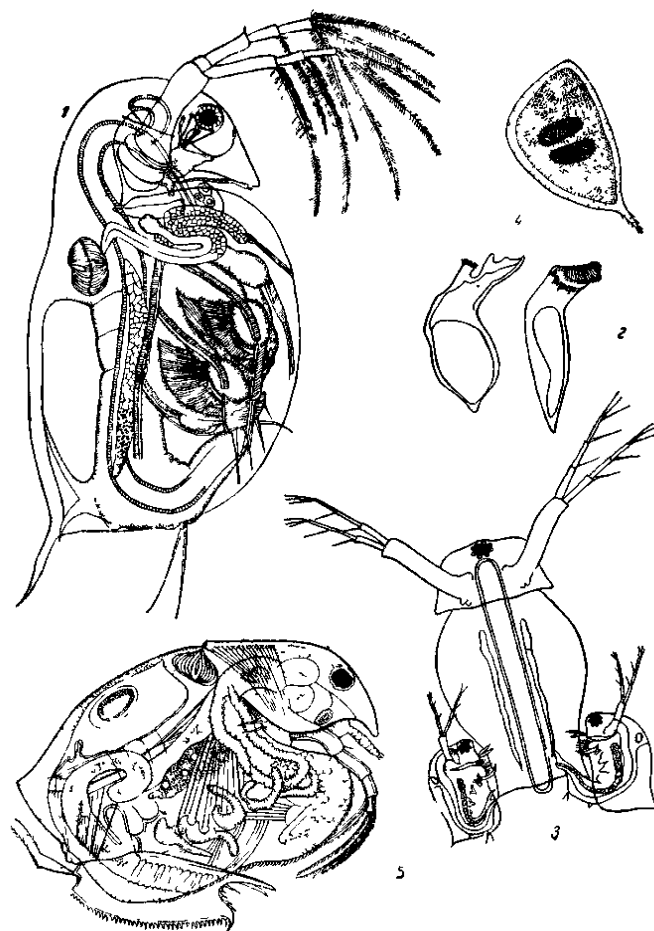


И.В. Моружи, Е. В. Пищенко, Л.В. Веснина

ГИДРОБИОЛОГИЯ

(Практикум)



Новосибирск 2016

УДК 577.472 (28)

ББК

М

Морузи И.В. ПРАКТИКУМ ПО ГИДРОБИОЛОГИИ / И.В. Морузи, Е В. Пищенко, Л.В. Веснина; Новосиб. гос. аграр. ун-т.- Новосибирск, 2016.- с.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.А. Ростовцев – д-р с.-х. наук, директор Новосибирского филиала ФГУП Госрыбцентр

Пособие включает 16 занятий, в которых рассматриваются основные формы обитателей водной толщи, поверхности и дна, методы их сбора, определения. Приводятся сведения о гидробиоценозах. Описаны основные группы и виды низших и высших водных растений.

В конце каждого занятия даны контрольные вопросы для самопроверки, а так же литература для дополнительного чтения по теме.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Зоотехния» и «Биология», очной и заочной форм обучения, а так же для аспирантов биологических направлений.

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом биолого-технологического факультета НГАУ (протокол № 1 от «27 » января 2016 г.)

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2016

© Морузи И.В, Пищенко Е.В., Веснина Л.В. 2016

Занятие 1

ДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Материал. Набор фиксированных насекомых и их личинок, сухих раковин и фиксированных пресноводных моллюсков (около 10 форм на одного студента).

Оборудование. Препаровальные или ручные лупы, пинцеты, препаровальные иглы, кюветы, чашки Петри, предметные стекла.

Таблицы. Внешний вид и строение основных групп водных организмов.

Задание. Подробно рассмотреть некоторые виды водных организмов. Разделить их на первичноводные и вторичноводные. Сделать зарисовки: общий вид, детали строения. Заполнить таблицу.

Все гидробионты в зависимости от их происхождения делятся на обширные группы: первичноводные и вторичноводные.

К группе первичноводных относятся организмы, вся эволюция которых проходила в водной среде. Для представителей этой группы характерно водное дыхание. Они используют кислород, растворенный в воде, с помощью жаберного аппарата или дышат всей поверхностью тела. К этому сообществу относятся:

Мир растений

Все отделы водорослей

Мир животных

Тип простейшие – *Protozoa*

Тип губки – *Spongia*

Тип кишечнополостные – *Coelenterata*

Тип гребневики – *Ctenophora*

Черви – все типы *Planhelminthes*, *Nemathelminthes*, *Annelida*

Тип Членистоногие – *Arthropoda*

Подтип жабродышащие – *Branchiata*

Класс ракообразные – *Crustacea*

Тип мягкотелые – *Mollusca*

Тип щупальцевые – *Tentaculata* (мшанки)

Тип погонофоры – *Pogonophora*

Тип иглокожие – *Echinodermata*

Тип полухордовые – *Hemichordata*

Тип хордовые – *Chordata*

Подтип оболочники – *Tunicata*

Все классы рыб – *Chondrichthyes*, *Osteichthyes*

Вторичноводные – это организмы, предки которых обитали на суше, а затем перешли к обитанию в водной среде. При этом изменилось их морфологическое строение, и они выработали ряд приспособлений к жизни в водной среде. Однако большинство из

них не смогли перейти к водному дыханию и, так же как их наземные предки, дышат атмосферным кислородом.

Среди организмов, населяющих пресноводные водоемы, вторичноводные занимают значительную часть. В морских бассейнах число их невелико. К этому сообществу относятся:

Мир растения

Высшие водные растения

Мир животные

Тип членистоногие - *Arthropoda*

Класс ракообразные - *Crustacea*

Класс паукообразные - *Arachnida*

Класс насекомые - *Insecta*

Тип хордовые - *Chordata*

Класс млекопитающие - *Mammalia* (сем. китообразные, ластоногие, дюгоневые)

В зависимости от образа жизни выделяют группу амфибионтных организмов, проводящих часть жизни в водной среде, а часть - на суше. К ним относятся многие обитатели приливо-отливной зоны водоемов.

Группы организмов	Примеры
Первичноводные	
Вторичноводные	
Амфибионтные	

Вопросы

1. Дайте характеристику первичноводных и вторичноводных животных. Приведите примеры.
2. Дайте характеристику амфибионтных организмов. Приведите примеры.

Литература

1. **Березина Н.А.** Практикум по гидробиологии. / Учебники и пособия для учащихся техникумов /- М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с.
2. **Догель В.А.** Зоология беспозвоночных. / Учебник для университетов/ Под ред.проф. Полянского Ю.И. – 7-е изд., перераб. и доп.- М.: Выш. школа, 1981. – 606с.

Занятие 2

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ К ОБИТАНИЮ В ТОЛЩЕ ВОДЫ

Материал. Пробы с фиксированным пресноводным планктоном, содержащим представителей разных отделов водорослей и беспозвоночных (ветвистоусые, веслоногие ракообразные, коловратки).

Оборудование. Микроскоп, препаровальные или ручные лупы, пинцеты, штемпель-пипетки, препаровальные иглы, чашки Петри, предметные и покровные стекла.

Таблицы. Приспособление водных организмов к парению.

Задание. Изучить под микроскопом несколько капель с планктоном, найти организмы с теми или иными приспособлениями к парению, а также формы, относящиеся к различным конвергентным и размерным группам. Зарисовать общий вид и некоторые детали строения рассмотренных организмов, пользуясь определительными таблицами. Заполнить таблицу.

Планктон (от греческого *planctos* – парящий) представляет собой совокупность растительных (фитопланктон) и животных (зоопланктон) организмов, обитающих в толще воды и находящихся в состоянии парения. Лишь немногие представители планктона временно используют субстрат в качестве опоры. Характерная черта планктонных организмов – полное отсутствие или незначительное развитие органов движения. Поэтому планктонные организмы не способны противостоять движению воды и пассивно увлекаются волнами и течениями.

