

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической работе

«28» августа 2013 г.

«28» августа 2013 г.

Регистрационный номер Д-906/21р.



## Биоиндикация качества природной среды

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:  
1-33 01 01 Биоэкология

Факультет биологический  
(название факультета)

Кафедра общей экологии и методики преподавания биологии  
(название кафедры)

Курс (курсы) 4

Семестр (семестры) 8

Лекции 26  
(количество часов)

Экзамен 8  
(семестр)

Практические (семинарские)  
занятия \_\_\_\_\_  
(количество часов)

Зачет \_\_\_\_\_  
(семестр)

Лабораторные  
занятия 10  
(количество часов)

Курсовой проект (работа) \_\_\_\_\_  
(семестр)

УСР 4  
(количество часов)

Всего аудиторных  
часов по дисциплине 40  
(количество часов)

Всего часов  
по дисциплине 102  
(количество часов)

Форма получения  
высшего образования дневная

Составил(а) А.А. Жукова, к.б.н., доцент  
(И.О., Фамилия, степень, звание)

2013 г.

Учебная программа составлена на основе учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Биоиндикация качества природной среды», 18.03.2011 г, рег. № УД-4063/уч.

(название типовой учебной программы (учебной программы (см. разделы 5-7 Порядка)), дата утверждения, регистрационный номер)

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры  
общей экологии и методики преподавания биологии

(название кафедры)

17.05.2013 г., протокол №16

(дата, номер протокола)

Заведующий кафедрой



(подпись)

В.В. Гричик

(И.О.Фамилия)

Одобрена и рекомендована к утверждению учебно-методической комиссией  
биологического факультета

25.06.2013 г., протокол №11

(дата, номер протокола)

Председатель



(подпись)

В.Д. Поликсенова

(И.О.Фамилия)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Одной из издержек научно-технического прогресса является деградация естественных экосистем, выражающаяся, прежде всего, в снижении биологического разнообразия и нарушении нормального функционирования природных сообществ. Эти изменения неизбежно сопровождаются снижением качества природной среды, под которым понимается степень соответствия природных условий потребностям людей и других живых существ. Совершенно очевидно, что современный специалист-эколог должен иметь представления о существующих подходах к оценке качества среды и обладать навыками по практическому применению основных из них.

Курс «Биоиндикация качества природной среды» по сути, является прикладным и тесно переплетается с материалами, излагаемыми студентам-экологам в рамках таких курсов, как «Экологический мониторинг, контроль и экспертиза», «Химическая экология», «Радиоэкология», «Экологические проблемы Беларуси», а также «Основы ксенобиологии».

Изложение материала ведется в соответствии с уровнями организации живого, на которых возможно осуществление биоиндикации качества природной среды (молекулярный, организменный, уровни популяций и сообществ). При этом основное внимание уделяется выявлению экосистемных нарушений, вызванных химическим и радиационным загрязнением. Затрагиваются также вопросы планирования биоиндикационных исследований и особенности статистической обработки получаемых данных (в частности, рассматриваются методы многомерной статистики – кластерный анализ, метод главных компонент и др.).

Цель курса – сформировать у студентов целостную систему знаний о методах определения биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- биологические основы нарушений жизнедеятельности при негативном воздействии, типы загрязнений и основные поллютанты, основные пути поступления и метаболизма чужеродных соединений в организме,;
- основные подходы к проведению биоиндикационных исследований, преимущества и недостатки и сферы применения различных подходов, роль биоиндикационных исследований в системе экологического мониторинга;
- новейшие достижения в области биоиндикации и перспективы их использования для оценки качества природной среды, в том числе для оценки экологического риска.

**уметь:**

- использовать знания биоиндикации для объяснения влияния поллютантов на организмы и их сообщества;
- применять на практике основные методы биоиндикационных исследований для водной среды, наземно-воздушной среды и почв;

- рассчитывать и анализировать основные параметры и индексы биологического разнообразия сообществ.

При чтении лекционного курса необходимо применять технические средства обучения для демонстрации презентаций, наглядные материалы в виде таблиц и схем.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, литература и вспомогательные материалы по теме курса и др.).

Теоретические положения лекционного курса развиваются и закрепляются на лабораторных занятиях, при выполнении которых студенты приобретают навыки проведения биоиндикационных исследований и анализа полученных данных.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, тестового контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование накопительной рейтинговой системы.

