Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С. Ю. Кузьмин

ГИДРОБИОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура

Калининград

УДК 574(075)

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент, директор института рыболовства и аквакультуры ФБОУ ВО «КГТУ» О.А. Новожилов

Кузьмин, С. Ю. Гидробиология: учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура / **С. Ю. Кузьмин**. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 75 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Гидробиология» представлены учебно-методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, которые охватывают основные положения дисциплины и полностью соответствуют рабочей программе.

Табл. 20, список лит. – 8 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 10 апреля 2023г., протокол № 12

УДК 574.5(075)

©Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
Кузьмин С. Ю., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ 6
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ.....7
Лабораторная работа № 1……8
Лабораторная работа № 2……9
Лабораторная работа № 3……..11
Лабораторная работа № 4……...17
Лабораторная работа № 5……..19
Лабораторная работа № 6……..25
Лабораторная работа № 7……...31
Лабораторная работа № 8……...35
Лабораторная работа № 9……..39
Лабораторная работа № 10……....48
Лабораторная работа № 11……...55
Лабораторная работа № 12……58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 62
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ……...63
ПРИЛОЖЕНИЕ ……..…..……..64

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура (для очной и заочной форм обучения) по дисциплине «Гидробиология» входящей в «общепрофессиональный» модуль, к Блоку 1 обязательной части образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура.

Целью освоения дисциплины «Гидробиология» является формирование знаний об основном объекте исследования гидробиологии – водных экологических системах, их структуре и функциональных особенностях, без которых невозможно рациональное использование биологических ресурсов, охрана гидросферы от загрязнения, научное прогнозирование ее состояния.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- филогению основных групп гидробионтов, их систематику, морфологические и физиологические особенности гидробионтов в связи с условиями их обитания и, в частности, физико-химических свойств воды;
- особенности взаимоотношений гидробионтов в гидробиоценозах;
- основные закономерности функционирования гидроэкосистем;
- роль антропогенного воздействия на гидроэкосистемы;
- принципы рационального природопользования, основы охраны водных биоресурсов;

уметь:

- хорошо ориентироваться во всём многообразии живого мира гидросферы; систематизировать и излагать усвоенный материал; пользоваться микроскопической техникой и лабораторным оборудованием, самостоятельно собирать и обрабатывать гидробиологические материалы, анализировать полученные результаты;

владеть:

- основными методами исследования, навыками работы с лабораторным и полевым оборудованием, ведения документации о наблюдениях и экспериментах.

При изучении дисциплины используются знания и навыки довузовской подготовки по биологии, химии, а также получаемые студентами при освоении дисциплин зоологии, экологии, химии, гидрологии.

Дисциплина «Гидробиология» формирует компетенции, используемые студентами в дальнейшей профессиональной деятельности, а также является базой для изучения студентами дисциплин профессионального учебного цикла: ихтиологии, биологических основ рыбоводства, искусственного воспроизвод-

ства рыб, физиологии рыб, санитарной гидробиологии, а также при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра.

Текущий контроль успеваемости осуществляется при опросе в начале лабораторного занятия по теме предыдущей лекции, защите лабораторных работ. Контроль усвоения дисциплины может осуществляться и через систему тестирования. Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем дисциплины. Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов рассмотренных в рамках лабораторных занятий. Тестирование проводится с помощью компьютерной программы Indigo (база тестов располагается на сервере кафедры).

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически, в зависимости от количества правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в виде:

очная форма, 3 семестр – экзамен;

заочная форма, 5 семестр – контрольная работа, экзамен.

Допуском до экзамена является выполнение всех лабораторных работ, их успешная защита.

Система оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации включает в себя системы оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» (табл.1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Критерий	Оценка			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники ин-

Критерий	Оценка			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
				формации в рамках поставленной задачи
Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Учебно-методическое пособие состоит из: введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и планируемые результаты освоения дисциплины; место дисциплины в структуре ОПОП ВО; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки); форма проведения промежуточной аттестации; условия допуска к экзамену, критерии и нормы оценки (текущей и промежуточной аттестации);

основной части, которая содержит тематический план лабораторных работ; методические указания и методические материалы к занятию; рекомендуемую литературу;

методических указаний по выполнению самостоятельной работы студентов;

заключения;

библиографического списка; приложений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ

По дисциплине предусматриваются лабораторные занятия в лаборатории. Наименование лабораторных работ и количество часов занятий в лаборатории определены в нижерасположенных таблицах для очной и заочной форм обучения.

В процессе лабораторного занятия студенты должны исследовать микро- или макроскопические объекты, их препараты, если это необходимо, произвести вскрытие и изготовить временный препарат, зарисовать исследованных гидробионтов, изучить методы сбора и обработки гидробиологического материала, сделать зарисовки орудий сбора.

Лабораторное занятие имеет следующую структуру:

- опрос по теме предыдущей лекции – 10 мин;
- вводная информация преподавателя по теме занятия – 5 мин;
- подготовка рабочего места, настройка оптических приборов, получение препаратов – 5 мин;
- работа с препаратами, гидробиологическими пробами, зарисовки – 60 мин.

Для лабораторных работ каждый студент должен иметь отдельную тетрадь, в которой оформляет материалы лабораторных работ в соответствии с требованиями.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

Таблица 2 – Наименование лабораторных работ

Номер ЛР	**Наименование лабораторной работы**
1	Отношения гидробионтов к основным факторам окружающей среды. Методы, орудия сбора и обработки зоопланктона.
2-4	Приспособления планктонных организмов к парению в воде. Влияние абиотических факторов среды на существование гидробионтов. Видовой состав, численность и биомасса зоопланктона городского пруда.
5	Питание водных животных. Способы добывания пищи.
6-8	Методы сбора и обработки зообентоса. Трофические группы и пищевые зоны в бентали водоемов. Определение численности и биомассы зообентоса Куршского залива.
9	Дыхание гидробионтов. Органы дыхания водных организмов
10	Структура популяции доминирующего вида зоопланктона в городском пруду
11	Определение динамических показателей (удельная рождаемость, смертность, мгновенная скорость роста) популяций массовых видов гидробионтов

12	Сообщество зоопланктона городского пруда и определение сапробности водоёма биологическим методом (метод Пантле-Букка)
13	Сообщество организмов Куршского залива
14	Население морских и солоноватых водоемов. Основные группы зоопланктона и бентоса Балтийского моря.
15	Оценка экологического состояния городского пруда гидробиологическими методами.

Лабораторная работа № 1.

Отношения гидробионтов к основным факторам окружающей среды.

Цель работы: познакомиться с различными группами водных организмов и их экологической валентностью.

Краткие теоретические сведения. Факторы, влияющие на жизнедеятельность гидробионтов, разделяют на абиотические, биотические и антропогенные. Диапазон колебаний фактора, который готов выдержать вид, называется его экологической валентностью. Формы с широкой экологической валентностью обозначаются как эврибионтные, с узкой – как стенобионтные. Степень экологической валентности вида можно оценивать не только в отношении широкого комплекса факторов, но и применительно к каждому из них в отдельности, добавляя к названию соответствующего фактора греческое «эври» или «стено».

Терминология отношения водных организмов к важнейшим факторам среды следующая:

глубина – эврибатные, стенобатные;
соленость – эвригалинные, стеногалинные;
температура – эвритермные, стенотермные;
кислород – эвриоксигенные, стеноксигенные;
ионы – эврииионные, стеноионные;
свет – эврифотные, стенофотные;
грунт – эвриэдафичные, стеноэдафичные;
пища – эврифаги, стенофаги.

Материал и оборудование: планктонные пробы, содержащие ветвистоусых и веслоногих ракообразных, коловраток, моллюски из водоемов различной солености, микроскопы, бинокуляры, предметные и покровные стекла, пипетки, чашки Петри, пинцеты, определители.

Задание: определить до вида организмы, указать их экологическую валентность.

Последовательность выполнения работы:

1. В пробах планктона определить несколько массовых видов коловраток, кладоцер и копепод.

2. Установить виды моллюсков.

3. Сделать зарисовки организмов.

4. Указать систематическое положение каждого вида (тип, класс, подкласс, отряд, семейство, род, вид).

5. Записать из определителей для каждого вида сведения по морфологии, биологии, экологии и распространению. Охарактеризовать степень их экологической валентности.

Форма записи и отчет о работе.

Результаты оформить в соответствии с заданием и последовательностью выполнения работы. Записать тему работы, ее цель. В рабочей тетради сделать карандашом зарисовку определённого вида гидробионта, рядом написать систематическое положение этого вида (тип, класс, подкласс, отряд, семейство, род, вид), согласуя систематику с преподавателем, т.к. в определителях может быть устаревшая систематика. В рекомендуемых определителях и практикумах прочитать об экологии этого вида. Под рисунком в тетради записать терминалогию отношения гидробионта к важнейшим факторам среды. Предъявить выполненную работу на проверку преподавателю.

Вопросы для самопроверки:

1. Чем отличаются понятия «элементы окружающей среды» и «экологические факторы»?

2. Что такое условия существования организмов?

3. Что означает понятие «экологическая валентность вида?» Привести примеры животных с различной экологической валентностью.

4. Классификация экологических факторов.

5. Назовите важнейшие абиотические факторы водной среды.

6. Назовите важнейшие биотические факторы водной среды.

Лабораторная работа № 2.

Приспособления планктонных организмов к парению в воде.

Цель работы: познакомиться с основными адаптациями к обитанию в толще воды на примере конкретных планктонных организмов.

Краткие теоретические сведения. В пелагиали водоемов доминируют две жизненные формы: планктон и нектон. К планктонным организмам относятся гидробионты, неспособные к активным движениям или обладающие ими, но в этом случае в силу малых скоростей перемещения, не противостоящие токам воды (водоросли, простейшие, коловратки, рачки и другие животные).

Нектонные формы – это крупные животные, двигательная активность которых достаточна для преодоления водных течений (рыбы, кальмары, млекопитающие).

Тело планктонных организмов характеризуется расчлененностью общего контура, обилием выступающих деталей и плохой обтекаемостью, что в итоге обеспечивает им хорошо выраженный парашютный эффект и создает высокое сопротивление при поступательном движении, они плавают обычно в режиме $R_e<2\cdot10^7$ (формула 1). Некоторые организмы имеют обтекаемую форму тела (нектон), они плавают в режиме $R_e>2\cdot10^7$.

$$R_e = V\frac{l}{\lambda}, \qquad (1)$$

где R_e – число Рейнольдса – гидродинамический показатель, отражающий соотношение сил инерции и трения;

V – скорость движения жидкости;

l – длина тела;

λ – кинематическая вязкость.

Приспособления планктонных организмов к пелагическому образу жизни сводятся, прежде всего, к обеспечению плавучести – развитию различных адаптаций, замедляющих погружение организмов, так как их плотность обычно несколько больше единицы (1,01 - 1,06 г/см^3). Организмы могут увеличивать плавучесть путем повышения трения о воду и уменьшения остаточной массы.

Повышение трения о воду достигается увеличением удельной поверхности тела гидробионтов. Обычно планктонные организмы имеют малые и микроскопические размеры (большую удельную поверхность тела), уплощенное и сильно расчлененное тело.

Снижение остаточной массы может достигаться уменьшением количества костной ткани, белка в тканях, заменой тяжелых солей более легкими, отложением большого количества жира, заменой более плотного жира менее плотным, образованием полостей, наполненных воздухом, обводнением тела.

Огромное значение для обитателей пелагиали (особенно для зоопланктона) имеют адаптации к использованию течений и других средств пассивного перемещения с целью обеспечения пребывания в нужных биотопах и расселения.

Материалы и оборудование: пробы планктона, микроскопы, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, определители.

Задание: провести определение ряда планктонных организмов до вида, установить имеющиеся у них приспособления для повышения плавучести.

Последовательность выполнения работы:

1. Определить каждый организм до вида, указать систематическое положение (тип, класс, подкласс, отряд, семейство, род, вид).

2. Сделать рисунки определяемых организмов: общего вида и некоторых деталей, позволяющих гидробионтам обитать в толще воды (приспособления к парению).

Форма записи и отчет о работе.

Для каждого вида записать сведения по систематике, экологии и распространению, сделать зарисовки и указать приспособления, увеличивающие их плавучесть.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные биотопы в водоёмах и соответствующие им жизненные формы гидробионтов.

2. Назовите различные формы пелагоса.

3. Каким образом планктонные организмы достигают увеличения удельной поверхности их тела?

4. Что такое остаточная масса планктонных организмов?

5. Назовите способы снижения остаточной массы у фитопланктона, веслоногих и ветвистоусых ракообразных, у крылоногих моллюсков и высших раков.

6. Назовите характерные признаки нектонных организмов.

7. Что отражают числа Рейнольдса?

Лабораторная работа № 3.

Методы сбора и обработки зоопланктона.

Цель работы: изучить орудия сбора и способы обработки зоопланктона, наиболее часто применяемые в настоящее время.

Краткие теоретические сведения. Зоопланктон – это совокупность животных, населяющих толщу морских и пресных вод и пассивно переносимых течениями. Изучение видового состава, распределения и количественного развития планктонных организмов производится различными методами и орудиями лова. Универсального метода, пригодного для сбора всех групп планктонных организмов, не существует. Для сбора планктона применяются т.н. планктонные сети и планктоночерпатели.

Принцип работы планктонных сетей состоит в том, что организмы, находящиеся в толще воды, отфильтровываются и задерживаются через специальную сеть. Планктонная сеть – это мешок конической или цилиндрической формы и стаканчик, в котором концентрируется улов. Для изготовления мешка используют шелковое мельничное сито, капрон, нейлон. Мельничное сито име-

ет различную плотность, которую обозначают номерами от 7 до 77. Номер газа соответствует количеству отверстий, приходящихся на отрезок ткани в 10 мм. К преимуществам сетного метода можно отнести возможность облавливать большие объемы воды (десятки, сотни кубических метров), а к недостаткам – неточность учета объема профильтрованной воды, деформация ячей, засорение, малую скорость движения сети, при которой часть планктеров уходит.

При изучении видового состава зоопланктонного сообщества в мелководных водоемах до 2-х метров глубиной облов зоопланктона можно производить сачком, качественной планктонной сеткой либо ведром, профильтровав не менее 5-10 ведер через мельничный газ №64 или 77. Сейчас данный материал называется ткань для сит, он измеряется в мкм размеры ячей. Для лова коловраток, науплиальных стадий веслоногих раков и молоди ветвистоусых - следует пользоваться сеткой (или сачком) с густым ситом (газ № 64-77), для взрослых ракообразных - менее густым ситом (газ № 38). При обследовании видового состава более глубоких водоемов необходимо проводить тотальный лов от дна до поверхности.

Для отбора количественных проб зоопланктона применяются количественные сети и планктонобатометры различных конструкций. В морских водоемах, для лова мезопланктона (организмы размером от 1 до 10 мм) используются замыкающиеся сети Джеди. В продуктивных водах Мирового океана наиболее часто используется модель сети Джеди с площадью входного отверстия 0,1 м^2 (тип БСД) с фильтрующим конусом из сита № 36, ячея 178 мкм. Для учета зоопланктона в тропических районах океана употребляется модель этой сети с площадью входного отверстия 0,5 м^2 с фильтрующим конусом № 38. Эти сети применяются как для тотальных ловов зоопланктона, так и для изучения его вертикального распределения. В пресных водоемах (озера, водохранилища и др.) для вертикального лова планктона применяется стандартная количественная замыкающаяся сеть Джеди (малая модель) с площадью входного отверстия 0,01 м^2 с фильтрующим конусом из газа № 38 (для сбора мезопланктона) или № 64-70 (для лова микропланктона - коловраток и молоди ракообразных). Макропланктон обычно ловят той же сетью Джеди, но с укороченной надставкой и фильтрующим конусом из сита № 14.

Наряду с планктонной сетью Джеди на пресных водах при количественных сборах зоопланктона широко используются планктонобатометры различных конструкций. Уловистость этих приборов в 2-5 раз выше, чем планктонных сетей за счет сбора мелких групп зоопланктона.

Планктонобатометр ДК (Дьяченко-Кожевникова) состоит из укрепленного на стойке, или без нее, металлического цилиндра вместимостью 5-10 л с верхними и нижними крышками (рис.1, а, б), на нижней крышке имеет-

ся кран. Перед началом работы крышки закрепляют в вертикальном положении и опускают прибор в воду на тросе (канате) на нужную глубину и резко останавливают. От рывка троса нижняя и верхняя крышки автоматически захлопываются. После подъема прибора кран открывается, и вода процеживается через сеть из газа №70.

Планктонобатометр Паталаса – прибор 10х10х50 см с крышками, открывающимися давлением воды снизу, при его опускании в водоем, а закрывающимися силой тяжести, когда прибор задерживается на требуемой глубине. Прибор изготовляется из металла, объем зачерпывания воды 5 л. Сбор планктона осуществляется как в поверхностном, так и придонном слоях воды (рис.1, в).

Отбор проб планктонобатометрами в прудах производится по вертикали через каждые 0,5-1 м, в более глубоких водоемах - через каждые 2 м. В морских водоемах планктонобатометры находят применение в основном для сбора микропланктона, реже мезопланктона.

Для сбора зоопланктона необходимо иметь план водоема, на котором указано распределение глубин, характер донных отложений, степень развития макрофитов на литорали, а также площадь водоема. Перед началом исследований должны быть намечены места станций, где будут производиться сборы планктона. Станции должны располагаться так, чтобы получить продольные и поперечные разрезы водоема. Число станций зависит от величины водоема и задач исследования, в озерах число станций должно быть не менее трех. В небольших водоемах (менее 100 га) с блюдцеобразным ложем и глубинами не более 10 м достаточен сбор проб на 5-6 станциях, из которых 2-3 приходятся на открытую часть, остальные на прибрежные районы. В озерах и водохранилищах с площадью более 100 га, имеющих крупные заливы, следует помимо 3-5 станций в открытой части установить не менее 2-3 станций в каждом заливе, так чтобы охватить прибрежные и центральные зоны, различные по глубине.

При изучении планктона литорали, представленной несколькими биотопами или занятой зарослями различных растений, количество станций должно быть увеличено в соответствии с числом биотопов или типом растительности. На каждом характерном биотопе в зависимости от занимаемой им площади устанавливают 1-2 станции.

Места отбора станций в водохранилищах выбираются также с учетом охвата всех основных биотопов, разнообразных по качеству грунтов и глубин. Число станций должно быть в этих водоемах не менее четырех.

Места отбора проб на реке выбираются с учетом охвата всех основных биотопов, разнообразных по гидрологическому режиму. В реке в направлении

от истоков к устью выделяют три отрезка: верхнее, среднее и нижнее течение. Верхнее течение, как правило, имеет значительный уклон, малую водность, большую скорость, ложе реки здесь каменистое. В среднем течении уклон уменьшается, скорость движения воды замедляется, начинается отложение наносов. Благодаря впадению притоков водность реки постепенно возрастает. В нижнем участке течение наиболее медленное, здесь откладывается наибольшая часть наносов, несомых речными водами.

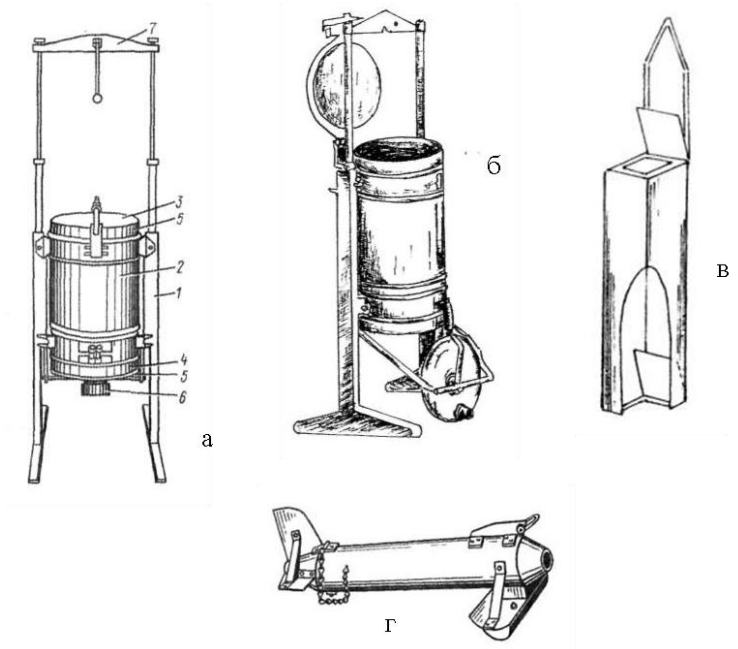

Рисунок 1 – Планктонобатометры

а – планктонобатометр ДК (Дьяченко-Кожевникова) б – планктонобатометр ДК (вид с открытыми крышками), в – планктоночерпатель Паталаса, г – стандартный планктонный индикатор Гарди.

1 – стойки, 2 – цилиндр, 3 – верхняя крышка, 4 – нижняя крышка, 5 – прокладка из пористой резины, 6 – кран, 7 – перекладина.

Для отбора проб не может быть рекомендовано какое-либо одно универсальное орудие сбора в результате значительного диапазона размеров планктонных организмов. Различают как минимум три размерные группы зоопланктона:

1) микро-, нано- и пикопланктон, имеющие соответственно размеры более 50 мкм, 5 мкм, и менее 5 мкм;

2) мезопланктон – организмы крупнее 0,5 мм;

3) макропланктон – более 5 мм.

Для учета гидробионтов первой размерной группы (значительная часть простейших и мелких коловраток *Keratella, Polyarthra*, яйца коловраток и рако-

образных) пробы отбираются батометрами с последующим осаждением (отстаиванием) или фильтрацией через фильтрующие воронки с целью концентрации организмов на специальных фильтрах (мембранных, ядерных и т.д.). В водоемах эвтрофного типа берется объем воды 0,5 л, для мезо- и олиготрофных - 1-3 л.

Для учета второй размерной группы (ракообразные, крупные простейшие и коловратки *Brachionus calyciflorus, Asplanchna* и др.) используют планктонные сети, номер сита № 49-56 и № 64-70. Для сбора зоопланктона третьей размерной группы (ракообразные) применяют планктонные сети, сито № 14.

В водоемах с глубинами до шести-семи метров лов зоопланктона ведется от дна до поверхности (тотальный лов). В более глубоких водоемах осуществляется послойный (фракционный) лов по горизонтам с помощью сети Джеди с замыкателем или планктонобатометров.

В озерах последовательно облавливается эпилимнион (от верхней границы слоя температурного скачка до поверхности), металимнион (зона температурного скачка) и гиполимнион (от дна до нижней границы слоя температурного скачка).

При вертикальных ловах зоопланктона сеть отвесно опускают по тросу на необходимую глубину и протягивают с небольшой скоростью (для сетки из газа № 77 скорость не более 0,25- 0,50 м/с, для сети из газа № 34-49 скорость не более 1 м/с). После окончания облова определенного слоя сеть извлекают из водоема так, чтобы стекла вода ее заполняющая, а улов оказался в планктонном стаканчике. Затем сеть извлекают, тщательно несколько раз промывают в водоеме, осторожно опуская в воду до входного отверстия, чтобы не зачерпнуть через край. Собранный планктон сливают в склянки объемом 100-200 $см^3$ и фиксируют. Этикетку с помощью резиновых колечек прикрепляют к пробке или помещают под пробку.

Если лов зоопланктона осуществляется планктонобатометром, то собранный им объем воды с определенного горизонта, фильтруется через планктонную сеть (газ № 49-56, № 64-70), сгущенная проба переносится в соответствующую горизонту склянку и фиксируется формалином. Для получения пробы, зоопланктона в толще воды (тотальный сбор) для каждой станции водоема необходимо все подъемы планктонобатометра сливать в одну планктонную сеть и в одну склянку (указать в этикетке номер станции и горизонты, с которых отбирался планктон для получения интегрированной пробы).

Отбор проб планктонобатометром в водохранилищах и прудах проводится через каждые 0,5 - 1,0 м. Особого внимания заслуживает сбор зоопланктона первой размерной группы, лов которого осуществляется планктонобато-

метрами или батометрами. Исследования последних лет свидетельствуют о большой роли планктонных простейших в образовании вторичной продукции, процессах трансформации органического вещества и самоочищения водоемов. Инфузории в период массового развития могут преобладать по количеству видов, а по биомассе составлять до 40% всего зоопланктона.

Для фиксации проб зоопланктона применяют формалин. 40%-й формалин добавляют в пробу с таким расчетом, чтобы концентрация его составляла 4% (в 40%-й формалин добавляют воду из расчета 1:9). Склянки с планктоном должны быть заполнены фиксирующей жидкостью до крышки, чтобы не происходило взбалтывания, разрушающего хрупкие части тела ракообразных и других организмов. Фиксировать пробы зоопланктона рекомендуют также смесью 10%-го формалина и сахарозы для предотвращения потери яиц из выводковой камеры ветвистоусых раков. Фиксатор готовится заранее: 10%-й формалин и 10%-я сахароза соединяются в пропорции 1:1. Для консервирования используют 5 мл (10 мл) этой смеси добавляют в 95 мл (90 мл) пробы зоопланктона.

Каждую пробу снабжают этикеткой с указанием номера пробы, номера станции, даты, названия водоема, глубины, орудия лова, объема профильтрованной воды.

Определение численности и биомассы организмов по отдельным видам чаще всего осуществляется счетным методом Гензена (см. лабораторную работу № 5). Суть метода – организмы каждого вида подсчитывают в пробе или чаще всего в определенной части пробы с последующим пересчетом на всю про Для подсчета берут штемпель-пипеткой Самышева (рис. 3) 3-5 порций, из полученных данных выводят среднюю и по ней определяют количество организмов во всей пробе.

Материал и оборудование: сети Апштейна, Джеди, замыкатель Нансена, планктонобатометр ДК (Дьяченко-Кожевникова), планктоночерпатель Патала-са, образцы сетного полотна, штемпель-пипетки, счетные камеры Богорова, пробы зоопланктона.

Задание: ознакомиться с конструкцией качественных и количественных орудий сбора планктона.

Последовательность выполнения работы:

1. Познакомиться с конструкциями имеющихся в лаборатории орудий лова зоопланктона и принципом их работ.

2. В рабочей тетради сделать зарисовки орудий сбора, указать детали строения.

Форма записи и отчет о работе.

Результаты оформить в соответствии с заданием и последовательностью выполнения работы.

Вопросы для самопроверки:

1. Что значит качественное и количественное орудие сбора и соответственно – качественные и количественные пробы?
2. Назовите приборы для качественного отбора проб зоопланктона.
3. Какие орудия используются для количественного сбора планктона?
4. В чем заключается принцип счетного метода Гензена?

Лабораторная работа № 4.

Население континентальных водоемов.

Цель работы: познакомиться с качественным составом, экологической характеристикой представителей зоопланктона различных пресных водоемов Калининградской области.

Краткие теоретические сведения. Пруд – это естественный или искусственный водоем с замедленным стоком, в котором уже в начальный период его существования отсутствует зональность в распределении биоценозов и возможно произрастание высшей водной растительности на всей площади дна. Рыбоводные пруды – специфические искусственные водоемы с глубиной обычно не превышающей 1-3 м.

Сообщества прудовых экосистем формируются из популяций с короткими жизненными циклами, высокими скоростями роста, воспроизводства, приспособлениями к выживанию в фазе осушения прудов, быстрому восстановлению с наступлением водной фазы. Прудовые экосистемы искусственно удерживаются на ранних стадиях экологической сукцессии, видовое разнообразие сообществ и биоценозов в прудах обеднено.

В зоопланктоне рыбоводных прудов доминируют инфузории, коловратки и ветвистоусые ракообразные. Веслоногие рачки имеют меньшее значение. В прудах средней полосы наблюдается сезонная смена ветвистоусых рачков, которые весной преимущественно представлены видами родов *Moina, Scapholeberis, Simocephalus*, а позже при повышении температуры воды более 20°С они исчезают из планктона и доминирующими становятся *Daphnia pulex, D. longispina, Bosmina*. Летом фауна ветвистоусых резко обедняется, и они могут исчезать из прудов, по-видимому, в связи с понижением численности бактерий и протококковых водорослей, которыми они в основном питаются.

Зоопланктон озер в основном состоит из бесцветных жгутиковых, инфузорий, коловраток, ветвистоусых и веслоногих раков. Наиболее распространены инфузории *Tintinnus, Tintinnopsis*, коловратки *Asplanchna, Polyartra, Bra-*

chionus, Keratella, кладоцеры *Daphnia, Bosmina, Chydorus, Diaphanosoma*, копеподы *Diaptomus, Heterocope, Cyclops, Mesocyclops*. Здесь встречаются также личинки донных животных (двустворчатых моллюсков, насекомых рода *Chaoborus*). Планктон в прибрежной зоне озер среди зарослей макрофитов значительно богаче по сравнению с пелагиалью. Из ветвистоусых характерны *Sida, Polyphemus*, молодь *Leptodora*, ряд видов из семейства Chydoridae (*Eurycercus, Acroperus, Alona* и др.) и Bosminidae, коловратки *Brachionus, Schizocerca* и др., а из веслоногих ракообразных – представители подотряда Cyclopoida. В пелагиали основная часть зоопланктона приходится на веслоногих рачков из подотряда Calanoida. Характерны здесь из кладоцер *Leptodora, Bosmina obtusirostris, Daphnia longispina, D. cristata, Ceriodaphnia pulchella, Diaphanosoma brachyurum*, из коловраток *Asplanchna, Kellicotia, Keratella*.

Для зоопланктона водохранилищ характерно более интенсивное развитие коловраток и кладоцер по сравнению с копеподами. Для всех крупных равнинных водохранилищ характерны дафнии (*Daphnia*), циклопы (*Cyclops*) и диаптомусы (*Diaptomus*).

В реках состав зоопланктона на разных участках заметно отличается. В верхнем течении реки коловратки преобладают над ракообразными, а среди последних – кладоцеры над копеподами. В среднем и, особенно в нижнем участке реки ракообразные, как правило, преобладают над коловратками.

Материал и оборудование: пробы пресноводного зоопланктона, осветитель, бинокуляры, препаровальные иглы, пипетки, стеклянные трубки, чашки Петри, предметные стекла, счетные камеры Богорова, вата, марля, фильтровальная бумага, определители.

Задание: провести качественную обработку планктонных проб и установить видовой состав зоопланктона.

Последовательность выполнения работы:

1) В рабочую тетрадь записать содержание этикетки, которой снабжена проба.

2) Определить до вида все обнаруженные организмы планктона.

3) Сделать зарисовки определяемых видов.

4) Для каждого вида записать сведения по систематике (тип, класс, отряд, семейство, род, вид), экологии, распространению, указать характерные морфологические признаки.

Форма записи и отчет о работе.

Результаты оформить в соответствии с заданием и последовательностью выполнения работы.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные систематические группы планктона континентальных водоемов.

2. Приведите примеры важнейших представителей зоопланктона рыбоводных и городских прудов.

3. Назовите массовых представителей зоопланктона Куршского залива.

Лабораторная работа № 5.

Определение численности и биомассы зоопланктона.

Цель работы: познакомиться с методом определения численности и биомассы зоопланктона по Гензену.

Краткие теоретические сведения. Определение численности организмов по отдельным видам осуществляется счетным методом В. Гензена.

При счетном методе подсчитывают по отдельным видам или все организмы в пробе (когда их немного), или чаще организмы в определенной части пробы с последующим пересчетом на всю пробу (счетный метод Гензена). Если планктона немного, то эти редкие организмы просчитывают во всей пробе. Для этого пробу концентрируют, т.е. осторожно отсасывают излишек фиксирующей жидкости с помощью трубки, затянутой мелким газом, и переносят в чашку Петри. На дне чашки Петри с обратной стороны рисуют восковым карандашом крест, делящий дно на четыре сектора. С помощью бинокулярной лупы подсчитывают количество организмов в чашке, умножив полученный результат на двадцать (50-литровая проба составляет 1/20 $м^3$) находим численность (N) экз./$м^3$. Если планктона много, берут для подсчета последовательно 3-4 порции, из полученных данных выводят среднюю и по ней определяют количество организмов во всей пробе. Взятие части пробы производится штемпель-пипеткой Самышева. Штемпель-пипеткой Самышева на 0,5 мл отбирают тщательно перемешанную взвесь и переносят ее в счетную камеру Богорова. Камера Богорова представляет собой пластинку из толстого оргстекла размером 6х9 см с сообщающимися желобами-канавками, разделенными призматическими перегородками. Дно каждой канавки по ширине соответствует полю зрения оптического прибора, с помощью которого ведется подсчет.

Следующий этап количественной обработки планктона – получение данных по его биомассе. Биомассу мезопланктона можно определить, взвесив на аналитических или торсионных весах несколько десятков, сотен экземпляров данного вида. Организмы обсушивают фильтровальной бумагой до исчезновения влажных пятен и взвешивают в закрытых бюксах, массу которых определяют заранее. Подсушенные организмы переносят в бюкс с помощью препаро-

вальной иглы или кисточки. Но надо помнить, что полученные таким образом данные массы сырого вещества представляют цифры, определяющие лишь порядок массы организма.

Непосредственно взвешивание организмов очень трудоемко, поэтому при определении их массы широко пользуются способом, основанным на расчетах, учитывающих соотношение между массой и длиной тела особи. Когда известен линейный размер организма (L), его массу (W) можно рассчитать по уравнению, связывающему эти величины (см. последовательность выполнения работы).

Материал и оборудование: пробы зоопланктона городских или рыбоводных прудов УОРХ, осветители, бинокуляры, препаровальные иглы, пипетки, стеклянные трубки, чашки Петри, предметные стекла, счетные камеры Богорова, штемпель-пипетки Самышева объемом 0,2 и 0,5 мл, вата, марля, фильтровальная бумага, определители.

Задание: 1) Определить численность зоопланктона методом Гензена.

2) Рассчитать индивидуальную массу организма.

3) Определить биомассу видов зоопланктона в пробе.

Последовательность выполнения работы:

1) В рабочую тетрадь записывается содержание этикетки, которой снабжена проба. Устанавливается видовой состав зоопланктона пробы, зарисовывается общий вид и некоторые детали строения организмов.

2) Пробы, содержащие большой осадок планктона, разбавляются и доводятся до определенного объема 50, 70, 100, 200 мл. Пробы, бедные планктоном, концентрируют (часть жидкости отсасывают с помощью пипетки, конец которой затянут ситом) до 20 мл. Штемпель-пипеткой пробу тщательно взбалтывают и, не дав организмам осесть, берут часть, которую переносят на счетное стекло или камеру. Минимальное количество взятых порций должно быть не менее трех.

3) Определяется количество животных в пробе как среднее арифметическое всех просчетов. Для учета крупных или малочисленных организмов вся проба просматривается под бинокуляром. Полученные данные по численности каждого вида во всей пробе пересчитываются на экз/л, экз/м^3. Объем воды (V), профильтрованной при облове слоя глубиной h (м) сетью Джеди, рассчитывается по формуле:

$$V = \pi R^2 h, \qquad (2)$$

где R - радиус входного отверстия сетки (м).

4) Численность организмов в 1 м^3 данного слоя воды определяется по формуле:

$$N_i = \frac{1}{V} n_i \,, \qquad (3)$$

где n_i - количество организмов в пробе, экз.;

V - объем воды, процеженной через сеть, м^3.

Для стандартной сети Джеди с диаметром входного отверстия 18 см (радиус 0,09 м) объем профильтрованного слоя глубиной в 1 м составляет:

V = 3,14 · 0,09 м^2 · 1 м = 0,02543 м^3, а 1/V = 39,32.

При глубине 2, 4, 6 м и т.д. эта величина (1/V) соответственно уменьшается в 2, 4, 6 и т.д. раз.

Пример расчета.

Диаметр сети 18 см. Глубина облова 0-5, 5-10, 10-20 м. Число животных в пробе 200, 150, 50 экз. соответственно. Объем профильтрованной воды для слоя 0-5 и 5-10 м:

V = 3,14 · 0,09 м^2 · 5 м = 0,127 м^3

для слоя 10- 20 м:

V = 3,14 · 0,09 м^2 · 10 м = 0,254 м^3.

Коэффициент перевода организмов в пробе в их количество в м^3

для слоя 0-5 и 5-10 м 1 : 0,127 = 7,86,

для слоя 10-20 м 1 : 0,254 = 3,93.

Численность организмов в 1 м^3 –

для слоя 0-5 м: N_1 = 200 · 7,86 = 1572 экз/м^3;

для слоя 5-10 м: N_2 = 150 · 7,86 = 1179 экз/м^3;

для слоя 10-20 м: N_3 = 50 ·3,93 = 196,5 экэ/м^3.

Допустим, что площадь (S) обследуемого района - 1000 м^2 тогда объем облавливаемого слоя (V_h) 0-5 и 5-10 м равен:

$V_h = S \cdot h$ = 1000 м^2 ·5 м = 5000 м^3,

для слоя 10-20 м V_h= 1000 м^2 · 10 м = 10000 м^3.

Численность зоопланктона облавливаемых слоев:

для 0-5 м: N_1 = 5000 м^3 · 1572 экз/м^3 = 7,86 ·10^6 экз.;

для 5-10 м: N_2 = 5000 м^3 · 1179 экз/м^3 = 5,895 · 10^6 экз.;

для 10-20 м: N_3 = 10000 м^3 · 196,5 экз/м^3 = 1,965 · 10^6 экз.;

Итого: 7,86 · 10^6 + 5,895 · 10^6 + 1,965 · 10^6 = 15,72 · 10^6 экз.

Численность зоопланктона под квадратным метром:

N (экз/м^2) = 15,72 · 10^6 экз : 1000 м^2 = 15720 экз/м^2.

Пример расчета.

Объем воды, процеженной через сеть Апштейна (V) - 50 л, среднее количество планктонных организмов в одной порционной пипетке Самышева

(0,5 мл) - 16 экз., объем склянки - 100 мл. Тогда в склянке (в 100 мл) будет организмов:

$$n_i = \frac{16 \cdot 100}{0,5} = 3200 \text{ экз.}$$

а $N_i = \frac{3200 \cdot 1000}{50} = 64000$ экз./м^3 (т.к. 1 м^3 = 1000 л).

5) Индивидуальная масса животных определяется по формуле связи длины и массы организмов с учетом их размера (возраста).

$$W = qL^b, \qquad (4)$$

где W - масса (в мг сырого веса);

L - длина тела (мм);

q - масса при длине, равной 1 мм;

b - показатель степени.

Измеряют от 10 до 30 экземпляров каждого вида. Объектив бинокулярной лупы при измерении длины организма должен быть с семикратным увеличением, а окуляр – с восьмикратным. При таком условии одно деление (на измерительной шкале одна черточка) окуляра соответствует 0,015 мм. При четырехкратном увеличении объектива бинокулярной лупы одно деление на измерительной шкале окуляра соответствует 0,025 мм. Схема промеров различных представителей зоопланктона представлена на рис. 4.

Для расчета индивидуальной массы коловраток используется уравнение изометрического роста, где b = 3.

Допуская, что удельный вес животных равен 1, целесообразно массу науплиев копепод приравнивать к объему эллипсоида:

$$V = 4/3\ \pi abc, \qquad (5)$$

где V - объем (мм^3);

π = 3,14;

a, b, c - 1/2 длины, ширины и высоты тела (мм).

Значения q и b степенных уравнений находятся по таблицам, приведенным в работе Балушкиной Е.В. и Винберга Г.Г. (1979). Параметры уравнений зависимости массы от длины тела для некоторых представителей зоопланктона приведены в табл. 1 и 2.

6) Биомасса каждого вида (B) рассчитывается путем умножения его численности (N) на среднюю индивидуальную массу организма (W).

7) Полученные при обработке данные по биомассе отдельных видов или всей пробы пересчитываются на 1 м^3 профильтрованной воды.

Пример расчета.

Численность (N) *Bosmina coregoni* в пробе 800 экз/м^3. Из них 500 экз/м^3. имеют длину 0,07 мм, 300 экз/м^3. – 0,09 мм.

Согласно таблицам, приведенным в работе Е.В. Балушкиной и Г.Г. Винберга (1979), для рода *Bosmina*

$$W = 0{,}176\,L^{2{,}975}$$

$B = W \cdot N$

$B = 0{,}176 \cdot 0{,}07^{2{,}975} \cdot 500 + 0{,}176 \cdot 0{,}09^{2{,}975} \cdot 300 = 0{,}07$ мг

Таблица 1 – Параметры уравнения зависимости массы тела (W) от его длины (L) для пресноводных планктонных ракообразных (Балушкина, Винберг, 1979)

Вид, род, семейство, отряд	q	b	Вид, род, семейство, отряд	q	b
Daphnia magna	0,094	2,917	р. *Bythotrephes*	0,077	2,911
D. pulex	0,080	2,921	*Leptodora kindti*	0,006	2,856
D. longispina	0,065	2,896	*Cyclops strenuus*	0,039	2,313
D. cucullata	0,051	3,022	*Cyclops vicinus*	0,034	2,838
D. hyaline	0,050	2,684	р. *Acanthocyclops*	0,039	3,156
р. *Daphnia*	0,075	2,925	*Acanthocyclops gigas*	0,042	3,161
Simocephalus vetulus	0,104	3,103	*Acanthocyclops vernalis*	0,039	2,812
р. *Simocephalus*	0,075	3,170	р. *Mesocyclops*	0,034	2,923
р. *Moina*	0,074	3,050	*Mesocyclops leuckarti*	0,033	3,254
р. *Ceriodaphnia*	0,141	2,766	*Mesocyclops crassus*	0,047	3,140
р. *Scapholeberis*	0,133	2,630	р. *Limnocalanus*	0,070	3,174
р. *Macrothrix*	0,083	2,331	р. *Hemidiaptomus*	0,073	2,548
р. *Chydorus*	0,203	2,771	*Eudiaptomus graciloides*, *E. gracilis*	0,036	2,738
Eurycercus lamellatus	0,127	3,076	*Macrocyclops albidus*	0,045	2,750
р. *Alona*, *Alonella*	0,091	2,641	сем. Sidiidae, Daphniidae	0,068	3,019
Sida crystalline	0,074	2,727	сем. Macrothricidae, Chydoridae	0,140	2,723
р. *Bosmina*	0,176	2,975	подотр. Cyclopoida	0,037	2,762
Polyphemus pediculus	0,448	2,686	подотр. Calanoida	0,037	2,805

Для расчёта индивидуальной массы гидробионтов с изометрическим ростом, растущих всю жизнь и при этом не меняющих пропорции (коловратки) степень b =3, а коэффициент q представлен в таблице 2

Таблица 2 – Значения q в уравнении $W=qL^3$ для фиксированных коловраток 4%-м формалином (по А.К. Горбунову, 1983)

Вид	q	Вид	q
Bipalpus (Pleosoma) hudsoni	0,17	*Lecane luna*	0,22
Euchlanis dilatata	0,21	*L. bulla*	0,21
E. calpida	0,19	*Lepadella patella*	0,08
E. incisa	0,26	*Platyias (Noteus) patulus*	0,36
Brachionus calyciflorus	0,20	*P.quadricornis*	0,18
B. angularis	0,25	*Trichocerca elongata*	0,02
B. urceus	0,22	*T. mucosa*	0,12
B. diversicornis (Schizocerca)	0,13	*T. pusilla*	0,09
Asplanchna priodonta	0,27	*T. rattus*	0,13
Filinia longiseta	0,13	*T. similis*	0,16
Keratella cochlearis	0,18	*T. pocillum*	0,23
K. quadrata	0,18		

Форма записи и отчет о работе.

Результаты оформить в соответствии с заданием и последовательностью выполнения работы. Результаты обработки проб представить в виде табл. 3 и 4.

Таблица 3 – Определение численности планктонных организмов

Род, вид	Количество экземпляров					численность N
	1 порция	2 порция	3 порция	среднее	в пробе (n_i)	в 1 $м^3$
Итого:						

Таблица 4 – Определение биомассы планктонных организмов

Род, вид	средняя длина тела L, мм	средняя индивидуальная масса организма W, г	численность N, экз/м^3	биомасса B, г/м^3
Итого:				

Вопросы для самопроверки:

1. В чём состоит количественный анализ зоопланктона?

2. В чем заключается суть счетного метода определения численности планктонных организмов?

3. В каком случае при подсчёте численности планктонных организмов пробу концентрируют отсасывая избыток фиксирующей жидкости?

4. Назовите способы определения индивидуальной массы организмов.

5. Назовите единицы измерения численности и биомассы планктонных организмов.

Лабораторная работа № 6.

Методы сбора и обработки зообентоса.

Определение численности и биомассы зообентоса.

Цель работы: ознакомиться с орудиями сбора и способами количественной обработки зообентоса.

Краткие теоретические сведения. Зообентос – совокупность животных организмов, обитающих на грунте и в грунте морских и континентальных водоемов. Для сбора донных беспозвоночных применяются качественные и количественные орудия. Орудия для качественного сбора служат для установления видового состава донной фауны. К ним относятся сачки, скребки, драги, тралы.

Сачки состоят из металлического обруча круглой или треугольной формы диаметром 20-30 см. Мешок сачка изготавливают из прочного материала (мешковины). Обруч сачка насаживают на палку длиной 2-3 м. Сачок используют для сбора фауны зарослей, которая представлена главным образом брюхоногими моллюсками, насекомыми и их личинками.

Скребок представляет собой мешок из редкого прочного сита или мешковины, прикрепленный к металлическому ободу с заточенной пластиной (рис. 2, а). Скребки используют для сбора животных в прибрежной зоне, среди растительности и фауны жестких грунтов.

Драги (рис. 2, в-д) предназначены как для сбора прикрепленных организмов, находящихся на поверхности дна (на камнях и другом субстрате), так и для захвата грунта. Драги состоят из следующих частей: 1) мешок из прочного материала (мешковина, проволочная сетка, частая дель), 2) металлическая массивная рама различной формы с заточенными краями. Драгу с зубьями (зубчатую драгу) применяют для сбора крупных двустворчатых моллюсков. Тралы отличаются от драг тем, что не захватывают грунт, а облавливают его поверхность, а также придонный слой воды. Их применяют для сбора бентоса в открытых частях водоема.

Для количественных сборов зообентоса можно при необходимости использовать качественные орудия. Оценить облавливаемую скребком площадь можно, умножив ширину стальной полосы скребка на расстояние (10, 20, 30 см), пройденное по дну. На драгах и тралах устанавливаются специальные счетчики, учитывающие скорость движения прибора и пройденный им путь.

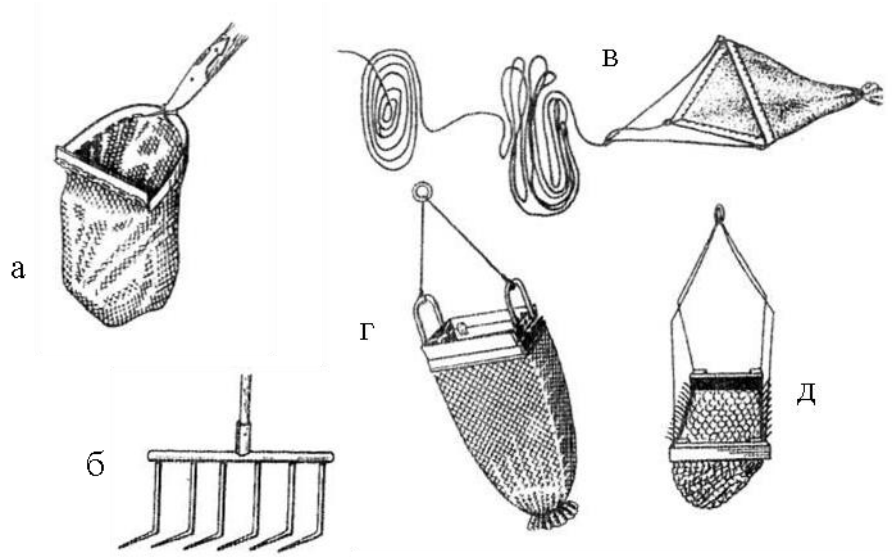

Рисунок 2 – Орудия для качественного сбора бентоса

а – скребок, б – водяные грабельки, в – закидная драга, г – драга с ножами, д – зубчатая драга

Специальными орудиями для количественных сборов зообентоса служат дночерпатели разнообразной конструкции (рис. 6). Схематически все дночерпатели можно разделить на две группы – штанговые и тросовые.

Штанговые дночерпатели прямоугольной или цилиндрической формы (Заболоцкого или Мордухай-Болтовского) применяют на относительно плотном грунте (песчаном или глинистом) на глубинах, не превышающих длину штанги. Площадь захвата этих приборов – 0,01 м^2.

На больших глубинах используют тросовые дночерпатели различной формы. В малых водоемах на мягких илистых грунтах применяются коробочные дночерпатели, например типа Экмана-Берджи или Боруцкого с площадью захвата 1/25, 1/40 м^2.

Ковшовые дночерпатели в виде нескольких моделей (например, дночерпатель Петерсена) с площадью захвата 1/10, 1/40 м^2 имеют два изогнутых глубоких ковша, вращающихся на скрепляющей их оси.

Население камней учитывают путем смыва животных с нескольких камней с последующим измерением их площади и пересчетом числа и массы организмов на 1 м.

Для оценки видового состава, распределения и сезонной динамики зообентоса ежемесячно в течение вегетационного периода (в зимний период - январь-март) делается хотя бы по одной станции на каждом из основных биотопов. В прибрежье водоемов (местообитание личинок хирономид с кратким жизненным циклом) при детальных исследованиях зообентоса интервал взятия проб составляет 10-15 суток.

Для промывки количественных проб пользуются газом №21-23. Промытый остаток пробы следует разбирать в полевых условиях, так как на разборку материала в фиксированном состоянии тратится намного больше времени. Животные отбираются тонкими хирургическими пинцетами и фиксируются 10%-м раствором формалина.

Материал и оборудование: модели и чертежи дночерпателей (коробчатый, ковшовый), скребок, сачок, драга, пробы бентоса, коллекция раковин пресноводных и морских моллюсков, осветители, бинокуляры, препаровальные иглы, стеклянные трубки, пинцеты, чашки Петри, вата, марля, фильтровальная бумага, кристаллизаторы для мусора, весы (чашечные, торсионные или электронные), миллиметровая бумага, окуляр-микрометры, определители.

Задание: 1) Познакомиться с конструкцией приборов для взятия бентоса.

2) Установить видовой состав донных беспозвоночных.

3) Определить численность и биомассу зообентоса.

Последовательность выполнения работы:

1) Познакомиться с различными конструкциями приборов для сбора бентоса, имеющимися в лаборатории.

2) В рабочей тетради сделать зарисовки орудий сбора, указать детали строения.

3) В рабочую тетрадь записывается содержание этикетки, которой снабжена проба. Разборка пробы производится под бинокуляром в чашке Петри. Все организмы, обнаруженные в пробе, тонкими пинцетами разбираются по систематическим группам (олигохеты, личинки хирономид, моллюски, пиявки, мизиды и т.д.). Видовой состав зообентоса устанавливается с помощью определителей. Делаются зарисовки отдельных видов и некоторые детали их строения.

