздуха в интенсивности процесса фотосинтеза.

Энергетические эквиваленты фотосинтеза и теплотворная способность органического вещества. КПД фотосинтеза по ФАР и радиационному балансу. Закономерности распределения КПД фотосинтеза на глобальном, региональном и локальном уровнях. Зависимость КПД фотосинтеза растений и транспирационных коэффициентов от возраста растений. Энергетическая эффективность отдельных блоков экосистемы (трофической пирамиды). Правило Л. Линдемана и его практическое значение. Детритная подсистемы. Причины накопления детрита. Детритогенез и механизмы разложения мертвого органического вещества. Показатели интенсивности биологического круговорота вещества – подстилочно-опадочный коэффициент, окислительно-восстановительный потенциал почв (Eh).

Стационарные и дистанционные исследования по теплофизике и биоэнергетики ландшафта. Программы и результаты исследований на Курской экспериментальной биосферной станции Института географии РАН, стационарах Института географии СО РАН, Института проблем эволюции и экологии РАН, Института лесоведения РАН и др. Вещественно-энергетические эмпирические модели функционирования геосистем с вертикальными и горизонтальными связями. Использование геофизических показателей для ОВОС.

7. Физическая география, кибернетика и теория информации. Становление и сущность общей теории систем, кибернетики, теории информации и информатики. Н. Винер, У.Р. Эшби, К. Шеннон, Г.Ф. Хильми, А.Д. Арманд. Информация и ее свойства. Структура информации. Прямые и обратные связи. Саморегуляция и самоорганизация. Принцип Ле-Шателье – Брауна. Устойчивость, чувствительность и надежность геосистем. Четыре класса систем по типу устойчивости на внешние воздействия. Неравновесное состояние. Эксергия. Синергизм. Изменчивость показателей функционирования геосистем.

Заключение. Физическая сущность географических законов и закономерностей. Проблемы геофизики ландшафта.

План проведения семинаров

1. **Системный подход методологическая основа геофизики ландшафтов.** Вводное слово преподавателя. Тектология А.А. Богданова. Сообщения (доклады) студентов: становление и сущность системного подхода. Геосистемы. Системообразующие потоки вещества и энергии. Геосистемы с вертикальными и горизонтальными связями. Эмерджентные свойства геосистем. Ландшафтно-гидрологическая организация геосистем. Формализация. Системная иерархия. Расчет характеристик геосистем по ландшафтной крупномасштабной карте.
2. **История становления физического направления в географии и геофизики ландшафта.** Вступительное слово преподавателя. Сообщения-доклады по работам А.А. Григорьева (1926, 1929), А.Л. Чижевского (1973), Г.Ф. Хильми (1966), Д.Л. Арманда (1974), Н.Л. Беручашвили (1990).

3. **Радиационный и тепловой баланс геосистем.** Вступительное слово о балансовом методе в физической географии. Расчет и сравнительный анализ радиационного баланса на локальном уровне, в зависимости от экспозиции, крутизны склона и альбедо. Расчет и сравнение показателей структуры теплового баланса зональных типов ландшафта за год.
4. **Тепловой баланс геосистем.** Расчет показателей структуры теплового баланса различных контрастных геосистем (тундровых, таежных европейской территории России, мерзлотно-таежных, широколиственных лесов, степных, пустынных умеренного пояса, влажных тропических лесов) в зимний, весенний, летний и осенний периоды (сезоны) года. Сравнительный анализ данных.
5. **Водный баланс и водные режимы геосистем.** Вступительное слово преподавателя. Показатели структуры водного баланса. Зональные закономерности. Зона активного водообмена. Сравнительный анализ 5-7 зон.
6. **Биоэнергетика ландшафта.** На основании данных по фито- и зоопродуктивности, энергетических эквивалентов фотосинтеза и зоомассы, рассчитать КПД фотосинтеза и другие показатели функционирования таежных и степных ландшафтов, по модели трофических отношений.

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

Перечень примерных вопросов к устному опросу

1. Какое геофизическое направление в географии развивал А.И. Воейков?
2. Охарактеризовать роль М.И. Будыко в развитии метода балансов.
3. Почему Д.Л. Арманда можно считать основателем геофизики ландшафта. Охарактеризуйте творчество Д.Л. Арманда с этих позиций.
4. Что означает выражение: «Система задана»?
5. Физическая сущность ландшафтно-гидрологических систем.
6. Охарактеризуйте сущность понятия эмерджентность геосистемы. Приведите примеры эмерджентных свойств.
7. Каковы основные источники энергии природных процессов?
8. Перечислите основные факторы различных значений радиационного баланса при одинаковой суммарной солнечной радиации.
9. Назовите показатели структуры теплового баланса фаций.
10. Сравните показатели структуры теплового баланса а мерзлотно-таежной зоны Сибири и таежной зоны Восточно-Европейской равнины.
11. Какое практическое значение имеет использование уравнения теплового баланса подстилающей поверхности?
12. Физическая сущность слоя активного водообмена и его границы.
13. Охарактеризуйте зональные закономерности изменения показателей структуры водного баланса.
14. Физическая сущность уравнения теплового и водного балансов.
15. Назовите основные приходные части баланса вещества в геосистеме.
16. Назовите основные расходные части баланса вещества геосистемы.

