

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

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
БИОИНДИКАЦИЯ И БИОМОНИТОРИНГ**

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направленность (профиль) ОПОП:
«Экологическая биогеография»

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 15, дата 3.10.2022 г.)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Экология и природопользование» (*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

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам: «Биология», «Экология с основами биогеографии», «Структура организмов: морфология и анатомия растений», «Структура организмов: морфология и анатомия животных», «Разнообразие организмов: систематика растений», «Разнообразие организмов: систематика животных».
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-10 (<i>формируется частично</i>).</p> <p>Способен к применению методов и принципов оценки воздействия на биоту в целом и её отдельные компоненты, использовать методические и практические навыки биомониторинга; способен применять на практике базовые подходы и принципы биоиндикации, теоретические, методические и практические методы биологического ресурсоведения; способен к организации и проведению прикладных исследований по экологии, географии и рациональному использованию биологических ресурсов.</p> | <p>СПК-10. 1. Применяет методы и принципы оценки воздействия на биоту в целом и её отдельные компоненты, использует методические и практические навыки биомониторинга; способен применять на практике базовые подходы и принципы биоиндикации, теоретические, методические и практические методы биологического ресурсоведения; способен к организации и проведению прикладных исследований по экологии, географии и рациональному</p> | <p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>знать: теоретические положения и основные понятия лесоведения и лесоводства; теоретические положения и основные понятия болотоведения; географические особенности изменения структуры и функционирования лесных и болотных экосистем, а также тундровых, луговых, степных и пустынных природных кормовых угодий; географические закономерностей распространения ресурсов лесов, болот, кормовых угодий тундровых, луговых, степных и пустынных, изменения их хозяйственных характеристик, а также хода и направленности естественной и антропогенной динамики; биосферное значение лесов, болот, кормовых угодий тундровых, луговых, степных и пустынных; роль биологических ресурсов в современном мире;</p> <p>уметь: применять знания о биологических ресурсах мира, географии и экологии основных лесообразующих пород, торфяных ресурсах, растительных и охотничьих ресурсах болот, основных типах кормовых угодий в своей профессиональной деятельности, связанной с оценкой и рациональным использованием биологических ресурсов; применять комплексный географический подход изучения и картографирования биологических ресурсов; для разработки мер, направленных на улучшение лесных ресурсов, рационального использования торфяных ресурсов, ресурсной базы животноводства и стабилизацию экологической обстановки в регионах;</p> <p>владеть: современными методами изучения биологических ресурсов; методами проведения полевых исследований в разных типах растительных</p> |

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| | использованию биологических ресурсов. | сообществ; методами оценки состояния и производительности биологических ресурсов территорий России; методами мониторинга лесопользования, состояния и качества природных кормовых угодий – тундровых, луговых, степных и пустынных; современными приемами оценки торфяных ресурсов, восстановления выработанных торфяников, нарушенных кормовых угодий, в том числе в ходе добычи и транспортировки углеводов. |
|--|---------------------------------------|--|

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з. е., в том числе 48 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 24 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 (включая подготовку доклада) | Подготовка реферата | Всего |
| Тема 1. Введение. Теоретические основы биоиндикации | 6 | | 4 | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 2. Методология и научные основы биомониторинга | 6 | | 4 | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 3. Система экологического мониторинга, основные этапы работ при проведении биомониторинга | 6 | | 4 | | | 4 | 3 | | 2 |
| Тема 4. Использование экологических методов в индикационных исследованиях для целей биомониторинга | 6 | | 4 | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 5. Ботаническая и зоологическая индикация | 6 | | 4 | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 6. Индикация на основе комплекса индикационных признаков ботанических и зоологических объектов | 6 | | 4 | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 7. Ландшафтная индикация | 6 | | 4 | | | 4 | 1 | | 2 |
| Тема 8. Индикация и биомониторинг особенностей и состояния поверхностных вод | 5 | | 4 | | | 4 | 1 | | 1 |

| | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------------------|---|--|--|---|-----------|--|---|
| (реки, озера, пруды, водохранилища) и грунтовых вод | | | | | | | | | |
| Тема 9. Индикация и биомониторинг почвенного покрова, почвообразующих пород и торфяной залежи | 5 | | 4 | | | 4 | 1 | | 1 |
| Тема 10. Индикация и биомониторинг содержания легко растворимых солей и их соединений в почвах | 5 | | 4 | | | 4 | 1 | | 1 |
| Тема 11. Индикация и биомониторинг природных и антропогенных геохимических аномалий | 3 | | 2 | | | 2 | 1 | | 1 |
| Тема 12. Индикация и биомониторинг природных и антропогенных процессов, связанных с формированием, развитием, восстановлением и деградацией экосистем и их отдельных компонентов | 3 | | 2 | | | 2 | 1 | | 1 |
| Тема 13. Географические закономерности распространения индикационных связей, экстраполяции данных, полученных при биомониторинге. Прогнозная и ретроспективная индикация. Индикационное картографирование для целей биомониторинга | 3 | | 2 | | | 2 | 1 | | 1 |
| Тема 14. Заключение. Значение индикационных исследований и биомониторинга на современном этапе | 3 | | 2 | | | 2 | 1 | | 1 |
| Промежуточная аттестация зачет | 3 | <i>Устный зачет</i> | | | | | 3 | | |
| Итого | 72 | 48 | | | | | 24 | | |

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Тема 1. Введение. Теоретические основы биоиндикации. Объект, предмет и цели биоиндикации и биомониторинга. Основные этапы индикационных исследований. Ф. Клеменс, как основоположник учения об индикации. Вклад В.И. Вернадского, В.В. Докучаева, П.А. Костычева, Б.Б. Польшова, Л.Г. Раменского, В.Н. Сукачева и др. Становление и развитие индикационного направления в трудах

С.В. Викторова, А.П. Виноградова, Е.А. Востоковой, Е.Г. Мяло и др. Биоиндикаторы. Индикационные признаки, объект индикации, или индикат. Сопряженность индикатора с объектом индикации, достоверность и значимость индикатора. Специфика, содержание и объем работ на основных этапах индикационных исследований: предполевой, полевой, завершающий камеральный.

Тема 2. Методология и научные основы биомониторинга. Учения, сформировавшие научную базу биологического мониторинга: о сукцессиях растительного покрова, геохимия ландшафта и миграция геохимических элементов, географическая и экологическая обусловленность распространения видов растений, животных и их сообществ. Основные ступени биомониторинга для решения индикационных задач. Использование индикационных свойств видов растений и животных, растительного покрова и населения животных, их структуры для оценки современного состояния экосистем, характера и интенсивности антропогенного воздействия на экосистему и ее компоненты, а также экологической ситуации в регионах.

Тема 3. Система мониторинга, основные этапы работ при проведении биомониторинга. Особенности проведения наблюдений в пространстве и во времени за изменением состояния растительного покрова и населения животных, отражающих состояние окружающей среды. Специфика, содержание и объем работ на основных этапах исследований: предполевой, полевой, завершающий камеральный. Единая система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) в России и за рубежом.

Тема 4. Использование экологических методов в индикационных исследованиях и для целей биомониторинга. Экологические шкалы Раменского, метод совпадений Тюксена; экологические группы растений Элленберга, экологические ряды растительных сообществ, экологические корреляционные карты. Экологические свойства и экологическая индивидуальность видов растений. Выявление пороговых значений экологических факторов по изменению ценотической роли видов с разной экологической амплитудой. Слежение за динамикой экологических условий, реакцией на эти изменения разных видов растений и сформированных ими сообществ для решения индикационных задач и задач экологического мониторинга.