Программа рассчитана максимально на 94 часа, в том числе 40 часов аудиторных: 26 – лекционных, 10 – лабораторных занятий и 4 – контролируемой самостоятельной работы.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПРОГРАММЫ**

### **1. ВВЕДЕНИЕ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОИНДИКАЦИИ)**

Понятие о физиологическом диапазоне толерантности в отношении экологических факторов. Эври- и стенопотентные организмы. Учение о стрессе. Загрязнение природной среды как стрессор. Типы загрязнений и основные поллютанты. Понятие о комплексном стрессовом воздействии. Качество природной среды и его градации. Биоиндикаторы. Преимущества использования биоиндикаторов в сравнении с химическими методами анализа качества среды. Количественные и качественные биоиндикаторы. Чувствительные и аккумулятивные биоиндикаторы. Общие критерии по отбору индикаторных видов.

Биоиндикация, ее цель и основные задачи. Биоиндикация как составной элемент системы экологического мониторинга. Уровни, на которых возможно осуществление биоиндикации.

### **2. БИОТЕСТИРОВАНИЕ**

Понятие о токсичности веществ. Биотестирование как метод определения токсичности. Тест-объекты и их основные ответные реакции (тест-функции), учитываемые при биотестировании (смертность, нарушения индивидуального развития, изменения в поведении, скорости роста, способности к размножению). Сублетальные и летальные реакции тест-объектов. Критерии выбора теста и тест-объекта. Хронические и острые тесты. Количественные

показатели, учитываемые при биотестировании (NOEC, LOEC, EC50, LC50,). Общие правила отбора и хранения проб для биотестирования. Основные преимущества и недостатки биотестирования.

Примеры биотестов, используемых для определения токсичности воды и донных отложений. Отбор проб воды для биотестирования. Основы ведения лабораторных культур водных тест-объектов (инфузории, ракообразные, олигохеты, моллюски, личинки мотыля, рыбы). Общая схема постановки тестов на определение токсичности воды. Симптомы отравления тест-объектов, используемых для определения токсичности воды.

Основные подходы к биотестированию почв: использование водных экстрактов из почв; тесты, основанные на учете выживаемости и поведенческих реакций педобионтов.

### **3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ БИОАККУМУЛИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА СРЕДЫ**

Пути поступления чужеродных веществ (ксенобиотиков) в живые организмы. Биологическая доступность вещества. Общий механизм биоаккумуляции ксенобиотиков. Коэффициент накопления. Специфические организмы-накопители. Основные подходы к изучению накопления поллютантов в живых организмах: определение концентрации веществ в тканях резидентных организмов и трансплантация организмов в загрязненные участки. Преимущества и недостатки этих подходов.

### **4. БИОМАРКЕРЫ**

Определение понятия «биомаркер». Стадии биотрансформации ксенобиотиков в живых организмах. Основные типы биомаркеров: белки детоксикации; белки, участвующие на стадии конъюгации ксенобиотиков; повреждения генетического аппарата клеток и основные способы их выявления (микроядрышковый тест, автордиография, определение частоты хромосомных аббераций); показатели иммунной системы; гистопатологии (некрозы, пролиферативные нарушения); патологии органов и систем органов; нарушения роста и размножения организмов. Преимущества и недостатки использования биомаркеров при оценке качества среды.

### **5. БИОИНДИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СООБЩЕСТВ**

Основные параметры биологического разнообразия сообществ. Способы графического изображения и анализа данных о видовом богатстве и обилии видов в сообществах: кривая доминирования-разнообразия, частотное распределение, логнормальное распределение, обратное ранговое распределение, график накопленных обилий. Теоретические модели распределения видового обилия: геометрическое, логарифмическое, логнормальное, распределение Мак-Артура. ABC-метод.

Количественные показатели видового богатства: видовая плотность, «нумерическое видовое богатство», индексы Маргалефа и Менхиника.

Показатели неоднородности: индексы Шеннона, Бриллуэна, Симпсона, индекс доминирования Бергера-Паркера.

Показатели видового сходства сообществ: индексы Жаккара и Чекановского-Серенсена, индекс Шорыгина.

Методы ординации в применении к оценке качества среды: анализ главных компонент и кластерный анализ. Методология их выполнения и интерпретации.

Биоиндикация качества водной среды с использованием индикаторных организмов. Индекс Гуднайта-Уитли. Системы сапробности Кольквитца и Марссона, Пантле и Букка, Сладечека. Индекс реки Трент (индекс Вудивисса).

