

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**

**Биогеохимия ландшафтов**

**Уровень высшего образования:**  
*Бакалавриат*

**Направление подготовки:**  
**05.03.02 «География»**

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

---

**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 (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 дисциплиной по выбору.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:** базируется на знаниях по дисциплинам: «Геоморфология с основами геологии», «География почв с основами почвоведения», «Экология с основами биогеографии», «Ландшафтоведение», «Геохимия ландшафта».

**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>СПК-2.Б (формируется частично) Способен применять полевые, инструментальные, геохимические, геофизические, геоинформационные, аэрокосмические, статистические методы исследования для решения профессиональных задач.</p>	<p>СПК-2.1. Применяет геохимические методы исследования для решения профессиональных задач.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• этапы становления биогеохимии, ее концептуальное ядро, основные современные направления и тенденции развития;</li> <li>• методологические подходы к изучению самоорганизации геохимического ландшафта и увеличивающие и ослабляющие ее факторы на разных этапах эволюции биосферы;</li> <li>• ландшафтно-геохимические процессы и их роль при формировании биогеохимической структуры геосистем;</li> <li>• биогеохимическую специализацию растений разных систематических групп;</li> <li>• физико-географические факторы продукционных процессов</li> <li>• биогеохимические циклы биофильных макроэлементов</li> <li>• условия геохимической подвижности и биопоглощения химических элементов</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать геохимические данные для характеристики биогенеза в ландшафтах разных типов, оценке их продуктивности и биогеохимической контрастности</li> <li>• выявлять ответные реакции живых организмов на изменение ландшафтно-геохимических условий в фоновых ландшафтах, а также в зонах рудогенного и антропогенного влияния;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• выбрать комплекс информативных биогеохимических параметров, диагностирующих природные различия ландшафтов разных типов применять полученные знания в научно-исследовательской и практической деятельности (при составлении ОВОС, в ландшафтном планировании).</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами использования интенсивных и экстенсивных параметров биогенной миграции и анализа количественных данных при выявлении биотических и биокосных связей в ландшафтах;</li> <li>• навыками использования биогеохимических индикаторов и критериев экологического нормирования при ранжировании природно-антропогенных ландшафтов по уровню загрязнения.</li> </ul>
--	--	--

**4. Объем дисциплины (модуля)** 2 з.е., в том числе 36 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов 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	Подготовка реферата	Всего
<b>Тема 1.</b> Биогеохимия и её становление	<b>6</b>	2	2			<b>4</b>	2	0	<b>2</b>
<b>Тема 2.</b> Палеобиогеохимия ландшафтов	<b>8</b>	2	2			<b>4</b>	4	0	<b>4</b>
<b>Тема 3.</b> Онтогенетическая специализация растений.	<b>8</b>	2	2			<b>4</b>	2	2	<b>4</b>
<b>Тема 4.</b> Филогенетическая специализация растений	<b>10</b>	2	2			<b>4</b>	2	4	<b>6</b>
<b>Тема 5.</b> Биогеохимическая структура ландшафтов	<b>8</b>	2	2			<b>4</b>	4	0	<b>4</b>
<b>Тема 6.</b> Биогеохимическая неоднородность элементарных ландшафтов и катен	<b>8</b>	2	2			<b>4</b>	4	0	<b>4</b>
<b>Тема 7.</b> Биогенез и биогеохимические циклы в ландшафтах разных типов	<b>12</b>	4	4			<b>8</b>	4	0	<b>4</b>
<b>Тема 8.</b> Биогеохимическая трансформация природно-антропогенных ландшафтов	<b>8</b>	2	2			<b>4</b>	4	0	<b>4</b>
Промежуточная аттестация	<b>4</b>					<b>Зачет</b>		<b>4</b>	
<b>Итого</b>	<b>72</b>	18	18			<b>36</b>	36		<b>36</b>

### *Содержание лекций*

#### **Тема 1. Биогеохимия и её становление.**

Биогеохимические функции живого вещества в ландшафте. Основные биогеохимические законы и принципы. Современное развитие биогеохимических идей В. И. Вернадского. Роль жизни в процессе планетогенеза.

#### **Тема 2. Палеобиогеохимия ландшафтов.**

Изменение эколого-геохимических условий в процессе эволюции биосферы. Консервативный и прогрессивный типы биологического круговорота в ландшафтах. Биогеохимическая специализация организмов и эволюция. Основные факторы формирования вещественного состава растений.