4) Все животные каждого вида измеряются на миллиметровой бумаге (или с помощью окуляр-микрометра) и распределяются по размерным группам.

5) В каждой группе просчитывается общее число животных и производится их пересчет на $м^2$. При площади захвата дночерпателя 0,025 $м^2$ число животных в пробе необходимо умножить на коэффициент 1:0,025 $м^2$ = 40, при площади захвата 0,01 $м^2$ - на коэффициент 1:0,01 $м^2$ = 100. Полученные данные суммируются, и тем самым определяется численность всех организмов на $м^2$ площади дна (экз/$м^2$).

6) Все организмы отдельных групп зообентоса обсушиваются на фильтровальной бумаге до исчезновения на ней мокрых пятен и взвешиваются на весах. Полученная величина пересчитывается на $м^2$ площади дна (г/$м^2$) аналогично пересчету численности на $м^2$.

7) Выделяются размерно-весовые группы животных.

Пример расчета: Популяция *Potamothrix hammoniensis,* массового вида олигохет Куршского залива имеет сложную размерную структуру, изменяющуюся в течение вегетационного сезона. Для ее анализа все измеренные и взвешенные экземпляры олигохет, собранные в заливе в течение вегетационного периода, заносятся в табл. 5.

Получилось, что каждый размерный интервал четко выходит на плато. Несмотря на некоторые явные выпадения величин, обнаруживаются хорошо выделяющиеся сегменты (изгибы).

По ступенчатому характеру исследуемых параметров выделено девять размерных групп: 3-6, 6-10, 10-12, 12-14, 14-16, 18-20, 20-24, 24-28, 28-45 мм, характеризующихся определенной массой тела: 0,01-0,1; 0,1-0,6; 0,6-0,9; 0,9-0,12; 1,2-1,5; 2,0-3,5; 3,5-5,5; 5,5-10,0; 10,0-19,0 мг.

В дальнейших расчётах размерно-весовые группы используются для оценки роста и определения продукции олигохет.

Таблица 5 – Расчет размерно-массовой структуры популяции *Potamothrix hammoniensis*

Длина l, мм	Масса, мг																
	0,01	0,05	0,1	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,0	5,5	10,1	19,0
3	40	19	8	2													
6	20	24	20	18	10												
8	2	1	10	15	12	3											
10			8	6	8	10											
12				1	17	14	8										
14						10	15	9	2								
16							9	14									
18									10	8	6	5	1				
20								1	7	11	9	8					
22												12	7	10	6		
24												8	3	12	8	7	
26															11	9	
28															5	6	7
30																4	1
35																2	2
40																3	1
45																1	1

8) Определяется численность и биомасса организмов для каждого биотопа.

Пример расчета.

В водоеме площадью 2 га илистыми грунтами занято 10000 м^2, песчаными - 4000 м^2, ракушечником - 6000 м^2. Сбор бентоса производился дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,025 м^2. Средняя численность и биомасса донных организмов в пробах: 15 экз. и 200 мг; 5 экз. и 800 мг; 8 экз. и 100 мг соответственно. Коэффициент перевода на м^2 : К = 1 : 0,025 = 40. Численность и биомасса организмов на м^2 составит: 600 экз/м^2 и 8 г/м^2; 200 экз/м^2 и 32 г/м^2; 320 экз/м^2 и 4 г/м^2.

Для указанных биотопов численность и биомасса составят:

для илистых грунтов - 600 экз/м^2 · 10000 м^2 = 6 ·10^6 экз.

- 8 г/м^2 · 10000 м^2 = 80 кг;

для песчаных грунтов - 200 экз/м^2 · 4000 м^2 = 8·10^5 экз.

- 32 г/м^2 · 4000 м^2 = 128 кг;

для ракушечника - 320 экз/м^2 · 6000 м^2 = 19,2·10^5 экз.

- 4 г/м^2 · 6000 м^2 = 24 кг.

Итого в данном водоеме в период съемки:

численность $6 \cdot 10^6 + 8 \cdot 10^5 + 19{,}2 \cdot 10^5 = 8720000$ экз.;

биомасса: 80 + 128 + 24 = 232 кг.

Средняя взвешенная:

$872 \cdot 10^4$ экз. : $2 \cdot 10^4$ м^2 = 436 экз/м^2;

$23{,}2 \cdot 10^4$ г : $2 \cdot 10^4$ м^2 = 11,6 г/м^2.

Форма записи и отчет о работе.

Результаты представить с учетом задания и последовательности его выполнения. Результат обработки пробы представить в виде табл. 6.

Таблица 6 – Определение численности и биомассы зообентоса

Название организмов	Площадь биотопа S, м^2	Численность			Биомасса		
		пробы, экз.	N, экз/м^2	N·S, тыс. экз.	пробы, г	B, г/м^2	B·S, кг
Chironomus plumosus	800	26	1040	832	1,02	40,8	32,64
Procladius	800	5	200	160	0,02	0,8	0,64
Итого хирономид	800	31	1240	992	1,04	41,6	33,28
Oligichaeta	800	50	2000	1600	0,5	20,0	16,0
Итого в пробе	1600	81	3240	2592	1,54	61,6	49,28

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите качественные орудия сбора зообентоса.
2. Какие количественные орудия сбора зообентоса вы знаете?
3. Какова периодичность сбора проб?
4. Укажите последовательность разборки бентоса.
5. Как проводится расчет численности донных беспозвоночных?
6. Как производится расчет биомассы зообентоса?

Лабораторная работа № 7.

Питание водных животных. Способы добывания пищи гидробионтами.

Цель работы: познакомиться с фильтрационным способом питания на примере активных фильтраторов.

Краткие теоретические сведения. Для характеристики типа питания необходимо провести определение конкретного состава содержимого пищеварительного тракта организмов, знать их потенциальные способности потребления и усвоения различных по пищевой ценности, форме и размерам объектов питания. Последнее связано с особенностями строения ротового аппарата исследуемых животных и способов захвата ими кормовых объектов. По характеру воспринимаемой пищи водные животные разделяются на сестонофагов, питающихся сестоном (взвешенными в воде планктоном и детритом), нектонофагов, потребляющих рыб и головоногих моллюсков, бентофагов, пищей которым служат донные животные и растения и грунтофагов, поглощающих ил и песок вместе с находящимися в них животными организмами и детритом. Среди гидробионтов различают виды всеядные, растительноядные и хищные. В большинстве случаев питание водных животных происходит экзогенно, причем экзогенное питание в основном носит голозойный характер (питание посредством захвата твердых пищевых частиц ртом с последующим перевариванием их внутри тела организма).

При голозойном питании гидробионты добывают пищу различными способами: путем заглатывания грунта, собирания детрита, фильтрации, седиментации, пастьбы и охоты.

Только для водных организмов (сестоноофагов) характерно добывание пищи путем фильтрации и седиментации. К числу сестонофагов относится большое количество видов от простейших до рыб и млекопитающих.

Добывание пищи фильтрацией распространено очень широко как среди пелагических, например, ракообразные, так и донных животных (моллюски, личинки насекомых, оболочники и др.). Различают активных и пассивных фильтраторов.

Материал и оборудование: культура дафний (*Daphnia magna*), моллюски: беззубки и перловица в аквариумах с чистой водой, чашки Петри, часовые стекла или стекла с углублением, кармин или тушь, зеленые водоросли: хлорелла или сценедесмус, взвесь, приготовленная из глины или мела, тонкие препаровальные иглы, пипетки, вата, марля, фильтровальная бумага, кристаллизаторы для мусора, осветители, бинокуляры, секундомер.

Задание: 1) Провести наблюдение за работой грудных ножек дафнии, потоками воды, формированием пищевого комка в брюшном желобке дафнии и поступлением его в рот и различные отделы кишечника.

2) Отпрепарировать грудные ножки дафнии, рассмотреть и зарисовать их строение, отметить на рисунке фильтрующие элементы 3-4 пары ног («гребёнки»), а также подписать под рисунками функциональную роль каждой пары грудных ножек в питании дафнии.

3) Познакомиться с особенностями фильтрационного питания двустворчатых моллюсков – беззубки или перловицы.

Последовательность выполнения работы:

1) Для изучения работы фильтрационного аппарата понаблюдаем за лежащей боком дафнией, а также расположенной брюшной стороной кверху. Легко видеть поднятие и опускание грудных ног и особый характер движения ног пятой пары. Для удержания дафнии в вертикальном положении лучше всего держать ее в небольшом количестве воды с несколькими волоконцами ваты. С помощью препаровальных игл легкими движениями удается поставить дафнию в желаемое положение.

Рассмотрим механизм действия фильтрационного аппарата.

Вода из наружной среды проникает в полость, ограниченную со спинной стороны брюшной стенкой тела и боков – конечностями и створками раковины, через брюшную щель. Последняя образуется благодаря раздвиганию конечностей. При замыкании брюшной щели вода направляется назад и выходит наружу с брюшной стороны в задней трети раковины. Попадая в полость, расположенную между конечностями, вода при сближении последних фильтруется через тонкий фильтр, образованный волосками третьей и четвертой пары ножек. Мельчайшие взвешенные в воде частицы пищи при этом задерживаются. Они собираются в желобок, образуемый брюшной стенкой тела. Здесь формируется пищевой комочек. Его дальнейший путь к ротовому отверстию осуществляется благодаря действию максиллярного выроста второй пары конечностей, который проталкивает его вперед по направлению к голове. Проходя мимо мандибул, пищевой комочек размельчается и благодаря глотательному движению попадает в пищевод.

Для рассмотрения токов воды и процесса формирования пищевого комка дафнию помещают в воду с внесенным в нее искусственным красителем (мелкоистертый порошок кармина, китайской туши, нерастворяющиеся в воде) или естественно окрашенных пищевых объектов (зеленые водоросли - хлорелла и др.). Взвесь не должна быть очень густой, иначе трудно будет вести наблюдения. В процессе фильтрования образуются следующие токи воды: входящий

ток для фильтрации; выходящий ток после фильтрации; вихревой ток вне раковины животного; фильтрующий ток; ток, несущий пищу ко рту.

В результате опыта легко обнаружить входящий в полость раковины ток, увлекающий с собой частицы красителя или другого вещества, и выходящую около постабдомена из этой полости воду, совершенно их лишенную. Частицы красящего вещества, осевшие на поверхности фильтров 3 и 4 пары грудных ног, далее перемещаются в брюшной желобок, проходящий по нижней стороне тела, затем направляются к ротовому отверстию и переходят в пищевод.

Следует определить так же время, необходимое для заполнения всего кишечника проглоченным веществом и частоту ударов ног в минуту; применение секундомера значительно уточняет подсчет.

2) Работа фильтрационного аппарата дафнии становится более понятной после знакомства со строением грудных ног, играющих основную роль в процессе получения пищи. Дафнии питаются бактериями, детритом, мелкими водорослями, простейшими и т.д., которые попадают в кишечник благодаря деятельности ротовых и грудных конечностей, обуславливающих своими движениями постоянный ток воды и создающих фильтр, удерживающий взвешенные в воде частицы.

Под бинокуляром тонкими препаровальными иглами у фиксированных дафний проводится вычленение пяти пар листовидных грудных конечностей. Все они отличаются друг от друга и специализированы для выполнения определенных функций.

Первая пара имеет наименьшие размеры, ее внутренний край разделен на пять лопастей, снабженных длинными щетинками. Вторая пара характеризуется наличием особого максиллярного выроста, расположенного у основания конечности и снабженного одной длинной и рядом более коротких щетинок. Максиллярный вырост со щетинками играет важную роль в захвате пищи. На дистальном конце второй пары конечностей имеются длинные перистые щетинки. Третья и четвертая пара грудных конечностей являются наиболее крупными из всех. Характерную особенность их строения представляет наличие с внутренней стороны множества длинных тонких щетинок, расположенных почти вплотную друг к другу и образующих фильтр, служащий для удержания мельчайших взвешенных частиц. Характерной чертой пятой пары конечностей является наличие длинной загибающейся назад крючковидной щетинки. В совокупности грудные конечности образуют довольно сложный насасывательный и фильтрующий аппарат. Они находятся в непрерывном движении в течение всей жизни животного.

Ротовые конечности дафнии находятся на нижней части головы, представлены жвалами (мандибулами) и челюстями, покрытыми верхней и нижней губой. У кладоцер-фильтраторов ротовые конечности направляют в кишечный канал образующийся в пищевом желобке пищевой комок. С их помощью также удаляется пища, направляющаяся по пищевому желобку в то время, когда пищеварительный тракт заполнен и происходит пищеварение.

3) Изучить фильтрационный способ питания двустворчатых пресноводных моллюсков (беззубка *Anodonta sp.*).

Моллюск содержится в аквариуме с достаточно толстым слоем песка на дне. С помощью ноги беззубка медленно ползает по дну (20-30 см/ч), оставляя характерный бороздчатый след. В состоянии покоя животные зарываются в грунт с помощью ноги и выставляют задний конец тела с брюшным и спинным сифонами.

Пипеткой внести в аквариум некоторое количество мутной взвеси, приготовленной из глины, или бросить в воду в пространство перед сифонами мелкие крупинки краски, например, кармина или индиго. Внесенное вещество увлекается током воды в брюшной (вводящие) сифон и через короткое время выбрасывается через спинной (выводящий) сифон.

Пища беззубки, состоящая из мельчайших частиц сестона, вносится внутрь мантийной полости через вводной сифон вместе с током воды, вызываемым мерцанием ресничного эпителия покровов мантии, жабр, ротовых лопастей и стенок тела. Через многочисленные мелкие отверстия (устьица) жаберных пластинок вода проходит во внутрижаберные каналы, оставляя принесенные пищевые частицы на стенках жабр, покрытых слизью, а затем в наджаберные каналы, открывающиеся в клоаку. Вода из выводного сифона вытекает лишенная взвешенных частиц. Отфильтрованное частицы, склеенные слизью, переносятся движениями ресничек эпителия к ротовому отверстию; излишнее количество их (или не имеющие пищевой ценности) скапливается в поджаберной полости и выбрасывается наружу в виде псевдофекалий. В зависимости от размера моллюски в час профильтровывают десятки и сотни кубических сантиметров воды.

Форма записи и отчет о работе.

Записать тему работы, ее цель. Зарисовать пять пар грудных конечностей и схему направления токов воды при движении конечностей дафнии. На рисунке внутренних органов беззубки стрелками показать направление движения воды с пищевыми частицами.

Вопросы для самопроверки:

1. Назвать группы животных, встречавшихся в разных биотопах водоема, для которых характерен фильтрационный способ добывания пищи.

2. Какова роль организмов-фильтраторов в трофодинамике водоемов?

3. Особенности строения ротового аппарата у личинок стрекоз, жуков и клопов, добывающих пищу путем охоты.

4. Строение ротовых конечностей дафнии.

5. Назовите приспособления, с помощью которых некоторые виды двухстворчатых моллюсков и офиуры собирают детрит на поверхности донных осадков.

Лабораторная работа № 8.

Органы дыхания гидробионтов.

Цель работы: познакомиться со способами дыхания и органами дыхания гидробионтов.

Краткие теоретические сведения. Дыхание – процесс биологического окисления с освобождением энергии, необходимой для всех других жизненных функций. Большинству гидробионтов характерно аэробное дыхание. Выделяют три фазы аэробного дыхания:

1) внешний газообмен между организмом и окружающей средой, т.е. восприятие кислорода из среды и отдача углекислого газа во внешнюю среду;

2) транспорт газов внутренней средой (кровь, лимфа, гемолимфа, гидролимфа) к тканям;

3) расщепление органических веществ с затратой кислорода и выделением углекислого газа, других продуктов десмолиза с освобождением энергии.

В анаэробных условиях может быть высвобождение энергии за счёт брожения.

Для решения гидробиологических, рыбохозяйственных вопросов важное значение имеет внешнее дыхание – газообмен между организмом и окружающей средой.

Скорость потребления организмом кислорода и выделения углекислого газа служит мерой интенсивности обмена веществ, под которой понимают скорость газообмена, отнесённую к единице массы организма.

Интенсивность газообмена у водных животных зависит от систематического положения и высоты их организации, от экологических особенностей данного вида. А она колеблется от многих биологических и абиотических факторов. Биологические и физические факторы: возраст организма, размер и вес, степень половой зрелости и состояние половых продуктов, интенсивность питания, подвижность объектов, время года и суток. Значение имеет и скученность объектов. Абиотические факторы: газовый режим, температура, pH среды, химический состав воды (яды, загрязнения), степень проточности воды,

другие факторы, которые могут влиять на газообмен благодаря воздействию на органы чувств и ЦНС (шум, изменение освещения и т.д.).

Водные организмы дышат растворённым в воде кислородом, за исключением вторичноводных животных, сохранивших в большинстве случаев воздушный способ дыхания. Некоторые организмы дышат всей поверхностью тела (кожное дыхание), другие при помощи специальных выростов – трахейных или кровяных жабр.