Оценка качества почв по показательным организмам. Возможности использования различных групп педобионтов в целях биоиндикации (микроскопические физиологически водные беспозвоночные, микроартроподы, крупные почвенные беспозвоночные). Индекс биологического качества почвы (QBS-индекс) и методология его расчета.

Лихеноиндикация качества воздуха. Преимущества использования лишайников в качестве индикаторных организмов. Методологические подходы лишеноиндикации: анализ исторических данных; изучение изменения структуры лишайниковых сообществ вдоль градиента источников загрязнения; индексы полеотолерантности.

## 6. РОЛЬ БИОИНДИКАЦИИ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Определение понятий «экологический риск», «экологическая опасность» и «экологическая безопасность». Многокомпонентность и векторность экологического риска. Основные факторы экологической опасности. Понятие приемлемого экологического риска. Роль биоиндикационных исследований на разных этапах оценки экологического риска. Управление экологическим риском.

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				
		Аудиторные				Самост. работа
		Лекции	Практич., семинар.	Лаб. занятия	КСР	
1.	Экологические основы биоиндикации	2		2		
2.	Биотестирование	4		2		
3.	Использование явления биоаккумуляции при оценке качества среды	2		2	2	
4.	Биомаркеры	4		2		
5.	Биоиндикация на основе структурных параметров сообществ	10		2		
6.	Роль биоиндикации в оценке экологического риска	4			2	
		<b>26</b>		<b>10</b>	<b>4</b>	

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	контролируемая самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>1. Введение (экологические основы биоиндикации).</b>  Биоиндикация как составной элемент оценки качества среды. Качество природной среды и его градации. Проблема загрязнения природной среды; типы загрязнений. Виды-индикаторы и критерии их отбора. Уровни биоиндикации.	<b>2</b>  2		2		Мультимедийные рисунки, схемы, таблицы.	ЛО-1, 4 ЛД-2	
<b>2</b>	<b>2. Биотестирование.</b>  Тесты, используемые для выявления токсичности среды. Тест-объекты и их ответные реакции (тест-функции). Биотестирование: его преимущества и недостатки.	<b>4</b>  2		<b>2</b>  2		Мультимедийные рисунки, схемы, таблицы.	ЛО-1, 4, 6 ЛД-2, 10	
<b>3</b>	Выбор теста и тест-объекта. Количественные меры токсичности. Биотесты, используемые для определения токсичности воды и почвы: примеры.	2				Мультимедийные рисунки, схемы, таблицы.	ЛО-1, 4, 6 ЛД-1, 3	
<b>4</b>	<b>3. Использование явления биоаккумуляции при оценке качества среды.</b>  Пути поступления чужеродных веществ в организм. Подходы к изучению биоаккумуляции веществ (резидентные организмы, трансплантация, искусственные организмы). Коэффициент накопления. Критерии отбора индикаторов-накопителей.	<b>2</b>  2		<b>2</b>  2	<b>2</b>  2	Мультимедийные рисунки, схемы, таблицы.	ЛО-1, 2, 4 ЛД-6, 7	тесты

	<b>4. Биомаркеры качества среды.</b>	<b>4</b>		<b>2</b>				
5	Определение понятия «биомаркер». Стадии биотрансформации ксенобиотиков.	2		2		Мультимедийные рисунки, схемы, табл.	ЛО-1, 4	
6	Основные типы биомаркеров: белки системы детоксикации; связующие белки; повреждения генетического аппарата; иммунные ответы; гистопатологии; пролиферативные нарушения и др.	2				Мультимедийные рисунки, схемы, таблицы.	ЛО-4	
	<b>5. Биоиндикация на основе структурных особенностей сообществ.</b>	<b>10</b>		<b>2</b>				
7	Параметры биоразнообразия сообществ. Графики видового обилия. Теоретические модели видового обилия.	2		2		Мультимедийные рисунки, схемы, табл.	ЛО-6, 7 ЛД-1, 2, 3	
8	Индексы разнообразия. Индексы таксономического сходства сообществ.	2		2		Мультимедийные рисунки, схемы, табл.	ЛО-1, 5 ЛД-1, 3	
9	Системы сапробности Кольквитца и Марссона, Пантле и Букка, Сладечека. Индекс Вудивисса.	2				Мультимедийные рисунки, схемы, табл.	ЛО-4, 7 ЛД- 1, 8, 9	
10	Индикаторная значимость различных групп педобионтов. Индекс «биологического качества почвы». Методологические подходы лишеноиндикации.	2				Мультимедийные рисунки, схемы, табл.	ЛО-1, 3, 4 ЛД-6	
11	Анализ главных компонент. Кластерный анализ.	2				То же.	ЛО-4 ЛД-5	
	<b>6. Роль биоиндикации в оценке экологического риска.</b>	<b>4</b>			<b>2</b>			
12	Определение понятий «экологический риск», «экологическая опасность и безопасность». Факторы опасности. Приемлемый риск. Этапы оценки экологического риска, роль биоиндикации на каждом из этапов.	2				Мультимедийные рисунки, схемы, таблицы.	ЛО-2, 4 ЛД-6	
13	Обзор современных методов и основных достижений в области биоиндикации и экотоксикологии.	2			2	Мультимедийные рисунки.	ЛО-7 ЛД-11	тесты



# ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

## Основная и дополнительная литература

№№ п/п	Список литературы	Год издания
	<b>Основная (ЛО)</b>	
1.	<b>Биологические методы оценки природной среды.</b>	1978
2.	<b>Биоиндикация загрязнений наземных экосистем</b>	1988
3.	<i>Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге</i>	2002
4.	<i>Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды</i>	1984
5.	<i>Лебедева Н. В., Дроздов Н. Н., Криволицкий Д. А. Биоразнообразие и методы его оценки</i>	1999
6.	<i>Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение</i>	1992
7.	<i>Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации</i>	2003
	<b>Дополнительная (ЛД)</b>	
1.	<i>Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) / Биология внутренних вод.</i>	2000
2.	<i>Власов Б. П., Гигевич Г. С. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Методические рекомендации.</i>	2002
3.	<i>Евгеньев М. И. Тест-методы и экология / Соросовский Образовательный Журнал.</i>	1999
4.	<i>Егорова Е. И., Сынзыныс Б. И. Экологическая диагностика качества атмосферного воздуха с помощью лишайников: Практ. рук. для студентов и школьников.</i>	1997
5.	<i>Коросов А. В. Экологические приложения компонентного анализа.</i>	1996
6.	<i>Красилов В. А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты.</i>	1992
7.	<i>Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия.</i>	2002
8.	<b>Система государственного управления охраной окружающей среды и природопользованием в Республике Беларусь</b>	1996
9.	<i>www.bioassay.narod.ru: Сайт отдела проблем качества водной среды одесского филиала Института Биологии Южных морей НАН Украины.</i>	
10.	<i>www.epa.gov: Сайт Агентства Охраны Природы США.</i>	
11.	<b>Мат. III Всерос. конф. по водной токсикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы и конференции по гидроэкологии «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок» и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод»</b>	2008

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

(2 ч. каждое)

1. Виды-индикаторы, их биологические особенности и критерии отбора для проведения исследований.
2. Тест-объекты, их ответные реакции и особенности культивирования.
3. Биомаркеры: гистопатологии (некрозы, пролиферативные нарушения); патологии органов и систем органов; нарушения роста и размножения организмов.
4. Построение графиков видового обилия: кривые доминирования-разнообразия, частотное распределение, графики накопленных обилий, ABC-метод.
5. Расчет и анализ индексов разнообразия и таксономического сходства сообществ.

## КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

(темы)

1. Биоиндикация, уровни биоиндикации, виды-индикаторы. Биотестирование. Биоаккумуляция.
2. Биомаркеры. Биоиндикация на основе структурных особенностей сообществ. Роль биоиндикации в оценке экологического риска.

## СТРУКТУРА РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

### ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:

Определяется по формуле (минимум 4, максимум 10 баллов):

$$\text{Итоговая оценка} = A \times 0,3 + B \times 0,7$$

где  $A$  – средний балл по лабораторным занятиям и КСР,  
 $B$  – экзаменационный балл

Итоговая оценка выставляется только в случае успешной сдачи экзамена (4 балла и выше)

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

<b>Название дисциплины, с которой требуется согласование</b>	<b>Название кафедры</b>	<b>Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине</b>	<b>Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)<sup>1</sup></b>
1.			

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
на \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год**

<b>№№ ПП</b>	<b>Дополнения и изменения</b>	<b>Основание</b>

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 200\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (степень, звание)      \_\_\_\_\_ (подпись)      \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ (степень, звание)      \_\_\_\_\_ (подпись)      \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

<sup>1</sup> При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине