

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**БИОИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Направление подготовки/специальность: 06.04.01 Биология

Направленность/специализация: Водные биоресурсы и аквакультура

Квалификация выпускника: магистр биологии

**Кострома  
2021**

Рабочая программа дисциплины Биоиндикационные методы исследования разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология (уровень магистратуры), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11 августа 2020 г. N 934 (Зарегистрирован в Минюсте России 28 августа 2020 г. N 59532)

Разработал: (ФИО), должность, ученая степень, ученое звание

*Сиротина Марина Валерьевна, зав. каф. биологии и экологии, д.б.н., доцент*

Рецензенты: (ФИО), должность, организация

*Плотников Андрей Анатольевич, канд. с.-х. наук, директор департамента АПК  
Костромской области*

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры биологии и экологии, осуществляющей выпуск по образовательной программе: 06.04.01 Биология (уровень магистратуры).

Протокол заседания кафедры № 7 от 25 января 2021 г.

Заведующий кафедрой биологии и экологии, осуществляющей выпуск по образовательной программе: *Сиротина Марина Валерьевна, зав. каф. биологии и экологии, д.б.н., доцент*

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: познакомить студентов с биоиндикационным направлением экологических исследований состояния природной среды на разных уровнях организации биологических систем.

Задачи дисциплины:

- изучить общие положения и принципы биоиндикации;
- углубить знания о наиболее распространенных видах-индикаторах;
- расширить знания об основных видах негативного антропогенного воздействия на экосистемы;
- получить практические навыки оценки экологического состояния экосистем по живым организмам;
- овладеть методами выполнения полевых и лабораторных, биологических и экологических исследований.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

освоить компетенции:

Код и содержание индикаторов компетенции

ОПК-4 Способен участвовать в проведении экологической экспертизы территорий и акваторий, а также технологических производств с использованием биологических методов оценки экологической и биологической безопасности;

Индикаторы компетенции:

4.1. Владеет методами проведения экологической экспертизы территорий и акваторий и технологических производств;

4.2. Способен использовать биологические методы оценки экологической и биологической безопасности.

ОПК-5 Способен участвовать в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности и контроле их экологической безопасности с использованием живых объектов;

Индикаторы компетенции:

5.1. Участвует в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности;

5.2. Осуществляет контроль экологической безопасности технологий с использованием живых объектов.

**знать:**

- основные задачи и структуру экологического мониторинга;
- общие положения и принципы биоиндикации;
- основные виды негативного антропогенного воздействия на экосистемы;
- основные виды-индикаторы и возможности их использования для оценки состояния окружающей природной среды;
- биологические методы оценки экологической и биологической безопасности;

**уметь:**

- оценивать состояние природных популяций животных и перспективы их развития, организовывать и осуществлять изучение отдельных компонентов и экологических систем в целом, работать с научной, учебной литературой; творчески перерабатывать полученную информацию.

- уметь произвести подбор тест-систем в условиях различных эколого-хозяйственных ситуаций;
- уметь творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знание методов биоиндикационных исследований.
- уметь применять методические основы выполнения полевых и лабораторных, биологических и экологических исследований;
- самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов;
- участвовать в проведении экологической экспертизы территорий и акваторий, а также технологических производств с использованием биологических методов оценки экологической и биологической безопасности;

***владеть:***

- методами биоиндикационных исследований;
- терминологией биоиндикационных исследований;
- методами инструментальной и статистической обработки биологических исследований;
- методами контроля экологической безопасности с использованием живых объектов.

### **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана. Изучается в 1 семестре обучения. Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах/практиках: Современные методологические подходы в биологических исследованиях

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин/практик: Мониторинг водных биоресурсов и аквакультуры, Антропогенное воздействие на водные экосистемы, Экологическая экспертиза, Учебная практика по направлению профессиональной деятельности, Производственная практика по профилю профессиональной деятельности.

### **4. Объем дисциплины**

#### **4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы**

Виды учебной работы,	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4		
Общая трудоемкость в часах	144		
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	68		
Лекции	34		
Практические занятия	34		
Лабораторные занятия			
Практическая подготовка			
Самостоятельная работа в часах	37,65		
Форма промежуточной аттестации	Экзамен		

#### **4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося**

Виды учебных занятий	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
Лекции	34		
Практические занятия	34		
Лабораторные занятий			
Консультации			

Зачет/зачеты			
Экзамен/экзамены	2,35		
Курсовые работы			
Курсовые проекты			
Практическая подготовка			
<b>Всего</b>	<b>70,35</b>		

## 5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1.	Основные принципы и основные понятия биоиндикации	8	2	2	-	4
2.	Уровни биоиндикации	7,65	2	2	-	3,65
3.	Биоиндикация ненарушенных систем. Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.	18	6	6	-	6
4.	Беспозвоночные животные – индикаторы почвенных условий.	18	6	6	-	6
5.	Биоиндикация водных экосистем	18	6	6	-	6
6.	Метод морфофизиологических индикаторов	18	6	6	-	6
7.	Оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур	18	6	6	-	6
	<b>Итого:</b>	<b>105,65</b>	<b>8</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>37,65</b>

### 5.2. Содержание:

#### *Тема 1. Основные принципы и основные понятия биоиндикации*

Задачи и структура экологического мониторинга. Основные типы антропогенного воздействия на экосистемы. Биоиндикация в структуре экологического мониторинга. Основы биоиндикации. Недостаточность физико-химических методов для оценки Среды. Понятие биоиндикации в широком и узком смысле. История биоиндикации. Биоиндикаторы. Особенности растений, животных, микроорганизмов как индикаторов. Эколого-физиологические основы биоиндикации. Виды и типы биоиндикации. Достоверность, распространённость и значимость индикатора. Методы биоиндикации: активный и пассивный мониторинг. Биотестирование и решаемые с его помощью задачи. Специфическая и неспецифическая биоиндикация. Выбор биоиндикаторов. Разноуровневая биоиндикация, подбор тест-систем в соответствии с видами воздействий на экосистемы.

#### *Тема 2. Уровни биоиндикации*

Особенности биоиндикации на уровне биохимических и физиологических реакций.

Применение биологических процессов и биохимических параметров как индикаторов (обмен веществ, состав и активность ферментов, энергетический баланс, пигменты, фотосинтез, биомембраны, фитогормоны, химический состав клетки, биоэлектрическая активность ЦНС).

Особенности биоиндикации на организменном уровне. Использование в качестве индикаторов анатомо-морфологических структур растений, животных, изменений биоритмов животных и растений. Биоиндикация по поведенческим признакам. Оценка физиологического состояния особи и ее поведения (изменение скорости питания и потребления кислорода, изменение скорости роста и плодовитости, изменение состава крови, показатели поведения организмов).

Особенности биоиндикации на популяционном уровне. Влияние антропогенных стрессоров на динамику и распространение растительных популяций. Формы применения популяций животных для биоиндикации. Применение микробиологических параметров как индикаторов загрязнения почв.

Скорость роста популяции, воспроизводство, распределение и обилие видов, структура популяции (генеративная, половая, возрастная), динамика популяции.

Особенности биоиндикации на уровне биоценозов. Параметры структуры фито- и зооценозов (доминирование, видовое разнообразие, ритм продуктивности), как индикаторы антропогенного влияния. Размерная структура, хорологическая и трофическая структуры, продукция и дыхание сообщества. Экосистемный уровень: структурные и функциональные особенности.

*Тема 3. Биоиндикация ненарушенных систем. Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.*

Фитоиндикация и фитоиндикаторы. Методы выявления индикаторов. Растения – индикаторы геологических условий. Растения – индикаторы горных пород, поверхностных отложений и полезных ископаемых. Индикаторы глубины залегания и минерализации грунтовых вод, снежного покрова, вечной мерзлоты. Индикаторы типов почв. Индикаторы механического состава почв. Индикаторы богатства, увлажнения, кислотности и засоления почв. Эвтрофные, мезотрофные и олиготрофные растения. Шкала богатства почв Л.Г. Раменского. Гигрофиты, мезофиты, ксерофиты. Шкала увлажнения почв Л.Г. Раменского. Кислотность почв. Индикация природных процессов. Лесные сообщества как индикаторы.

*Тема 4. Беспозвоночные животные – индикаторы почвенных условий.*

Особенности превращений органического вещества в почве и их биоиндикация. физиологически водные животные, микрофауна и мезофауна. Реакция и солевой режим почв. Степень засоленности почвы. Степень кислотности почвы. Богатство почв кальцием. Гидротермический режим почв. Гигрофилы, мезофилы, мезоксерофилы и ксерофилы. Учёты почвенных животных.

*Тема 5. Биоиндикация водных экосистем*

Биоиндикация водоёмов по организмам зообентоса. Отбор проб бентоса с помощью сачка для водной фауны, скребка и дночерпателя. Первичная обработка и фиксация проб. Индекс загрязнения промышленными и бытовыми стоками Кинга и Болла. Индекс видового богатства Маргалёфа. Индекс доминирования Балога и индекс доминирования Паляя-Ковнацки. Определение индекса пресноводных экосистем по донным беспозвоночным (индекс Вудивисса). Определение степени загрязнения водоёма по индексу Гуднайта и Уитлея. Определение сапробности водоёма по моллюскам – биоиндикаторам. Оценка качества воды малых рек и озёр по биотическому индексу.

Расчёт индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера.

Сапробность водоёмов. Система Кольквитца – Марссона и модификация её В.Сладечком. Графо-аналитический метод Г.Кнеппе. Система координат С.Головина. Расчёт индекса сапробности по методу Пантле и Букка.

Трофность и трофическая классификация водоёмов. Эвтрофирование и его причины. Показатели степени эвтрофирования водоёма. Первичная продукция водоёмов. Содержание

хлорофилла «а» в воде водоёма. Биомасса фитопланктона и её сезонная динамика. Видовой состав фитопланктона. Зообентос и зоопланктон.

Биоиндикация водоёмов по организмам зоопланктона. Оборудование: сеть вертикального лова системы Джеди, батометр Рутнера, батометр Паталаса, штемпельная пипетка, камера Богорова. Методика отбора проб. Качественная и количественная обработка материала. Определение численности и биомассы зоопланктонных организмов водоёма. Оценка структуры зоопланктонных сообществ. Оценка экологического состояния водоёма по количественным и структурным показателям зоопланктона.

Интегральные критерии оценки качества экосистем. Индекс Карлсона.

#### *Тема 5. Метод морфофизиологических индикаторов*

Предпосылки возникновения метода морфофизиологических индикаторов. Исследования С.С. Шварца. Предмет, задачи и возможности метода. Значение метода морфофизиологических индикаторов в решении методологических проблем экологического мониторинга. Основные требования для индикаторных признаков физиологического состояния животных. Физиологическая норма, условность этого понятия. Размеры тела. Сезонная изменчивость веса тела. Индикаторное значение пропорций тела и черепа позвоночных животных. Относительный вес сердца. Индивидуальная и половозрастная изменчивость. Зависимость сердечного индекса от экологических особенностей животных. Относительный вес печени. Причины изменения веса печени. Индивидуальная, половозрастная, сезонная, географическая изменчивость веса печени. Относительный вес почек, как индикатор уровня обмена веществ. Железы внутренней секреции. Относительный вес надпочечников. Закономерности развития тимуса в онтогенезе. Индикаторное значение кишечника и его отделов в методе морфофизиологических индикаторов. Изменчивость как неотъемлемое свойство проявлений жизнедеятельности организмов. Причины варьирования признаков. Влияние на варьирование признаков генетической неоднородности популяции и изменений условий среды. Измерение индексов органов. Общие закономерности индивидуальной изменчивости интерьерных признаков в популяциях животных.

Отбор материала для анализа. Снятие промеров тела. Методики вскрытия земноводных и мелких млекопитающих, отбор для анализа основных органов животных: сердца, печени, почек, лёгких, селезёнки, гонад, жировых тел, желудка, кишечника. Расчёт относительного веса органов, морфофизиологических индексов основных органов, индексов передних и задних конечностей. Методика мацерации тканей и отделения черепа мелких млекопитающих. Основные промеры черепа млекопитающих. Расчёт индексов краниометрических показателей. Статистическая обработка данных.

#### *Тема 6. Оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур*

Асимметрия билатеральных признаков. Понятие о флуктуирующей асимметрии и стабильности развития. Влияние среды на асимметрию. Отбор проб полевого материала и подготовка к выполнению исследований. Сбор, подготовка и хранение материала. Рыбы, земноводные, млекопитающие.

Расчёт средней частоты асимметричного проявления на признак. Шкалы оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для рыб, земноводных и млекопитающих.

### **5.3. Практическая подготовка**

**нет в наличии**

Код, направление,	Наименование	Количество часов дисциплины, реализуемые в
-------------------	--------------	--

направленность	дисциплины	форме практической подготовки						
		Всего	Семестр 1			Семестр ..		
			Лекции	Пр.зан.	Лаб.р.	...	...	...

Код компетенции	Индикатор компетенции	Содержание задания на практическую подготовку по выбранному виду деятельности	Число часов практической подготовки			
			Всего	Лекции	Практ. занятия	Лаб.раб

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Основные принципы и основные понятия биоиндикации	Опишите уровни биоиндикационных исследований; Подготовка рефератов и презентаций «Виды и методы биоиндикации», «Выбор биоиндикаторов и тест-систем»	4	1.Изучить теоретический материал по указанной теме. 2.Ознакомиться со слайд-презентацией «Биоиндикационные методы исследования». 3.Подготовить конспект на тему «История биоиндикации и её основные методы».	Защита рефератов, выступление с презентациями
2.	Уровни биоиндикации	Подготовка презентации «Особенности биоиндикации на разных уровнях биологических систем»	3,65	1.Изучить теоретический материал по указанной теме. 2.Ознакомиться со слайд-презентацией «Биоиндикационные методы исследования». 3.Подготовить слайд-презентации по указанной тематике: - Особенности	Выступление с презентациями



				биоиндикации на организменном уровне; - Особенности биоиндикации на популяционном уровне; - Особенности биоиндикации на уровне биоценозов и экосистем.	
3.	Биоиндикация ненарушенных систем. Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.	Какие методы существуют для оценки экологического состояния наземных экосистем;	6	1. Изучить теоретический материал по указанной теме. 2. Ознакомиться со слайд-презентацией «Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий». 3. Подготовить реферат по указанной тематике.	Защита рефератов, выступление с презентациями
4.	Беспозвоночные животные – индикаторы почвенных условий.		6	1. Изучить теоретический материал по указанной теме. 2. Ознакомиться со слайд-презентацией «Беспозвоночные животные – индикаторы почвенных условий». 3. Подготовить реферат по указанной тематике.	Защита рефератов, выступление с презентациями
5.	Биоиндикация водных экосистем	Какие методы существуют для оценки экологического состояния водных экосистем; Изложите теоретический материал по использованию показателей: индекс загрязнения промышленными и бытовыми стоками Кинга и Болла. Индекс видового богатства Маргалефа. Индекс	6	1. Изучить теоретический материал по указанной теме. 2. Ознакомиться со слайд-презентацией «Биоиндикационные методы исследования». 3. Выполнить лабораторную работу «Оценка экологического состояния водоёма по показателям	Проверка выполнения лабораторной работы

		<p>доминирования Балога и индекс доминирования Палия-Ковнацки.</p> <p>Определение индекса пресноводных экосистем по донным беспозвоночным (индекс Вудивисса).</p> <p>Определение степени загрязнения водоёма по индексу Гуднайта и Уитлея. Определение сапробности водоёма по моллюскам – биоиндикаторам. Оценка качества воды малых рек и озёр по биотическому индексу.</p> <p>Проведите расчёт основных показателей: расчёт индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера, применения системы Кольквитца – Марссона и модификация её В.Сладечеком. Графо-аналитический метод Г.Кнеппе. Система координат С.Головина. Расчёт индекса сапробности по методу Пантле и Букка.</p>		сообщества зоопланктона».	
6.	Метод морфофизиологических индикаторов	Подготовка к выполнению лабораторной работы, статистическая обработка материала	6	<p>1.Изучить теоретический материал по указанной теме.</p> <p>2.Ознакомиться со слайд-презентацией «Биоиндикационные методы исследования 2».</p> <p>3.Выполнить лабораторную работу «Использование метода морфофизиологических индикаторов для оценки состояния природных экосистем».</p>	Проверка выполнения лабораторной работы
7.	Оценка стабильности развития живых	Подготовка к выполнению лабораторной работы,	6	1.Изучить теоретический материал по	Проверка выполнения лабораторной

	организмов по уровню асимметрии морфологических структур	статистическая обработка материала	указанной теме. 2. Ознакомиться со слайд-презентацией «Биоиндикационные методы исследования 2». 3. Выполнить лабораторную работу «Фены земноводных и использование их в биоиндикационных целях».	работы
--	--	------------------------------------	--	--------

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

### Практическая работа №1

#### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЁМА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА

**Цель работы:** оценить экологическое состояние водоёма по структурным и функциональным показателям зоопланктона

**План работы:**

Пробы зоопланктона отобраны с помощью количественной сети вертикального лова системы Джели. Радиус входного отверстия 0,07 м.

**1. Используя карточки обработки зоопланктонных проб определить численность и биомассу каждого из зоопланктеров и всего сообщества зоопланктона.**

**А). Для каждой пробы рассчитать коэффициент лова.**

$V = \Pi \times R^2 \times h$ , где  $V$  – коэффициент лова;

$R$  – радиус входного отверстия;

$h$  – высота обловленного столба воды.

$$V = \Pi \times R^2 \times h = 3,14 \times 0,07^2 \times h = 0,0154 \times h$$

Примечание:  $h$  – указывается на этикетке количественной пробы

**Б). Рассчитать плотность по каждому виду зоопланктеров.**

$$N = n \times 1 : V \times 20, \text{ где}$$

$N$  – численность (плотность) экз/м<sup>3</sup>;

$n$  – численность в камере Богорова;

$V$  – коэффициент лова.

**В). Рассчитать численность зоопланктеров по систематическим группам.**

Распределить зоопланктеров по систематическим группам: Cladocera,

Copepoda, Rotifera. Найти суммарную численность по каждой группе и общую численность зоопланктонного сообщества.

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{Clad}} + N_{\text{Cop}} + N_{\text{Rot}}$$

**Г). Рассчитать биомассу для каждого вида зоопланктеров, биомассу по систематическим группам: Cladocera, Copepoda, Rotifera; общую биомассу (г/м<sup>3</sup>).**

Для расчёта биомассы каждого вида зоопланктеров среднюю индивидуальную массу вида умножают на его численность.

$$B_1 = W_1 N_1$$

$$B_{\text{общ}} = B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n$$

$$B_{\text{общ}} = B_{\text{Clad}} + B_{\text{Cop}} + B_{\text{Rot}}$$

### Оформление результатов

Таблица 1.

Количественная проба: Некрасовское озеро от 15.07.2012.

Систематическая группа; вид	W мг	N экз/м <sup>3</sup>	B г/м <sup>3</sup>
Cladocera			
1.			
2.		N Clad	B Clad
Copepoda			
1.			
2.		N Cop	B Cop
Rotatoria			
1.			
2.		N Rot	B Rot
Всего:		N общ	B общ

Примечание: получая показатели биомассы, не забудьте перевести миллиграммы в граммы.

**2. Оценить экологическое состояние водоёма по количественным и структурным показателям зоопланктона**

**А). Проанализировать величины численности и биомассы, процентное соотношение систематических групп, выделить доминирующие виды.**

*Относительное значение отдельных групп (%)  
в общей N (числитель), B (знаменатель)*

Куликова Т.П. Проблемы водной токсикологии (Петрозаводск, 1988)

	условно чистые	умеренно-загрязненные	загрязненные	грязные (до очень грязных)
Коловратки	10-20/1-2	35-50/4-10	44-59/5-7	53-63 (до 100)/7-8 (до 100)
Каланоиды	20-30/20-22	4-8/16-20	3-4/8-12	0-3/0-3

Циклопоиды	30-40/38-40	27-49/20-46	35-42/20-31	30-50/20-60
Кладоцеры	20-30/31-35	8-12/45-60	4-42/47-66	0-4 (до 100)/от 0 до 90

В олиготрофных озёрах средняя за вегетационный сезон величина биомассы невелика  $0,70 \pm 0,16 \text{ г/м}^3$ .

Для эвтрофных озёр характерна более высокая средняя величина биомассы за вегетационный период  $3,60 \pm 0,60 \text{ г/м}^3$ .

**Б). Построить функцию рангового распределения численности видов зоопланктона  $n_i/N$ , %.**

Вид, процент которого в численности наибольший имеет первый ранг, следующий по величине вид – второй ранг и т.д.

Заполнить таблицу 2.

Таблица 2.

Ранговое распределение видов зоопланктона

Вид	$n_i/N$ , %	Ранг вида
1.		1
2.		2

На графике по оси ординат отметить процентное соотношение видов, по оси абсцисс – ранг вида.

**В). Вычислить индекс видового разнообразия для сообщества зоопланктона по Шеннону-Уиверу.**

$$H \text{ бит} = - \sum N_i/N \log_2 N_i/N, \text{ где}$$

$N_i$  – число экземпляров вида I;

$N$  – число индивидуумов всех видов.

Сделать выводы по величине индекса видового разнообразия.

2,85-3,18 условно-чистые воды;

2,0-3,0 умеренно-загрязнённые;

1,86-2,5 загрязнённые;

1,82-0 грязные до очень грязных.

**Г). Для оценки уровня загрязнения водоёма вычислить индекс сапробности по Пантле и Букку (S).**

$$S = \frac{\sum (n \times s)}{\sum n}, \text{ где}$$

$$S = \frac{n_1 \times s_1 + n_2 \times s_2 + n_3 \times s_3 + n_4 \times s_4}{N}$$

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4$$

n – фактическая численность индикаторного вида в обработанной;  
пробе

S – средний индекс сапробности;

s – сапробность отдельных видов.

Сделать выводы по величине индекса сапробности.

<1 очень чистые воды;

1,1-1,5 чистые;

1,6-2,5 умеренно-загрязнённые;

2,6-3,5 загрязнённые;

3,6-4 грязные;

>4 очень грязные.

0-0,5 ксеносапробные;

1-1,5 олигосапробные;

1,5-2,5 β-мезосапробные;

2,5-3,5 α-мезосапробные;

3,5-4 полисапробные.

**Д). Определить коэффициент трофии по Мяэметсу ( E ).**

$$E = \frac{K(X+1)}{(A+V)(Y+1)}, \text{ где}$$

K – число видов Rotatoria;

A – число видов Copepoda;

V – число видов Cladocera;

X – число мезо-эвтрофных видов;

Y – число олиго-мезотрофных видов.

Сделать выводы по величине коэффициента трофии.

< 0,2 олиготрофные водоёмы;

0,2-1,0 мезотрофные;

1,0-4,0 эвтрофные;

> 4 гипертрофные.

**Е). Определить индекс Е/О (по Хаккари, 1972) – отношение видов, характерных для эвтрофных озёр к видам, характерным для олиготрофных озёр**

для гиперэвтрофных озёр этот коэффициент > 5,0;

эвтрофных 1,5-5,0;

мезотрофных 0,5-1,5;

олиготрофных < 0,5

## Приложения

Организмы зоопланктона, индикаторы сапробности воды  
(по Пантле, Букку, 1955)

Коловратки (Rotifera)	s		Ветвистоусые раки (Cladocera)	s	
<i>Filinia longiseta</i>	β-α	2,35	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	о-β	1,40
<i>Filinia major</i>	β	2,00	<i>Limnoscida frontosa</i>	о	1,30
<i>Synchaeta pectinata</i>	β	1,65	<i>Sida crystallina</i>	о	1,30

<i>Platyas polyacanthys</i>	$\beta$	1,80	<i>Leptodora kindtii</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,65
<i>Platyas quadricornis</i>	$\beta$	1,80	<i>Daphnia magna</i>	$\alpha$ -p	3,40
<i>Testudinella patina</i>	$\beta$	1,85	<i>Daphnia pulex</i>	$\alpha$	2,80
<i>Lecane luna</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,55	<i>Daphnia longispina</i>	$\beta$	2,05
<i>Lecane (Monostyla) carnuta</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50	<i>Daphnia longispina longispina</i>	$\beta$	2,00
<i>Brachionus calycifloris</i>	$\beta$ - $\alpha$	2,50	<i>Daphnia longispina laudata</i>	$\beta$	0,8
<i>Brachionus angularis</i>	$\beta$ - $\alpha$	2,50	<i>Daphnia longispina pulchella</i>	$\beta$	0,8
<i>Brachionus quadridentatus</i>	$\beta$	2,00	<i>Daphnia longispina rasea</i>	$\beta$	2,0
<i>Brachionus divesicornis</i>	$\beta$	2,00	<i>Daphnia cuculata</i>	$\beta$	1,75
<i>Brachionus rubens</i>	$\alpha$	3,25	<i>Daphnia hyalina</i>	o	1,30
<i>Brachionus urceus</i>	$\beta$	2,20	<i>Daphnia hyalina galeata</i>	o	1,00
<i>Euchlanis dilatata</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50	<i>Daphnia hyalina pellucida</i>	o	1,00
<i>Mytilina mucronata</i>	$\beta$	1,85	<i>Daphnia hyalina lacustris</i>	o	1,80
<i>Colurella colurus</i>	o	1,15	<i>Ceriodaphnia affinis</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50
<i>Colurella uncinata</i>	o	1,00	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	o	1,15
<i>Trichotria (Dinocharis) tetractis</i>	o	1,10	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	o	1,70
<i>Trichotria truncata</i>	o	1,20	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,40
<i>Trichotria stylata</i>	o	1,30	<i>Bosmina coregoni</i>		0,95
<i>Bipalpus hudsoni</i>	o	1,00	<i>Bosmina longirostris</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,55
<i>Conochilus hippocrepsis</i>	o	1,15	<i>Alona rectangula</i>	o	1,30
<i>Conochilus unicornis</i>	o	1,30	<i>Chydorus sphaericus</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,75
<i>Colurella colurus</i>	o	1,15	<i>Alonella excisa</i>	o	1,20
<i>Lepadella patella</i>	o	1,25	<i>Simocephalus vetulus</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50
<i>Cephalodella gibba</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,35	<i>Scapholeberis mucronata</i>	$\beta$	2,00
<i>Asplanchna sp.</i>	$\beta$	1,55	<i>Moina rectirostris</i>	$\alpha$	3,40
<i>Keratella quadrata</i>	$\beta$	1,55	<i>Moina macrocopa</i>	$\alpha$	2,75
<i>Keratella cochlearis</i>	$\beta$	1,55	<i>Moina brachiata</i>	$\beta$ - $\alpha$	2,45
<i>Euchlanis dilatata</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50	<i>Moina micrura</i>	$\beta$	2,20
<i>Kellicottia longispina</i>	o	1,25	<i>Macrothrix spinosa</i>	$\beta$	1,70
<i>Polyarthra vulgaris</i>	$\beta$	1,85	<i>Dunhevedia crassa</i>	$\beta$	1,70
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	o	1,0	<i>Polyphemus pediculus</i>	o	1,30
<i>Polyarthra longiremis</i>	o	1,00	<i>Bythotrephes longimanus</i>	o	1,00
<i>Polyarthra major</i>	o	1,20	<i>Pleuroxus aduncus</i>	o	1,20
<i>Polyarthra euryptera</i>	o	1,20	<i>Graptoleberis testudinaria</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50
<i>Rotatoria rotatoria</i>	$\alpha$	3,25	<i>Graptoleberis micronata</i>	$\beta$	2,00
<i>Trichocerca pusilla</i>	o	1,90	<i>Leydigia leydigii</i>	$\beta$	2,00
<i>Trichocerca capucina</i>	o	1,00	<i>Kurzia latissima</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,50
			<i>Alanopsis elongata</i>	o	0,80
<b>Веслоногие раки (Copepoda)</b>			<i>Eurycercus lamellatus</i>	o	1,20
<i>Cyclops strenuus</i>	$\beta$	2,25	<i>Camptocercus rectirostris</i>	o	1,20
<i>Cyclops furcifer</i>	o	1,20	<i>Acroperus harpae</i>	o	1,40
<i>Cyclops vicinus</i>	$\beta$	2,15			
<i>Acanthocyclops bicuspidatus</i>	o	1,15			
<i>Acanthocyclops viridis</i>	$\beta$ -o	1,60			
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	$\beta$	1,80			
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	o	1,25			
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	o	1,25			
<i>Eucyclops serrulatus</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,85			
<i>Eucyclops sp.</i>		1,50			
<i>Eucyclops macrurus</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,40			

Индикаторные организмы – показатели трофности озера

(по А.Х. Мязметсу, 1979)

1. Индикаторы олиго- и мезотрофных вод:

*Holopedium gibberum*, *Limnosida frontosa*, *Diaphanasoma brachyurum*, *Daphnia longispina*, *D. cristata*, *Bosmina longispina*, *B. obtusirostris*, *B. lilljeborgi*, *Bythotrephes longimanus*, *B. cedestroemi*, *Limnocalanus macrurus*, *Eurytemora lacustris*, *Heterocope saliens*, *H. appendiculata*, *Acanthodiptomus denticornis*, *Cyclops abyssorum*, *C. lacustris*, *C. scutifer*, *Bilpalpus hudsoni*, *Conochilus hippocrepis*, *C. unicornis*, *Gastropus stylifer*, *Asplanchna herricki* (всего 23 таксона).

2. Индикаторы мезо- и евтрофных вод:

*Daphnia cucullata*, *Bosmina coregoni* (s. str.), *B. kessleri*, *B. crassicornis*, *B. gibbera*, *B. thersites*, *B. berlinensis*, *B. longirostris*, *Chydorus sphaericus* (при  $N > 1000$  экз/м<sup>3</sup>), *Cyclops kolensis*, *Mesocyclops crassus* – все виды из рода *Brachionus*, *Keratella quadrata* (s. str.), *Pompholux sulcata*, *P. complanata*, *Trichocerca cylindrica*, *T. capucina*, *T. pusilla*, *T. stylata*, *T. porcellus*, *T. similis*, *Filinia longiseta*, *F. limnetica*, *F. terminalis*, *Hexarthra mira*, *Anuraeopsis fissa* (не менее 30 таксонов).

(по И.Н. Андрониковой, 1996)

### Олиготрофный тип

*Asplanchna herricki*  
*Synchaeta grandis*  
*Ploesoma hudsoni*  
*Conochilus hippocrepis*  
*Gastropus stylifer*  
*Limnosida frontosa*  
*Holopedium gibberum*  
*Daphnia longispina*  
*D. hyaline*  
*Bosmina longispina*  
*B. obtusirostris lacustris*  
*Bythotrephes longimanus*  
*B. cedestroemii*  
*Limnocalanus macrurus*  
*Heterocope appendiculata*  
*Cyclops abyssorum*  
*C. scutifer*

### Эвтрофный тип

Род *Brachionus*  
*B. diversicornis*  
*Anuraeopsis fissa*  
*Hexarthra mira*  
*Polyarthra euryptera*  
*Filinia longiseta*  
*Keratella quadrata*  
*K. cochlearis tecta*  
*Trichocerca cylindrical*  
*Pompholux sulcata*  
*Daphnia pulex*  
*D. cucullata*  
*Ceriodaphnia pulshella*  
*Bosmina longirostris*  
*B. coregoni thersites*



*Chydorus sphaericus*  
*Cyclops kolensis*  
*C. strenuus*  
*Mesocyclops crassus*

Параметры уравнения  $W = q L^b$  зависимости массы тела  
 $W$  (мг) от длины  $L$  (мм) у пресноводных зоопланктеров

Вид	q	B
<i>Daphnia magna</i>	0,094	2,917
<i>Daphnia pulex</i>	0,080	2,921
<i>Daphnia longispina</i>	0,065	2,896
<i>Daphnia cuculata</i>	0,051	3,021
<i>Daphnia hyalina</i>	0,050	2,684
<i>Daphnia hyalina-galeata</i>	0,052	2,592
<i>P. Daphnia</i>	0,075	2,925
<i>Simocephalisvetulus</i>	0,104	3,103
<i>p. Simocephalis</i>	0,075	3,170
<i>p. Moina</i>	0,074	3,050
<i>p. Ceriodaphnia</i>	0,141	2,766
<i>p. Scapholeberis</i>	0,133	2,630
<i>p. Macrothrix</i>	0,083	2,331
<i>Euricercus lamellatus</i>	0,127	3,076
<i>p. Chydorus</i>	0,203	2,771
<i>pp. Alona, Alonella</i>	0,091	2,646
<i>p. Bythotrephes</i>	0,077	2,911
<i>Leptodora kindtii</i>	0,006	2,850
<i>p. Bosmina</i>	0,176	2,975
<i>Sida crystallina</i>	0,074	2,727
Сем. <i>Sididae</i>	0,068	3,019
<i>Polyphemus pediculus</i>	0,448	2,686
<i>Cyclops strenuus</i>	0,039	2,313
<i>C. scutifer</i>	0,031	2,515
<i>C. vicinus</i>	0,034	2,838
Науплий <i>C. vicinus</i>	0,059	2,510
<i>Acanthocyclops gigas</i>	0,039	2,812
<i>A. vernalis</i>	0,039	2,812
<i>p. Acanthocyclops</i>	0,039	3,156
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0,033	3,254
<i>M. crassus</i>	0,047	3,140
Науплий <i>M. crassus</i>	0,074	2,617
<i>p. Mesocyclops</i>	0,034	2,924
Науплий <i>M. leuckarti</i>	0,069	2,595
<i>p. Limnocalanus</i>	0,070	3,174
<i>p. Hemidiaptomus</i>	0,073	2,548
<i>Eudiaptomus graciloides, Eu. gracilis</i>	0,036	2,738
<i>Eu. coeruleus</i>	0,058	3,086
<i>Arctodiaptomus</i>	0,038	3,176
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,045	2,750
Науплий <i>Eucyclops serrulatus</i>	0,066	2,498
Науплий <i>Eurytemora velox</i>	0,032	2,235

**Значения  $q$  в уравнении  $W = q L^3$  для коловраток  
(по Ruttner-Kolisko, 1977)**

<b>Род, вид</b>	<b><math>q</math></b>	<b>Род, вид</b>	<b><math>q</math></b>
<i>Anuraeopsis</i>	0,03	<i>Keratella quadrata</i>	0,22
<i>Ascomorpha</i>	0,12	<i>K. cochlearis</i> (с шипом)	0,02
<i>Asplanchna</i>	0,23	<i>Notholca</i> (без зубцов)	0,035
<i>Brachionus</i>	0,12	<i>Pleosoma hudsoni</i>	0,1
<i>Conochilus</i>	0,26*	<i>P. triacanthum</i>	0,23
<i>Collotheca</i> ***	0,18**	<i>Polyarthra</i>	0,28
<i>Euchlanis</i>	0,1	<i>Pompholix</i>	0,15
<i>Filinia</i>	0,13	<i>Synchaeta</i>	0,1
<i>Gastropus</i>	0,20	<i>Testudinella</i>	0,08
<i>Hexathra</i>	0,13	<i>Trichocerca</i> (без шипов)	0,52*
<i>Kellikottia</i> ****	0,03		

\* - вместо  $L^3$  берётся  $Lb^2$ , где  $b$  – ширина тела;

\*\* - вместо  $L^3$  берётся  $b^3$ ;

\*\*\* - без домика;

\*\*\*\* - без шипа.

**Трофность водоёма можно определить по  
величине средней биомассы за сезон (Жуковский, Оксийок, Цеб, Георгиевский, 1976)**

- олиготрофные (предельно низкая биомасса) – менее 0,1 г/м<sup>3</sup>;
- олиго-мезотрофные (очень низкая биомасса) – 0,1-0,3 г/м<sup>3</sup>;
- мезотрофные (низкая биомасса) – 0,4-1,0 г/м<sup>3</sup>;
- мезо-эвтрофные (ниже средней биомасса) – 1,1-5,0 г/м<sup>3</sup>;
- эвтрофные (средняя биомасса) – 5,1- 10,0 г/м<sup>3</sup>;
- эв-политрофные (выше средней) – 10,1-20,0 г/м<sup>3</sup>.

**Список видов зоопланктеров**

**Класс Rotifera**

1. *Trichocerca cylindrica*
2. *Synchaeta pectinata*
3. *Polyarthra vulgaris*
4. *Asplanchna priodonta priodonta*
5. *Lecane (Monostila) cornuta cornuta*
6. *L. (s.str) unguulate*
7. *Trichotria tetractis pauper*
8. *T. pocillum pocillum*
9. *Euchlanis dilatata dilatata*
10. *Dipleuchlanis propatula*
11. *Brachionus quadridentatus quadridentatus*
12. *B. quadridentatus brevispinus*
13. *B. quadridentatus cluniorbicularis*
14. *B. leydigii tridentatus*
15. *B. diversicornis diversicornis*
16. *B. diversicornis homoceros*
17. *B. forficula minor*

18. *B. angularis angularis*
19. *Platylas quadricornis quadricornis*
20. *Keratella cochlearis cochlearis*
21. *K. cochlearis tecta*
22. *K. serrulata serrulata*
23. *K. quadrata quadrata*
24. *K. quadrata reticulata*
25. *K. valga valga*
26. *Notholca labis labis*
27. *Filinia longiseta longiseta*

### Подотряд Cladocera

28. *Diaphanosoma brachyurum*
29. *Daphnia longispina*
30. *Ceriodaphnia quadrangular*
31. *Macrotrix hirsuticornis*
32. *Acroperus harpae*
33. *Graptoleberis testudinaria*
34. *Chydorus sphaericus*
35. *Alona quadrangularis*
36. *A. rectangula*
37. *Bosmina longirostris*
38. *Bythotrephes cederströmii*
39. *Leptodora kindtii*

### Отряд Соперода

40. *Eudiaptomus graciloides*
41. *Eucyclops (s. str) macrurus*
42. *Cyclops strenuous*
43. *Acanthocyclops languidoides*
44. *Mesocyclops (s. str) leuckarti*

## Практическая работа №2

### ФЕНЫ ЗЕМНОВОДНЫХ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В БИОИНДИКАЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ

**Цель работы:** дать оценку стабильности развития экосистемы по фенетическим признакам земноводных

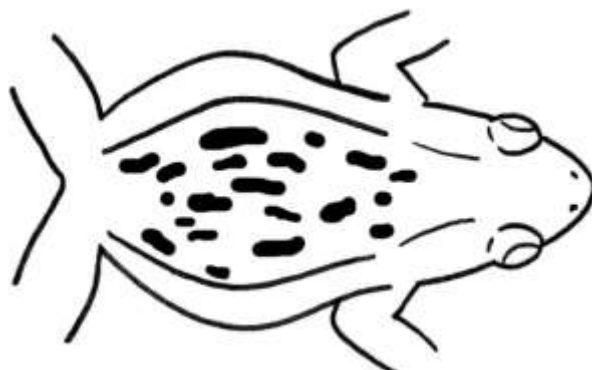
**План работы:**

1. Определить видовую принадлежность земноводных;
2. Определить морфу окраски земноводного;
2. Оценить меристические признаки земноводных и занести значения асимметрии и симметрии признаков в таблицу;
3. Зарисовать схему расположения оцениваемых признаков на теле животного;
4. Оценить стабильность развития экосистемы по пятибалльной шкале

**Морфы окраски лягушек:**

**1. Maculata (М). Пятнистая.** На спине присутствует ряд крупных пятен (диаметром от 2-3 до 7 мм). Их количество и расположение на теле лягушки варьирует, составляя в среднем 10. Пятна

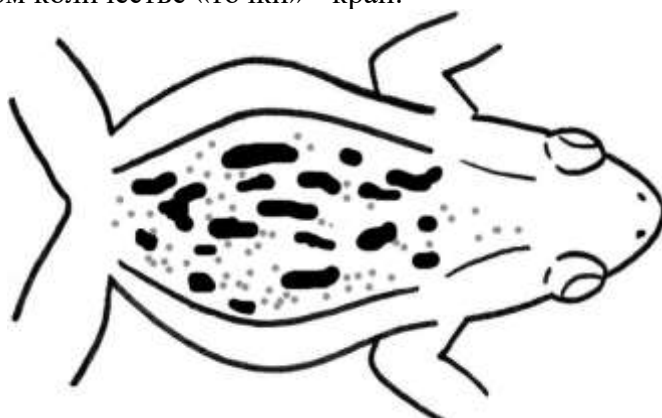
могут быть разбросаны хаотически или располагаться двумя продольными рядами, а при наличии дорсомедиальной полосы (морфа *Striata*) могут сливаться в две продольные темные полосы. Часто в области затылка есть пятно в виде перевернутой латинской буквы V (Λ-пятно). Для этой формы нередко характерны два пятна, проходящие от края глаза к срединной линии головы в виде двух прямых или изогнутых под углом полос. В некоторых случаях имеются дополнительные пятна на голове. Степень проявления пятнистости может значительно меняться: у одних особей пятна хорошо заметны, тогда как у других выражены слабо и размыты.



**2. Hemimaculata (hm). Полупятнистая.** Для этой цветовой морфы характерно заметно уменьшенное количество пятен, как правило, от 2 до 5. Нередко исчезает или меняет форму Λ-пятно на голове. Обычно уменьшается количество или размер пятен на голове

**3. Bursni (B) Чистая.** Для этой формы характерно полное, или почти полное, отсутствие пятен на голове. По аналогии с морфой *Maculata* ее следовало бы назвать *amaculata*.

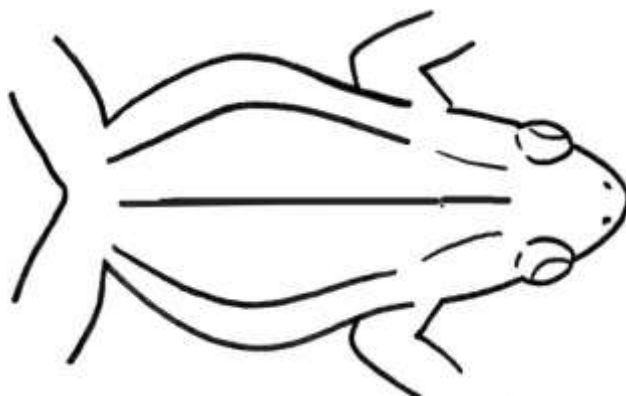
**4. Punctata (P) Крапчатая.** На верхней стороне тела вместе с крупными пятнами, или без них, присутствуют в большом количестве «точки» - крап.



**5. Hemipunctata (hp). Полукрапчатая.** Крапчатость количественно выражено слабо, число точек невелико. В ряде случаев крапчатость отсутствует (фенотип B).

Крапчатость, независимо от степени выраженности не сопряжена с обычной пятнистостью. Такой генотип можно рассматривать как независимый. Известны особи с MP, hmP и т. д.

**6. Striata (S). Полосатая.** Для этой морфы характерна светлая дорсомедиальная полоса, ограниченная рядами темных пятен, которые могут сливаться в темные полосы или без них. Иногда полоса проходит не через все тело, а лишь через туловище. Степень выраженности полосы различна. В одном случае спинная полоса выражена четко, граница между полосой и общим фоном резкая, у других особей она выражена не четко, переход к основному фону плавный. Генетическая природа четкой полосы вполне определена, но для слабо выраженной полосы она не известна. У некоторых особей полоса не выражена (*Astriata* – бесполосая).



**7. Rugosa (R) Бугорчатая.** Эта форма характеризуется бугорчатостью кожи. Они могут располагаться хаотически и рядами, особенно в случае присутствия спинной полосы. Генетическая детерминация признака не известна. Бугорки могут быть сопряжены с пятнами и быть независимы от них. Особи, у которых отсутствуют бугорки на коже, имеют фенотип 0.

Для оценки **стабильности развития** необходимо получение данных по определённым морфологическим признакам. Изменение стабильности развития среды отражается на изменчивости самых разных признаков организма. Выборка с модельной площадки должна составлять порядка 20 особей. Оценка стабильности развития по каждому признаку сводится к оценке асимметрии. На практике это означает учёт различий в значениях признака слева и справа.

Интегральным показателем стабильности развития для комплекса меристических признаков является средняя частота асимметричного проявления на признак. Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая числа асимметричных признаков у каждой особи, отнесённая к числу используемых признаков. В данном случае не учитывается величина различия между сторонами, а лишь сам факт асимметрии, несходства значений признака на разных сторонах тела.

Земноводные являются удобным объектом для биомониторинга. Так как амфибии обитают на границе двух сред – водной и наземной, состояние их организма в полной мере отражает состояние окружающей среды. Наиболее удобными для анализа являются две группы признаков – признаки окраски и остеологии. При работе с лягушками используются такие признаки как число полос и пятен на бедре, голени и стопе, число пятен на спине, число белых пятен на плантарной стороне пальцев задней конечности, число пор на плантарной стороне четвёртого пальца задней конечности, число зубов на межчелюстной кости и сошнике.

*Таблица 1*

Образец таблицы для обработки данных с использованием меристических (счётных) признаков

№ особи	Номер признака						Показатель	
	1	2	3	4	5	6	A	A/n
	п л	п л	п л	п л	п л	п л		
1	1-0	0-1	1-1	1-1	2-2	1-1	2	0,33
2	2-1	1-0	1-3	1-3	3-2	0-1	5	0,83
3	1-2	1-1	2-2	1-1	2-1	1-1	2	0,33
4	1-1	1-1	2-4	1-1	2-3	1-1	2	0,33
5	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-0	1	0,17

6	1-1	1-1	1-3	0-1	1-1	0-1	3	0,50
7	1-1	1-1	1-2	1-2	1-1	0-1	3	0,50
8	1-0	0-0	3-2	1-1	0-0	1-1	2	0,33
9	1-1	1-1	2-2	1-1	1-1	0-0	0	0
10	0-1	1-1	3-1	1-1	1-2	2-1	4	0,67
Средняя частота асимметричного проявления на признак $0,40 \pm 0,07$								

п, л – соответственно значение признака справа и слева

A – число асимметричных признаков

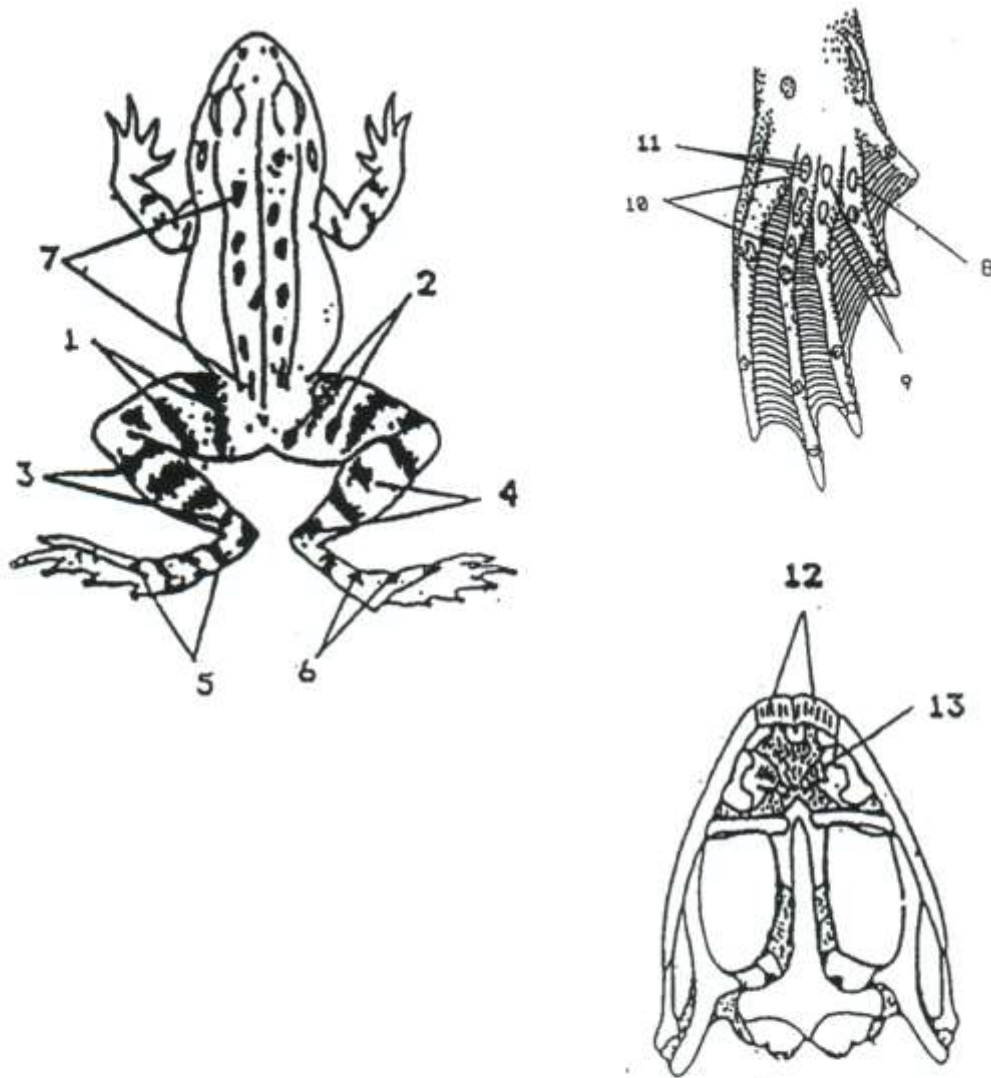
n – число признаков

При проведении анализа нужно учитывать следующие рекомендации:

- не следует учитывать мелкий крап;
- при работе с признаками 1–6 бывает трудно отличить пятно от полосы. Полосой можно считать тот элемент рисунка, длина которого, по крайней мере, в два раза превышает ширину;
- пятна спины, расположенные между центральной линией и дорзо-латеральной железой, следует учитывать от основания головы до подвздошной кости, так как каудальнее часто располагается множество мелких пятен, точный учёт которых затруднителен;
- следует учитывать только наиболее крупные поры на плантарной поверхности четвёртого пальца. Число таких пор обычно бывает не больше пятнадцати;
- место соединения межчелюстной кости и верхнечелюстной кости определить достаточно легко, так как соединение это подвижно;
- при подсчёте числа зубов следует помнить, что у амфибий происходит смена зубов в связи с чем, одного или нескольких зубов может не хватать, однако это довольно легко определить по большому расстоянию между зубами. Такой пропуск в зубном ряду следует учитывать как зуб.