17. Охарактеризуйте положительные и отрицательные стороны модели трофической пирамиды.
18. Понятия первичной продуктивности ландшафтов и их показатели.
19. Что такое энергетический эквивалент фотосинтеза?
20. Правило Линдемана.
21. Практическое значение модели трофической пирамиды.
22. Детритогенез и его типы разложения.
23. Назовите показатели интенсивности биологического круговорота вещества
24. Что такое литофагия?
25. Охарактеризуйте основные свойства информации.

Перечень вопросов к устному зачету

1. Объект и предметная сущность «Геофизики ландшафта».
2. Охарактеризуйте вклад в развитии физического направления в географии А.А. Григорьева и М.И. Будыко.
3. Закон квантитативной компенсации А.Л. Чижевского как географический закон.
4. Значение работ Г.Ф. Хильми для геофизики и биогеофизики ландшафта.
5. Значение стационарных физико-географических исследований для развития геофизики ландшафта. Программа исследования на 2-3 стационарах..
6. Почему Д.Л. Арманд считается основателем геофизики ландшафта?
7. Основные источники энергии природных процессов. Гелиотермическая и геотермическая зоны. Принципы Фурье.
8. Радиационный баланс деятельной поверхности. Роль крутизны, экспозиции склона и альбедо в радиационном балансе на локальном уровне.
9. Уравнение теплового баланса деятельного слоя. Показатели структуры теплового баланса.
10. Охарактеризуйте годовые показатели структуры теплового баланса основных типов ландшафтов умеренного пояса.
11. Выполните сравнительный анализ показателей структуры теплового баланса в летний полдень (июль) для четырех типов ландшафта: таежного, мерзлотно-таежного, степного и пустынного.
12. Почему радиационный индекс сухости можно считать геофизическим обоснованием ландшафтной зональности?
13. Сущность теплораспределительного метода.
14. Методы определения испарения.
15. Уравнение водного баланса элементарной геосистемы (бассейна I-го порядка).
16. Назовите главные показатели структуры водного баланса основных типов ландшафта.
17. Понятие зоны активного водообмена. Сравните две различные зоны (подзоны).
18. Стационарные водобалансовые наблюдения.
19. Показатели и методы определения фитопродуктивности ландшафтов.

20. Трофическая пирамида как модель изучения макробиоэнергетики геосистем.
21. Физико-географические факторы фотосинтеза.
22. Методы расчета фотосинтетически активной радиации.
23. Энергетические эквиваленты фотосинтеза. КПД фотосинтеза по ФАР и радиационному балансу.
24. Понятие энергетического КПД транспирации.
25. Детритогенез и его типы.
26. Сущность подстилочно-опадочного коэффициента.
27. Охарактеризуйте пять классов по интенсивности биологического круговорота вещества.
28. Информация, ее свойства. Структура информации.
29. Устойчивость и изменчивость геосистем.
30. Эргодичность, неравновесность и синергетика геосистем. Принцип эргодичности.

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – *устный зачет*

Оценка РО и соответствующие оценочные средства	Незачет	Зачет
Знания (<i>устный опрос</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (<i>устный опрос</i>)	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 непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (<i>устный опрос</i>)	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 литературы

а) основная литература:

1. Беручашвили Н.Л. Геофизика ландшафта. – М.: Высшая школа, 1990. 287 с. **(1, 5)**
2. Дьяконов К.Н. Геофизика ландшафта. Метод балансов. – М. Изд-во. Моск. ун-та,
3. 1988. 95 с. **(1 – 5)**
4. Дьяконов К.Н. Геофизика ландшафта: биоэнергетика, модели, проблемы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 96 с. **(6, 7)**
5. Шульгин И.А. Солнечные лучи в зеленом растении. М., 2009. 213 с. **(6)**

б) дополнительная литература:

1. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М.: Мысль, 1975. 286 с. **(2, 4)**
2. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 472 с. **(2, 4, 5, 6)**
3. Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Современные методы географических исследований. М.: Просвещение», 1996. С.126-153. **(4, 5, 6)**
4. Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю. Земной отклик на движение внешних планет по данным дендроиндикации // Изв. РГО. Т. 145. Вып 5. С. 10-19. **(3, 6)**
5. Павлов А.В. Энергообмен в ландшафтной сфере Земли. Новосибирск: Наука, 1984.
а. 256 с. **(4)**
6. Ретеюм А.Ю. Земные миры. М.: Мысль, 1988. 268 с. **(1)**
7. Руднев Н.И. Средообразующая роль растительности тропических и умеренных широт Евразии. М.: ИПЭЭ РАН, 2003. 307 с. **(6)**
8. Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов. М.: Мысль, 1981. 239 с. **(1)**
9. Теплообмен в мерзлотных ландшафтах Восточной Сибири и его факторы. Москва-Тверь. Изд-во «Триада», 2007. 576с. **(4)**
10. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 298 с. **(2, 7)**

в) программное обеспечение, Интернет-ресурсы

Официальный сайт кафедры физической географии и ландшафтоведения www.landscape.edu.ru

Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором.

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель: ответственный за курс - Дьяконов Кирилл Николаевич, профессор; преподаватели - Дьяконов Кирилл Николаевич, профессор, Харитонова Татьяна Игоревна, доцент.

11. Разработчики программы: Дьяконов Кирилл Николаевич, профессор.