Тема 5. Ботаническая и зоологическая индикация. Применение в качестве индикационных признаков особенностей видов растений и их жизненных форм, а также видового состава, жизненных форм, трофических групп животных и плотности населения животных. Индикация особенностей экотопа по составу видов растений, их вегетативной и генеративной мощности, анатомическим и морфологическим отклонениям. Индикация видов животных, ведущих скрытый образ жизни и их численности, по более заметным видам. Поведенческие и физиологические параметры животных, как индикаторы условий среды. Слежение за изменением морфометрических показателей и анатомических особенностей видов растений; состоянием растительных сообществ и растительного покрова, а также за изменениями видового состава, их морфо-анатомических показателей, поведенческих и физиологических параметров, численности видов животных, плотности населения животных для целей индикации и биомониторинга.

Тема 6. Индикация на основе комплекса индикационных признаков ботанических и зоологических объектов. Использование совокупности видов растений и животных, растительного покрова и населения животных для оценки современного состояния экосистем, их сукцессионной стадии, характера и интенсивности антропогенного воздействия на экосистему и ее компоненты, а также экологической ситуации в регионах. Основные параметры биоиндикаторов, используемые при биомониторинге.

Тема 7. Ландшафтная индикация. Учения о сукцессиях растительного покрова, о геохимии ландшафта и миграции геохимических элементов, как научная база ландшафтной индикации. Роль ландшафтных и межландшафтных структур для индикации природных и

антропогенных процессов. Индикация неотектонических процессов, разрывных нарушений, тектонических структур по сочетанию индикационных признаков растительных сообществ, форм и элементов рельефа и литологического состава пород, выступающих в качестве физиономических особенностей ландшафта. Индикация явлений природной очаговости болезней, связанных с определенными ландшафтами и ландшафтными районами. Особенности слежения за компонентами экосистемы для целей ландшафтной индикации мониторинга.

Тема 8. Индикация и биомониторинг особенностей и состояния поверхностных вод (реки, озера, пруды, водохранилища), особенностей и состояния грунтовых вод. Растения и растительные сообщества, а также водные животные, как показатели степени загрязнения водоемов. Метод удельного соотношения организмов-индикаторов степени сапробности для выявления степени загрязнения водоемов. Использование в целях гидроиндикации размерно-возрастного состава популяций земноводных и пресмыкающихся, изменения их суточной и сезонной активности и характера питания. Слежение за состоянием водоемов по составу и численности компонентов биоты. Использование при мониторинге гидрофитов и гидрофитов – растений-индикаторов современных русловых процессов. Достоверность индикации распространения, глубины залегания, мощности горизонта, химического состава, динамики и генезиса грунтовых вод с помощью отдельных видов растений и их сообществ.

Тема 9. Индикация и биомониторинг почвенного покрова, почвообразующих пород и торфяной залежи. Виды растений и растительные сообщества – индикаторы свойств почв: гранулометрический состав, влажность, содержание гумуса и химических элементов, кислотность. Использование разных систематических групп животных для индикации свойств почв. Виды растений, экологические группы и сообщества растений – индикаторы почвообразующих пород и их литологического состава. Индикационные исследования в области агроэкологии. Растительные индикаторы мощности залежи торфа на болотах и ее свойств – ботанического состава, степени разложения торфа, влажности, зольности, химического состава и др.

Тема 10. Индикация и биомониторинг содержания легкорастворимых солей и их соединений в почвах: степень засоления почв и подстилающих пород, распределение легкорастворимых солей по почвенному профилю. Экологические группы растений, как показатели химизма почвообразующих пород. Выявление состава и концентрации солей в почвенном растворе по жизненному состоянию и обилию растений-галофитов. Биомониторинг степени засоления почв и подстилающих пород, распределения легкорастворимых солей по почвенному профилю. Особенности слежения за ходом и направленностью процессов засоления почв по сообществам галофитов и с помощью эколого-динамических рядов сообществ.

Тема 11. Индикация и биомониторинг природных и антропогенных геохимических аномалий. Индикация избытка или недостатка химических элементов или их соединений в почвах, подстилающих породах и грунтовых водах по видам растений. Использование для выявления ареолов рассеивания химических элементов или их соединений отклонений в морфологии видов и физиологии. Индикация повышенного содержания в субстрате химических элементов по растениям, накапливающим эти элементы (привычные концентраторы и непривычные концентраторы). Специфика проведения индикационных исследований и биомониторинга за динамикой состава и концентрацией химических элементов или их соединений в почвах, подстилающих породах и грунтовых водах для целей сельского хозяйства и поиска полезных ископаемых. Индикация содержания токсичных химических элементов и их соединений в атмосфере, почве, воде и живых организмах по отклонениям анатомических и физиологических параметров у сосудистых растений, лишайников, грибов, отличающихся разной чувствительностью к загрязнению. Биомониторинг загрязнения среды.

