

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра ихтиологии и рыбоводства

Ю. М. Салтанов

ГИДРОБИОЛОГИЯ

ЗООПЛАНКТОН

*Методические указания
по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по специальности
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки
БГСХА
2018

УДК 574.5

*Рекомендовано методической комиссией
факультета биотехнологии и аквакультуры.
Протокол № 6 от 27 февраля 2018 г.*

Автор:
старший преподаватель *Ю. М. Салтанов*

Рецензент:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. А. Садовов*

Гидробиология. Зоопланктон : методические указания по выполнению лабораторных работ / Ю. М. Салтанов. – Горки : БГСХА, 2018. – 31 с.

Приведены темы лабораторных работ по гидробиологии. По каждой теме дается краткое содержание, целевая установка и порядок выполнения работы, указано необходимое оборудование, подготовлены вопросы для самоконтроля.
Для студентов, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Мельчайшие организмы толщи воды объединяют в понятие «планктон» (от греч. *planktos* – парящий, блуждающий). Мир планктона огромен и разнообразен. Сюда входят организмы, населяющие толщу морей, океанов, озер и рек. Они обитают везде, где есть малейшее количество воды.

Планктонное сообщество наиболее древнее и важное с многих точек зрения. Планктон существует около 2 млрд. лет. Они были первыми организмами, которые когда-то населяли нашу планету. Планктон имеет большое значение в пищевом балансе водных экосистем, так как им питаются многие виды рыб. Он является основным источником жизни морей и океанов, крупных озер и рек.

В состав планктона входят фитопланктон, бактериопланктон и зоопланктон. Самыми многочисленными в пресноводном зоопланктоне являются веслоногие и ветвистоусые рачки, а также коловратки.

У организмов зоопланктона высокое содержание белка, причем белки кормовых беспозвоночных полноценные по составу входящих в них аминокислот, что имеет большое значение для роста и развития рыб. Водные беспозвоночные содержат также необходимые для роста рыб витамины и большое количество минеральных веществ.

Сравнивая отдельные группы зоопланктона, следует отметить, что наиболее полноценными по минеральному и аминокислотному составу, а также содержанию витаминов являются ракообразные.

Рациональное ведение прудового рыбного хозяйства требует постоянного контроля над кормовой базой, одной из основных составляющих которой являются организмы зоопланктона.

Тема 1. СТРОЕНИЕ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ

Цель работы: изучить особенности строения ветвистоусых ракообразных на примере дафнии.

Материал и оборудование: плакаты, микроскопы, законсервированные пробы *Daphnia pulex*, альбомы для рисования.

Задание:

1) рассмотреть под микроскопом особенности строения *Daphnia pulex*;

2) зарисовать строение *Daphnia pulex* в альбом.

У большинства ветвистоусых тело заключено в двустворчатую раковину – карапакс (рис. 1). Створка карапакса приоткрыта с брюшной стороны. Карапакс полностью прикрывает все тело, голова выдается вперед, нередко образуя направленный на брюшную сторону клювообразный вырост (рострум). На голове находится один большой фасеточный глаз, образовавшийся слиянием пары сложных глаз, и один слабо развитый у науплиусов глазок (науплиальный глаз). Антенны сильно развиты, двуветвистые и служат для плавания.

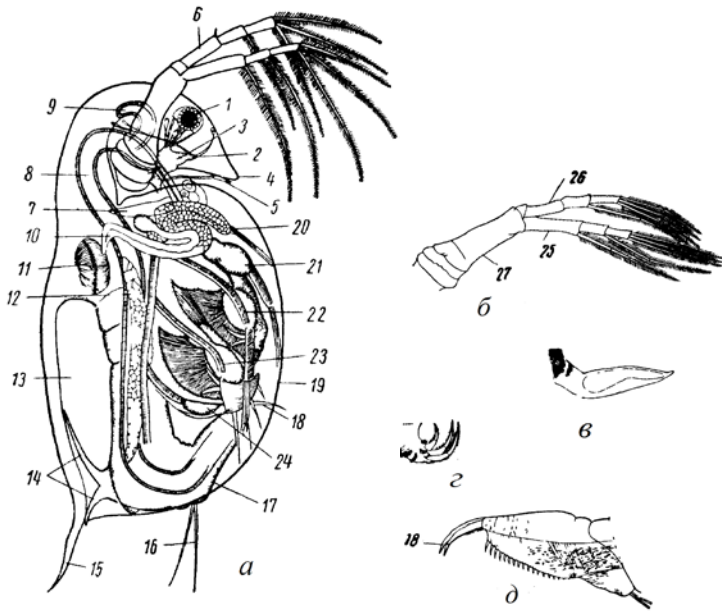


Рис. 1. Строение *Daphnia pulex*:

- а* – самка; *б* – антенна; *в* – мандибула; *г* – максиллула; *д* – постабдомен;
 1 – сложный глаз; 2 – непарный глазок; 3 – головной мозг; 4 – рострум;
 5 – антеннула; 6 – антенна; 7 – мандибула; 8 – кишечник; 9 – печеночный вырост;
 10 – панцирная железа; 11 – сердце; 12 – яичник; 13 – выводковая камера;
 14 – абдоминальные выросты; 15 – спина (*spina*); 16 – хвостовые щетинки;
 17 – постабдомен; 18 – каудальные когти; 19 – створки раковины; 20–24 – ноги
 первой – пятой пар; 25 – эндоподит; 26 – экзоподит; 27 – протоподит

Ротовые части находятся на нижней части головы. Они представлены жвалами (мандибулы) и челюстями, прикрытыми верхней и нижней губой, и не предназначены для измельчения пищи. Их назначение – направлять в кишечный канал образующийся в пищевом желобке пищевой комок и его удалять, если пищеварительный тракт заполнен. Рот ведет в короткий пищевод, затем в среднюю кишку и далее в заднюю кишку и открывается анальным отверстием. В передней части средней кишки открываются отверстия парных печеночных выростов, имеющих вид коротких и изогнутых слепых придатков, располагающихся в голове.

Сердце дафний имеет вид округлого мешка с одной парой боковых остий. Сокращение сердца совершается со скоростью 200–290 ударов в минуту при температуре 20 °С, что является предельным для животных. Остии – щелевидные отверстия у членистоногих, через которые кровь поступает в сердце. Кровь из сердца поступает в лакуны тела. Осмотическое давление крови при нормальных условиях равняется 2–4 атмосферам. Это обстоятельство имеет большое значение для сохранения формы тела и упругости конечностей.

Органами дыхания служат эпиподиты конечностей, которые омываются токами воды, вызываемыми ритмическими движениями ног.

Органами выделения служат парные панцирные (скорлуповые) железы, расположенные в толще створок раковины между наружными и внутренними слоями, которые хорошо заметны после отдаления створок от тела дафний.

Головной мозг состоит из двух слившихся половин. От его передней части отходят нервы к сложному глазку.

Органы размножения самок простираются по бокам кишечника от первой пары ног до постабдомена. Короткие яйцеводы открываются на спинной стороне тела в задней части выводковой камеры.