Планктонные организмы с целью удержаться в толще воды используют ряд приспособлений:

1. **Обводнение тела.** Количество воды в теле планктонных организмов в среднем равно 80-85%, но у некоторых из них оно достигает 95-97% (медузы, гребневики). Благодаря огромному количеству воды плотность планктеров близка к плотности воды. Обилие воды делает эти организмы необычайно прозрачными и нежными (см. рис. 1, а).

2. **Редукция скелетных образований.** Все планктонные организмы лишены тяжелого скелета и поэтому резко отличаются от близких форм, ведущих донный образ жизни. Например, крылоногие и килевоногие моллюски характеризуются или полным отсутствием раковины, или очень слабым ее развитием (см. рис. 1, б).

3. **Жировые включения.** Это прежде всего резервные вещества, однако одновременно они служат и для уменьшения плотности тел. У планктонных водорослей продуктом фотосинтеза является не относительно тяжелый крахмал, а легкие липиды. Жировые включения широко распространены у различных планктонных животных. Очень богаты жиром тела веслоногих и ветвистоусых ракообразных.

4. **Газовые включения.** Широко распространенные у планктонных организмов, они имеют свой объем в зависимости от изменений температуры и давления в окружающей среде. Поэтому организмы с газовыми включениями могут при помощи этого гидростатического аппарата не только сохранять равновесие, но и подниматься вверх и опускаться вниз. Так, планктонные синезеленые водоросли содержат в своих клетках многочисленные газовые вакуоли, с помощью которых в известные периоды поднимаются из придонных слоев к поверхности воды. Нередко уменьше-

ние плотности достигается с помощью нескольких приспособлений. Например, у личинок хаборуса (см. рис. 1, з) ткани богаты водой, что делает их тело совершенно прозрачным. Наряду с этим у личинок наблюдается редукция скелетных образований и имеется хорошо развитый гидростатический аппарат.

Способность планктонных организмов к парению зависит и от формы их тела. Чем больше площадь тела и чем меньше масса гидробионта, тем устойчивее он парит в толще воды. На основе характера приспособлений планктонных организмов к увеличению сопротивления их можно подразделить на три конвергентные группы:

1. **Удлинение одной оси.** Многие растительные и животные организмы имеют палочковидную форму тела. Она наблюдается у ряда диатомовых, пиропитовых, синезеленых и других водорослей, а также у щетинкочелюстных и многих ракообразных. Такой палочковидный, конвергентный облик характерен как для одиночных, так и для колониальных организмов (некоторые синезеленые и диатомовые водоросли, сальпы *Tunicata*) (см. рис. 1, в, з)

2. **Удлинение двух осей.** У многих представителей фито и зоопланктона тело имеет уплощенную, дисковидную форму. Таковы например, многие диатомеи, синезеленые, радиолярии, медузы и др. Эти организмы образуют конвергентную группу дисковидных, пластинчатых форм (см. рис. 2 а, б).

3. **Образование выростов.** На теле планктонных организмов часто наблюдаются выросты. Многочисленными шипами, иглами, ресничками, например, покрыто тело ряда радиолярий, инфузорий, личинок иглокожих, червей и других организмов. Все они образуют группу ежевидных форм (рис. 3, е).

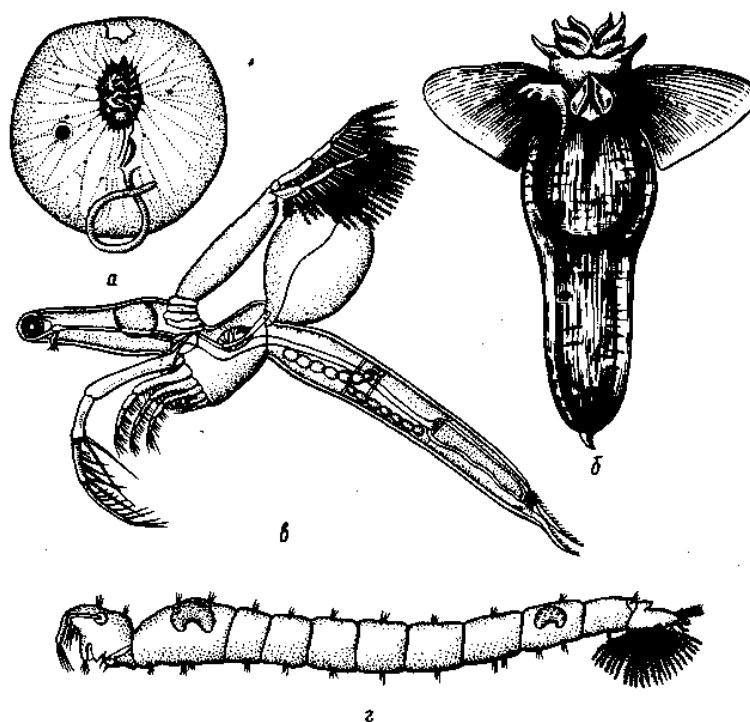


Рис. 1. Приспособления к уменьшению плотности и конвергентные группы планктона:

а - *Noctiluca miliaris*; б - *Clione limacina*; в - *Leptodota kindti*; з — *Chaoborus crystallinis*

Способность планктонных организмов к постоянному пребыванию в толще воды в значительной степени зависит от их величины. Планктон представлен в основном мик-

роскопическими формами. В зависимости от размеров планктон подразделяется на пять групп:

- 1) мегалопланктон (*melagos* – громадный) немногие организмы длиной более 1 м (некоторые медузы, гребневика, сифонофоры);
- 2) макропланктон (*macros* – крупный) размером 1-100 см (медузы, сальпы, некоторые высшие ракообразные);
- 3) мезопланктон (*mesos* – средний) размером 1-10 см (низшие ракообразные, личинки многих донных беспозвоночных);
- 4) микропланктон (*micros* – маленький) размером 0,05-1мм; к этой группе относятся большинство представителей фитопланктона, простейшие и др.;
- 5) нанопланктон (*nanos* – карликовый) размером менее 0,05 мм; это бактерии, жгутиковые, многие водоросли. Ультрапланктон представлен организмами размером не более нескольких микроны (бактерии).

Приспособления планктонных организмов к парению

Приспособления к парению	Представители

Величина планктонных животных

Размерная группа	Величина, см	Представители

Вопросы

1. Дайте характеристику приспособлений планктонных организмов к парению. Приведите примеры.
2. Назовите конвергентные группы планктона. Приведите примеры.
3. Расскажите о размерных группах планктона.

Литература

1. **Березина Н.А.** Практикум по гидробиологии. - М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с. (Учебники и пособия для учащихся техникумов).
2. **Березина Н.А.** Гидробиология.- 3-е изд.-М.: Пищ. пром-сть, 1973.-494 с.
3. **Константинов А.С.** Общая гидробиология.- М.: Высш. шк., 1967.- 431 с.

Занятие 3

МАКРОФИТЫ ПРУДОВ И ИХ ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Материал. Гербарии водных растений, рисунки в учебниках и методических пособиях.

Оборудование. Микроскоп, препаровальные или ручные лупы, пинцеты, чашки Петри, предметные и покровные стекла.

Таблицы. Высшие водные растения в водоемах.

Задание. Определить растения гербария, пользуясь определительными таблицами. Заполнить таблицу.

С точки зрения хозяйственного использования интерес представляют следующие виды растений (рис. 2-5): низшие - хара, нитчатые; высшие надводные - осока стройная, осока топяная, осока обыкновенная, хвощ болотный, тростник обыкновенный, камыш озерный, рогоз широколистный, аир болотный, манник пышный, стрелолист обыкновенный; высшие плавающие - ряска малая, ряска многокоренная, ряска трехдольная, кубышка желтая, кувшинка белая, гречиха земноводная, водокрас лягушечный, рдест плавающий; высшие погруженные - рдест пронзеннолистный, рдест остролистный, рдест блестящий, рдест гребенчатый, рдест курчавый, рдест маленький, пузырчатка, элодея канадская, роголистник темно-зеленый, уруть колосистая, телорез обыкновенный.

Макрофиты играют существенную роль в биоценозе пруда. Преобладание мелководных зон, хорошая прозрачность и прогреваемость воды создают благоприятные условия для развития в них водной растительности. Развитие жесткой надводной и мягкой подводной растительности бывает столь значительным, что зачастую пруд не имеет свободных от зарастания площадей (см. рис. 2). Это явление может значительно снизить, а порой исключить возможность ведения культурного рыбного хозяйства. Водная растительность интенсивно поглощает из почвы и воды прудов минеральные соли и тем самым уменьшает содержание питательных веществ, необходимых для развития микроскопических растительных и животных организмов – пищи рыб.

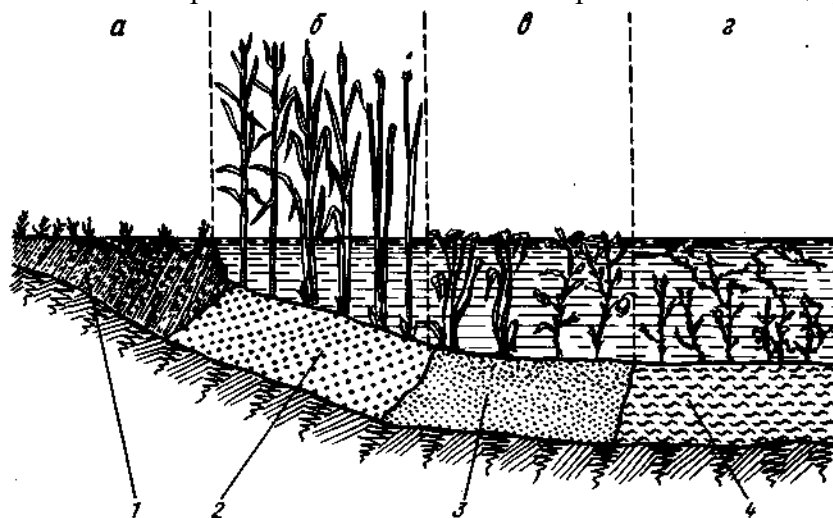


Рис. 2. Схема зарастания прудов:

a — осоки; *б* — тростник, рогоз, камыш; *в* — кувшинки, рдесты; *г* — роголистник, уруть и др.;

1 — осоковый торф; *2* — тростниковый торф; *3* — торф;

4 — ил



Рис. 3. Надводная растительность:

a — осока вздутая (*Carex rostrata*); *б* - осока стройная (*Carex gracilis*); *в* - манник (*Glyceria fluitans*); *г* — тростник обыкновенный (*Phragmites communis*); *д* — рогоз широколистный (*Typha latifolia*); *е* — камыш озерный (*Soirpus lacustris*)

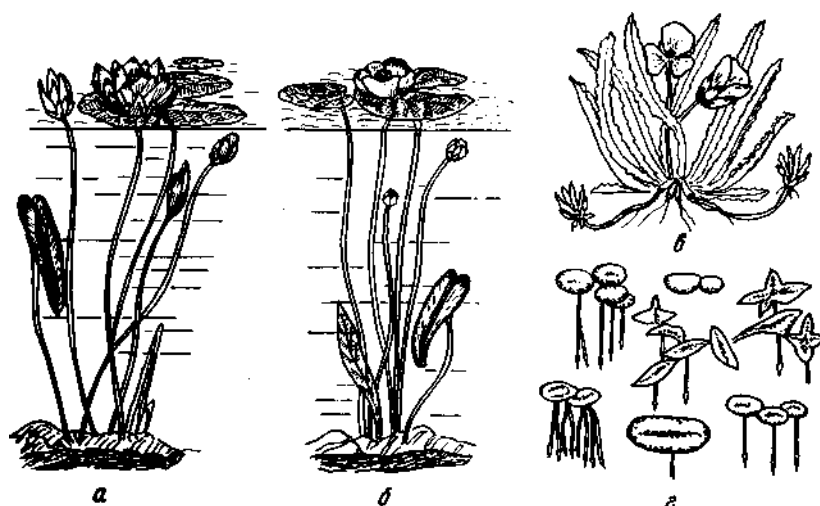


Рис. 4. Растения с плавающими листьями и плавающие:

a — кувшинка белая (*Nymphaea alba*); *б* — кубышка желтая (*Nuphar luteum*); *в* — телорез обыкновенный (*Stratoites aloides*); *г* — ряска трехдольная (*Lemna trisulca*)



Рис. 5. Подводные растения:

a — элодея канадская (*Elodea canadensis*); *б* — стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagitifolia*); *в* — рдест плавающий (*Potamogeton natans*); *г* — роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*); *д* — хара (*Chara fragilis*); *е* — рдест курчавый (*Potamogeton crispus*)

Отмирающая водная растительность требует для своего окисления большого количества растворенного в воде кислорода, снижение содержания которого в прудах может уменьшить количество кормовых организмов, что приведет к ухудшению физиологического состояния рыб.

Заросли затеняют пруд, снижают температуру воды, затрудняют проникновение света и тем самым ухудшают условия развития водных организмов. В зоне густых зарослей донных животных организмов в 2-3 раза меньше, чем на открытых участках, а разница в температуре воды может достигать 3-4°C. Из-за зарастания кормового места рыба лишается свободного доступа к кормам, резко ухудшается газовый и химический режим из-за гниения несъеденного корма. Заросшие пруды тяжело облавливаются, вследствие чего значительное количество рыбы теряется. В таких прудах нецелесообразно применять удобрения, т. е. вести интенсификационные мероприятия.

Только при ограниченном распространении в пруду (не более 25 % площади) мягкой водной растительности и наличии не более 5 % зарослей прибрежной полосы макрофиты играют положительную роль: они освобождают воду от CO₂, обогащают ее кислородом, служат пищей некоторым беспозвоночным и рыбам (каarp, карась, белый амур).

Водные растения могут использоваться в качестве корма для других животных, в частности уток. В этом случае утки выступают как мелиораторы, выедающие водную растительность и удобряющие пруд экскрементами.

Избыточную растительность необходимо удалять из прудов и использовать ее в виде зеленого удобрения, компостов, скармливать домашней птице, скоту или добавлять в комбикорма для рыб и т. д. Для скармливания скоту пригодны молодые растения тростника, рогоза, камыша, осоки, манника, ряски, телореза, рдеста, элодеи, кувшинки, кубышки. Из старой растительности (рогоз, камыш, тростник, осока) готовят силос. Удобрение мальковых прудов подвяленными аиром, рогозом, тростником, камышом в количестве 4-6 т/га позволяет в значительной степени обеспечить потребность личинок карпа и растительноядных рыб в первый период подращивания в таком корме, как детрит, коловратки, мелкие беспозвоночные, и повысить выживаемость в среднем на 20 %.



Рис. 6. Растения, употребляющиеся в фармацевтической и парфюмерной промышленности:

a — водяной перец (*Polygonum hydropiper*); *б* — касатик ложноаирный (*Iris pseudocorus*); *в* — аир болотный (*Acorus calamus*); *г* — валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*); *д* — трифолия, вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*); *е* — алтей лекарственный (*Althaea officinae*)



Рис. 7. Ядовитые растения:

a - лютик едкий (*Ranunculus acer*); *б* — калужница болотная (*Caltha palustris*); *в* - хвощ болотный (*Equisetum palustre*); *г* - чемерица белая (*Veratrum album*); *д* - вех ядовитый (*Cicuta virosa*); *е* - конский укроп (*Oenanthe aquatica*)

Удобрение растительными компостами предусматривает следующие нормы их внесения: по поверхности ложа пруда и с заделыванием боронами в грунты в зависимости от назначения пруда и вида грунта: в песчаные - 5 т/га для нерестовых прудов (раз в 2 года), 5-10 т/га для мальковых (ежегодно), 10-20 т/га для выростных (раз в 4 года); в глинистые грунты - 5 т/га для нерестовых прудов (раз в 2 года), 6-8 т/га для мальковых (ежегодно), 20-25 т/га для выростных (раз в 4 года); в грунты, богатые органическими веществами, - 2-3 т/га для нерестовых прудов (раз в 2 года), 2-3 т/га для мальковых прудов (ежегодно), 5-10 т/га для выростных прудов (раз в 4 года).

Другой способ внесения компостов в пруды предполагает раскладывание кучек по урезу воды из расчета 5 т/га для выростных и 8-10 т/га для нагульных прудов. Правильное и своевременное внесение компостов в пруд увеличивает естественную рыбопродуктивность по мальковым прудам на 100-150 %, по нагульным - на 50-100 %.

Компостные удобрения могут применяться не только для удобрения прудов, но и в сельском хозяйстве. По своему качеству и влиянию на повышение урожайности они близки к навозным удобрениям. Для целей компостирования вполне пригодна и надводная, и подводная растительность. В зависимости от вида и густоты масса растительности на 1 га пруда составляет от 5 до 130 т.

Сырье, из которого закладываются компосты, может быть пригодным в качестве удобрения только после соответствующей предварительной подготовки. Для приготовления компоста водную растительность или преобразованную ее форму (торф) надо поместить в такие условия, при которых будут проходить процессы минерализации, и органическое вещество за более или менее короткий срок обратится в перегной, пригодный для удобрения.

Процесс компостирования осуществляют следующим образом. Массу, подлежащую компостированию, складывают в кучи (ширина 2-4 м, высота 1,5-3 м и длина 3-10 м и больше в зависимости от количества компостируемой массы), в которых органическое вещество в результате жизнедеятельности разного рода бактерий разлагается и

превращается в землистую перегнойную массу. Этот процесс "вызревания" компоста продолжается в зависимости от сырья и техники компостирования от 4 мес до 1 года (иногда до 2-3 лет). Усиление процессов разложения и их ускорение достигается добавлением к компостируемому сырью навоза, извести, фосфоритной муки. Для необходимого увеличения влажности компостируемой массы ее поливают водой, а в случае необходимости и перелопачивают в период вызревания.

Для закладки бурта выбирают сухое место. Основание подсыпают торфом (20 см). Жесткую грубую растительность перед закладкой в бурт измельчают на соло-морезке или острыми лопатами.

Компостируемую массу раскладывают слоями толщиной по 40-50 см, между ними кладут слой навоза толщиной 15 см, посыпают каждый слой фосфоритной мукой из расчета 3-5 кг муки на 1 т массы. Каждый слой обливают водой так, чтобы влажность в буртах была около 70 %. Вместо навоза можно использовать известь и золу в количестве до 3 % массы компостируемого сырья. Сверху бурт укрывают слоем земли толщиной 10 см.

Некоторые водные растения служат сырьем для получения лекарственных препаратов, используются в парфюмерии (рис. 6). В медицине применяют листья и стебли с цветками водяного перца, корни от двухлетних растений алтея, листья трифоли, кору молодых стеблей и толстых веток крушины ломкой, корневища аира, корни и корневища валерианы. Листья трифоли используют в пивоварении, корневища чемерицы - в ветеринарии, корневища ириса - в парфюмерии.

Широкое применение водная растительность традиционно имела в народных промыслах: из растений вязали корзины, изготовляли дорожки, маты, использовали для покрытия крыш домов и др.

Отдельные виды относятся к ядовитым и особо ядовитым - лютик едкий и вех (рис.7).

Экологические сообщества водных растений	Виды	Возможное хозяйственное использование
Надводная растительность		
Растения с плавающими листьями и плавающие		
Подводные растения		

Вопросы

1. Дайте характеристику различных экологических групп водных растений. Приведите примеры.
2. Как влияет зарастаемость водоемов на их продуктивность?

Литература

1. **Березина Н.А.** Практикум по гидробиологии. -М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с. (Учебники и пособия для учащихся техникумов).
2. **Березина Н.А.** Гидробиология.- 3-е изд.-М.: Пищ. пром-сть, 1973.-494 с.
3. **Константинов А.С.** Общая гидробиология.- М.: Высш. шк., 1967.- 431 с.

Занятие 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРУДОВ

Материал. Коллекции водных животных. Гидробиологические сборы планктона и бентоса.

Оборудование. Микроскоп, препаровальные или ручные лупы, пинцеты, чашки Петри, предметные и покровные стекла. Определители организмов.

Таблицы. Организмы планктона и бентоса.

Задание. Изучить материал. Ответить на вопросы.

Общая характеристика. Естественная пища должна быть неотъемлемой частью пищевого рациона рыб, что обязывает специалистов вести постоянные наблюдения за развитием естественной кормовой базы, так как от ее количества зависит усвоение искусственных кормов. При снижении количественного развития гидробионтов необходимо принимать экстренные меры по его увеличению. Интенсивное кормление карпа искусственными кормами, которые в большинстве случаев являются неполноценными по аминокислотному составу, содержанию витаминов, приводит к нарушению обмена веществ и замедлению темпа роста рыбы.

Различные виды водных организмов имеют различную пищевую ценность, однако содержат необходимые питательные вещества: белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные соли. Белки кормовых беспозвоночных животных являются полноценными по составу аминокислот, что является важным для развития и роста у рыб. Наиболее полноценными пищевыми организмами являются ветвистоусые рачки (*Cladocera*), и прежде всего дафнии (*Daphnidae*). Они богаты минеральными солями, витаминами, незаменимыми аминокислотами. Аминокислотный состав белков тела олигохет (*Oligochaeta*) также полноценный, однако эти животные содержат меньше витаминов по сравнению с дафниями и очень бедны минеральными соединениями. Личинки хирономид (*Chironomidae*) по содержанию витаминов и минеральных солей занимают промежуточное положение между дафниями и олигохетами, аминокислотный состав их белков полноценный. По пищевой ценности кормовые беспозвоночные являются незаменимыми в питании рыб.

При выращивании разновозрастных рыб важно знать, какие организмы являются преобладающими в том или ином пруду. Для личинок в первые дни жизни предпочтительнее массовое развитие босмин (*Bosminidae*), коловраток (*Rotatoria*), личинок весло-

ногих рачков науплиусов (*Copepoda*). Их количество более 1000 экз/л свидетельствует о хорошей обеспеченности пищевых потребностей личинок. Если в первые дни развития личинок в планктоне прудов в значительном количестве представлены циклопы (*Cyclops*), лептестерии (*Leptestheria*), стрептоцефалюсы (*Streptocephalus*), щитни (*Apus*, *Lepidurus*), то возможны значительные потери личинок в результате выедания их перечисленными хищниками. Молодь карпа массой более 1 г способна потреблять не только планктонные, но и бентосные организмы. Зная потребности молоди в корме и состояние естественной кормовой базы, важно не опоздать с началом кормления искусственными кормовыми смесями, чтобы избежать снижения роста рыб. Молодь всех рыб в первые 10 дней питается в основном организмами планктона, а затем переходит на питание видоспецифичной пищей. При этом у каждого вида рыб имеется свой излюбленный корм, который они избирательно поедают при обильном наличии других кормовых организмов. Это явление называется селективностью питания. При недостатке излюбленного корма рыба может поедать другие организмы, отдавая предпочтение одному или нескольким из них.

Установлено, что для рыб массой более 10-20 г количество естественной пищи в пищевом комке должно быть не менее 25-30 %. Для этого среднесезонная биомасса фитопланктона должна составлять не менее 30 мг/л, зоопланктона - не менее 8-12 г/м³, зообентоса - 3-5 г/м². При этом пруды считаются более продуктивными, если в фитопланктоне преобладают зеленые (протококковые) водоросли, в зоопланктоне - ветвистоусые или веслоногие ракообразные, а в зообентосе - личинки хирономид.

Гидробиологические пробы (фитопланктон, зоопланктон и зообентос) отбирают одновременно через каждые 10 дней (в период выращивания молоди до массы 5 г пробы зоопланктона отбирают через 5 дней) в разных точках пруда на протяжении всего периода выращивания рыбы. Фиксацию проб проводят 40 %-м формалином из расчета 50-100 мл 40 %-го формалина на 1 л воды. Пробу снабжают этикеткой, в которой указывают хозяйство, название и номер пруда, его глубину, время и дату взятия пробы, количество профильтрованных литров воды (для зоопланктона) или количество отобранных дночерпателей с указанием площади их захвата (для зообентоса). При использовании экспресс-методов определения количественного развития фито- и зоопланктона необходимо иметь в виду, что они не свободны от погрешностей, и как правило, дают несколько завышенные данные, так как включают разного рода примеси, попадающие при отборе проб, однако для контроля непосредственно на прудах вполне применимы.

Экспресс-метод сбора и обработки проб фитопланктона. Воду отбирают из разных мест пруда на глубине 15-20 см и сливают в ведро. После перемешивания берут пробу в 0,5 л, фиксируют формалином, закрывают пробкой, этикетировывают и ставят в темное место на 10-14 суток для отстаивания. По осадку в мерном цилиндре можно ориентировочно вычислить биомассу фитопланктона. Если часть водорослей оказалась в верхнем слое, их отсчитывают по верхним делениям цилиндра и прибавляют к осадку. Плотность организмов в осадке принимают равной плотности воды. Таким образом можно определить массовое развитие водорослей. Например, если осадок планктона в цилиндре занимает 0,1 см³ объема, это значит, что в 0,5 л пробы содержится 0,1 см³, или 0,1 г фитопланктона (в пересчете на 1 л 0,2 г биомассы водорослей), что указывает на их массовое и нежелательное развитие. Под микроскопом определяют доминирующие группы водорослей (в прудовых условиях это в основном синезеленые или зеленые водоросли), что важно для выяснения характера цветения воды (если оно наблюдается).

Вопросы

1. Чем обусловлена пищевая ценность организмов?
2. В чем выражается элективность питания рыб разных возрастов?
3. Какие группы организмов имеют решающее значение в создании естественной кормовой базы?
4. Какие методы экспресс-оценки кормовой базы вы знаете?

Литература

4. **Березина Н.А.** Практикум по гидробиологии. -М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с. (Учебники и пособия для учащихся техникумов).
5. **Березина Н.А.** Гидробиология.- 3-е изд.-М.: Пищ. пром-сть, 1973.-494 с.
6. **Константинов А.С.** Общая гидробиология.- М.: Высш. шк., 1967.- 431 с.

Занятие 5

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ЗООПЛАНКТОНА

Материал. Сборы зоопланктона. Определители зоопланктона

Оборудование. Микроскоп, препаровальные или ручные лупы, пинцеты, чашки Петри, предметные и покровные стекла, камера Богорова, пластинки для просчета водных организмов.

Таблицы. Представители некоторых групп зоопланктона.

Задание. Зарисовать и описать строение дафнии, циклопа и диатомуса.

НИЗШИЕ РАКООБРАЗНЫЕ (ENTOMOSTRACA)

СОБСТВЕННО ЛИСТОНОГИЕ (*EUPHYLLOPODA*)

К низшим ракообразным принадлежат жаброноги (рис. 8, 1), относящиеся к отряду листоногих (*Phyllopoda*), к подотряду настоящих листоногих (*Euphylloroda*), к трибе безраковинных (*Anoetraca*). В средней полосе Европейской части СССР обычным видом жаброногов является *Pristicephalus josephinae* (рис. 8, 2).

Длина взрослых особей этих рачков 14 мм; тело состоит из головы, 11 сегментов груди и 8 сегментов брюшка. На голове 2 стебельчатых глаза, между ними небольшой глазок и коротенькие нитевидные антенны первой пары. Антенны второй пары у самок одночлениковые пластинчатые, у самцов двучлениковые, изогнутые в виде крючьев; служат они для схватывания; у самцов на голове находится пара зазубренных лобных выростов. Мандибулы представляют сильный орган с рубчатой жующей поверхностью; обе пары максилл слабые. Каждая из 11 пар листовидных грудных ножек состоит из основного членика и нескольких придатков к нему, причем базальный придаток, или эпиподит, видоизменён в жабру. Членики брюшка лишены придатков. Два первых из них отчасти слиты и образуют генитальный отдел; у самца здесь находится копулятивный орган, у самки - яйцевой мешок с отверстием на конце, через которое зрелые яйца выбрасываются наружу. На последнем членике брюшка пара хвостовых пластинок,

усаженных щетинками. Животное плавает в характерной позе спиной вниз; ножки его быстро ритмически колеблются; их работой обуславливаются движение и дыхание рачка и приток пищи к его ротовым органам. Пищей служат растительный и животный планктон и органический детрит, взвешенный в воде. Если наблюдать за рачком в аквариуме с несколько взмученной водой, то можно заметить, как его кишечный тракт, просвечивающий сквозь стенки тела в виде прямой трубки, темнеет от заполняющей его пищи. Вентрально от неё проходит как бы другой канал, также наполненный пищевой массой. «Канал» этот лежит снаружи тела рачка и представляет собою желобок, образуемый основаниями грудных ножек. При колебании ножек, что происходит с частотой около 300 раз в минуту, взвешенные в воде твердые частицы, задерживаемые на фильтрах, образуемых щетинками максилл и грудных ножек, набиваются в брюшной желобок; движением оснований ножек эти частицы механически проталкиваются вперед, к ротовому отверстию, где пищевой ком перетирается жвалами и проглатывается рачком.

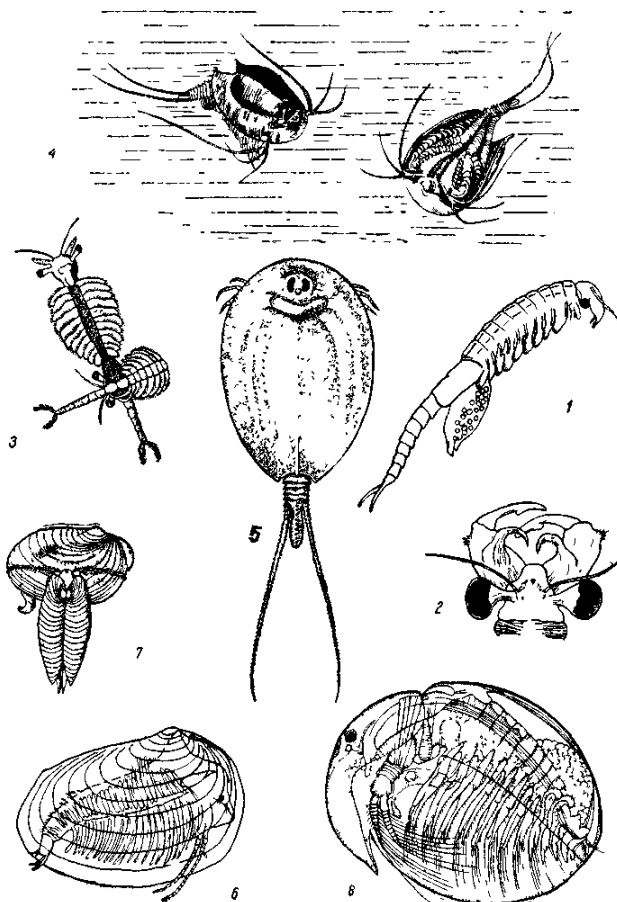


Рис. 8. Некоторые виды листоногих раков (по Е.Н. Павловскому, С.Г. Лепневой)

1 - жаброног; 2 - голова самца жабронoga (*Pristicephalus josephinae*); 3 - копуляция жабронoga; 4 - щитни в воде (*Lepidurus productus*); 5 - щитень (*Lepidurus productus*); 6 - цизикус (*Cyzicus*); 7 - копуляция цизикус; 8 - линцеус (*Lynceus brachyurus*)

Жаброногии питаются интенсивно; пищеварение совершается быстро, и выделение экскрементов (дефекация) происходит почти непрерывно (в среднем раз в минуту); дно аквариума, в котором живут жаброногии, вскоре покрывается их экскрементами. Жаброногии нуждаются в значительном количестве органической взвеси в воде. В аквариуме с прозрачной водой их брюшной желобок пустеет, и рачок начинает голодать. Если пустить в аквариум с голодающими жаброногиями щитней (*Lepidurus productus*), которые со дна аквариума своими движениями поднимают ил, взмучив воду, условия

питания жаброногов сразу изменятся к лучшему. Можно видеть, как вентральный желобок их снова наполняется содержимым. В совершенно чистой, лишенной планктона и детрита воде кишечник рачка становится светлым, выделение экскрементов прекращается. Через день жаброног еле двигается и вскоре падает неподвижным на дно; но стоит только пустить в воду планктонные водоросли, как движения рачка оживляются, кишечник, заполняясь фитопланктоном, окрашивается в зеленоватый цвет. В природе при недостатке питательных веществ жаброног подплывает ко дну и, взмучивая там иловые налеты, становится иногда почти вертикально в поисках пищи. Держатся жаброноги в хорошо освещенных местах.

При спаривании самец хватается вторыми антеннами половозрелую самку поперек тела (см. рис. 8, 7) и оплодотворяет её. После копуляции яйца остаются около двух дней в выводковой сумке самки и медленно там передвигаются; внимательно наблюдая за яйцевым мешком, можно видеть, как из отверстия на конце одно за другим выходят яйца. Отложенные яйца падают на дно и остаются на месте пересыхающих летом весенних луж. Зимой яйца промерзают; весной по мере наполнения луж талой водой, еще при очень низкой температуре воды, в 3-4°C, начинается эмбриональное развитие яиц; из яйца выходит свободно плавающая личинка - науплиус; она быстро растёт, проделывает ряд линек и недели через три превращается во взрослое ракообразное.

Разные виды жаброногов встречаются и в прудах, которые сильно, хотя и не вполне, пересыхают летом. В разных временных водоёмах степной и лесостепной зоны РФ осенью и летом встречаются жаброноги из рода брахипус; среди них широко известен *Brachipus stagnalis*.

В соленых озерах юга и юго-востока европейской части России и Западной Сибири обитает жаброног *Artemia salina*, величина и форма которого сильно варьирует в зависимости от концентрации рассола: длина тела рачка увеличивается от 8 до 18 мм при падении солености от 22 до 3° по Бомо (Гаевская).

В весенних лужах вместе с жаброногами обитают щитни (*Lepidurus productus*), листоногие рачки, относящиеся к трибе *Notostraca* подотряда *Euphyllopoda*—самые крупные из ракообразных весенних луж (см. рис. 8, 5). Щитни достигают 4—5 см длины; их уплощенное тело прикрыто сверху щитком, из-под которого спереди выступают ветвистые конечности, а сзади - узенький конец брюшка с двумя длинными хвостовыми нитями.

В прозрачной воде весенней лужи видно, как медленно и плавно движутся щитни, перебирая многочисленными ногами (см. рис. 8, 4). Плавают они то спинной, то брюшной стороной вверх; опускаясь на дно, рачок взмучивает иловые налеты в поисках пищи. У переднего края щитка расположена пара сложных глаз, между ними маленький простой глазок; сзади щиток имеет дугообразную вырезку. Головной отдел щитня состоит из 40 сегментов: первые 11 образуют грудной раздел, остальные – брюшко. Обе пары антенн щитня малых размеров, они скрыты под головным выступом щитка. Мандибулы хорошо развиты, их жевательная поверхность зубчатая; спереди мандибулы покрыты верхней губой, представляющей собою складку кожи; максиллы— 2 пары. Сегменты грудного раздела несут по паре пластинчатых ножек, сегменты брюшного отдела - более чем по одной паре (до 5), поэтому общее число ножек, достигая 60 пар, превышает число сегментов тела. Придаток основания ноги превращен в жабру. Первая пара грудных ножек развита сильнее других—наружный придаток основного членика этих ножек несет три жгута, высовывающихся из-под щитка. К заднему концу тела ножки уменьшаются в размерах; на непокрытых щитком члениках брюшка их нет. Между основаниями ножек идет глубокий брюшной желобок, играющий большую роль в питании щитня, но не столь исключительно важную, как у жабронога. Движением ножек обуславливается плавание и дыхание щитня. Передние ножки функционируют как орган плавания, но, по наблюдениям Lundblad (1920), с помощью жгутов этих ног щитни могут иногда лазать по поверхности

растений или ползать по дну. На конце тела щитня находятся две длинные хвостовые нити, между которыми у весеннего щитня (*Lepidurus productus*) лежит непарная пластинка. У другого рода и вида щитней—*Apus cancriformis* - такой пластинки нет. Щитень *Apus cancriformis* встречается реже *Lepidurus productus*, притом не только весной, но и летом. Ранневесенний лепидурус предпочитает прохладную воду, — при температуре 17—20°C он уже чувствует себя плохо. Апус нуждается в более высокой температуре воды, температурный оптимум этого рачка лежит в пределах 15—25°C; уже при 13°C движения рачка замедляются, а при 7°C он чувствует себя плохо. Апус в тех местах, где он есть, появляется весной позднее лепидуруса, а летом в прудках или в лужах после дождя развивается иногда массово.

Многочисленные ножки щитня действуют так, что сначала бьют задние ножки, потом это движение распространяется вперед, создавая впечатление пробегающей волны; движение ножек можно хорошо видеть, когда щитень плавает брюшком вверх. Выбрав секунду, когда рачок останавливается, можно заметить, что задняя группа ножек не прекратила своей работы; тем самым обеспечиваются не локомоторные, а дыхательные движения, которыми и у неподвижно стоящего рачка вызывается ток воды, омывающий жаберные придатки ножек. Если в такое мгновение покоя удастся впустить в брюшной желобок рачка воды, подкрашенной кармином, то можно видеть, как ток её медленно продвигается по желобку вперед, едва достигая рта. Но стоит только рачку, пустив в дело передний набор ножек, двинуться, как красный ток воды в брюшном желобке мгновенно устремляется вперед и попадает в рот щитня. Подплывая к поверхности дна и взмучивая поверхность иловых налетов, щитень пропускает по своему брюшному желобку пищевой поток с заключенными в нём мелкими животными организмами, которых он захватывает максиллами, растирает мандибулами и заглатывает ртом; неподходящая пища или посторонние частицы выбрасываются верхней губой. Жаброноги могут питаться и более крупной животной пищей. В природе щитни питаются по преимуществу умершими или ослабевшими животными, а с мелкими рачками, олигохетами и личинками хирономид щитни справляются и в живом виде; щитни едят и небольших головастиков и личинок рыб. В связи с этим они являются вредителями в нерестовых и выростных прудах, в отдельные годы нанося значительный ущерб личинкам рыб. Постоянным источником пищи для них служат иловые налеты на дне. Иловые частицы и мелкие животные целиком загоняются движением ножек в брюшной желобок.

Половые протоки у обоих полов открываются на 11-м сегменте, причем у самцов копулятивных органов нет; у самок ножки 11-го сегмента преобразованы в сумку для ношения яиц и лишены жабр. Самцы среди щитней редки, и если появляются, то единично. В одной из популяций было найдено 8 самцов на 1000 самок. Обычно же самцы отсутствуют, и размножение щитней происходит партеногенетически. Отложенные самками яйца падают на дно и вместе с лужами высыхают, выносясь повышением температуры до 80°C, если они находятся в совершенно сухом состоянии, и до 42°C в несколько влажном. Зимой яйца промерзают. Ранней весной, уже в марте, с началом образования луж из талых вод, еще по соседству со льдом и снегом, начинается развитие яиц и выход из них науплиусов. Науплиусы быстро растут и часто линяют. Перелиняв 17 раз, лепидурус достигает 12 мм длины. Промежуток времени между первыми линьками всего несколько часов, между позднейшими - 8-10 дней. Половые различия определяются на 14-й линьке.

Весь цикл развития щитня от момента выхода из яйца до откладки самкой первых яиц занимает около 2 месяцев. Экспериментально доказано, что яйца щитней могут сохранять способность к развитию, пройдя через кишечный тракт лягушки. Лягушка, следовательно, поедая щитней, распространяет их из одной лужи в другую.

Вместе с этими рачками нередко встречаются покрытые раковинкой рачки из трибы *Gonchostraca* подотряда *Euphyllopoda*; виды цизикус (*Cyzicus estheria*) и линцеус (*Lynceus limnetis*) среди них особенно часты.

Тело цизикус (*Cyzicus tetqrus*) заключено в двустворчатую раковину розоватого цвета, концентрически исчерченную полосами прироста (см. рис. 8, б), полосы прироста образуются потому, что при линьках наружный покров со створки раковины не сбрасывается; число полос, следовательно, указывает на число линек, пройденных рачком. Плавает цизикус, слегка приоткрыв створки раковины, из которой высовываются двуветвистая вторая антенна и кончик брюшка рачка. Если вытащить рачка из воды, обе створки раковинки плотно смыкаются благодаря сокращению замыкательного мускула, находящегося в переднем разделе тела. Тело рачка состоит из головы, груди и брюшка.

Голова спереди образует клюв, или рострум. Сложные глаза близко сдвинуты друг с другом, простой глаз расположен между ними и рострумом. Первые антенны недоразвитые, палочковидные, вторые состоят из основного членика и двух длинных членистораздельных, усаженных волосками ветвей, представляющих гребной орган рачка. Мандибулы у цизикус сильные, их жевательная поверхность рубчатая; в течение всей жизни рачка мандибулы непрерывно движутся. Обе пары максилл слабо развиты. Грудных ножек около 20 пар, размеры их к заднему концу уменьшаются; ножка состоит из основного стволика и нескольких листовидных придатков, из которых базальный, или эпиподит, превращен в жаберный листок. Брюшной раздел состоит из одного большого, сжатого с боков членика и заканчивается двумя коготками.

Грудные ножки почти не участвуют в локомоторных движениях рачка — их работа направлена на обеспечение процесса дыхания, собирание пищи и доставление её к ротовым органам рачка: глубоко скрытые, они не позволяют рачку, как и многим другим листоногим, схватывать пищу активно. Цизикус обычно держится вблизи илистого дна. Взмучивая движением брюшка и ножек иловые налеты вместе с их мелкой фауной и флорой, рачок собирает пищу на фильтрах из щетинок, обрамляющих его конечности, загоняет её в брюшной желобок и, подведя к ротовому отверстию, перетирает непрерывно действующими жвалами и пропускает через свой кишечник. Ест рачок много, что объясняется малой питательностью пищи и быстрым темпом развития и роста в течение короткого весеннего периода года.

Ножки двух первых пар у самца снабжены крючками, которыми он при копуляции удерживает самку (см. рис. 8, 7). Самка откладывает яйца под створки раковины и поддерживает их нитевидными цилиндрическими отростками ножек. Вскоре после откладки яиц самка линяет и сбрасывает вместе с раковинкой всю яйцевую кладку на дно водоёма. Яйца проходят через стадии высыхания и промерзания, как и у других *Euphyllopoda*. Весной яйца и вышедшие из них науплиусы развиваются очень быстро, и по выходе из яйца животное в течение 19 дней достигает половой зрелости.

Самым мелким из *Euphyllopoda* весенних луж является линцеус (*Lynceus brachyurus*), широко распространенный в европейской части России небольшой рачок 4—5 мм длиной, одетый в шаровидную двустворчатую раковинку, лишенную полос прироста (см. рис. 8, 8). Головой отдел рачка вытянут в рострум; сложные глаза слиты в один глаз, простой глаз хорошо заметен. Первые антенны недоразвиты; вторые антенны, состоящие из основного членика и двух ветвей, служат рачку органом плавания. Мандибулы развиты хорошо, максиллы - слабо. Грудных ножек, устроенных по тому же плану, как и у прочих *Euphyllopoda*, у самцов 10, у самок - 12 пар. У самцов первая пара преобразована в орган захватывания самки и снабжена крючками; у самок некоторые пары ног служат для поддержания откладываемых под спинной щит яиц. Брюшной отдел с боков сжат; вместо коготков на конце у него 2 щетинки. Линцеус иногда опускается на дно, в свободной воде он охотно плавает, приоткрыв раковинку, причем грудные ноги служат не только для за-

гона пищи в брюшной желобок, но вместе с антеннами и для гребли. Отложенные яйца самка носит некоторое время на спинной стороне под раковиной, затем они падают на дно, вместе с водоёмом пересыхают и зимуют. Развитие начинается рано весной при низкой температуре воды. Науплиус линцеуса покрыт непарным спинным щитком с головным и двумя боковыми отростками. В весенних лужах линцеус появляется ранней весной; в пересыхающих прудах он задерживается дольше других.

ВЕТВИСТОУСЫЕ (CLADOCERA)

Летом водоемы населены мелкими рачками, подобно разноцветным точкам мелькающими в воде. Среди них своей относительной величиной выделяется дафния (*Daphnia pulex*), или водяная блоха, рачок из подотряда ветвистоусых (*Cladocera*) отряда листоногих (*Phyllopoda*) (рис. 9). Из отобранной пробы его нетрудно выловить пипеткой и рассмотреть под бинокулярной лупой или малым увеличением микроскопа, ознакомиться со строением его тела.

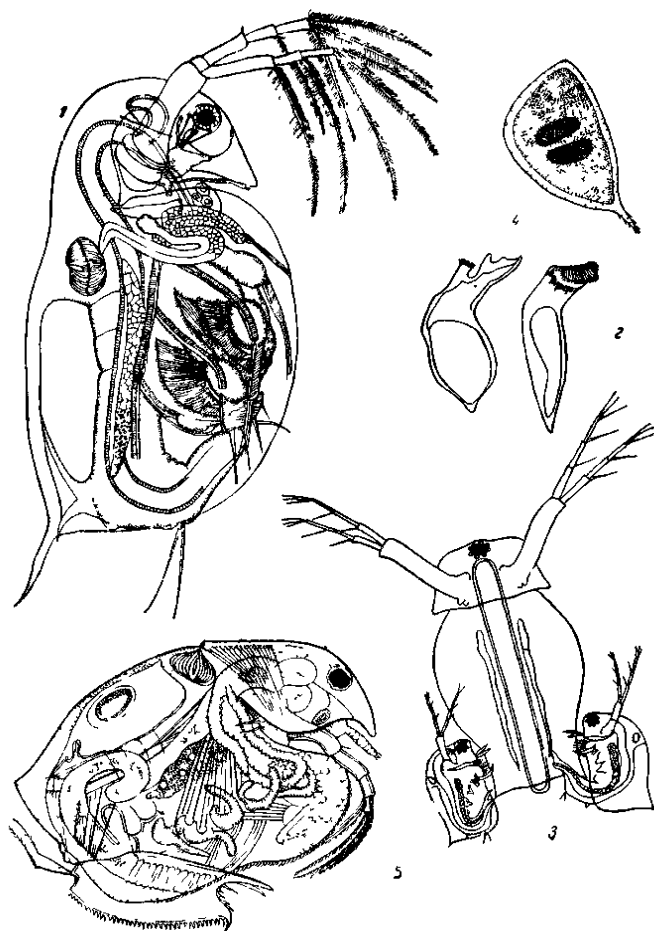


Рис. 9. Дафния и эурицеркус (по Е.Н. Павловскому, С.Г. Лепневой)

1 - дафния (*Daphnia pulex*); 2 - мандибулы дафнии (справа) и битотрефес; 3 - копуляция дафнии (*Daphnia magna*); 4 - эфиппиум дафнии (*Daphnia magna*); 6 - эурицеркус (*Surycercus lamellatus*)

Для этого следует использовать предметное стекло с углублением посредине, чтобы не придавить рачка покровным стеклом и иметь возможность рассматривать его живым (см. рис. 9). Тело дафнии до 5 мм длиной заключено в двустворчатую раковину, образованную разросшимися складками кожи; слабо выпуклые створки раковины прозрачны; задний конец раковины вытянут в шип. Голова дафнии не покрыта раковиной; на ней находится большой сложный глаз, а вблизи него маленький простой глазок. Впереди голова вытянута в небольшой клювовидный вырост, недалеко от конца которого расположена пара первых маленьких палочковидных антенн, или антеннул. Вторая пара антенн представляет мощный гребной орган рачка; антенна состоит из основного членика, от которого отходят две ветви; одна ветвь состоит из трех члеников с пятью щетинками, а другая из четырех члеников с четырьмя щетинками на конце. Щетинки длинные, перистые.