Для оценки стабильности развития травяной лягушки (*Rana temporaria*) используются следующие морфологические признаки:

- 1 – число полос на дорзальной стороне бедра;
- 2 – число пятен на дорзальной стороне бедра;
- 3 – число полос на дорзальной стороне голени;
- 4 – число пятен на дорзальной стороне голени;
- 5 – число полос на стопе;
- 6 – число пятен на стопе;
- 7 – число пятен на спине;
- 8 – число бугорков на Л-образном пятне спины;
- 9 – число зубов на межчелюстной кости;
- 10 – число зубов на сошнике



1 – 13 – меристические признаки:

- 1 – число полос на дорзальной стороне бедра;
- 2 – число пятен на дорзальной стороне бедра;
- 3 – число полос на дорзальной стороне голени;
- 4 – число пятен на дорзальной стороне голени;
- 5 – число полос на стопе;
- 6 – число пятен на стопе;
- 7 – число пятен на спине;
- 8 – число белых пятен на плантарной стороне второго пальца задней конечности;
- 9 – число белых пятен на плантарной стороне третьего пальца задней конечности;
- 10 – число белых пятен на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности;
- 11 – число пор на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности;
- 12 – число зубов на межчелюстной кости;
- 13 – число зубов на сошнике.

Рис. 1. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития популяций лягушек

Таблица 2

Пятибалльная шкала оценки стабильности развития

Балл	Величина показателя стабильности развития
1	<0,50
2	0,50–0,54

3	0,55–0,59
4	0,60–0,64
5	>0,64

Чем выше стабильность развития, тем ниже величина флуктуирующей асимметрии. Наиболее стабильными являются экосистемы с величиной показателя стабильности развития (средней частотой асимметричного проявления на признак) менее 0,50.

### Практическая работа №3

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Цель работы:** освоить метод морфофизиологических индикаторов для оценки состояния популяций животных

**План работы:**

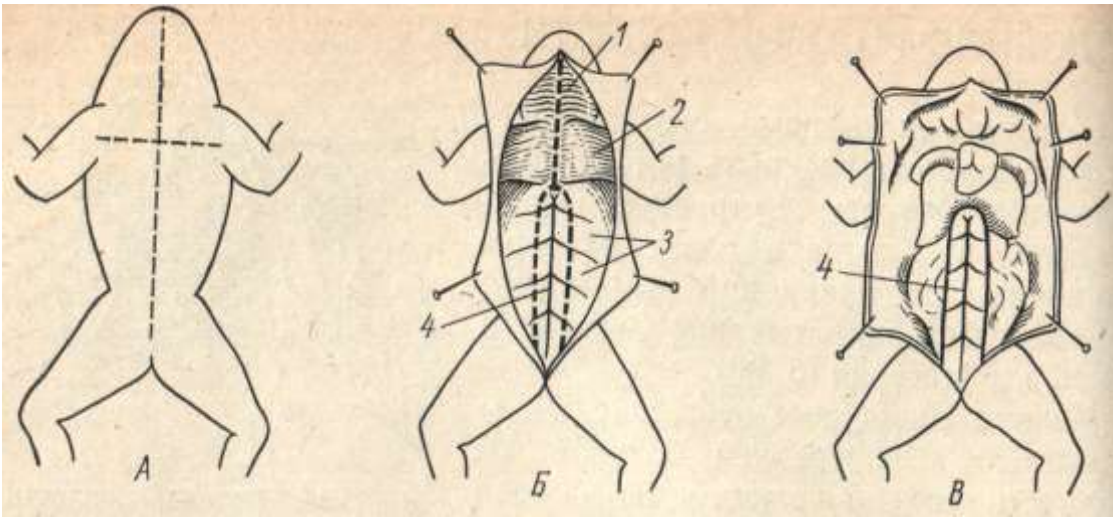
1. Познакомиться с особенностями внешнего облика травяной лягушки.
2. Определить массу тела.
3. Вскрыть и рассмотреть общее расположение внутренних органов.
4. Извлечь внутренние органы: сердце, лёгкие, почки, желудок, кишечник, печень.
5. Взвесить внутренние органы, измерить длину кишечника. Все данные занести в таблицу.
6. Вскрыть желудок и рассмотреть его содержимое.
7. Вычислить относительный вес внутренних органов по формуле:

Индекс органа  $C = m \text{ органа} / m \text{ тела (мг/г)}$

### Вскрытие лягушки

1. Расправить конечности лягушки, положить ее на спину в ванночку, оттянуть пинцетом кожу в нижней части брюха и надрезать ее ножницами.
2. Ввести в разрез тупую ветвь ножниц, и оттягивая все время кожу вверх, чтобы не повредить нижележащие мышцы, сделать разрез от заднего конца тела до ротового отверстия.
3. В области передних конечностей сделать поперечные разрезы кожи. Кожные лоскуты отвернуть в сторону и заколоть булавками; булавки вкалывать в воск косо. При отворачивании кожи обратить внимание, что она приросла к нижележащим мышцам лишь в немногих участках; все остальное пространство занято полостями подкожных лимфатических лакун. Между ветвями нижней челюсти видно широкую межчелюстную мышцу (рис. 2, Б, 1), играющую важную роль в механизме дыхания. Дальше назад расположены комплексы мышц плечевого пояса (рис. 2, Б, 2), укрепляющих его и обеспечивающих движение конечностей. Хорошо видна имеющая метамерное строение мускулатура живота (рис. 2, Б, 3); только здесь и в мышцах позвоночного столба у бесхвостых земноводных еще сохраняется метамерность мускулатуры. По средней линии живота просвечивает темная полоска — брюшная вена (рис. 2, Б, 4) и впадающие в нее вены брюшной стенки.





*Рис.2.* Последовательность проведения вскрытия лягушки

А – разрезать кожу;

Б – разрезать стенку тела;

В – отвернуть стенки тела:

1 – межжелудочные мышцы; 2 – мышцы плечевого пояса; 3 – мышцы брюшной стенки; 4 – брюшная вена; пунктир – линии разрезов

4. Оттянуть кверху пинцетом мышечную стенку задней части живота, прорезать ее и, введя в разрез тупую ветвь ножниц и все время приподнимая ею мышечную стенку (чтобы не повредить внутренние органы), провести разрез вперед, в 3 — 4 мм сбоку от брюшной вены (рис. 2, Б) вплоть до начала ротовой полости. Особенно осторожно перерезается пояс передних конечностей, под которым лежит сердце с отходящими от него сосудами. Второй разрез провести, как показано на рис. 2, Б, таким же образом, но с другой стороны от брюшной вены.

5. Пинцетом осторожно отвести мышечные стенки в стороны (при необходимости подрезая ножницами тонкие пленки, идущие к внутренним органам) и заколоть их булавками (рис. 2, В); брюшная вена остается на месте в мышечном лоскуте.

6. Осторожно удалить мышечный лоскут с брюшной веной.

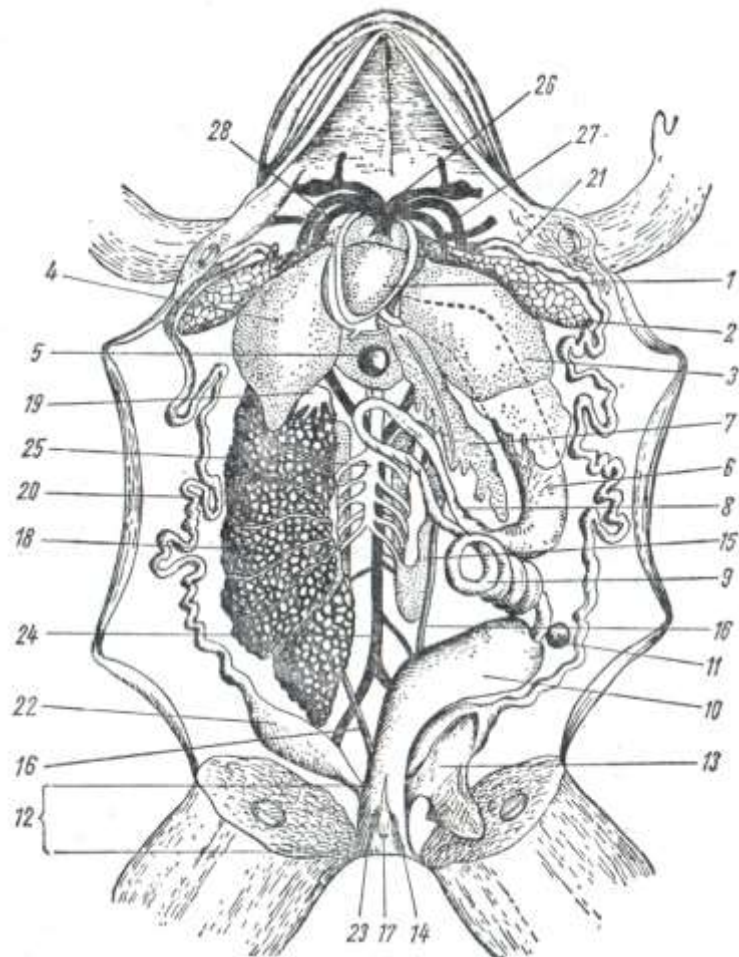


Рис.3. Вскрытая самка травяной лягушки

1 – сердце; 2 – лёгкое; 3 – левая лопасть печени; 4 – правая лопасть печени; 5 – желчный пузырь в центральной лопасти печени; 6 – желудок; 7 – поджелудочная железа; 8 – двенадцатиперстная кишка; 9 – тонкая кишка; 10 – прямая кишка; 11 – селезёнка; 12 – клоака (вскрыта); 13 – мочевой пузырь; 14 – отверстие мочевого пузыря; 15 – почка; 16 – мочеточник; 17 – парные отверстия мочеточников в клоаке; 18 – правый яичник (левый удалён); 19 – жировое тело; 20 – правый яйцевод; 21 – левый яйцевод; 22 – маточный отдел яйцевода; 23 – отверстие яйцевода в клоаке; 24 – спинная аорта; 25 – задняя полая вена; 26 – общая сонная артерия; 27 – левая дуга аорты; 28 – кожно-лёгочная артерия

### Общее расположение внутренних органов

В верхней части полости тела лежит трёхкамерное сердце. Хорошо заметны тёмноокрашенные предсердия и более светлый желудочек.