#### **Тема 3. Онтогенетическая специализация растений.**

Физиология растений и особенности их биохимии. Основные типы баланса ассимилятов. Распределение химических элементов в разных морфологических органах растений. Представление о базипетальном и акропетальном накоплении элементов. Физиологическая роль макро- и микроэлементов в растениях и её влияние на их распределение по разным морфологическим органам. Барьерные и безбарьерные типы накопления химических элементов в растениях. Пороговые концентрации и их использование при экологической оценке ландшафтов.

#### **Тема 4. Филогенетическая специализация растений.**

Зольность и особенность накопления элементов у растений разных систематических групп (грибы, лишайник, мхи, плауны, папоротники, голосеменные, покрытосеменные). Представление о гумидокатных и ариданитных видах растений и различия их вещественного состава. Использование экологических шкал Л. Г. Раменского при изучении филогенетической специализации растений. Изменчивость биопоглощения у видов в разных экологических условиях и её индикационное значение.

#### **Тема 5. Биохимическая структура и самоорганизация ландшафтов.**

Особенности формирования, параметры и этапы изучения биохимической структуры ландшафта. Миграционная и геохимическая структура ландшафта. Роль биологического круговорота в самоорганизации биогенных ландшафтов. Факторы, увеличивающие и ослабляющие степень самоорганизации ландшафтов. Детритолиз. Атропохимический круговорот. Гидролиз. Галогенез. Зоомеханогенез. Связь биогенеза на суше и в океане. Биохимическая структура и устойчивость.

#### **Тема 6. Биохимическая неоднородность элементарных ландшафтов и катен.**

Основные параметры биологического круговорота и продуктивности ландшафтов. Оценка интенсивности детритолиза. Биохимическая структура мортмасс. Трансформация атмосферных осадков под кронами. Латеральная неоднородность элементарных ландшафтов. Фитогенные поля. Каскадная ландшафтно-геохимическая система. Структурно-функциональная организация катен. Зональная специфика биохимической структуры катен. Биохимическая специализация растений зональных ландшафтов. Радиальные и латеральные биохимические барьеры. Проектирование биохимических барьеров в антропогенных ландшафтах.

#### **Тема 7. Биогенез и биохимические циклы в ландшафтах разных типов.**

Биохимические циклы азота, фосфора, калия, углерода, кремния, серы. Биохимические различия ландшафтов разных природных зон – автотрофного и гетеротрофного биогенеза, фракционной структуры и свойств живой фитомассы, детритолиза. Типы химизма биологического круговорота и его зональные различия. Основные закономерности изменения биогенного поведения химических элементов в разных зонах. Биохимические особенности зональных ландшафтов: тундровых, лесных, степных, пустынных и субтропических. Биохимическая структура высокогорных ландшафтов. Сезонная динамика фитомассы и мортмассы. Принципы составления биохимических карт. Биохимические провинции и эндемии.

#### **Тема 8. Биохимическая трансформация природно-антропогенных ландшафтов.**

Последствия воздействия антропогенных факторов на разных уровнях организации жизни. Различия почв по способности к самоочищению. Биодegradация загрязняющих веществ в водных экосистемах. Трансформация структурно-функциональных параметров в разных типах природно-антропогенных ландшафтов: лесохозяйственных, сельскохозяйственных, пастбищных, гидромелиорированных, промышленных, городских. Деструкционная активность элементов техногенеза. Биохимические аномалии и биологические реакции живых организмов на загрязнение. Выбор параметров экологической оценки. Эффекты совместного действия экологических факторов. Требования к выбору эталонов для экологической оценки ландшафтов. Выбор ключевых участков для оценки состояния среды в связи с загрязнением. Требования к биохимическому опробованию для индикации техногенных воздействий.

Биоиндикаторы современного состояния естественных и антропогенно-измененных ландшафтов. Выбор биоиндикаторов при оценке экологической ситуации в городах. Миграция поллютантов в трофической цепи. Использование эколого-геохимических карт при ландшафтном планировании.

#### *План проведения семинаров*

1) Обсуждение: Знакомство с методологическими основами биогеохимии ландшафта и разбор ситуаций, показывающих проявление биогеохимических законов при функционировании ландшафтов. Современное состояние и перспективы развития науки.

2) Обсуждение: Различия биологического круговорота в ландшафтах разных эр и основные тенденции его развития в процессе эволюции биосферы. Причины появления консервативного и прогрессивного типов биологического круговорота.

3) Обсуждение: Биологическая роль макро- и микроэлементов (P, Mg, Ca, Si, Fe, Sr, Cu, Zn, Mn, Mo, Cd, Co, Se, B, Cr, As, Li). Связи между физиологической ролью химических элементов и онтогенетической специализацией растений. Реакции растений на содержание элементов в почвах в зависимости от их адаптационных возможностей и действия физиологических барьеров поглощения. Типы эндемических заболеваний и причины их возникновения. Микроэлементозы растений.