Все эмбриональное развитие молодежи протекает в выводковой камере в период между двумя линьками. Дафнии дают партеногенетические и латентные яйца, которые заключены внутри сильно видоизменной и темноокрашенной верхней части створок раковины, так называемой эфиппий (седлышко).

На спинной стороне брюшка (абдомена) находится несколько абдоминальных выростов, служащих для замыкания сзади выводковой камеры; позади этих выростов расположена пара оперенных плавательных или хвостовых щетинок. Задний отдел брюшка, позади хвостовых щетинок, называется постабдоментом или каудой. Он подогнут

под тело дафний так, что его верхний или спинной край, на котором открывается анальное отверстие и располагаются анальные зубчики, становится как бы нижним краем; на конце постабдомена находится фурка, образованная двумя крепкими и слегка изогнутыми когтями, называемыми фуркальными или каудальными когтями.

Контрольные вопросы

1. Опишите внешний вид дафнии.
2. Назовите основные внутренние органы и укажите место их расположения в организме дафнии.
3. Опишите основные функции внутренних органов дафнии.

Тема 2. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *DAPHNIA*

Цель работы: изучить наиболее встречающихся в водоемах представителей рода *Daphnia*.

Материал и оборудование: микроскопы, законсервированные пробы представителей рода *Daphnia*, альбомы для рисования.

Задание:

- 1) найти и определить в предложенной пробе вышеперечисленных представителей рода *Daphnia*;
- 2) зарисовать организмы в альбом.

Представители семейства Daphnidae, подотряда Branchiopoda (жаброногие раки) входят в подкласс Entomostraca (низшие ракообразные) класса Crustacea (ракообразные). Род *Daphnia* включает свыше 20 видов, среди которых наиболее распространены в пресноводных водоемах средней Европейской части *Daphnia magna*, *D. pulex*, *D. longispina*, *D. cucullata*.

Daphnia magna – вид ракообразных семейства дафнид (рис. 2), обитающий в Северной Америке, Евразии и Африке. Тело овальной формы, прозрачное. Самки длиной до 6 мм, самцы – до 2 мм. Теплолюбивое животное, обитающее в водоемах, богатых питательными веществами. Фильтратор, питается фито- и бактериопланктоном, может соскребать обрастания со дна.

Daphnia pulex. Тело овальной формы, зеленоватого, желтоватого или красноватого цвета и часто мало прозрачное. Самки длиной от 3 до 4 мм, самцы – от 1 до 1,5 мм. Для самцов характерны длинные первые антенны и выделяющиеся крючки на первой паре ног. В голове

имеется один крупный фасеточный глаз, состоящий из 22 отдельных фасеток. *D. magna* и *D. pulex* при пониженном содержании кислорода в воде начинают синтезировать гемоглобин так, что их гемолимфа и все тело окрашивается в красный цвет.

Daphnia longispina – типично планктонный вид, распространенный повсеместно (рис. 3). Обычный компонент многих солоноватых озер и опресненных участков Аральского и Каспийского морей, массовая форма рыбоводных прудов и водохранилищ.

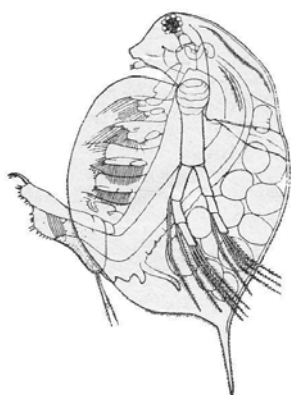


Рис. 2. *Daphnia magna*

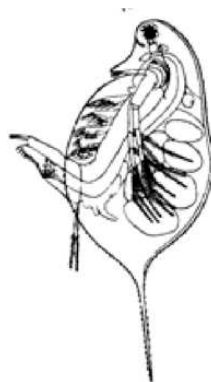


Рис. 3. *Daphnia longispina*

Характеризуется как активный мигратор. Очень изменчив, почти в каждом водоеме можно встретить локальные экотипы. Указанное свойство является свидетельством высокой адаптации к самым различным условиям существования.

Форма тела овальная. Голова относительно высокая, спина большей частью длинная. Ротрум заостренный. Постабдомен удлинненный, его почти прямой верхний край вооружен 9–20 зубчиками.

Продолжительность жизни *D. longispina* в экспериментальных условиях не более 40 дней. За это время формируется 14–15 пометов. Эмбриональное развитие длится пять–шесть суток, постэмбриональное – 12–14 суток. В естественных условиях продолжительность жизни дафнии 24–26 суток, эмбрионального развития – 3–5, постэмбрионального – 5–10 суток.

Максимальная плодовитость зарегистрирована весной (28 яиц), минимальная – летом и зимой (одно–два яйца).

Daphnia cucullata – типично планктонный вид (рис. 4). Обитатель пелагиали эвтрофных озер, водохранилищ, рек с замедленным течением, а также прудов. Избегает кислых и солоноватых водоемов, в дистрофных вообще не встречается. В умеренных широтах появляется в планктоне в конце мая – начале июня при температуре воды около 13 °С.



Рис. 4. *Daphnia cucullata*

Продолжительность жизненного цикла *D. cucullata* – 60 дней. Она зависит от температуры среды обитания. По своим экологическим особенностям этот вид теплолюбивый. Цикл заканчивается половым размножением осенью.

Служит кормом рыбам в прудах, водохранилищах, малых реках.

Контрольные вопросы

1. Опишите видовые особенности *Daphnia magna* и *Daphnia pulex*.
2. Опишите видовые особенности *Daphnia longispina*.
3. Опишите видовые особенности *Daphnia cucullata*.

Т е м а 3. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ

Цель работы: изучить наиболее встречающихся в водоемах ветвистоусых ракообразных.

Материал и оборудование: микроскопы, законсервированные пробы зоопланктона, альбомы для рисования.

Задание:

1) найти и определить в предложенной пробе вышеперечисленных представителей рода: *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Moina*, *Scapholeberis* и *Chydorus*;

2) зарисовать организмы в альбом.

Род *Bosmina*. Представитель *Bosmina longirostris* (рис. 5). Тело босмины заключено в раковину, ниже-задние углы которой вытянуты в выросты, называемые мукро (*muco*). Эти выросты у отдельных форм различно развиты, в редких случаях полностью отсутствуют. Самым отличительным признаком босмин является сильное развитие антеннул, которые имеют вид двух длинных, обычно согнутых придатков, у самок неподвижно соединенных с рострумом головы, у самцов подвижных; чувствительные щетинки расположены около середины антеннул; ряд шипиков, проходящих поперечно, придают антеннулам вид членистости. Антенны короткие, с трехчленистыми эндоподитами и четырехчленистыми экзоподитами. Грудные ноги, в числе шести пар, различного строения; ноги шестой пары имеют вид пальцевидных придатков. Постабдомен короткий, сильно сжатый с боков, на конце как бы обрубленный, с длинным выростом на брюшной стороне, который оканчивается хорошо развитыми фуркальными (каудальными)

когтями. Глаз умеренной величины, глазок отсутствует. Кишечник без печеночных выростов. Эфиппий небольшой.