По бокам сердца лежат тёмно-серые тонкостенные лёгкие. Как правило, они при вскрытии спадаются и поэтому плохо заметны.

Ниже сердца находится большая трёхлопастная печень. Между лопастями печени виден округлый зеленовато-бурый желчный пузырь. Под печенью в левой части тела расположен желудок, переходящий в двенадцатиперстную кишку. В петле между двенадцатиперстной кишкой и желудком на брыжейке прикреплена небольшая оранжево-жёлтая поджелудочная железа. Двенадцатиперстная кишка переходит в тонкую кишку, которая свёрнута клубком. Толстый отдел кишечника плохо заметен, а прямая кишка, наоборот, выражена очень чётко. На брыжейке, примерно на уровне переднего края прямой кишки лежит бордового цвета округлое тельце – селезёнка. Над прямой кишкой, в месте её выхода в клоаку, располагается прозрачный

двухлопастной мочевой пузырь (часто при вскрытии он повреждается, спадается и бывает плохо заметен).

Почки расположены на спинной стороне брюшной полости и прикрыты кишечником, а у самок лягушек и половыми органами. Приподняв пинцетом кишечник (и яичники у самок), можно увидеть почки и лежащие впереди них жировые тела, которые представлены многолепестковыми плоскими образованиями. Если вскрывается самец, то под кишечником обнаруживается пара овальных семенников. У половозрелой самки вся задняя часть полости тела занята яичниками, наполненными яйцами (икрой) и свёрнутыми в сложный клубок длинными яйцеводами. Следует подчеркнуть, что половая система самок обычно развита настолько сильно, что закрывает даже кишечник. Поэтому для рассмотрения последнего приходится отодвигать яичники и яйцеводы в стороны.

#### **6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ (проектов) при наличии**

Нет в наличии

### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

*а) основная:*

Опекунова, М.Г. Биоиндикация загрязнений : учебное пособие / М.Г. Опекунова ; Санкт-Петербургский государственный университет. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 307 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-288-05674-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458079>

Экологическая токсикология и биотестирование водных экосистем: Учебное пособие / С.В. Котелевцев, Д.Н. Маторин, А.П. Садчиков - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 252 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010160-6 <http://znanium.com/catalog/product/473568>

Шамраев, А.В. Экологический мониторинг и экспертиза : учебное пособие / А.В. Шамраев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2014. - 141 с. : табл., ил. - Библиогр.: с. 134. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270263>

Евстифеева, Т. Биологический мониторинг : учебное пособие / Т. Евстифеева, Л. Фабарисова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2012. - 119 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259119>

*б) дополнительная:*

Биоиндикация состояния окружающей среды : монография / В.С. Груздев. — М.: ИНФРА-М, 2018.— 160 с. — (Научная мысль).— [www.dx.doi.org/10.12737/monography\\_5a6f02e2738690.08466285](http://www.dx.doi.org/10.12737/monography_5a6f02e2738690.08466285). <http://znanium.com/catalog/product/956606>

Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя / . - Москва : Издательство ГЕОС, 2016. - 358 с. - ISBN 978-5-89118-719-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469642>

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС Университетская библиотека онлайн - <http://biblioclub.ru>
2. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- 1.Мультимедиа-проектор;
- 2.Персональный компьютер, ноутбук;
3. Экран;
- 4.Биноклярные лупы МБС–9;
- 5.Ручные лупы;
- 6.Микроскопы МБС;
- 7.Череп позвоночных животных;
- 8.Раздаточный материал:
  - выборки речных рыб разных систематических групп;
  - выборки земноводных разных систематических групп;
  - выборки рептилий разных систематических групп;
  - тушки птиц разных систематических групп;
  - тушки и черепа млекопитающих разных систематических групп;
- 9.Чучела птиц и млекопитающих – представителей разных систематических и экологических групп;
- 10.Материальные ванночки;
- 11.Пинцеты;
- 12.Препаровальные иглы;
- 13.Скальпели;
- 14.Электронные весы;
- 15.Измерительная лента;
- 16.Линейки;
- 17.Штангенциркули;
- 18.Аквариумы;
- 19.Предметные и покровные стёкла;
- 20.Ножницы;
- 21.Чашечные весы и разновесы.
- 22.Камеры Богорова;
- 23.Градуированные пипетки;
- 24.Химические стаканы;
- 25.Планктонные сети вертикального лова системы Джели;
- 26.Батометры;
- 27.Дночерпатели;
- 28.Окуляр-микрометры;
- 29.Мерные цилиндры;
- 30.Аквариумы;
- 31.Предметные и покровные стёкла;
- 32.Стеклянные палочки;
- 33.Фиксированные формалином количественные и качественные пробы зоопланктона, бентоса.
- 34.Материальные банки.
- 35.Диск Секки;
- 36.Сачки для водной фауны;
- 37.Скребки для водной фауны;
- 38.Налобные лупы;

39. Линейки с ценой деления 1 мм;
40. Транспортёр;
41. Штангенциркуль;
42. Баня электрическая;
43. Чашки Петри;
44. Холодильник бытовой;
- Реактивы для фиксации
45. Формалин 4% раствор;
46. Спирт этиловый пищевой 95%;
47. Спирт этиловый технический ;
48. Вода дистиллированная.

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа.

Лаборатории, специально оборудованные кабинеты.

*Учебный корпус «Е», ауд. № 116 Научная лаборатория (гидробиологии и ихтиологии)*

Лабораторные столы: 2 пристеночных, 2 островных; 11 лабораторных стульев, мойка, сушилка, 2 шкафа для лабораторной посуды.

Полевое оборудование: батометр Рутгнера, дночерпатель Экмана-Берджа, планктонные сетки, диск Секки, посуда для проб, мерные рейки;

Оборудование для камеральной обработки проб: микроскоп тринокулярный Микромед 2 вар. 3-20 – 1 шт.; микроскоп стереоскопический МС-2-ZOOM 2 CR- 1 шт.;

микроскопы Биомед - 3, Биолам; стереоскопические лупы МБС -9, МБС-10; цифровая видеокамера для микросъёмки; окулярные микрометры, объект-микрометры;

камеры Богорова, камеры Горяева; штемпельные пипетки, химическая посуда; препаровальные ванночки, препаровальные наборы; измерительная доска, штангенциркули; холодильник, термостат; мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110; фотокалориметр, рН-метр; весы Scout sru серия (Chaus); 2 компьютера.

*Учебный корпус «Е» ауд. № 214 Лаборатория экологии*

Лабораторные столы: 3 пристеночных, 3 островных; 12 лабораторных стульев, мойка, сушилка; 2 шкафа для приборов;

мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110 - 1 шт.; анализатор жидкости комбинированный «Эксперт-001-2.0.1» - 1 шт.; амперометрический датчик растворённого кислорода с термоэлектрическим преобразователем ДКТП-02; кондуктометр «Эксперт-002-2-6-п » - 1 шт.; шумомер Testo 816 – 1 шт.; термодатчик метал. ТДС-3 – 1 шт.; рН-метр; люксметр 6 шт; люксметр+яркомер ТКА; насос-пробоотборник – 2 шт.; дозиметр портативный - 2 шт. весы лабораторные ВЛА – 200; высотомер РН-5/1520; вилка мерная; бурав возрастной; микрофон направленный; диктофон Sony; измеритель вибрационной чувствительности; баня водяная шестиместная ПЭ-4300; баня водяная прецизионная LOLPLB-212; центрифуга ОПН-3;

Свободно распространяемое программное обеспечение: офисный пакет