Тема 12. Индикация и биомониторинг природных и антропогенных процессов, связанных с формированием, развитием, восстановлением и деградацией экосистем и их отдельных компонентов. Современная методология исследования основных процессов по роли и состоянию биоты. Специфика биомониторинга природных и антропогенных процессов. Индикационная роль видов сосудистых растений, лишайников, растительных сообществ и их эколого-динамических рядов, характера их пространственного размещения. Чуждые виды – индикаторы современных процессов первичного почвообразования, карстовых, склоновых, включающих лавино- и селеобразование. Индикация криогенных явлений и связанных с ними процессов. Использование для целей мониторинга растительных сообществ и их сукцессионных рядов. Степень синантропизации растительного покрова, как показатель антропогенного нарушения экосистем. Зонирование территории по степени нарушенности экосистем.

Тема 13. Географические закономерности распространения индикационных связей, экстраполяции данных, полученных при биомониторинге. Прогнозная и ретроспективная индикация. Индикационное картографирование для целей биомониторинга. Факторы, обуславливающие географическую изменчивость индикационного значения видов и сообществ, используемого при биомониторинге. Изменение индикационного значения вида в зависимости от положения в ареале. Использование для индикации ареалогических групп растений. Прогнозная индикация процессов миграции химических элементов и их соединений, в том числе биологического соленакопления на основе биомониторинга. Ретроспективная индикация экологических и климатических условий по ископаемым животным и растениям. Цели, задачи, специфика и методы дешифрирования космических снимков для разных направлений индикационных исследований и биомониторинга. Особенности построения легенды индикационной карты.

Тема 14. Заключение. Значение индикационных исследований и биомониторинга на современном этапе. Перспективные направления биоиндикации и биомониторинга. Учет географической и антропогенной компенсации природных факторов, экологической замещаемости видов растений и животных, а также реакции растений на воздействие экстремальных природных и антропогенных факторов. Биомониторинг, как обоснование дальности экстраполяции индикационных связей (внутриконтурная, внутриландшафтная, региональная, зональная, континентальная). Прогнозная индикация хода и направленности природных и антропогенных процессов, глобальных климатических изменений по видам растений, животных, их сообществам и сукцессионным рядам сообществ на основе биомониторинга.

План проведения семинаров.

1. *Обсуждение:* Вклад В.И. Вернадского, В.В. Докучаева, Л.Г. Раменского, В.Н. Сукачева в формирование концепции биомониторинга.
2. *Обсуждение:* Специфика, содержание и объем работ при проведении биомониторинга.
3. *Обсуждение:* Оценка современного состояния экосистем с использованием совокупности видов растений и животных, растительного покрова и населения животных.
4. Доклады студентов (с презентацией)
5. *Обсуждение:* Биомониторинг, как обоснование дальности экстраполяции индикационных связей.
6. Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).

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

Текущая аттестация №1. Доклад с презентацией.

Текущая аттестация №2. Защита реферата.

Примерный перечень тем для докладов и рефератов

1. Использование индикационных свойств видов растений и животных, растительного покрова и населения животных, их структуры для оценки современного состояния экосистем.
2. Экологические свойства и экологическая индивидуальность видов растений.
3. Использование разных систематических групп животных для индикации свойств почв.
4. Использование для целей мониторинга растительных сообществ и их сукцессионных рядов.
5. Специфика биомониторинга природных и антропогенных процессов.
6. Изменение индикационного значения вида в зависимости от положения в ареале.
7. Использование для целей мониторинга растительных сообществ и их сукцессионных рядов.
8. Слежение за состоянием водоемов по составу и численности компонентов биоты.
9. Экологические группы растений, как показатели химизма почвообразующих пород.
10. Изменение индикационного значения вида в зависимости от положения в ареале.