4) Доклады студентов по темам рефератов: Факторы и центры видообразования, определившие филогенетическую специализацию растений. Основные различия в интенсивности биологического поглощения элементов у растений разных систематических групп. Оценка перспективности использования ответных реакций растений на изменение геохимических параметров среды при характеристике экологической ситуации в ландшафтах.

5) Обсуждение: Выбор количественных показателей для характеристики биогеохимической структуры ландшафта.

6) Обсуждение: Контрастность катен в ландшафтах разных природных зон в связи с формированием геохимических барьеров и различиями филогенетической специализации растений.

7) Обсуждение: Установить и объяснить регионально-секторные отличия продуктивности однотипных ландшафтов и их отражение на биогеохимических картах.

8) Обсуждение: Знакомство с подходами к созданию эколого-геохимических карт для разных категорий природно-антропогенных ландшафтов.

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

Текущая аттестация №1. Контрольная работа по темам 1-2.

Текущая аттестация №2. Защита реферата по темам 3-4 «Онтогенетическая и филогенетическая специализация растений».

Текущая аттестация №3. Контрольная работа по темам 5-6.

Текущая аттестация №4. Контрольная работа по темам 7-8.

#### *Примерный список рефератов*

1. Биогеохимические особенности мхов (или грибов, лишайников, папоротников, деревьев и травянистых видов растений). Их реакции на изменение эколого-геохимических условий в ландшафтах.

### *Примерный список вопросов к контрольным работам*

1. Биогеохимия ландшафта и ее место в системе естественных наук.
2. Основные биогеохимические принципы, законы и правил.
3. Подход В.И. Вернадского к определению роли живого вещества с геохимических позиций проблемы пространства – времени.
4. Общие положения, определяющие формирование химического состава живого вещества.
5. Практическое значение биогеохимических исследований (на конкретных примерах).
6. Динамика окислительно-восстановительных условий в процессе эволюции ландшафтов и их роль при формировании биогеохимических барьеров.
7. Какова геохимическая особенность границы венда и кембрия? С чем связана мягкотелость докембрийской фауны и появление у нее скелета в кембрии
8. Чем палеофитные лесные ландшафты карбона отличались от современных влажных тропиков
9. Различия консервативного и прогрессивного типа БИК. С какими периодами они связаны.
10. Биологическая продуктивность, ее размерность, способы определения.
11. Структура продуктивности и географические закономерности ее распределения.
12. Фазы и пространственная приуроченность ландшафтно-геохимических процессов. Их роль при формировании биогеохимической структуры
13. Фракционная структура фито- и мортмасс, типы химизма биологического круговорота и изменение биогенного поведения элементов в различных типах зональных ландшафтов
14. Функции биогенеза при формировании внутриландшафтного пространства в катенах ландшафтов разных типов
15. Биогеохимический цикл азота, формы азота в почвах и доступность растениям, геохимические условия трансформации соединений азота, сезонные различия
16. Биогеохимический цикл фосфора, щелочно-кислотные условия доступности соединений
17. Биогеохимический цикл кремния, биогенный опалогенез
18. Биогеохимический цикл кальция, кальцитогенез
19. Биогеохимический цикл серы, роль биогеохимических барьеров в накоплении
20. Биогеохимический цикл углерода в лесных экосистемах

### *Примерный перечень вопросов к устному зачету*

1. Биогеохимические функции живого вещества в ландшафте.
2. Основные биогеохимические законы и принципы.
3. Факторы, определяющие самоорганизацию ландшафта по Перельману А.И.
4. Роль жизни в процессе планетогенеза.
5. Абиогенный этап развития ландшафтов.
6. Биогенный этап развития ландшафтов. Восстановительная стадия.
7. Биогенный этап развития ландшафтов. Окислительная стадия.
8. Биогенный этап развития ландшафтов. окислительно-восстановительная стадия.
9. Консервативный и прогрессивный типы биологического круговорота в ландшафтах.
10. Биогеохимическая специализация организмов и эволюция.
11. Состав органического вещества растений. Основные факторы формирования вещественного состава растений.

12. Основные типы баланса ассимилятов. Распределение химических элементов в разных морфологических органах растений. Представление о базипетальном и акропетальном накоплении элементов.
13. Физиологическая роль макроэлементов в растениях и её влияние на их распределение по разным морфологическим органам.
14. Физиологическая роль микроэлементов в растениях и её влияние на их распределение по разным морфологическим органам.
15. Барьерные и безбарьерные типы накопления химических элементов в растениях. Пороговые концентрации и их использование при экологической оценке ландшафтов.
16. Представление о гумидокатных и ариданитных видах растений и различия их вещественного состава.
17. Биогеохимическая специализация грибов
18. Биогеохимическая специализация лишайников
19. Биогеохимическая специализация мхов
20. Биогеохимическая специализация травянистых растений
21. Биогеохимическая специализация растений древесных жизненных форм
22. Использование экологических шкал Л. Г. Раменского при изучении филогенетической специализации растений.
23. Понятия миграционная структура и геохимическая структура ландшафта
24. Этапы изучения биогеохимической структуры
25. Миграционный цикл и его незамкнутость
26. Биогеохимические барьеры
27. Ландшафтно-геохимические процессы
28. Детритогенез. Типы разрушения органических остатков
29. Атмогидрохимический круговорот. Морское и континентальное соотношение ионов в водах. Зональные различия типоморфных ионов в водах.
30. Гидрогенез. Коэффициент водной мобилизации
31. Связь галогенеза, гидрогенеза и механогенеза
32. Зоомеханогенез. Способы вовлечения элементов в миграцию животными
33. Связь биогенеза на суше и в океане
34. Геохимические особенности орнитогенных геосистем
35. Основные параметры биологического круговорота и продуктивности ландшафтов
36. Различия ярусов лесного фитоценоза и органов по биогеохимической специализации и стратегии оборота биомассы
37. Зональные особенности интенсивности детритогенеза
38. Изменение содержаний элементов при трансформации опада в подстилку
39. Изменение атмосферных осадков и пыли при прохождении через кроны деревьев
40. Факторы пространственной неоднородности элементарного ландшафта
41. фитогенные геохимические поля, общие закономерности функционирования и зональные различия
42. Каскадная ландшафтно-геохимическая система, ландшафтно-геохимическая арена
43. Типовые варианты латеральных барьеров в катене
44. биогеохимические различия катен тундровых, таежных, степных, пустынных ландшафтов
45. Ариданитные и гумидокатные элементы, их миграция в ландшафтах разных зон.
46. Биогеохимическая специализация растений таежного ландшафта
47. Дифференциация детритогенеза в лесо-болотной микрокатене
48. Проектирование биогеохимических барьеров в антропогенных ландшафтах
49. Естественные механизмы защиты ландшафтов от потери биогенов.
50. Соотношение параметров биокруговорота в ландшафтах разных типов
51. Типы химизма биологического круговорота в ландшафтах разных типов

52. Типичные биофильные элементы
53. Соотношение надземной и подземной фитомасс в ландшафтах разных типов, темпы разложения мортмассы
54. Типы гумуса
55. Сезонная динамика фитомассы и мортмассы в степях
56. Варьирование фитомассы горной тайги и степей в зависимости от континентальности и теплообеспеченности
57. Различия биотрансформации загрязняющих веществ в организмах животных и растений
58. Механизмы биотрансформации и биодеградации загрязняющих веществ в почвах
59. Свойства почв, влияющие на биотрансформацию молекул загрязняющих веществ, различия почв по способности к самоочищению
60. Варианты изменения продуктивности ландшафтов при техногенезе
61. Биоаккумуляция загрязнений в трофической цепи
62. Основные требования при выборе эталонов для индикации загрязнения
63. Правила анализа фоновых и нарушенных катен
64. Индикация источников загрязнения по формам ореолов
65. Информативность донных отложений, вод, растений для оценки геохимических эффектов техногенеза
66. Основные требования к биогеохимическому опробованию для индикации техногенных воздействий

## Шкала и критерии оценивания

### Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – устный зачет

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
<b>Умения</b> (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 непринципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (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

### Перечень основной и дополнительной литературы

#### Основная учебная литература:

Авессаломова И.А. Биогеохимия ландшафта. Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2007.-162с.

Башкин В.Н., Касимов Н. С. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004.- 648с.

Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Географический факультет МГУ, 2007. 350с.

Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 400 с.

*Дополнительная литература:*

Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1987.

Алексеев В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000, 627с.

Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008 г. 381 с.

Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. М.: ГЕОС, 2005. 457с.

Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А. Биогеохимическая индикация микроэлементов / Отв. ред. Т.И. Моисеев. Москва, 2018, 386с.

Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439с.

Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: ИП.Филимонов.М.В., 2013. 208. с.

Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. Ташкент: ФАН, 1987.

Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.

Экогеохимия городских ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1995.

***Описание материально-технической базы***

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. **Язык преподавания:** русский

10. **Преподаватели:** Ответственный за курс: Мазей Наталья Григорьевна, старший научный сотрудник. Преподаватель: Хорошев Александр Владимирович, профессор Мазей Наталья Григорьевна, старший научный сотрудник

11. **Разработчики программы:** Мазей Наталья Григорьевна, старший научный сотрудник; Хорошев Александр Владимирович, профессор