Босмины, так же как дафнии, распадаются на очень большое количество отдельных форм, часто сильно по внешнему виду различающихся между собой.

Род *Ceriodaphnia*. Часто встречающийся представитель *Ceriodaphnia reticulata* (рис. 6). Тело овальное или почти округлое, с боков мало сжатое. Голова небольшая, сильно наклоненная вниз, отделена от туловища выемкой. Рострум отсутствует. Антеннулы и антенны короткие. Эксоподиты с четырьмя щетинками, эндоподиты с пятью щетинками. Верхний край постабдомена вооружен зубчиками. Антеннулы самок с длинными жгутиками.

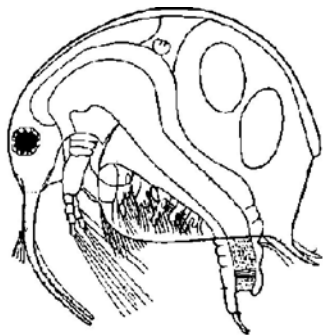


Рис. 5. *Bosmina longirostris*

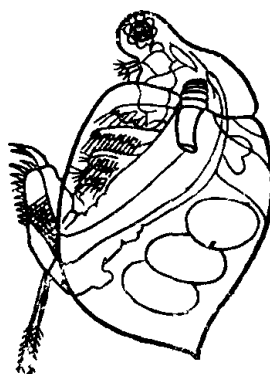


Рис. 6. *Ceriodaphnia reticulata*

Род *Moina*. Широко распространенный вид, *M. reitrostris* (рис. 7). Створки округлые. Голова отделена от туловища глубоким перехватом, рострум отсутствует. Базиподиты антенн густо усажены мелкими волосками; экзоподиты 4-членистые, с четырьмя щетинками; эндоподиты 3-членистые, с пятью щетинками. Постабдомен вооружен 9–15 зубцами, из которых дистальный – двуразделенный и длинный, а остальные – треугольные, короткие, одного размера. Каудальные когти при основании с гребешком из 9–10 зубцов, а с противоположной стороны с зазубренной пластинкой.

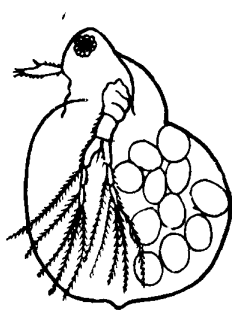


Рис. 7. *Moina reitrostris*

Род *Scapholeberis* представлен обычно видом *Scapholeberis micronata* (рис. 8). Рачки подвешиваются к поверхностной пленке воды брюшными краями створок. Голова большая, часто с более или менее хорошо развитым лобным выростом, на спинной стороне с резким перехватом. Створки с боку почти четырехугольной формы, с прямыми брюшными краями, усаженными короткими волосками, позади вытянуты в длинные выросты. Глаз хорошо развит, глазок небольшой.

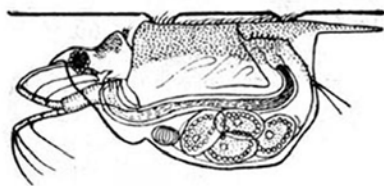


Рис. 8. *Scapholeberis micronata*

Род *Chydorus*. Часто встречающийся представитель *Chydorus sphaericus* – один из немногих видов ветвистоусых ракообразных, признанный типичный убикивист, космополит (рис. 9). Живет в прибрежной зоне и среди зарослей самых различных мелких водоемов, вплоть до искусственных, баках и цистернах, озерах всех лимнологических типов, реках, водохранилищах и источниках.

С температурой среды обитания связан и жизненный цикл рачка.

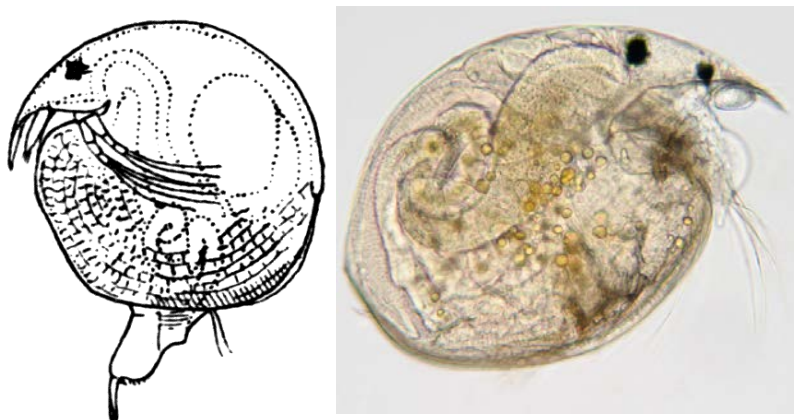


Рис. 9. *Chydorus sphaericus*

Например, при температуре 15–22 °С длительность эмбрионального развития составляет два-семь дней, при 18–25 °С – два-три дня, а всей жизни – до 99 дней. За это время самка дает от 15 до 27 генераций, в среднем по две особи в каждой. Рост рачка наиболее интенсивно протекает в первые три-четыре дня. За это время он два раза линяет. Обычно процесс линьки приурочен к вечернему и ночному времени. При температуре 5 °С размножение хидоруса прекращается.

Рачок используется для культивирования в рыбоводных целях, главным образом как «стартовый» корм для личинок рыб. Однако из-за очень плотной раковины кормовая ценность его снижается.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о характерных особенностях представителей рода *Bosmina*.

2. Опишите характерные особенности рода *Ceriodaphnia* и *Moina*.
3. Какие особенности строения имеют представители рода *Scapholeberis* и *Chydorus*.

Т е м а 4. ПРЕДСТАВИТЕЛИ ХИЩНОГО ЗООПЛАНКТОНА

Цель работы: изучить наиболее встречающихся в водоемах представителей хищного зоопланктона.

Материал и оборудование: плакаты, микроскопы, законсервированные пробы с хищным зоопланктоном, альбомы для рисования.

Задание:

- 1) найти и определить в предложенной пробе вышеперечисленных представителей рода *Polyphemus*, *Bythotrephes*, *Leptodora*;
- 2) зарисовать организмы в альбом.

Полифемусы (*Polyphemus pediculus*, рис. 10) относятся к числу наиболее распространенных представителей семейства *Polyphemidae* – ветвистоусых раков, встречаются в небольших водоемах, а в озерах – среди прибрежной растительности.

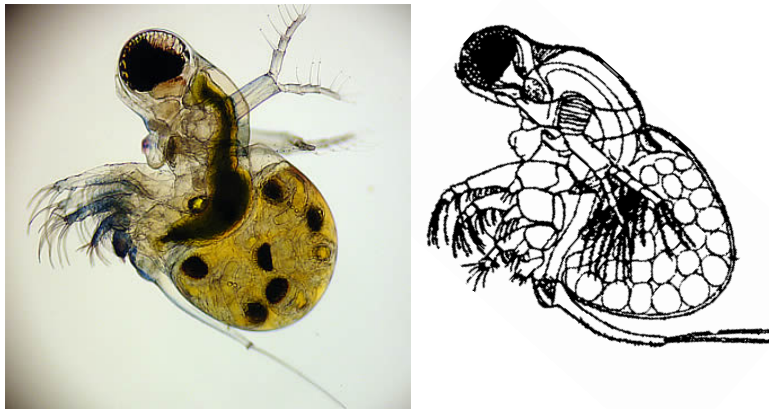


Рис. 10. *Polyphemus pediculus*

Голова большая, спереди полукруглая, с очень большим глазом на переднем конце. Головной щит широкий, с округлыми боковыми лопастями; его поверхность утолщена и покрыта шестигранной сетчатостью. Голова отделена от остального тела резким перехватом. Выводковая камера, так же, как и у других *Polyphemidae*, находится внутри

тела, но в отличие от выводковой камеры *Bythotrephes* прирастает к нему только по бокам. Антеннулы, прижатые к нижней поверхности головы, слиты своими основными члениками. Антенны сильные, с 3-членистыми эндоподитами и 4-членистыми эксоподитами, вооруженными оперенными плавательными щетинками. Ноги, в числе четырех пар, скелетного типа, с одночленистыми эксоподитами.

Постабдомен короткий, без фуркальных когтей. Хвостовой шип аналогичен хвостовому шипу *Bythotrephes*, но сравнительно короткий, на конце с двумя длинными хвостовыми щетинками. Кишечник впереди с боковыми расширениями. Полифемусы – хищники, но могут поедать водоросли и детрит. Окраска фиолетовая и коричнево-фиолетовая.

Род *Bythotrephes*. *B. longimanus* (рис. 11) относится к числу самых крупных видов, достигает в длину 10 мм, обитает в северных небольших водоемах и озерах. Основным характерным признаком является наличие длинного хвостового шипа, в несколько раз превышающего длину тела. В нормальном положении этот шип расположен горизонтально, поэтому сильно увеличивает сопротивление, оказываемое водой при погружении организма.

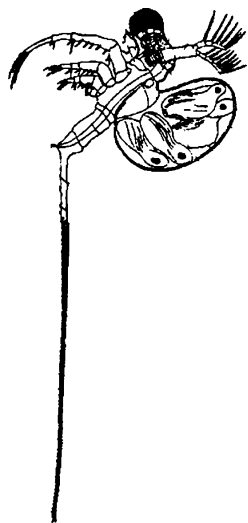


Рис. 11. *Bythotrephes longimanus*

Голова большая с очень крупным сложным глазом, занимающим всю ее переднюю часть. Глазка нет. На спинной стороне головы находится головной щит – орган дыхания. Антеннулы короткие, отходят от общего, на конце раздвоенного основания. Антенны сильно развиты, с 3-членистыми эндоподитами и 4-членистыми экзоподитами, служат органом движения. Мандибулы большие с рудиментарным щупиком. Максиллулы рудиментарные. Грудных ног – 4 пары, скелетного типа, они состоят из крепких, подвижных члеников, приспособленных к захвату пищи. Эпиподиты отсутствуют, конечности не несут дыхательной функции. На конце тела есть фурка с двумя фуркальными когтями, иногда есть еще одна или несколько пар ложных когтей. Хитин хвостового шипа и фуркальных когтей не сбрасывается при линьке, и число пар ложных когтей соответствует числу линек.

Карапакс (раковина) сильно редуцирован, не покрывает все тело, а защищает лишь находящуюся внутри него выводковую камеру, и по краям полностью прирастает к спинной стороне тела.

Род *Leptodora* (рис. 12) включает единственный вид *Leptodora kindtii*. Это один из немногих типичных хищников среди ветвистоусых ракообразных. Населяет медленно текущие реки, озера различных лимнологических типов (за исключением высокодистрофных), водохранилища (реже пруды). Часто встречается в литорали водоемов среди негустых зарослей камыша, тростника и др. В высокогорных водоемах обычно отсутствует. Обитает как в кислых, так и щелочных водоемах. Переносит некоторое осолонение – до 7–8 %.

Характеризуется сильно удлинённым телом, с признаками сегментации. Голова четко отграниченная от тела, очень длинная, в передней части занята крупным глазом. Брюшной отдел также длинный, на конце снабжен крупными каудальными когтями. Раковина отсутствует. Все шесть пар ног без экзоподитов. Тело бесцветное и совершенно прозрачное. Длина самки 2–12 мм, самца – 2–7 мм. В пищевой рацион лептодоры входят преимущественно мелкие ветвистоусые рачки и коловратки. Наблюдается и каннибализм. Без пищи лептодора может жить один-пять, реже семь дней. Молодь начинает вести хищный образ жизни и поедает до пяти рачков. На пятый-шестой день одна особь поедает до 30 рачков.

Половое размножение лептодоры обычно происходит в сентябре – октябре. Латентные партеногенетические яйца с плотной оболочкой (четыре-шесть штук) откладываются в воду без эфиппия. При температуре 9–10 °С из покоящихся яиц выходит личинка типа метанаупли-

уса, которая через несколько линек превращается во взрослое животное.

Рачок входит в спектр питания карпа, леща, рыбца, окуня, белоглазки, молоди судака, жереха и др.

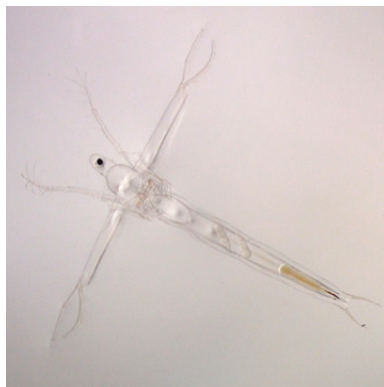
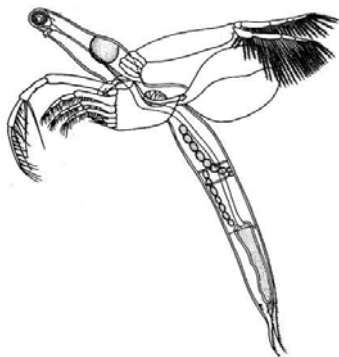


Рис. 12. *Leptodora kindtii*

Питание хищных видов ветвистоусых имеет свои особенности. Рачки активно схватывают пищу грудными конечностями, подводят ее к ротовому отверстию и при помощи жвал разрывают (*Leptodora*) или растирают (*Polyphemidae*), а затем всасывают. Эти виды поедают главным образом коловраток, мелких циклопов, диаптомусов и даже дафнии. По имеющимся данным, хищные ветвистоусые уничтожают примерно 40 % запасов зоопланктона водоемов.

Контрольные вопросы

1. Опишите видовые особенности рода *Polyphemus*.
2. Опишите видовые особенности рода *Bythotrephes*.
3. Опишите видовые особенности рода *Leptodora*.

Т е м а 5. ЦИКЛОП (*CYCLOPS*) – ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ОТРЯДА ВЕСЛОНОГИЕ (*COPEPODA*)

Цель работы: изучить наиболее встречающегося в водоемах представителя отряда веслоногие (*copepoda*) – циклопа.

Материал и оборудование: плакаты, микроскопы, законсервированные пробы с зоопланктоном, альбомы для рисования.

Задание:

- 1) найти и определить в предложенной пробе циклопов;
- 2) зарисовать строение организма в альбом.

Вместе с ветвистоусыми в планктоне различных водоемов встречаются циклопы (*Cyclops*) и диаптомусы (*Diaptomus*), рачки относящиеся к отряду веслоногих (*Copepoda*) подкласса низших раков (*Entomostraca*).

Тело циклопа (рис. 13) явственно разделено на головогрудь и брюшко. Эллипсоидная головогрудь или цефалоторакс состоит из головы и пяти члеников груди, из которых первый слит с головой, последний членик груди суженный, он не шире брюшка, причем передний край его уже заднего. Брюшко состоит из 5 члеников, из них два первых у самок слиты в генитальный сегмент, по бокам которого находятся два половых отверстия, а посередине семеприемник. Последний членик брюшка раздвоен и несет две каудальные ветви с четырьмя перистыми щетинками, из которых две средних значительно длиннее прочих. Длина тела у разных видов колеблется от 1 до 4 мм.

На голове находится непарный глаз, отчего рачек и получил свое название. Ротовое отверстие окружено парой мандибул, двумя парами максилл и парой ногочелюстей. Мандибулы снабжены жевательными лопастями, бугорок с тремя щетинками является их редуцированным щупиком, базальная часть первой максиллы зазубренная, вторые максиллы и челюстные ножки 4-члениковые. Циклоп захватывает пищу активно с помощью ногочелюстей, пища состоит из водорослей, простейших и других мелких животных и растительных организмов, добыча переминается максиллами в пищевой ком, размельчается мандибулами и проглатывается.

Грудные ножки функционируют в качестве отрывочно бьющих гребных органов – весел, отчего отряд и получил свое название. Пятая пара ножек у обоих полов рудиментарна. Жаберных придатков на ножках нет, циклоп, как и все веслоногие, дышит всей поверхностью тела.

Одновременным ударом антенн и гребных ножек циклоп порывисто продвигается вперед, делая как бы прыжок в воде. «Прыгнув», рачек широко расставляет антенны, как бы висит на них, и затем начинает медленно опускаться вниз. Положение тела рачка при этом меняется: цефалоторакс склоняется вниз, а брюшко направляется косо вверх, нередко циклоп поворачивается в воде головою вниз, в таком положении темпы его опускания вниз несколько задерживаются, каудальные перистые щетинки при этом вместе с цефалотораксом и антеннулами оказывают большее сопротивление погружению вниз тела рачка, чем при первоначальном его положении. Опустившись на несколько сантиметров вниз, рачек с помощью очередного прыжка снова продвигается вперед и выше.

Рот циклопа ведет в глотку, за которой следует широкий желудок и узкая задняя кишка с анальным отверстием, лежащим между ветвями вилки. Циклопы – хищники и питаются простейшими, коловратками, мелкими рачками. Есть формы, питающиеся растительной пищей – главным образом, зелеными нитчатыми водорослями. Сердце у циклопа отсутствует.

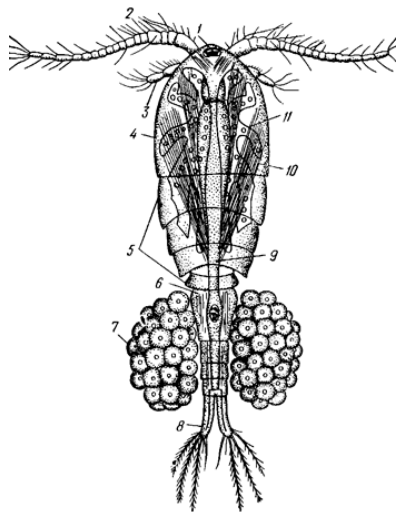


Рис. 13. *Cyclops strenuus*:

1 – науплиальный глаз; 2 – антеннула; 3 – антенна; 4 – синцефалон; 5 – четыре свободных грудных сегмента; 6 – генитальный сегмент; 7 – яйцевые мешки; 8 – фурка; 9 – кишечник; 10 – продольные мышцы груди; 11 – яичник

Половые железы у обоих полов непарные, они расположены над пищеводом, два тонких семепровода самца расширены на концах в сперматофорный мешок, семеприемник самки представляет небольшое впячивание стенки тела. При копуляции самец держится за четвертую пару ножек самки и приклеивает около ее семеприемника два сперматофора. Яйца при выходе из яйцеводов склеиваются с помощью секрета особых клеевых желез, образуя два удлинненных яйцевых мешка, которые самка носит по сторонам генитального сегмента, пока из них не вылупится личинка – науплиус.

Науплиус (рис. 14) обладает яйцевидным телом с двумя щетинками на конце, непарным глазом и тремя парами плавательных придатков, соответствующих первым и вторым антеннам и мандибулам. Первая пара придатков не разветвлена, вторая и третья двуветвиста. Науплиус оживленно плавает в воде, растет и линяет. Циклоп за время своего метаморфоза проходит через пять науплиальных и шесть копеподитных стадий, первые – не сегментированы, вторые – сегментированы, 6-я копеподитная стадия соответствует взрослому нолошзрелому животному. Партеногенеза у веслоногих не наблюдается.

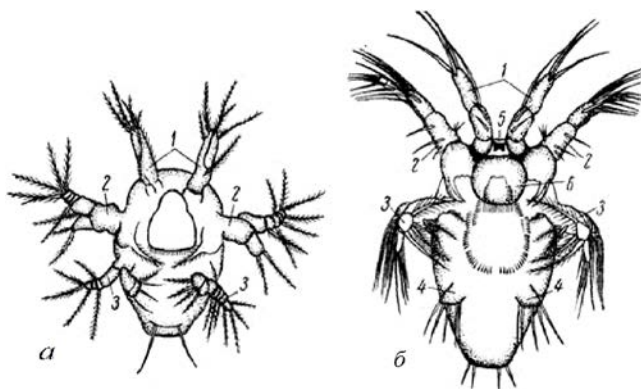


Рис. 14. Ранние личиночные стадии веслоногих раков:
 а – первая науплиальная стадия; б – третья науплиальная стадия
 (длина тела около 0,2 мм); 1 – антеннулы; 2 – антенны; 3 – мандибулы;
 4 – максиллулы; 5 – науплиальный глаз;
 6 – верхняя губа

Циклопы и их науплиусы постоянно встречаются в планктоне, некоторые виды ведут придонный образ жизни и ползают, изгибаясь, по поверхности ила и камней – *Paracyclops fimbriatus*. Многие виды зимуют в стадии науплиуса.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об особенностях строения *Cyclops strenuus*.
2. Опишите развитие науплиусов циклопа.
3. Расскажите о строении науплиусов циклопа.

Т е м а 6. ДИАПТОМУС (*DIAPTOMUS*)

Цель работы: изучить представителя отряда веслоногие (*Copepoda*) – диаптомуса.

Материал и оборудование: плакаты, микроскопы, законсервированные пробы с зоопланктоном, альбомы для рисования.