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Дайте определение понятиям индикатор, индикационные признаки, объект индикации, индикационные связи, достоверность и значимость индикатора.
2. Рассмотрите индикационное значение видов растений и животных.
3. Обоснуйте возможности использования растительных сообществ, растительного покрова и населения животных для целей индикации.
4. Сформулируйте концепцию биомониторинга и его положение в общей структуре системы мониторинга.
5. Рассмотрите содержание работ на основных этапах исследований в направлении биомониторинга.
6. Раскройте специфику использования видов растений и животных, растительных сообществ и населения животных для целей индикации.
7. Раскройте специфику использования морфологических и анатомических особенностей растений и животных в качестве индикационных признаков и в целях биомониторинга.
8. Обоснуйте необходимость биоиндикационных работ для решения экологических задач на разных уровнях исследования.
9. Обоснуйте необходимость использования биомониторинга для решения экологических задач.
10. Обоснуйте необходимость учета компенсации природных факторов при биоиндикационных исследованиях.
11. Раскройте специфику индикации почв с использованием растительных и животных индикаторов.
12. Раскройте содержание работ за состоянием почвенного покрова и почвообразующих пород, для целей биомониторинга.

13. Раскройте специфику биомониторинга почвенного покрова с использованием растительных и животных индикаторов.
14. Рассмотрите экологические основы и особенности галоиндикации.
15. Охарактеризуйте экологические и биологические основы биомониторинга природных геохимических аномалий.
16. Рассмотрите экологические и биологические основы биомониторинга антропогенного (техногенного, сельскохозяйственного) загрязнения среды.
17. Обоснуйте экологические основы биоиндикации природных и антропогенных процессов.
18. Обоснуйте принципы географического распространения индикационных связей.
19. Рассмотрите особенности биомониторинга нарушенности экосистем в результате антропогенного (техногенного, сельскохозяйственного) воздействия.
20. Раскройте содержание ландшафтной индикации.

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – *зачет* (в устной форме).

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

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Главн. ред. О.П.Мелехова, Е.И. Егорова. М.: Академкнига. 2007
2. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М., Академический проект; Гаудеамус. 2007. 237 с.
3. Мяло Е.Г. Экологический анализ растительного покрова как основа фитоиндикации и прогноза состояния экосистем. Дисс. д.г.н. в

виде научн. докл. М.: Мос к. ун-т. 2000.

4. Научные основы создания системы мониторинга качества поверхностных вод. / Под ред. Г. М. Баренбойма, Е. В. Веницианова. М.: Научный мир. 2016. 460 с.
5. Региональный экологический мониторинг в целях управления биологическими ресурсами. Тольяти: Изд-ние ИЭВБ РАН. 2000.

Дополнительная литература:

1. Биоиндикация радиоактивных загрязнений. Под ред. Д.А. Криволицкого. М.: Наука. 1999.
2. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. Главн. ред. О.В. Бухарин, Г.С. Розенберг. М.: Наука. 2007
3. *Викторов С.В., Чикишев А.Г.* Ландшафтная индикация. М.: Наука. 1985.
4. Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Под ред. Д.А. Криволицкого. М.: Наука. 1987.
5. *Никаноров А.М.* Научные основы мониторинга качества вод. С.-Пб. Гидрометеиздат. 2005. 576 с.
6. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга. Д.Б. Гелашвили. Н. Новгород: ННГУ. 1995.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
Microsoft PowerPoint, Microsoft Excel

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- поисковая система научной информации www.scopus.com
- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- Описание материально-технической базы
Учебная аудитория с мультимедийным проектором.

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): ответственный за курс: Инесса Михайловна Микляева, доцент, к. г. н.; преподаватель: Инесса Михайловна Микляева, доцент, к. г. н.

11. Разработчик программы: Инесса Михайловна Микляева, доцент, к. г. н., кафедра биогеографии.