Кожное дыхание встречается у простейших, кишечнополостных, губок, червей (ресничных и малощетинковых), ракообразных (веслоногие раки), некоторых моллюсков (часть голожаберных, крылоногие) и некоторых представителей других групп. У части ветвистоусых (Polyphemidae, *Leptodora*) для дыхания служит головной щит.

Кровяные жабры имеют вид тонкостенных наружных выростов, внутри которых находится разветвлённая капиллярная сеть кровяных сосудов или кровяная плазма. Эти выросты могут располагаться на различных участках тела. Кровяными жабрами обладают многощетинковые черви, большинство ракообразных и моллюсков, водные личинки некоторых насекомых, иглокожие, асцидии, рыбы. Кровяные жабры гидробионтов, в противоположность органам дыхания наземных животных, приспособлены получать кислород из окружающей воды.

Трахейные жабры представляют собой тонкостенные простые или ветвящиеся выросты и содержащие тонкие трахейные стволы или сеть трахейных капилляров, внутри которых находится газообразный кислород, диффундирующий из окружающей воды через тонкие покровы жабр. Трахейные жабры свойственны водным личинкам многих насекомых из отрядов поденок, стрекоз, веснянок, ручейников, большекрылых и двукрылых. Водные насекомые – жуки, клопы, водные личинки двукрылых насекомых периодически поднимаются к поверхности воды, как и млекопитающие, и дышат атмосферным воздухом.

У высших раков жабры развиты на грудных и, особенно, на брюшных конечностях (ротоногие). У мизид жабр нет, и газообмен совершается через стенку карапакса. У равноногих пять пар передних брюшных ног служат для дыхания, они состоят из основания и 2-х широких листовидных жаберных ветвей, которые направлены назад, прилегая, друг к другу. Экзоподиты одной пары брюшных ног образуют крышку, покрывающую все жаберные листочки. Это способствовало приспособлению мокриц к жизни на суше. Они дышат кислородом, растворённым в тонком слое влаги, покрывающей жаберные листочки. Часть мокриц дышат атмосферным воздухом, так как на экзоподитах передних брюшных ног имеются глубокие впячивания покровов, от которых отходят

слепо замкнутые на концах дыхательные трубочки, называемые псевдотрахеями.

У бокоплавов грудные ножки несут листовидные жаберные пластинки. Эуфаузивые ракообразные имеют ряд свободных, не прикрытых карапаксом жабр, сидящих на основаниях грудных ножек.

У десятиногих раков жабры располагаются на грудных конечностях и частью на боках самого тела, под боковыми краями бокового щита, внутри жаберной полости. Жабры располагаются продольными рядами в жаберной полости. Вода входит в жаберные полости с одного конца через щель между головным щитом и телом, а выходит с другого конца.

Материал и оборудование: фиксированные гидробионты: олигохеты, ракообразные (*Leptodora, Polyphemus, Asellus* и др.), личинки стрекоз, ручейников, поденок, двукрылых, мухи *Eristalis tenax*, клопы *Nepa, Ranatra,* чашки Петри, кюветы, предметные и покровные стекла, пинцеты, препаровальные иглы, бинокуляры, микроскопы, лупы, осветители.

Задание: 1) Определить, зарисовать общий вид и органы дыхания рассматриваемых гидробионтов.

2) Заполнить таблицу «Способы и органы дыхания гидробионтов».

Последовательность выполнения работы:

1) Сначала познакомьтесь с гидробионтами, имеющими кожное дыхание. Для этого рассмотрите рачков *Leptodora, Polyphemus* и их головной щит, через который и происходит газообмен с окружающей средой. Прочитайте о головном щите и кожном дыхании гидробионтов в практикуме Яшнова /1, с. 42, 117/. Зарисуйте этих рачков и головной щит. Занесите этих рачков в таблицу «Способы и органы дыхания гидробионтов» в столбец «кожное дыхание». Туда же внесите уже известных вам веслоногих раков и личинок хирономид.

2) Для знакомства с гидробионтами, дышащими кровяными жабрами рассмотрите:

а) эпиподиты у *Artemia salina* (отр. Anostraca – голые жаброноги). Зарисуйте протоподит, экзоподит и эпиподит рачка.

б) непарную жабру – ктенидий в полости мантии у переднежаберного брюхоногого моллюска *Viviparus*. Зарисуйте моллюска с ктенидием. Внесите этих гидробионтов в соответствующий столбец таблицы «Способы и органы дыхания гидробионтов».

3) Для знакомства с гидробионтами, дышащими трахейными жабрами рассмотрите водных личинок насекомых из отрядов подёнок, стрекоз, веснянок, ручейников и двукрылых. Зарисуйте контуры личинок. На рисунках выделите трахейные жабры. Прочитайте в практикуме Яшнова о ректальном дыхании

водных личинок стрекоз отр. Zigoptera, Anizoptera. Внесите этих гидробионтов в соответствующий столбец таблицы «Способы и органы дыхания гидробионтов».

4) Для знакомства с гидробионтами, дышащими атмосферным воздухом рассмотрите:

а) лёгочных моллюсков (п/кл Pulmonata) *Limnaea, Planorbis*, у которых мантийная полость служит для дыхания, образуя лёгочный мешок, стенки которого пронизаны кровеносными сосудами.

б) дыхательные трубки клопов, мухи *Eristalis* (мухи-крыски). Зарисуйте контуры клопа и личинки. Выделите на рисунках дыхательные трубки.

5) Вспомните вторичноводных животных – ластоногих и китообразных. Внесите этих гидробионтов в соответствующий столбец таблицы «Способы и органы дыхания гидробионтов».

6) Заполните все столбцы таблицы «Способы и органы дыхания гидробионтов», внеся туда всех гидробионтов, известных вам из прежних лабораторных работ, книг, рассказов, статей, фильмов и т.д.

Таблица 7 – Способы и органы дыхания гидробионтов

Кожное дыхание	Кровяные жабры	Трахейные жабры	Ректальное дыхание	Лёгочное дыхание	Дыхательные трубки

Форма записи и отчет о работе.

Записать тему работы, ее цель. Результаты оформить в соответствии с заданием и последовательностью выполнения работы.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое дыхание? Каким может быть дыхание? Какие три фазы дыхания можно выделить?

2. Какие способы и органы дыхания характерны для гидробионтов?

3. В чём выражен и для каких гидробионтов характерен ректальный способ дыхания?

4. Где располагаются органы дыхания у основных групп гидробионтов (ракообразных, моллюсков, водных личинок насекомых)?

5. Какие способы повышения эффективности газообмена с окружающей средой существуют у гидробионтов?

Лабораторная работа № 9.

Структура популяций доминирующих видов пресноводного зоопланктона.

Цель работы: познакомиться со структурой популяций массовых видов зоопланктона пресных водоемов.

Краткие теоретические сведения. Популяция не однородна по качеству составляющих ее организмов. Образующие ее особи различаются по возрасту, полу, половозрелости и другим биологическим показателям, причем соотношение групп разного состояния активно поддерживается и регулируется соответствующими гомеостатическими механизмами (гомеостазис – (гр. homoios - подобный, statis - неподвижность, состояние) способность биологических систем противостоять изменениям и сохранять относительное постоянство состава и свойств).

Поэтому можно говорить о возрастной, половой, генеративной или иной структуре популяций применительно к их качественному составу. Возрастная структура - это соотношение в популяции особей разного возраста. Возраст любого организма может быть выражен в минутах, часах, месяцах, годах. Это астрономический возраст. Физиологический возраст определяется по изменениям размеров и формы тепа, окраски, - состояния генеративной системы и другими признаками.

Термины, применяемые для точности описания возрастной структуры: поколение (генерация), приплод, возрастная группа. Поколение (генерация) – группа особей в популяции с одинаковой степенью родства по отношению к общим предкам, или одновременно развивающихся в течение сезона.

Например, каждая особь *Daphnia magna* (длина тела взрослой самки 2,2 - 6,0 мм) летом живет не более 40 дней, за это время успевает дать 25 партеногенетических поколений, *Daphnia longispina* (длина тела самки 1,3 - 4,0 мм) примерно за 24 дня жизни успевает дать 9 поколений.

В естественных условиях самая плодовитая *D. magna* одновременно вынашивает свыше 100 яиц, *D. longispina* – 30-70 яиц. Максимальное число яиц в кладке обычно бывает в середине жизни и приходится на 4-10 пометы.

В зависимости от числа поколений в году говорят: о двойной, тройной генерации, если в сезоны развивается 2 или 3 поколения, одногодовой – если развивается одно поколение.

Другой пример. В водоемах европейской части России у хирономид в течение вегетационного периода наблюдается два срока размножения и отрождения молоди и, соответственно этому, наличие двух генераций (поколений). Весенне-летняя генерация (ее длительность 1,0-1,5 мес.) и осенне-зимняя (развитие растягивается на 8-9 мес.). Продолжительность жизни поколения соот-

ветствует среднему репродуктивному возрасту, характерному для данной совокупности особей каждого вида (репродуктивный возраст - re - приставка обозначает возобновление, producto – создаю, - время размножения, созревания).

Приплод – одновременно родившиеся особи от определенной совокупности родителей. Это понятие экологическое, связанное с изучением демографических характеристик популяции: плотности, численности, рождаемости.

Возрастная группа – группа особей одинакового возраста. Классификация возрастных групп часто условная (например, "молодые", "взрослые", "старые"), но позволяет выделить в исследуемых выборках из разных популяций сравнительные группы особей.

У видов, размножающихся один раз в жизни (лососевые и некоторые другие рыбы, многие насекомые - поденки и др.), возрастная структура популяции очень проста, т.к. поколение является одновременно и приплодом, и возрастной группой. В популяции тогда присутствует два поколения, два приплода и две возрастные группы (если родительское поколение не отмирает раньше, чем формируется поколение детей).

Чаще поколение состоит из особей нескольких приплодов и возрастных групп (многократно размножающиеся животные и многолетние растения). Возрастная структура их очень сложна. Формирование одного приплода идет от особей, принадлежащих к разным поколениям.

Среди гидробионтов в соответствии с их жизненными циклами и продолжительностью жизни различают виды без постоянного пополнения, или моноциклические, и с постоянным пополнением, или полициклические. У моноциклических видов размножение происходит в короткие по сравнению с продолжительностью их развития периоды. У многих видов животных за периодом размножения наступает период индивидуального роста, во время которого не происходит пополнения молоди в популяции (личинки хирономид, моллюски, веслоногие ракообразные и др.). Структурно популяция таких видов представлена либо когортой, т.е. совокупностью одновременно рожденных особей, численность которых может только монотонно убывать, либо особями разного возраста при статистически достоверном дискретном распределении возрастных групп. В популяциях последнего вида в любой момент года каждая особь принадлежит к одному из возрастов 0+, 1+, 2+, 3+, 4+ и т.д. Такой тип популяции характерен, например, для крупных двустворчатых моллюсков и большинства рыб.

В популяциях полициклических видов размножение происходит непрерывно. Поэтому в таких популяциях одновременно присутствуют особи всех возрастов. Выделение отдельных возрастных групп в популяциях таких животных или крайне затруднительно и может быть только условным (например, в

популяциях ветвистоусых планктонных ракообразных), или просто невозможно (в популяции бактерий, простейших, мелких коловраток).

Следует различать популяции с коротким жизненным циклом особей с продолжительным жизненным циклом. В первом случае популяции состоят из небольшого числа возрастных групп, во втором случае для популяций характерна многовозрастная структура. Популяции с коротким жизненным циклом преобладают в водоемах низких широт (тропические области, экватор). Животные в этих водоемах имеют неустойчивую кормовую базу и низкий уровень ее развития. Взрослые особи популяции интенсивно выедаются, однако здесь складываются устойчивые условия воспроизводства (особи могут размножаться круглый год).

В водоемах арктических и бореальных широт существуют популяции с многовозрастной структурой, которые обеспечены устойчивой кормовой базой, взрослые особи уничтожаются слабо, а условия воспроизводства неустойчивы.

Количество молоди, поступающей в популяцию, определяется скоростью размножения животных (B_r), которая зависит от плодовитости и продолжительности эмбрионального развития конкретного вида:

$$B_r = \frac{E}{D}, \qquad (6)$$

где E - среднее число яиц, приходящееся на одну самку в популяции;

D - продолжительность эмбрионального развития (сут).

Величина E определяется плодовитостью. Плодовитость – эволюционно сложившаяся способность животных приносить свойственный каждому виду приплод, в нормальных условиях компенсирующий естественную смертность /3/.

Абсолютной, или индивидуальной плодовитостью (e) называют среднее число яиц, продуцируемых самкой за одну кладку:

$$e = \frac{E^I}{n}, \qquad (7)$$

где E^I - общее число яиц всех самок в популяции (экз/м^3),

n - количество самок с яйцами.

Среднее число яиц, приходящееся на одну самку в популяции (E) определяется как

$$E = \frac{E^I}{N}, \qquad (8)$$

где N - численность всех самок (несущих яйца и без них) в популяции.

Во многих случаях незначительные изменения плодовитости особей в популяции могут привести к существенным изменениям численности потомков, численности популяции и ее структуры.

Половая структура популяций должна рассматриваться в тесном единстве с возрастной, т.е. численное соотношение в них особей разного пола. Соотношение полов в первую очередь зависит от наследственных свойств вида, но в значительной мере контролируется внешними условиями (длительность светового дня, температура, пища и др.). Так, например, в популяциях дафний при благоприятных условиях самцы могут полностью отсутствовать. При неблагоприятных условиях в популяциях появляются самцы, причем соотношение полов в крайних случаях может изменяться в сторону резкого преобладания самцов (1♀:27♂).

Генеративная структура популяции определяется соотношением особей, находящихся в префертильной, фертильной и постфертильной стадиях, т.е. числом особей не способных размножаться и утративших способность к размножению. Например, префертильная стадия у многих поденок, у дальневосточных лососей и ряда других животных длится несколько лет, фертильная - несколько дней или недель, а постфертильная - отсутствует, так как животные названных групп после размножения погибают. У большинства моллюсков, червей, рыб и водных млекопитающих длительность фертильной стадии выше, чем префертильной. В соответствии с изменениями условий жизни генеративная и половая структура адаптивно перестраивается, приобретая параметры, оптимальные для воспроизводства популяции применительно к реально складывающейся ситуации.

Материал и оборудование: качественные и количественные пробы пресноводного зоопланктона, порционные пипетки, счетные разграфленные пластинки, камеры Богорова, препаровальные иглы, покровные стекла, стеклянные бюксы или стаканчики емкостью не более 50 мл, микроскопы, бинокуляры, определители.

Задание: 1) В качественной пробе зоопланктона выявить массовые виды.

2) Для одного избранного вида установить наличие самцов, самок, количество яиц в выводковой камере самок, число самок без яиц. Зарисовать самку и самца, указать их отличительные признаки.

3) В количественной пробе зоопланктона определить размерно-возрастную и генеративную структуру популяции вида, выявить соотношение особей разного пола.

Последовательность выполнения работы.

В качестве примера рассмотрим структуру популяции *Bosmina longirostris*. Каждый студент получает две пробы зоопланктона (качественную и количественную).

1) В качественной пробе ориентировочно устанавливается количество особей *Bosmina* (много, мало), наличие самок с яйцами: партеногенетическими,

латентными, присутствие самцов, количество яиц в выводковой камере (максимальное и минимальное), число самок без яиц. Для этого в камере Богорова под микроскопом или под бинокуляром рассматривается небольшой объем осадка пробы. По определителю (4) записываются отличительные признаки самца и самки *Bosmina*, делаются их рисунки с обозначениями: рострум, антеннула, выводковая камера, яйца.

2) Количественная проба зоопланктона обрабатывается счетным методом В. Гензена: в камеру Богорова с помощью порционной пипетки вносятся порции пробы. Объем и количество порций зависит от плотности босмины в пробе. В случае малой численности босмины проба просчитывается полностью.

В каждой порции под бинокуляром тщательно подсчитываются и измеряются все особи босмины: указывается их длина, количество яиц (или эмбрионов), их размеры (длина и ширина). Измерения проводятся при увеличении окуляра х8 и объектива (правый барабан) х7, цена одного деления шкалы окуляра равна 0,015 мм. Объем выборки должен составлять не менее 50 экз.

Для расчета массы тела гидробионтов пользуются аллометрическим уравнением:

$$W = qL^b, \qquad (9)$$

где W - масса (в мг сырого вещества);

L - длина, мм;

q и b - коэффициенты (подробно разобрано в работе №5).

Для босмины аллометрическое уравнение выглядит следующим образом:

$$W = 0{,}176\,L^{2{,}975}, \qquad (10)$$

В табл. 8 приведены значения массы *Bosmina* найденные по формуле (10).

Объем (V, мм^3) яиц босмины, имеющих форму эллипсоида, определяется по уравнению:

$$V = \frac{4}{3}\pi\frac{a}{2}\left(\frac{b}{2}\right)^2, \qquad (11)$$

где a, b - соответственно длина и ширина яйца, мм.

Объем яиц, имеющих шарообразную форму, находят по формуле шара:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3, \qquad (12)$$

где R - радиус шара, мм.

Масса яйца ($W_я$, мг) рассчитывается по формуле:

$$W_я = Vd, \qquad (13)$$

где *d* - плотность пресноводных планктонных организмов, равная 1,01 - 1,02 г/см^3.

3) Для определения размерно-возрастной структуры популяции *Bosmina* необходимо из общего числа промеров длины особей произвольно наметить количество размерных групп. Найти разницу между наибольшими и наименьшими значениями длины тела босмины, к примеру она равна 0,34 мм (0,50 - 0,16). Чтобы иметь примерно две размерные группы величина интервала в группе должна быть в нашем случае 0,17 мм (0,34:2), тогда можно получить следующие размерно-возрастные группы: 0,16-0,33 мм; 0,34-0,51 мм. Следует иметь в виду, что величина интервала (промежутка) размерной группы должна быть одной и той же, границы групп намечаются таким образом, чтобы одна и та же цифра не повторялась в двух группах. Если первая группа, например, заканчивается величиной 0,33 мм, то вторая группа должна начинаться со следующего по порядку числа - 0,34 мм. Таково правило группировки данных при количественной непрерывной изменчивости.

4) При изучении размерно-возрастной и генеративной структуры популяции *Bosmina* необходимо установить абсолютное и относительное (в % от общей численности особей) количество самок, имеющих яйца в выводковой камере при минимальной и максимальной длине тела, а также количество самок без яиц и их длину.

По литературным данным длина тела взрослой самки составляет 0,25-0,62 мм, самца - 0,25-0,44 мм. Продолжительность жизни рачка 20-25 дней при температуре воды около 20°С. Одна самка дает 5-8 пометов (поколений) за свою жизнь. В одном помете в среднем 3 яйца. Ориентировочно принимается минимальная длина самки, равная 0,21 мм, при которой она впервые становится половозрелой. Таким образом, для *Bosmina* можно назвать следующие возрастные группы:

1. яйца;
2. эмбрионы;
3. ювенильные самки, имеющие длину тела до 0,21 мм;
4. взрослые половозрелые самки, с длиной тела от 3,21 мм и более.

Генеративная структура популяции *Bosmina* может быть представлена следующими стадиями:

1) префертильная (длина самки менее 0,21 мм);

2) фертильная (впервые нерестящиеся самки, длина тела от 0,21 до 0,30 мм);

3) самки, нерестящиеся несколько раз (длина тела более 0,30 мм).

5) Определить индивидуальную и популяционную плодовитость самок *Bosmina* по формулам (7) и (8). Если в пробе встречаются самцы, следует определить их долю от общего количества промеренных особей.

Форма записи и отчет о работе.

Записать цель работы. Результаты измерений 50 экз. босмин занести в табл. 8.

Таблица 8 – Определение длины и массы тела *B. longirostris* и её яиц

Проба № ____ Дата _____ Пруд № _____ Объем профильтрованной воды через сеть ____ л. Объем сконцентрированной пробы ____ мл. Объем порционной пипетки _____ мл.

Номер порции	Объем порции, мл	№ п/п	Длина тела		Масса тела, мг	Количество яиц (эмбрионов) в кладке, экз.	Размер яиц		Масса яйца, мг
			в делениях бинокуляра	в мм			в делениях бинокуляра, a/b	в мм, a/b	
1	0,5	1	20	0,30	0,004	2	15/7	0,225/0,105	0,0011
							17/7	0,225/0,105	0,0014
1	0,5	50	34	0,51	0,024	2	15/7	0,225/0,105	0,0011
							11/6	0,165/0,09	0,0007
	V^I=			$L_{ср}$=	$W_{ср}$=		$a_{ср}$=	$b_{ср}$=	$W_{я\ ср}$=

Примечание: здесь и в последующих таблицах V^I - суммарный объем порции (в мл) исследуемой пробы.

Сведения о размерно-возрастной, генеративной и половой структуре популяции *B. longirostris*, о плодовитости самок представить в виде таблиц 9, 10, 11, 12.

Таблица 9 – Размерно-возрастная структура популяции *B. longirostris* (определяется по результатам табл.8)

Номер группы	Группа (длина особей в мм) мин-макс	Численность особей		
		в выборке экз./V^I(мл)	в пробе экз.	экз./$м^3$
1	0,16-0,33			
2	0,34-0,51			

Таблица 10 – Генеративная структура популяции *B.longirostris*

Проба №_____ Дата_____ Пруд №_____

Стадия развития самок	Численность			Относительная численность (в % от общей численности)
	экз/ V^I	в пробе (экз.)	экз/ $м^3$	
Префертильная длина <0,20 мм				
Фертильная (впервые нерестящиеся). Длина тела от 0,21 до 0,30 мм				
Нерестящаяся несколько раз. Длина тела >0,30 мм				
Итого				

Таблица 11 – Половая структура популяции *B. longirostris*

Особи разного пола	Численность			
	экз./ V^I	в пробе (экз.)	экз./ $м^3$	в %
Самки с партеногенетическими яйцами и без яиц				
Самки с латентными яйцами				
Самцы				
Всего				

Таблица 12 – Плодовитость *B. longirostris* в вегетационном периоде_____года

Дата	Средняя масса особи (мг) (W)	Среднее количество	
		Яиц в одной кладке самки (*e*)	Яиц, приходящихся на одну особь (*E*)

Таблица 13 – Длина и масса *B. longirostris*

В делениях окуляр-микрометра (объек-тив/окуляр – 7/8)	Длина, мм	Вес, мг сырого веса
10	0,15000	0,00062
11	0,16500	0,00083
12	0,18000	0,00107
13	0,19500	0,00136
14	0,21000	0,00169
15	0,22500	0,00208
16	0,24000	0,00252
17	0,25500	0,00302
18	0,27000	0,00358
19	0,28500	0,00420
20	0,30000	0,00490
21	0,31500	0,00566
22	0,33000	0,00650
23	0,34500	0,00742
24	0,36000	0,00842
25	0,37500	0,00951
26	0,39000	0,01069
27	0,40500	0,01196
28	0,42000	0,01333
29	0,43500	0,01479
30	0,45300	0,01636
31	0,46500	0,01804
32	0,48000	0,01982
33	0,49500	0,02173
34	0,51000	0,02374

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение понятию "популяция".

2. Назовите примеры популяции животных с непрерывным пополнением численности.

3. Как изменяется возрастная структура популяций при ухудшении условий существования?

4. Как влияют внешние условия на соотношение полов в популяциях планктонных животных?

5. Охарактеризуйте физиологический способ определения возраста животных.

Лабораторная работа № 10.

Определение динамических показателей популяции массового вида гидробионтов.

Цель работы: определить удельную рождаемость, смертность, мгновенную скорость роста популяции массового вида гидробионтов

Краткие теоретические сведения. Популяции – это совокупность особей одного вица, которая длительно занимает часть ареала этого вида, воспроизводящая себя в течение большого ряда поколений, имеющая определенную структуру, обладающая адаптивной реакцией на изменения внешней среды.

Окружающая популяцию среда постоянно меняется. Колебания факторов среды сказываются на величине численности и биомассы особей популяции. Динамика численности (биомассы) популяции, ее функциональная активность, в основном регулируется, поддерживаясь на оптимальном уровне, соотношением четырех величин: рождаемости, смертности, иммиграции, эмиграции.

Рождаемость (B) – это процесс пополнения популяции новыми особями, при фактических или специфических условиях среды. Эта величина не постоянна и варьирует в зависимости от размерного и возрастного состава популяции и условий среды. При изучении рождаемости различают: скорость рождаемости: (B) и удельную рождаемость (b).

Скорость рождаемости (B) – это общее число (N) вновь появившихся особей (абсолютная или общая рождаемость), отнесенная к интервалу времени (t), за которое они появились:

$$B = \frac{dN}{dt} \qquad (14)$$

Удельная рождаемость (b) – это число вновь появившихся особей в единицу времени на одну особь в популяции:

$$b = \frac{dN}{Ndt} \quad (15)$$

Смертность (M) отражает гибель особей в популяции. Подобно рождаемости, смертность можно выразить числом особей, погибших за данный период, или же в виде удельной смертности (d) для всей популяции или любой ее части:

$$M = \frac{dN}{dt} \quad (16)$$

$$d = \frac{dN}{Ndt} \quad (17)$$

Как и рождаемость, смертность широко варьирует с возрастом. В связи с этим большое значение имеет определение удельной смертности для возможно большего числа возрастных групп или стадий развития, поскольку это позволяет выяснить механизмы, определяющие общую смертность в популяции.

Сопоставляя изменения во времени рождаемости и смертности с изменениями факторов, которые предположительно на них влияют (например, концентрацией пищи или количеством хищников) можно выявить и наиболее вероятные механизмы регуляции численности популяций.

При изучении динамики необходимо также располагать сведениями о характере роста популяции.

Рост популяции (R) – это увеличение ее численности (N) или биомассы во времени:

$$R = N(t) \quad (18)$$

Если смертность преобладает над рождаемостью, рост становится отрицательным. Разница между величиной популяций в начале и в конце какого-то промежутка времени называется приростом (N), который может быть как положительным, так и отрицательным (убыль).

Скорость роста популяции – это прирост (увеличение численности) за единицу времени:

$$R = \frac{dN}{dt} \quad (19)$$

Величина R может быть постоянной (неограниченный рост) или затухающей, когда с увеличением численности особей условия их существования ухудшаются, и темп воспроизводства падает.

Очень часто также необходимо знать величину удельной мгновенной скорости популяционного роста, которая характеризует внутренне присущую животным способность к увеличению численности. Удельная мгновенная скорость популяционного роста (r) – это изменение числа организмов в расчете на одну особь в единицу времени:

$$r = \frac{dN}{Ndt} \qquad (20)$$

Знание удельной мгновенной скорости популяционного роста очень важно для прогноза возможных вспышек численности и определения потенциальной способности популяции к росту.

Уравнение динамики численности для замкнутых популяций (для которых можно пренебречь величинами иммиграции и эмиграции) можно записать в общем виде как:

$$\frac{dN}{dt} = B(t) - M(t) = R(t), \qquad (21)$$

где dN/dt - изменение численности популяции за интервал времени (t, t+dt);

B (t) - количество особей родившихся;

M (t) - количество особей погибших (элиминированных) за этот же интервал времени (t, t+dt);

R(t) - скорость изменения численности популяции.

Уравнение динамики численности популяции с использованием удельных характеристик может быть представлено как:

$$\frac{dN}{dt} = N[b(t) - d(t)] = r(t)N \qquad (22)$$

Наиболее точную оценку удельной рождаемости дает формула И. Палохеймо (Palocheimo, 1974). Особенно часто она применяется для планктонных ракообразных:

$$b = \frac{1}{D_e}\ln(1 + \frac{E}{N}), \qquad (23)$$

где b - удельная рождаемость, время$^{-1}$;

D_e - продолжительность развития яиц, сутки$^{-1}$;

$1/D_e$ - скорость развития;

E - общее число яиц в популяции, экз. м$^{-3}$;

N - численность популяции (для Cladocera - всех особей, для Copepoda –половозрелых особей), экз.

Изменение численности популяций в достаточно короткие по отношению к году или сезону периоды может быть описано без больших ошибок экспоненциальной функцией:

$$N_t = N_0 e^{rt}, \qquad (24)$$

где N_0 - численность в начальный момент времени;

N_t - численность в момент времени t;

e - основание натуральных логарифмов (e = 2,71828).

Логарифмируя обе части равенства, получаем уравнение в форме, удобной для проведения расчетов:

$$\ln N_t = \ln N_0 + rt \qquad (25)$$

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t} \qquad (26)$$

Пользуясь последним уравнением, можно вычислить показатель r по двум измерениям численности популяции (N_0) и (N_t) в любые два момента времени в фазе не лимитируемого роста; тогда величины N_{t1} и N_{t2} подставляют вместо N_0 и N_t, а вместо t - разность (t_2 - t_1):

$$r = \frac{\ln N_{t2} - \ln N_{t1}}{t_2 - t_1} \qquad (27)$$

Величина r может быть положительной, отрицательной или равна нулю в зависимости от соотношения величин b(t) и d(t).

Если пробы взяты достаточно часто, то, оценив по ним численность популяции, можно получить и сезонный ход изменений показателей r(t) или dN/dt.

Зная величины рождаемости и скорости популяционного роста, можно оценить смертность:

$$d = b - r \qquad (28)$$

Из-за косвенного способа расчета смертность всегда оценивается менее точно, чем рождаемость. Величина *d* может быть только положительной или равной нулю. Однако нередко в отдельные моменты времени смертность имеет отрицательную величину. Наиболее простые объяснения "отрицательной смертности" - незамкнутость популяции (т.е. наличие миграций) или результат накопления ошибок при косвенном способе расчета данной величины.

На ошибку смертности сильно влияет ошибка определения численности. Гетерогенность пространственного распределения зоопланктеров, возможность их горизонтального перемещения (как за счет собственного движения, так и за счет течений), а также выход особей из покоящихся яиц вносят порой очень существенную долю неопределенности в оценку изменения численности, а, следовательно, и смертности.

Отрицательные значения *d* могут наблюдаться, когда интервал между "взятиями проб" существенно отличается от продолжительности развития яиц (D_e). Так, например, для получения наиболее точных оценок рождаемости (а соответственно и смертности) кладоцер, населяющих эпилимнион озер умеренной зоны, оптимальная частота отбора проб в летнее время составляет один раз в два-четыре дня.

По данным Ивановой М.Б. (1985), средние за вегетационный период значения удельной рождаемости у ветвистоусых ракообразных выше, чем у веслоногих (0,048-0,246 сутки$^{-1}$ у Cladocera и 0,018-0,174 сутки$^{-1}$ у Copepoda),

также как и значения средних величин удельной смертности (0,047-0,237 сутки$^{-1}$ у Cladocera и 0,016-0,229 сутки$^{-1}$ у Copepoda).

Материал и оборудование: пробы зоопланктона, бинокуляры, камеры Богорова, порционные пипетки, предметные и покровные стекла, препаравальные иглы

Задание: 1) Измерить длину каждой особи. Измерить длину и ширину яиц каждой самки.

2) Рассчитать динамические параметры популяции.

Последовательность выполнения работы:

1) Для расчета динамических характеристик (b, d, r) популяций массовых видов гидробионтов (например: *B. longirostris, D.longispina*, *Ch. sphaericus* и др.) необходимо как минимум обработать три количественных пробы зоопланктона, собранные в конкретном водоеме, на постоянной станции с интервалом 2-3 дня в течение месяца. При взятии пробы, необходимо обязательно измерять температуру воды в водоеме.

2) В каждой пробе следует провести тщательное измерение длины тела у 50 особей вида, указать количество яиц, обнаруженных у этих особей, определить длину и ширину каждого яйца (табл. 14, 15).

3) Для последующих расчетов необходимо знать объем профильтрованной воды на водоеме через планктонную сеть (V_1), объем сконцентрированной пробы в планктонном стаканчике (V_2), точный объем порций (V_3), взятых из общей пробы (V_2) и содержащих не менее 50 экземпляров особей. По литературным данным (табл. 16) устанавливается продолжительность развития яиц гидробионтов. В случае необходимости используются поправочные температурные коэффициенты, сосчитанные по изменению развития у пресноводных видов Cladocera и Copepoda из водоемов умеренного климата (табл. 17).

4) На основании полученных данных проводится расчет величин: N, b, d, r и строится график «Динамика численности (N), рождаемости (b) и смертности (d)».

Форма записи и отчет о работе.

Результаты представляются в виде таблиц 14, 15 и 18.

Пример оформления.

Проба № __ Дата _____ Пруд __ , ст.__

V_1 = __ л, V_2 = __ мл, V_3 (порции) = __ мл

Таблица 14 – Определение длины и массы тела *Bosmina longirostris* и ее яиц

Номер порции	Объем порции	Порядк. номер	Длина тела		Масса тела, мг	Размер яйца		Масса яйца, мг
			деления бинокуляра	мм		деления бинокуляра	мм	
1	0,5	1	20	0,30	0,004	15/4 17/6		
2	0,5	50	34	0,51	0,0237	15/4 17/6,1/3		
Итого	1,0	50						

Таблица 15 – Определение численности особей (N) и общего количества (E) яиц в популяции *Bosmina longirostris*

Кол-во самок и самцов, тыс. экз.		Общее кол-во яиц у самок		Ср. дина яйца, мм.	Ср. масса яйца, мг	Биомасса яиц, мг/м^3.	Ср. длина самки, мм.	Ср. масса самки, мг.	Биомасса самок, мг/м^3
в порции, V_3	в 1 м^3, N	в порции, V_3	в 1 м^3, E						

Таблица 16 – Продолжительность развития яиц (D_e) Cladocera (Крючкова, 1973)

Вид	T°, C	D_e, сутки
Daphnia longispina	20	2,6
	25	1,6
	16,4	3,7
	9,4	5,2
Daphnia cucullata	15	3,4
	19	1,0
Chydorus sphaericus	17	2,3
Bosmina longirostris	20	2,3

Таблица 17 – Поправочные температурные коэффициенты (Q_{10}) для пресноводных Cladocera (зоны умеренного климата)

T°, C	Значения Q_{10} для скорости развития
12	2,3
13	2,0
14	1,8
15	1,6
16	1,4
17	1,3
18	1,2
19	1,1
20	1,0
21	0,93
22	0,87
23	0,81
24	0,77
25	0,72

Таблица 18 – Динамические характеристики популяции *Bosmina longirostris*

Дата	Динамические характеристики			
	B, сутки$^{-1}$	d, сутки$^{-1}$	r, сутки$^{-1}$	N, тыс. экз. м^3
4.07.2023				
7.07.2023				
10.07.2023				

Вопросы для самопроверки:

1. Соотношением каких величин поддерживается определённая численность популяции?

2. Какие динамические характеристики популяции известны? Почему они называются динамическими?

3. Что называется рождаемостью популяции, смертностью популяции, ростом популяции?

4. Что называется удельной мгновенной скоростью популяционного роста?

5. Назовите единицы измерения динамических характеристик популяции.

6. Какая формула даёт наиболее точную оценку удельной рождаемости популяции планктонных ракообразных?

Лабораторная работа № 11.

Оценка экологического состояния водоемов гидробиологическими методами.

Цель работы: знакомство с некоторыми методами оценки структуры гидробиоценозов.

Краткие теоретические сведения. Биоценоз – организованная система со сложной упорядоченной структурой популяций различных видов, населяющих определенное ограниченное пространство (биотоп или экотоп) с относительно устойчивым круговоротом веществ и энергии. Буквальный перевод термина «биоценоз» и «гидробиоценоз» - жизнь и земля, функционирующие вместе.

Для оценки структуры сообщества широко используется формула К. Шеннона, определяющая информационность (степень упорядоченности) системы. Величину, выражающую количество информации на один элемент (особь, единицу биомассы, численности и др.) обозначают как N, а информацию всего биоценоза или его части в единице пространства как H и рассчитывают по формуле:

$$H = -\sum_{i=1}^{m} \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}, \qquad (29)$$

где N – сумма оценок значимости;

n_i - оценка значимости каждого вида, группы (численность, биомасса и т.д.);

m - число видов, групп.

Экологический смысл этого индекса состоит в том, что при монокультуре он равен 0. Максимальные индексы отмечаются в сообществах, где обилие всех видов одинаково (отношение n_i/N для всех видов одно и то же). При таких условиях индекс возрастает с возрастанием числа видов.

Для оценки доминантов удобен индекс (С) Симпсона:

$$C = \sum (n_i / N)^2 \qquad (30)$$

Он показывает преобладание одного вида над остальными и варьирует от 0 до 1.

Сравнение видового сходства биоценозов наиболее часто производится по индексам Жаккара (31) и Серенсена (32):

$$K_{Ж} = \frac{C}{a+b} - C \qquad (31)$$

$$K_C = \frac{2C}{a} + b, \qquad (32)$$

где a, b – число видов, обнаруженных в каждом из сравниваемых биоценозов (проб);

C – число общих для них видов.

Для оценки количественной представленности сравниваемых биоценозов используют коэффициент общности удельного обилия видов по Шорыгину:

$$K_{Ш} = \sum_{i=1}^{N} V_i \min , \qquad (33)$$

где V_i – удельное обилие вида в долях от общей численности (биомассы) в 1-м и 2-м сравниваемых биоценозах (min означает, что из двух удельных обилий сравниваемых проб избирается меньшее);

N – общее число видов в сравниваемых биоценозах.

Комбинированный коэффициент Вайнштейна объединяет коэффициенты Жаккара и Шорыгина:

$$K_{В} = K_{Ж} \cdot K_{Ш} \qquad (34)$$

Полученные данные заносятся в таблицу и разбиваются на группы. Границей между группами (биоценозами) считается среднее значение для коэффициентов Жаккара и Шорыгина - 0,5 или 50 %. Для коэффициента Вайнштейна - 0,25 или 25%. При недостаточном количестве проб коэффициенты - низкие и выделение биоценозов невозможно.

При выделении донных биоценозов используются и индексы плотности ($\sqrt{bp}$). Множителями в этом индексе являются средняя биомасса (b), характеризующая вид или группу в граммах на м^2 в пределах определенных условий биоценоза, и коэффициент постоянства вида (P) или группы (частота встречаемости) в этих же условиях.

Частота встречаемости (P) – процент станций, на которых встречен данный вид по отношению к общему количеству станций в пределах расселения биоценоза. Виды или группы, встречающиеся более чем на 50 % станций – доминанты, на 25-50 % станций – второстепенные, на менее чем 25 % станций – случайные.

Материалы: результаты расчетов лабораторных работ по обработке проб зоопланктона и зообентоса (работы №4, №5 и №6), собранных на нескольких станциях акватории водоема (видовой состав, численность и биомасса особей).

Задание: рассчитать параметры, определяющие границы биоценозов.

Последовательность выполнения работы:

1) Расчитать индекс Шенона по формуле (29).

Пример расчета.

Численность водорослей на станции составляет 10,1 млн.кл/л, в том числе диатомовых - 0,6, зеленых - 2,1, сине-зеленых - 7,4 млн.кл/л. Общее число встреченных видов - 19, из них диатомовых - 8, зеленых - 6, сине-зеленых - 5.

По шенноновскому индексу количество информации на каждый из указанных типов водорослей донного биоценоза составит соответственно:

$$H_1 = -\frac{0,6}{10,1}\lg\frac{0,6}{10,1} = 0,07$$

$$H_2 = -\frac{2,1}{10,1}\lg\frac{2,1}{10,1} = 0,14$$

$$H_3 = -\frac{7,4}{10,1}\lg\frac{7,4}{10,1} = 0,1$$

2) Определить индексы доминантов Симпсона по формуле (30).

Пример расчета.

При обработке проб зоопланктона допустим, что численность коловраток составила 1,1 тыс.экз/м^3, ветвистоусых ракообразных – 1,8, веслоногих - 2,5, итого - 5,4 тыс.экз/м^3.

Индекс доминирования каждой из указанных групп организмов данного биоценоза составит соответственно:

$$C_1 = \sum(n_i / N)^2 = (1,1/5,4)^2 = 0,04$$

$$C_2 = \left(\frac{1,8}{5,4}\right)^2 = 0,11$$

$$C_3 = \left(\frac{2,5}{5,4}\right)^2 = 0,21$$

3) Провести анализ сообщества по составу массовых форм видов планктона или бентоса по формулам (31, 32).

Пример расчета.

Из двух проб в одной (А) отмечено 8 видов, в другой (В) - 11, общее для них число видов (С) - 3. Коэффициент видового сходства этих проб по Жаккару составит:

$К_ж$ = С / (А + В) – С = 3 /(8 + 11) – 3 = 3 / 16 = 0,19

по Серенсену:

$К_с$ = 2С / А + В = 2 · 3 / 8 + 11 = 6 / 19 = 0,32

4) Провести экологический анализ сообщества с помощью коэффициента Вайнштейна по формулам (33, 34).

Пример расчета.

В первом биоценозе на долю видов А, В, С и Д приходится 45-30-10 и 15 % (по числу особей или биомассе), во втором соответственно 10-25-15 и 50 %. Общее для обоих биоценозов число видов (С) - 3. Тогда коэффициент видового сходства по Жаккару:

$К_ж$ = С / (А + В) – С = 3 /(4 + 4) – 3 = 3 / 5 = 0,6 или 60%

Коэффициент общности обилия по Шорыгину:

$К_ш = 10 + 25 + 10 + 15 = 60$ %,

а комбинированный коэффициент Вайштейна:

$К_в = К_ж \cdot К_ш = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36$

Форма записи и отчет о работе.

Результаты оформить в соответствии с заданием и последовательностью выполнения работы.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем сущность информационного показателя Шеннона?

2. Каковы методы расчета индексов доминантов, выравненности и плотности?

3. Дайте оценку видовому сходству биоценозов.

Лабораторная работа № 12.

Биологический метод определения сапробности водоемов.

Цель работы: познакомиться с некоторыми наиболее распространенными гидробиологическими методами анализа качества природных вод и способами оценки уровня их загрязнения.

Краткие теоретические сведения. Биологический метод определения степени загрязнения водоемов и оценка качества вод получил широкое применение лишь после создания системы сапробности (sapros - разложение) и появления списков организмов-индикаторов.

Существует ряд методов представления результатов биологического анализа, позволяющих определить уровень загрязнения природных вод органическими веществами. Их можно разделись на три группы: методы, оценивающие качества вод по составу индикаторных организмов (биотические индексы), по видовому разнообразию (показатели видового разнообразия и информационные индексы) и по совокупности этих показателей. Каждая из этих групп объединяет большое количество способов.

При оценке загрязнения широкое применение получили биотические индексы. Одним из методов (первой группы), наиболее простым и удобным при анализе планктонных сообществ является метод Р.Пантле и Г.Букка (1955) в модификации В.Сладечека (1973). По данному методу количественная оценка гидробионтов учитывает относительную частоту встречаемости особей вида и отношение последних к пяти известным степеням (зонам) системы сапробности.

Индикаторная значимость вида (s) – это значение индексов сапробности каждого индикаторного вида по таблицам Сладечека (1973).

Материал и оборудование: результаты обработки проб планктона: видовой состав фито- и зоопланктона, данные по численности планктона, список организмов-индикаторов загрязнения.

Задание: 1) Определить сапробность сообществ зоопланктона методами Пантле-Букка и Зелинки-Марвана.

2) Сравнить результаты определения сапробности по планктону, полученные двумя методами.

Последовательность выполнения работы:

1) Определить степень органического загрязнения (сапробности) исследуемого водоема методом Пантле и Букка (в модификации Сладечека) по показателям планктона (фито- и зоопланктона).

Сапробность водоема характеризуется индексом сапробности, который вычисляется по формуле:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{N} s_i h_i}{\sum_{i=1}^{N} h_i}, \qquad (35)$$

где s_i – индикаторная значимость каждого организма (см. Приложение);

h_i – частота встречаемости каждого вида;

N – число видов-индикаторов.

Значения h могут быть определены по численности особей вида в процентах от численности всех видов в пробе (табл. 19).

Таблица 19 – Значения частоты встречаемости

количество экземпляров планктонных организмов одного вида в % от общего количества экземпляров	значение частоты встречаемости h в баллах	количество экземпляров зообентоса на площади 0,1 м^2 донных осадков
< 1	1 (очень редко)	1-3
2-3	2 (редко)	4-10
4-10	3 (нередко)	11-50
10-20	5 (часто)	50-150
20-40	7 (очень часто)	150-500
40-100	9 (масса)	> 500

Индекс сапробности, вычисленный по формуле (40), равен:

в олигосапробной зоне – 0,51 - 1,5 (чистые воды),

в β-мезосапробной зоне – 1,51-2,5 (воды умеренно загрязненные),

в α-мезосапробной зоне – 2,51-3,5 (воды тяжело загрязненные),

в полисапробной зоне – 3,51-4,5 (воды очень тяжело загрязнены).

Пример расчета индекса сапробности по результатам обработки количественной пробы зоопланктона методом В. Гензена рассмотрены в табл. 20.

Таблица 20 – Оценка индекса сапробности по методу Пантле и Букка по показателям зоопланктона, пруд № 1, 23 июня 2005 г.

Вид	Численность		Индикаторная значимость s_i	h_i	$s_i h_i$	Степень сапробности
	тыс. экз/м^3	в %				
Filinia longiseta	19,61	9,81	2,35	3	7,05	α -β
Brachionus calyciflorus	28,99	14,51	2,50	5	12,5	α-β
Keratella quadrata	30,67	15,35	1,55	5	7,75	β-0
K. cochlearis	14,17	7,09	1,55	3	4,65	β-0
Daphnia longispina	45,11	22,58	2,05	7	14,35	β-0
Bosmina longistoris	52,06	26,05	1,55	7	10,85	0-β
Scapholeberis mucronata	9,21	4,61	2,00	3	6,0	β
	199,82	100		∑33	63,15	

$$S = \frac{63{,}15}{33} = 1{,}913$$

По величине индекса сапробности исследуемый пруд следует отнести к β-мезосапробным водоемам.

Определение погрешности:

$$\delta_S = \pm\sqrt{\frac{\sum h_i (S_i - S)^2}{\sum h_i - 1}} = \sqrt{\frac{33(2{,}5 - 1{,}91)^2}{32}} = 0{,}6 \qquad (36)$$

где δ_s - среднее квадратическое отклонение;

S_i - максимальное значение индекса сапробности в β-мезосапробной зоне.

Далее определяется интервал точности найденной величины по тесту для статической надежности 95%:

$$S \pm t_{0.05} \cdot \delta_s = 1{,}91 \pm 2{,}02 \cdot 0{,}6 = 1{,}91 \pm 1{,}21$$

Форма записи и отчет о работе.

Указать тему лабораторной работы, цель работы, записать краткие теоретические сведения по определению сапробности водоема по планктону. Расчеты индекса сапробности сделать в виде таблиц (по образцу табл. 20). Записать вывод о принадлежности исследуемого водоема к соответствующему типу по степени сапробности.

Вопросы для самопроверки:

1. Сущность биологического метода определения загрязнения водоемов.

2. Назвать основные методы представления результатов биологического анализа качества вод.

3. Сущность методов Пантле и Букка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом освоения дисциплины «Гидробиология» должно быть формирование у обучающегося способности участвовать в оценке гидробиологического состояния естественных и искусственных водоёмов, способности проводить оценку состояния популяций гидробионтов, водных биоценозов, способности проводить оценку состояния популяций промысловых рыб и других гидробионтов, способности участвовать в оценке рыбохозяйственного значения и экологического состояния естественных и искусственных водоёмов, участвовать в разработке биологических обоснований оптимальных параметров промысла, общих допустимых уловов, прогнозов вылова, правил рыболовства, мониторинг промысла. В результате изучения дисциплины студент должен знать филогению основных групп гидробионтов, их систематику, морфологические и физиологические особенности гидробионтов в связи с условиями их обитания и, в частности, физико-химических свойств воды; особенности взаимоотношений гидробионтов в гидробиоценозах; основные закономерности функционирования гидроэкосистем; роль антропогенного воздействия на гидроэкосистемы; принципы рационального природопользования, основы охраны водных биоресурсов;

В результате изучения дисциплины студент должен уметь хорошо ориентироваться во всём многообразии живого мира гидросферы; систематизировать и излагать усвоенный материал; пользоваться микроскопической техникой и лабораторным оборудованием, самостоятельно собирать и обрабатывать гидробиологические материалы, анализировать полученные результаты;

В результате изучения дисциплины студент должен владеть основными методами исследования, навыками работы с лабораторным и полевым оборудованием, ведения документации о наблюдениях и экспериментах.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература:

1. Березина Н.А. Практикум по гидробиологии / Н.А. Березина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 198 с.

2. Кузьмин С.Ю. Гидробиология: учеб. Пособие / С.Ю. Кузьмин. – Калининград.: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 105 с.

3. Калайда М.Л. Гидробиология: учеб. Пособие / М.Л. Калайда, М.С. Хамидова. – СПб.: Проспект науки, 2013. – 192 с.

4. Кузьмин С.Ю., Гусева Д.О. Гидробиология: Методические указания к лабораторным работам для студентов высших учебных заведений по направлению подготовки 110900.62 – Водные биоресурсы и аквакультура / КГТУ; С.Ю. Кузьмин, Д.О. Гусева – Калининград, 2009. – 84 с.

Дополнительная литература:

1. Кузьмина И.А. Малый практикум по гидробиологии / И.А. Кузьмина. – М.: Колос, 2007. – 232 с.

2. Гидробиология: методические указания к проведению летней учебно-исследовательской практики для студентов дневного отделения направления 561100 – Водные биоресурсы и аквакультура / С.Ю. Кузьмин. – Калининград: КГТУ, 1998. – 37 с.

3. Кузьмин С.Ю., Гусева Д.О. Гидробиология: Методические указания к проведению летней учебной практики для студентов высших учебных заведений по направлению подготовки 110900.62 – Водные биоресурсы и аквакультура / КГТУ; С.Ю. Кузьмин, Д.О. Гусева – Калининград, 2009. – 64 с.

4. Яшнов В.А. Практикум по гидробиологии / В.А. Яшнов. – М., 1969.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОПРОСА НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ

Опрос 1.

1. Из каких оболочек состоит биосфера? Какая оболочка биосферы является самой широкой ареной жизни?
2. Почему гидросфера является самой широкой ареной жизни?
3. Физико-химические свойства воды, обусловившие широкое распространение в ней жизни?
4. Какое значение для гидробионтов имеет хорошая растворимость органических и неорганических веществ в воде?
5. Особенности гидробионтов по сравнению с сухопутными организмами.
6. Почему большинство животных в гидросфере хладнокровные?
7. Почему в гидросфере зоомасса преобладает над фитомассой, а на суше – наоборот?
8. Что называется гидробиологией? Предмет, цель, задачи.
9. Когда возникла гидробиология? Развитие каких наук предшествовало образованию гидробиологии?
10. Причины формирования гидробиологии как науки.
11. Методы гидробиологии.
12. Подразделения гидробиологии.
13. С чьим именем связано рождение кафедры гидробиологии и нашего вуза?
14. Кто является основоположником трофологического направления в гидробиологии? В чем заслуга Н.С. Гаевской?

Опрос 2.