Задание:

- 1) найти и определить в предложенной пробе диаптомусов;
- 2) зарисовать строение организма в альбом.

Веслоногие рачки из рода диаптомус (*Diaptomus*) обладают эллипсоидно вытянутой головогрудью, более резко, чем у циклопа, отчлененной от брюшка (рис. 15). Длина тела 1,2–5 мм. Головной раздел, как и у циклопов, нечленимый. Первый членик груди не слит с головой, а четвертый и пятый часто, почти нацело, слиты друг с другом, грудной раздел диаптомуса в таких случаях кажется состоящим из четырех члеников. Брюшко самки состоит из трех, а самца из пяти сегментов, ветви вилки на конце с пятью длинными оперенными щетинками и одной короткой голой.

Антеннулы диаптомуса состоят из 22–26 члеников, они длиннее тела рачка, в то время как у циклопа обычно едва достигают половины его длины.

Правая антеннула самца изогнутая. На основном членике мандибул обособляется покрытая зубцами жевательная лопасть, ветви мандибул, как и первые максиллы, покрыты перистыми щетинками, вторые максиллы преобразованы в фильтрационный орган, снабженный густой сетью длинных перистых щетинок. Дистальные членики ножек также с длинными щетинками. Четыре первые пары грудных ножек диаптомуса гребные, как и у циклопа, они состоят из широкого основного членика и двух ветвей – эндоподита и экзоподита, из них первый состоит из двух, а второй – из двух или трех члеников. Ножки пятой пары у самцов асимметричные: укороченные ветви левой ножки представляют клешню, с помощью которой захватывается сперматофор, экзоподит правой ножки представляет крючок для обхватывания брюшка рачка.

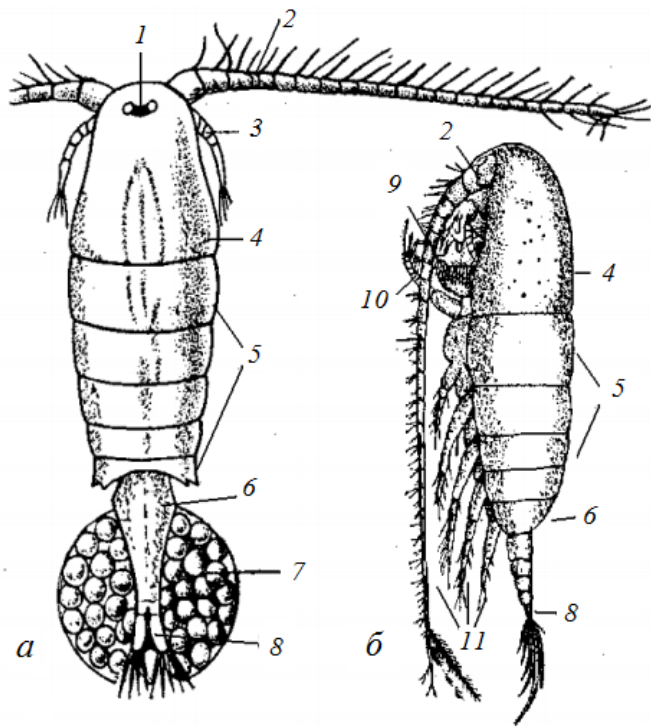


Рис. 15. *Diaptomus* sp.:
 а – вид со спинной стороны; б – вид сбоку; 1 – науплиальный глаз; 2 – антеннула;
 3 – антенна; 4 – синцефалон; 5 – свободные грудные сегменты; 6 – генитальный
 сегмент; 7 – яйцевой мешок; 8 – фурка; 9 – максилла; 10 – ногочелюсть;
 11 – грудные конечности

Сердце у диаптомуса есть, оно расположено на спинной стороне рачка. Жаберных придатков, как и у циклопов, нет.

Вместо беспорядочных «прыжков» циклопов, для диаптомуса характерно плавное парение в воде, во время которого он держит широко расставленными свои длинные, напряженно вытянутые, покрытые щетинками антеннулы, рачек балансирует ими во время медленного, едва заметного опускания вниз. Опустившись вниз на 2–4 см, рачек делает резкий удар гребными ножками и брюшком, который снова поднимает его на прежнюю высоту. Балансируя антеннулами, рачек принимает снова прежнее, близкое к вертикальному положение, и, широко расставив антеннулы, начинает снова, медленно опускаясь, парить в воде.

Диатомус, подобно дафниям, питается и живет за счет нежных органических взвесей в воде, за счет бактерий и мельчайших жгутикоосцев и водорослей, составляющих группу карликового планктона.

Во время парения (рис. 16) рачка вторые антенны бьют, делая несколько сотен ударов в минуту, этим возбуждается ток воды, попадающий на фильтрующие щетинки вторых максилл, на которых остается отфильтрованная пища, поступающая по брюшному желобу к основанию жвал и в рот.

При копуляции самец ловит самку, хватая первой антенной за хвостовые ветви ее брюшка, затем он клешней пятой левой ножки берет из своего полового отверстия выходящий оттуда сперматофор и, охватив брюшко самки когтем правой ножки, приклеивает сперматофор к брюшной поверхности генитального сегмента самки около ее сближенных друг с другом половых отверстий. Через шейку сперматофора семя изливается в половое отверстие самки, и сперматофор опорожняется, пустые сперматофоры некоторое время остаются прикрепленными к генитальному сегменту самки, а затем опадают.



Рис. 16. Парение диатомуса в толще воды

Оплодотворенные яйца при выходе из половых отверстий самки образуют округлый непарный яйцевой мешок. Вскоре из яиц выходят личинки, они несколько раз линяют, проходя 6 науплиальных и 6 копеподитных стадий. Последняя стадия и есть взрослый рачек.

Диаптомусы нередко бывают окрашены в яркие цвета. В весенних лужах встречается крупный *Diaptomus amblyodon* (5 мм), красиво окрашенный в красный или синий цвет. В озерах живет маленький *Diaptomus gracilis* (1,2–1,8 мм), *Diaptomus bacillifer* (1,8–2,0 мм) с почти прозрачным телом, характерен для больших холодноводных озер.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об особенностях строения диаптомуса.
2. Опишите способы передвижения диаптомуса.
3. Расскажите о размножении диаптомуса.

Тема 7. КОЛОВРАТКИ (*ROTATORIA*)

Цель работы: изучить наиболее встречающихся в водоемах представителей класса коловратки (*Rotatoria*).

Материал и оборудование: плакаты, микроскопы, законсервированные пробы с зоопланктоном, альбомы для рисования.

Задание:

1) найти и определить в предложенной пробе представителей класса коловратки;

2) зарисовать организмы в альбом.

Коловратки (*Rotatoria*) – это класс мелких многоклеточных беспозвоночных организмов, насчитывающих более 1500 видов и разнообразных форм. Коловратки – едва заметные невооруженным глазом организмы (от 40 мкр до 2 мм). Вместе с инфузориями и науплиями ракообразных они служат стартовым кормом для кормления молоди большинства видов рыб.

Тело коловраток прозрачно и почти бесцветно (рис. 17). Окрашивание его зависит от содержимого пищеварительного тракта. В большинстве случаев тело состоит из головы, туловища и ноги. На переднем конце головы расположен коловращательный аппарат (свое название коловратки получили за наличие этой части тела). Он состоит из двух колец быстро и согласованно движущихся ресничек, с помощью которых коловратки могут передвигаться в воде, улавливать кормовые

частицы и направлять их в рот. Это наиболее характерная особенность коловраток, отличающая их от всех других мелких беспозвоночных животных.

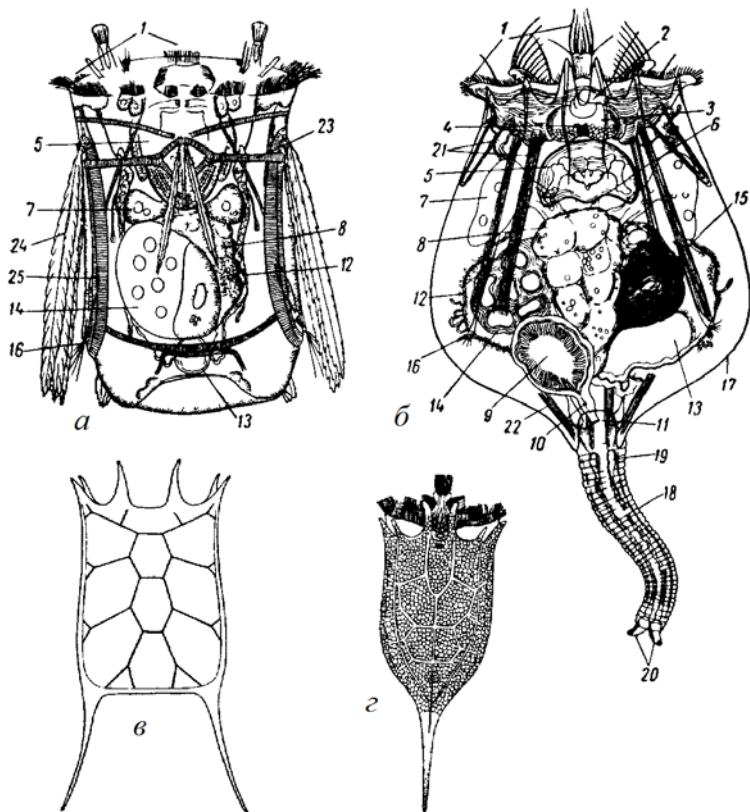


Рис. 17. Пресноводные коловратки:

а – *Polyarthra trigla*; *б* – *Brachionus urceolaris*; *в* – *Keratella quadrata*; *г* – *Keratella cochlearis*; 1 – коловращательный аппарат; 2 – спинной шупик; 3 – головной ганглий; 4 – глазок; 5 – мастак (жевательный аппарат) с челюстями; 6 – пищевод; 7 – пищеварительная железа; 8 – желудок; 9 – кишечник; 10 – клоака; 11 – анальное отверстие; 12 – протонефридий; 13 – мочевой пузырь; 14 – желточник; 15 – яйцо; 16 – боковой шупик; 17 – панцирь; 18 – нога; 19 – ножная железа; 20 – пальцы; 21 – мышцы, стягивающие коловращательный аппарат; 22 – мышцы, стягивающие ногу; 23 – кольцевые мышцы; 24 – плавательные придатки (весла); 25 – мышцы плавательных придатков

Средняя часть тела – туловище. У некоторых коловраток (их называют панцирными) покрыто мягким прозрачным мешковидным панцирем. К ним относятся широко распространенные в природе коловратки рода *Brachionus*. Соответственно, не имеющих панциря *Rotatoria* (типичный представитель – *Philodina spp.*), называют беспанцирными. Задняя часть тела – нога – имеется у большинства коловраток, с ее помощью они регулируют направление движения. Благодаря особым железам, выделяющим клейкое вещество, коловратки могут прикрепляться к субстрату.

Обитают они как в пресноводных, так и в солоноводных водоемах. В зависимости от образа жизни большинство коловраток относится либо к планктонным, либо к бентическим. Планктонные виды предпочитают держаться в толще воды. Бентические коловратки большую часть времени проводят на одном месте, прикрепившись ногой к твердым предметам.

Коловратки могут существовать в довольно широком диапазоне температур – от 1–2 до 35–37 °С. При этом наблюдается довольно четкое деление на термофильные (теплолюбивые) виды, встречающиеся в природе главным образом летом при температурах 18–30 °С, и термофобные (холодолюбивые), характерные для осенне-зимнего зоопланктона и живущие в более холодной воде.

Продолжительность жизни коловраток в зависимости от видов колеблется от двух-четырех дней (у самцов) до полутора месяцев (у самок). Дышат коловратки всей поверхностью тела. Большинство коловраток – растительноядные животные, поедающие хлореллу, сценедесмус и другие микроводоросли. Есть коловратки, питающиеся бактериями и органическим илом – детритом, но встречаются и хищники, например коловратки рода *Asplanchna*, а также всеядные формы.

Коловратки бывают живородящие и откладывающие яйца. Существует два типа размножения. Первый тип – только партеногенетическое (однополое). При этом популяция коловраток состоит исключительно из самок. Второй тип – однополое и двуполое размножение чередуется в зависимости от внешних условий. Если условия среды благоприятны, то популяция коловраток состоит из самок, неспособных к оплодотворению и называемых амиктическими. Они размножаются партеногенетически, откладывая неоплодотворенные амиктические яйца. При неизменных благоприятных условиях это может продолжаться неограниченно долго. При резких колебаниях условий среды, связанных с изменениями таких физико-химических факторов, как

температура, рН, освещенность, содержание кислорода, растворенных солей, а также качества и количества доступной пищи, коловратки переходят к двуполому размножению. В этих случаях из амиктических (летних) яиц начинают выклеиваться миктические самки, способные к оплодотворению.

Любопытна способность многих видов коловраток переносить сильное высыхание, при котором их тело превращается в сухую пылинку. Вновь оживая после увлажнения, такие коловратки населяют даже моховые подушки на крышах домов и стволах деревьев, довольствуясь той кратковременной влагой, которую мох впитывает после дождя.

Контрольные вопросы

1. Опишите места обитания коловраток.
2. Расскажите об особенностях строения коловраток.
3. Расскажите о способе передвижения коловраток.
4. Опишите особенности размножения коловраток.

Т е м а 8. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА

Цель работы: изучить методику определения биомассы зоопланктона.

Материал и оборудование: микроскопы, законсервированные пробы зоопланктона рыбоводных прудов и естественных водоемов.

Задание:

- 1) ознакомиться с методикой отбора проб зоопланктона;
- 2) научиться определять видовой состав, пользуясь определителем и освоить количественный подсчет организмов каждого вида в пробе;
- 3) научиться подсчитывать общую биомассу зоопланктона в 1 м^3 .

Сбор и обработка проб зоопланктона. Пробы зоопланктона отбирают мерной посудой (лучше ковшиком на 1 л с ручкой). Для этого зачерпывают воду с глубины 40–50 см и с поверхности попеременно. Станции, на которых проводят забор воды, должны быть равномерно по всей площади водоема. 200 л, 100 или 50 л воды (при очень интенсивном развитии организмов зоопланктона) процеживают через планктонную сетку из густого капронового сита № 64–78. Отфильтрованный через планктонную сеть осадок с содержащимся в

нем зоопланктоном, собранный в отстойном стакане сетки, с помощью краника сливают в склянки вместимостью 100–200 мл. Для более полного сбора всего планктона сеть тщательно обмывают с наружной стороны водой или погружают ее в воду, не переливая через край. Пробу фиксируют и снабжают этикеткой. Дальнейшую обработку проводят в лаборатории следующим образом: для упрощения расчетов пробу доводят до определенного объема (100 мл), затем ее хорошо перемешивают, берут штемпель-пипеткой 0,5 мл содержимого и помещают на счетное стекло для просмотра под микроскопом. Определяют видовой состав, пользуясь определителем, и количество организмов каждого вида. Как правило, для более точного учета просматривают 3 пробы, отобранные штемпель-пипеткой из одной склянки. Количество организмов в 1 м³ воды пруда определяют по формуле

$$X = \frac{KV \cdot 1000}{Zn},$$

где X – количество организмов данного вида в 1 м³ воды;

K – среднее количество организмов из трех просмотров содержимого штемпель-пипетки, экз.;

V – объем просмотренной пробы, мл;

1000 – пересчетный коэффициент на 1 м³;

Z – объем штемпель-пипетки, мл;

n – количество литров профильтрованной воды.

Пример. В объеме штемпель-пипетки 0,5 мл среднее из трех расчетов количество дафний лонгиспина равно 150 экз.; объем просмотренной пробы количество – 100 мл; профильтрованной воды – 100 л. Тогда количество организмов в 1 м³ составит 300 000 экз.:

$$X = \frac{150 \cdot 100 \cdot 1000}{0,5 \cdot 100} = 300\ 000 \text{ экз.}$$

Биомассу определяют отдельно по видам организмов, группам организмов (ветвистоусые ракообразные, веслоногие ракообразные, коловратки и др.). Общую биомассу зоопланктона в 1 м³ воды пруда определяют как сумму биомасс отдельных видов. Для ускорения арифметических расчетов удобно пользоваться специальными программами, разработанными в MS Excel.

Результаты обработки записывают в табл. 1.

Таблица 1. Подсчет биомассы представителей зоопланктона

Вид организмов	Число организмов, экз.					Средняя биомасса организма, мг	Биомасса организмов, г/м ³
	в 0,5 мл	в 0,5 мл	в 0,5 мл	Среднее из 3 проб	в 1 м ³		

Для расчета биомассы организмов зоопланктона пользуются таблицами средних масс организмов, установленных Ф. Д. Мордухай-Болтовским и другими авторами (табл. 2).

Таблица 2. Средние массы организмов

Вид	Масса, мг
Ветвистоусые ракообразные (<i>Cladocera</i>)	
1	2
<i>Daphnia longispina</i>	0,06
<i>Daphnia pulex</i>	0,2
<i>Daphnia magna</i>	1,54
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	0,019–0,026
<i>Moina restirostris</i>	0,113
<i>Bosmina longirostris</i>	0,0078
<i>Chydorus sphaericus</i>	0,0125
<i>Leptodora kindti</i>	0,3
Молодь ветвистоусых	0,001
Веслоногие ракообразные (<i>Copepoda</i>)	
<i>Cyclops sp.</i>	0,008–0,129
<i>Diaptomus sp.</i>	0,007–0,110
<i>Nauplii</i>	0,0008
<i>Copepoditi</i>	0,004
Коловратки (<i>Rotatoria</i>)	
<i>Asplanchna priodonta</i>	0,005–0,02
<i>Filinia sp.</i>	0,0002–0,00058
<i>Polyarthra trigla</i>	0,00025–0,00095
<i>Brachionus angularis</i>	0,00031–0,00044
<i>B. bakeri</i>	0,00007
<i>B. calyciflorus</i>	0,004–0,0065
<i>Keratella cochlearis</i>	0,0002–0,00033
<i>K. quadrata</i>	0,00034–0,00081
<i>Notholca sp.</i>	0,0025
Мелкие коловратки	0,0004

1	2
Прочие организмы	
<i>Ostracoda</i>	0,018
<i>Chironomidae</i>	0,03
<i>Oligochaeta</i>	0,025

Экспресс-метод обработки проб зоопланктона. Полученный после фиксации осадок зоопланктона переливают из склянки в мерный цилиндр и измеряют его объем по шкале цилиндра. Чтобы определить, сколько планктона содержится в 1 м³, полученный объем осадка умножают на 10, если процеживали 100 л воды, или на 20, если процеживали 50 л. Осадок зоопланктона процеживают через кусочек сита № 70–80, затем подсушивают на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрых пятен, переносят вместе с кусочком влажного сита в чашку Петри и взвешивают. Массу чашки Петри вместе с кусочком влажного сита определяют заранее. По разности масс получают массу зоопланктона. Зная объем профильтрованной через планктонную сеть воды и массу осадка, можно определить биомассу зоопланктона в 1 м³.

Контрольные вопросы

1. Опишите процесс сбора проб зоопланктона.
2. Расскажите о методике подсчета биомассы представителей зоопланктона.
3. Опишите экспресс-метод обработки проб зоопланктона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богатова, И. Б. Рыбоводная гидробиология / И. Б. Богатова. – Москва: Пищ. пром-сть, 1980. – 158 с.
2. Зилов, Е. А. Гидробиология и водная экология / Е. А. Зилов. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 147 с.
3. Калайда, М. Л. Гидробиология : учеб. пособие / М. Л. Калайда, М. Ф. Хамитова. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2013. – 192 с.
4. Круглова, О. Ю. Класс Crustacea – ракообразные. Низшие ракообразные: метод. рекомендации / О. Ю. Круглова. – Минск: БГУ, 2014. – 41 с.
5. Кузьмина, И. А. Малый практикум по гидробиологии / И. А. Кузьмина. – Москва: Колос, 2007. – 232 с.
6. Яшнов, В. А. Практикум по гидробиологии / В. А. Яшнов. – Москва: Высш. шк., 1969. – 428 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Тема 1. Строение ветвистоусых ракообразных	3
Тема 2. Основные представители рода <i>Daphnia</i>	6
Тема 3. Основные представители ветвистоусых ракообразных	9
Тема 4. Представители хищного зоопланктона	13
Тема 5. Циклоп (<i>Cyclops</i>) – представитель отряда веслоногие (<i>Copepoda</i>)	17
Тема 6. Диаптомус (<i>Diaptomus</i>)	20
Тема 7. Коловратки (<i>Rotatoria</i>)	23
Тема 8. Методика определения биомассы зоопланктона	26
Библиографический список	30

Учебное издание

Салтанов Юрий Михайлович

ГИДРОБИОЛОГИЯ

ЗООПЛАНКТОН

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Редактор *С. Н. Кириленко*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 05.12.2018. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,72.
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.