1. Что называется биотопом? Основные биотопы в гидросфере.
2. Жизненные формы гидробионтов.
3. Экологические зоны бентали морей и океанов и условия существования гидробионтов в этих биотопах.
4. Экологические зоны пелагиали морей и океанов в горизонтальной плоскости. Доминирующие группы организмов в фауне этих зон.
5. Экологические зоны бентали в озерах и условия существования в них гидробионтов.

6. Экологические зоны бентали в континентальных водоемах. Характеристика населения в этих зонах. Экологические зоны толщи воды.
7. Пелагиаль морей и океанов: дифференцировка на зоны в вертикальной и горизонтальной плоскости.
8. Пелагиаль озер.
9. Что называется экологической валентностью вида?
10. Кого больше в биосфере – эврибионтов или стенобионтов?
11. Детрит и процесс его образования сорбционным путем.
12. Органическое вещество в гидросфере.
13. Охарактеризуйте условия жизни в нейстали. Особенности нейстона.
14. Что называется эпи- и гипонейстоном?
15. Что называется псаммоном? Охарактеризуйте псаммон в связи с условиями существования.
16. Голо- и меропланктон. Криопланктон.
17. Критерий разделения планктона и нектона. $R_e = V\frac{l}{\lambda}$. Единицы измерения Re?
18. Мезопланктон и микропланктон.
19. Адаптации планктонных организмов.
20. Что отражает формула плавучести Оствальда?
21. Остаточная масса и пути ее снижения планктонными гидробионтами. Сопротивление формы и пути увеличения ее гидробионтами.
22. Чем обусловлены цикломорфозы у планктонных гидробионтов?

Опрос 3.

1. Способы перемещений гидробионтов в гидросфере.
2. Что называется миграциями?
3. Характер вертикальных миграций. Сумеречные миграции. Инвертированные миграции.
4. Что ограничивает вертикальные миграции. С чем связаны сезонные и возрастные вертикальные миграции?
5. Гипотезы, объясняющие вертикальные миграции.
6. Горизонтальные миграции и их дифференцировка по биологическому значению. Смысл миграций, экологическое значение.
7. Нерестовые миграции и их дифференцировка в зависимости от места нереста.
8. Чем руководствуются мигранты в пути?
9. Импринтинг. Хоминг.

10. С чем связано обнаружение звукорассеивающих слоев в морях и океанах? От каких гидробионтов имеет место резонансное рассеивание звука (повышенная интенсивность)?
11. Как подразделяются ЗРС в зависимости от глубины расположения?
12. Структура ЗРС. Состав эпипелагических ЗРС.
13. На какой максимальной глубине регистрируются ЗРС? Какие гидробионты входят в состав глубинных ЗРС?
14. Биолюминисценция. Факторы, обуславливающие ее. Источник энергии биолюминесценции.
15. Самый распространенный субстрат свечения и фермент, катализирующий свечение.
16. Природа биологического свечения. Типы биолюминесценции.
17. Что свидетельствует о том, что биолюминисценция возникала в эволюции неоднократно?
18. Какие группы животных способны светиться? Сколько видов способны к свечению?
19. Самый яркий живой излучатель?
20. Чем характеризуются световые органы высших раков и головоногих моллюсков?
21. Кто из хордовых способен к свечению? Сколько видов рыб способны к свечению?
22. На каких глубинах океана максимальные концентрации светящихся бактерий? На какой максимальной глубине обнаружены светящиеся бактерии?
23. Где больше светящихся бактерий - в открытой части океана или в прибрежье?

Опрос 4.

1. Бентос и его классификация в связи с образом жизни.
2. Эпибентос, эндобентос. Размерные группы бентоса. Адаптации к бентосному образу жизни.
3. Средства удержания бентосных организмов на субстрате. Сверлящие организмы.
4. Орудия сбора бентоса, фиксация бентоса.
5. Защита от захоронения гидробионтов оседающей взвесью.
6. Чем обусловлены вертикальные миграции организмов в грунте? Причины закапывания.
7. Что такое перифитон?

8. Качественный и количественный состав обрастания. От чего зависит состав обрастания и характер его формирования во времени и пространстве?
9. Характер формирования обрастания в умеренной зоне. Правила в отношении обрастания.
10. От чего зависит состав и распределение видов обрастания судов?
11. Почему военные суда подвержены интенсивному обрастанию?
12. Борьба с обрастанием судов, водозаборных труб и сооружений, с древоточцами. К какому типу относят корабельных червей?
13. Биогеографические области Мирового океана и их границы. Границы тропической области.
14. Особенности тропической области Мирового океана. Специфические биотопы и гидробионты. «Красные приливы». Адаптации гидробионтов тропической области.
15. Гипотезы о разнообразии флоры и фауны тропической области.
16. Чем объяснить широкое распространение токсичных животных в тропической области Мирового океана?
17. Глобегериновые и птероподовые илы в тропической области Мирового океана.
18. Биоценоз кораллового рифа. Основа рифа.
19. Чем объяснить высокую продуктивность биоценозов коралловых рифов?
20. Кто из гидробионтов обуславливает интенсивный круговорот веществ в биоценозе коралловых рифов?

Опрос 5.

1. Границы между умеренными и приполярными областями.
2. Характер распространения гидробионтов в умеренных областях Мирового океана. Гипотеза Л.С. Берга.
3. Планктон и бентос умеренных областей. Почему планктон качественно богаче в умеренной зоне, чем в тропической?
4. Сравнительная характеристика населения умеренной и приполярной областей относительно тропического населения.
5. Псевдобиполярное распределение гидробионтов.
6. Амфибореальное, амфиатлантическое и амфипацифическое распределение гидробионтов.
7. Чем характеризуется население бентали антарктической области? Чем объяснить богатство органического мира антарктической области?

8. Правило Бергмана в отношении гидробионтов с продвижением из низких широт к высоким.
9. Население разных глубин. Почему с глубиной обедняется фауна?
10. Апвеллинг. Абиссальный рахитизм и гигантизм.
11. Источники пищи для глубинных гидробионтов. Особенности глубоководных гидробионтов, адаптации. Пищевая лестница.
12. Кто является первым звеном в цепи питания в биоценозе в районе глубоководных выходов термальных вод?
13. Население опресненных морей.
14. Чем обуславливается однородность биоценозов в пределах континентального водоема, различие между сообществами гидробионтов даже в близлежащих водоемах?
15. Почему в континентальных водоемах развивается больше потребителей-консументов?
16. Почему в реках разнообразные биоценозы? С какого момента в реках формируется реопланктон?
17. Особенности формирования в реках реопланктона. Почему среди зоопланктона рек в более благоприятном отношении находятся коловратки и ветвистоусые ракообразные?
18. Как климатические факторы влияют на численность планктона рек?
19. Распределение в реках бентосных организмов.
20. Население эстуариев. Эффект Ремане.
21. Классификация озер (по размерам, биологическая). Лимнобионты.
22. Население болот.
23. Население водохранилищ. Три стадии формирования фауны водохранилища.
24. Население прудов.
25. Троглобионты.

Опрос 6.

1. Для чего питаются живые организмы?
2. В зависимости от чего толщу Мирового океана подразделяют на трофогенную и трофолитическую?
3. Адаптации глубоководных животных к недостатку пищи.
4. Какие понятия применяют для оценки трофических условий в водоемах?
5. Оценка трофических условий: кормовые ресурсы, обеспеченность кормом, кормовая база, кормность.

6. Что не учитывают эти показатели в отношении трофности водоема? (убыль и восполнение запасов пищи, динамику поступления аллохтонного вещества, величину продукции и его выноса за пределы водоема)
7. Что относят к ВОВ? (детрит и бактерии). Какая группа организмов среди ЖОВ играет ведущую роль как источник пищи? (водоросли)
8. Стенофаги и эврифаги.
9. Какие 4 группы организмов по типу питания существуют?
10. В чем выражены пищевые адаптации водных организмов? (нужное качество в нужном количестве)
11. Интенсивность питания.
12. От чего зависит степень усвоения пищи? (онтогенез)
13. Адаптации жертвы.
14. Способы добывания пищи: экзогенное и эндогенное питание.
15. Способы добывания пищи: заглатывание грунта, собирание детрита, фильтрация, седиментация, пастьба и охота.
16. Определение понятия питания.
17. Кормовые ресурсы гидросферы
18. Качество пищи.
19. Пищевая элективность.
20. Интенсивность питания и усвоения пищи.
21. Адаптации организмов, снижающие их выедание: маскировка, укрытия, конституциональная защищенность.

Опрос 7.

1. Типы водоемов и их населения в зависимости от солености.
2. Лимитирующий фактор в пресных водоемах. Биологическое значение кальция.
3. Население пресных вод.
4. Парадокс солоноватых вод. Население солоноватых вод по сравнению с другими типами водоемов.
5. Население морей.
6. Гипергалинные водоемы. Рапы, их население. Галобионты.
7. Осмос. Осмотическое давление, осмотический градиент. Какую опасность для гидробионтов несет осмотический градиент?
8. Адаптации гидробионтов, предотвращающие обезвоживание или обводнение (изоосмотия, осморегуляция).

9. Механизмы регуляции тоничности цитоплазмы при изоосмотии (изменение концентрации в цитоплазме органических веществ, неорганических ионов, активный транспорт ионов).
10. Адаптации морских одноклеточных организмов к солености среды.
11. Адаптации морских многоклеточных без внутренней среды (губки, кишечнополостные). Механизмы изменения тоничности.
12. Адаптации многоклеточных морских гидробионтов с внутренней средой (рыбы, моллюски). Гипотоничная и гипертоничная регуляция.
13. От чего зависит интенсивность осморегуляции?
14. Адаптации проходных рыб к разной солености среды.
15. Ионная регуляция. Где осуществляются механизмы активной ионной регуляции?
16. Стресс и хлоридные клетки.
17. Осмоизоляция как путь адаптации к солености среды.
18. Критическая соленость. Солевой анабиоз.
19. Концентрационная функция гидробионтов.

Опрос 8.

1. Наиболее значимые для гидробионтов газы, растворенные в воде, источники их появления в водной толще. От чего зависит растворимость газов в воде?
2. Содержание кислорода в океанических водах. Чем объяснить высокое содержание кислорода на глубинах океана.
3. Может ли быть перенасыщение воды кислородом?
4. Как в водоемах меняется содержание кислорода с глубиной? Причины.
5. Биологическое значение углекислого газа.
6. Условия и источники накопления сероводорода водоемах разного типа.
7. Дыхание. Анаэробное и аэробное дыхание. Почему дыхание в воде энергетически менее выгодно, чем дыхание на суше?
8. Как гидробионты повышают эффективность газообмена?
9. Транспорт газов, дыхательные пигменты. Локализации и типы пигментов (гемоглобин, гемоцианин, хлорокруонин, гемоэритрин).
10. Биохимические адаптации (сродство гемоглобина к кислороду).
11. Как работают механизмы адаптации гидробионтов в респираторном отношении в условиях гипоксии?
12. Чем вреден избыток кислорода для гидробионтов?

13. Адаптации к транспорту кислорода и углекислого газа. Эффекты Бора, Рута, Холдена.
14. Аноксибиоз. Заморы.
15. Устойчивость гидробионтов к дефициту кислорода.

Опрос 9.

1. Каково влияние температуры на: а) географическое распространение гидробионтов; б) рост; в) развитие; г) размножение; д) обмен веществ.
2. Эври- и стенотермные гидробионты.
3. Типы теплообмена (гомойотермные, пойкилотермные гидробионты).
4. Адаптации пойкилотермных гидробионтов: а) выработка эвритермности; б) выбор мест обитания с устойчивым температурным режимом, близким к оптимальному.
5. Кто более эвритермный: морские или пресноводные организмы?
6. Кто более устойчив к действию высоких температур - низкоорганизованные или высокоорганизованные гидробионты?
7. Обмен веществ. Правило Вант-Гоффа.
8. Что выражает «нормальная кривая Крога». Скорость развития, стадии пелагических личинок. Размеры организмов, химический состав тела.
9. Группы организмов по их отношению к действию холода. Чем обусловлена морозостойкость гидробионтов?
10. Адаптации, предупреждающие замерзание полостных жидкостей. Антифризы.
11. Правило Торсона.
12. Верхний температурный предел для распространения животных. Наиболее и наименее чувствительные к действию высокой температуры организмы.
13. От чего зависит температура свертываемости белка?
14. Губительное воздействие высоких температур.
15. Световые зоны в толще воды.
16. Значение света для растений и животных (фототаксисы, ориентация, сигнальное значение, участие в биохимических процессах, УФ-облучение).
17. Значение спектрального состава света для гидробионтов. Устойчивость гидробионтов к УФ-облучению.
18. Фоторецепция и органы зрения.
19. Цикломорфозы. Чем они обусловлены?

20. Какие факторы обуславливают сезонные явления в жизни водоемов (биологические сезоны)? В чем они выражаются?
21. Между какими биологическими сезонами наиболее четкая граница?
22. Наблюдаются ли биологические сезоны в тропической области? С чем они связаны?
23. Почему в эквилибрированных растворах нормально существуют гидробионты?

Опрос 10.

1. Определение роста. Типы роста (положительный, отрицательный; соматический, генеративный).
2. В каких формах выражен рост? (линейный, весовой, энергоемкости, массы отдельных компонентов).
3. Неограниченный и ограниченный рост (конечный).
4. Изометрический рост.
5. Аллометрический рост.
6. Гетерогенный и гомогенный, прерывистый и постоянный рост.
7. Графическое отображение роста: экспоненциальный, параболический, S-образный.
8. Влияние различных факторов среды на рост гидробионтов.
9. Развитие, этапы развития.
10. Прямое и непрямое развитие.
11. Сроки развития. Правило суммы тепла.
12. Трансформация энергии. Интенсивность трансформации.
13. Суммарное выражение энергобаланса.
14. Определение понятия «популяция»
15. Структура популяции. Величина и плотность популяции, методы определения.
16. Хорологическая структура популяции. Показатели распределения.
17. Возрастная структура популяции.
18. Половая и генеративная структура популяции.
19. Охарактеризуйте внутрипопуляционные отношения.
20. Как рассчитывается продукция и энергобаланс популяции?
21. Воспроизводство и динамика популяций.
22. Дайте определение понятию «рождаемость». Формы и ритмы размножения. Понятие плодовитости.
23. Понятие смертности и выживаемости. Кривые смертности.
24. Назовите типы роста популяций.

25. Динамика численности и биомассы популяций.
26. Какие существуют методы расчета динамических характеристик популяции?

Опрос 11.

1. Определение биоценоза. Структура биоценоза. Как получают биоценозы свое название?
2. Экотон. Суть краевого эффекта. Где более выражен краевой эффект?
3. Что называется видовой структурой биоценоза? Показатель видовой структуры (видовое разнообразие).
4. Доминантные, субдоминантные, второстепенные и случайные виды в биоценозе. Как выразить степень доминирования?
5. Виды-эдификаторы. Гильдии.
6. Индекс доминирования Симпсона.
7. Индекс Шеннона. Индекс выравненности Пиелу.
8. Биоценотический принцип Тинеманна.
9. Какие индексы используют для сравнения степени видового сходства биоценозов?
10. Размерная структура биоценоза.
11. Трофическая структура биоценоза.
12. Адаптации видов, занимающих сходное положение в трофических цепях.
13. Какой трофический уровень занимают консументы 2-го порядка?
14. Что называется пищевой цепью, пищевой сетью? Типы пищевых цепей.

Опрос 12.

1. Преимущества и возможности аквакультуры.
2. Что называется загрязнением водоемов? Причины загрязнения водоемов.
3. Классификация загрязняющих веществ.
4. Почему наиболее опасны хлорорганические пестициды, детергенты, нефтепродукты?
5. Влияние загрязнений на жизнедеятельность гидробионтов. От чего зависит реакция гидробионтов на воздействие токсических веществ? Кто из гидробионтов менее чувствителен к токсическим веществам?

6. Антропогенная эвтрофикация и ее следствия. Источники биогенных веществ в водоемах.
7. Термофикация водоемов и ее следствия.
8. Всегда ли термофикация и эвтрофикация ведут к деградации водоемов?
9. Меры предупреждения эвтрофикации.
10. Факторы, участвующие в процессах самоочищения водоемов.
11. Кто из гидробионтов играет основную роль в процессах самоочищения?
12. Как гидробионты обезвреживают токсические вещества?
13. На чем основан биологический метод анализа качества вод?
14. Классификация водоемов по степени загрязнения органикой.
15. Какими факторами обусловлены отношения гидробионтов к степени загрязнения водоема?
16. Индикаторы сапробности.
17. С помощью каких показателей можно охарактеризовать экологическое состояние водоемов?
18. Что такое ПДК? Критерий токсичности.
19. Экспресс-метод оценки токсичности.
20. Сущность гидробиологического мониторинга. Почему предпочтительным объектом гидробиологического мониторинга могут служить группы гидробионтов в экотоне?
21. Методы биологической очистки сточных вод.
22. Почему аэрированные пруды предпочтительны на современных очистных сооружениях?
23. Радикальное решение проблемы сточных вод.

Локальный электронный методический материал

С. Ю. Кузьмин

ГИДРОБИОЛОГИЯ

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 5,0. Печ. л. 4,7.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1