При взмахе антенн животное резко, как бы прыжком, подвигается вперед, а затем, широко расставив ветви антенн с их перистыми щетинками, подобно парашюту неподвижно парит в воде и лишь медленно опускается вниз; новый взмах антенн, и рачок снова на прежней высоте. Дафния никогда не опускается на дно. Вместе с некоторыми микроскопическими водорослями, коловратками и многими другими животными ветвисто-

усые рачки составляют группу организмов планктона, вся жизнь которых проходит в толще воды. Как приспособление к парению в толще воды рачки приобрели диспропорцию между малой величиной тела и несоразмерно развитыми антеннами. Сопrotивление воды при погружении рачка с большой поверхностью расправленных антенн противодействует силе тяжести, увлекающей рачка вниз, и он удерживается в толще воды. Следует добавить, что удельный вес рачка очень невелик вследствие обилия жира, который просвечивает сквозь прозрачные стенки тела рачка в виде ярко окрашенных капель.

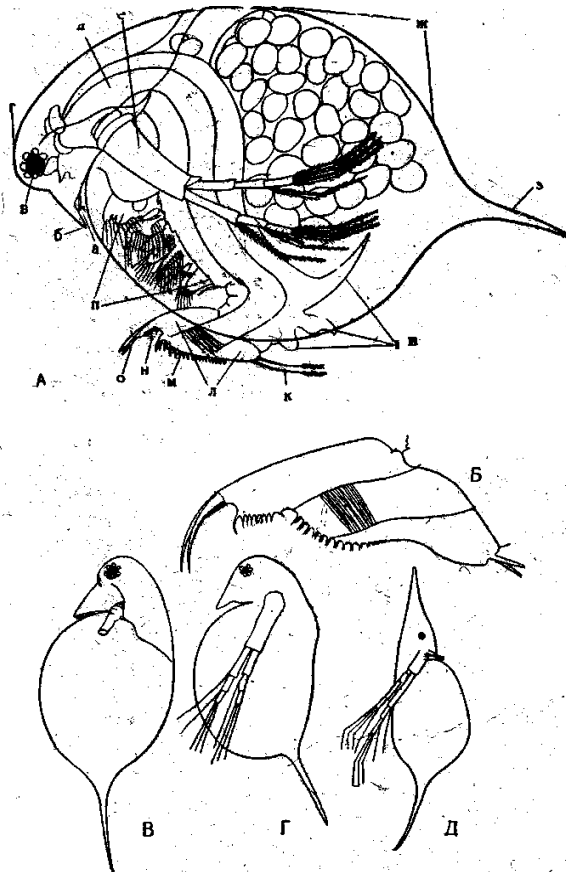


Рис. 10. Дафнии (водяные блохи) — *Daphnidae*:

A—*Daphnia pulex* (самка): *a* — усик (антенна) 1-й пары; *б* — клювик; *в* — глаз; *г* — голова; *д* — кишка; *е* — усик (антенна) 2-й пары; *ж* — выводковая камера с яйцами; *з* — шип на заднем конце раковинки; *и* — спинные придатки; *к* — хвостовые щетинки; *л* — постабдомен; *м* — шипики на постабдомене; *н* — шипики на внутренней стороне концевых коготков; *о* — концевые коготки постабдомена; *п* — пять ножек; *Б* — постабдомен *D. magna*; *В, Г и Д* — различные формы (вариации) *D. longispina* (по Brauer)

Ротовое отверстие дафнии вооружено парой мандибул и двумя парами максилл; жевательная часть мандибул покрыта тонкими рубчиками (рис. 10). Грудной отдел дафнии несет 5 пар пластинчатых ножек; брюшной отдел, или кауда, лишен конечностей, сильно изогнут и кончается двумя коготками, позади которых открывается anus; на дорзальной стороне его находятся 2 чувствительных щетинки. Кауда то подгибается под раковину, то высовывается оттуда, прочищая этими движениями пространство под её створками. Эпиподит грудных ножек несколько вздут и функционирует в качестве жабры, первая и вторая ножки снабжены толстыми щетинками, а третья и четвертая, помимо того, несут на внутреннем краю гребень из тонких щетинок, образующих густую фильтрационную сеть. Грудные ножки находятся в постоянном ритмическом движении; они бьют 200-300 раз в минуту, создавая непрерывный ток воды внутри створок раковины дафнии. Приносимая вода служит рачку источником кислорода и пищи. Пища дафнии состоит из мельчайших организмов и тонкой взвеси детрита, остающихся на фильтре 3-й и 4-й ножек рачка; отсюда отфильтрованные частицы забиваются в брюшной желобок и продвигаются вперед к ротовому отверстию; две первых пары ножек и максилл формируют пищевой ком, который перетирается жвалами и заглатывается ртом дафнии.

Доказано, что дафнии могут жить за счет одной бактериальной пищи (Гаевская, 1945; Родина, 1946).

Рот ведёт в короткий пищевод, за которым следует средняя, а затем задняя кишка, открывающаяся анальным отверстием. Дорзально от кишечника лежит сердце; сквозь прозрачные стенки раковины видно, как оно бьется. По сторонам кишечника расположены яичники, представляющие две тонкие трубки, открывающиеся в зародышевую камеру; последняя представляет полость, находящуюся на спинной стороне тела дафнии под створками раковины и замыкающуюся сзади выростом брюшного раздела. В популяциях

дафний всегда преобладают самки; в теплое время года самцы нередко вовсе отсутствуют. Самки в это время размножаются партеногенетически, откладывая в зародышевую сумку неоплодотворенные яйца. Метаморфоза и стадии личинки у дафний нет. Яйца быстро развиваются, и через 3—4 дня сквозь стенки раковинки уже можно видеть совершенно сформировавшихся маленьких, готовых к выходу дафний. Молодь дафнии растет и, пройдя через 3 линьки, достигает половозрелости, а через 8—10 дней после выхода из яйца производит своё первое потомство. Партеногенетические поколения следуют одно за другим через каждые 3-4 дня и содержат около 80 особей; каждая из них через 12—14 дней становится способной к размножению. Отсюда понятно, как появляются те массы дафний, которые в летние месяцы заселяют водоёмы и составляют один из важнейших источников питания мальков рыб.

К осени из некоторых партеногенетических (неоплодотворенных) яиц развиваются самцы. Самцы - карлики по сравнению с самками. Их первые антенны несколько удлиненны и вместе с первой грудной ножкой служат для удержания самки во время копуляций, семяпроводы открываются на конце тела самца около коготков вилки. При копуляции одну самку могут оплодотворять два самца, причем каждый вводит свои живчики в один из яичников самки (см. рис. 9). Из оплодотворенных яиц развиваются покоящиеся, или зимние яйца, отличающиеся от летних партеногенетических яиц обилием желтка, размерами, окраской, формой и оболочками. Помимо двух яйцевых оболочек зимние яйца дафний заключены в хитиновую кутикулу, представляющую видоизмененный участок раковины; эпителиальные клетки кутикулы створок раковины преобразуются в заполненные воздухом камеры и превращаются в эфиппиум, или седлышко, заключающее в себе одно или два яйца. При линьке седлышко сбрасывается и плавает в воде; осенью можно видеть множество седлышек дафний, прибитых к берегу. Некоторые из них вмерзают в лед и так зимуют. Есть виды, эфиппиум которых не плавает, а тонет, опускаясь на дно (*Daphnia magna*, см. рис. 9, 4). Весной из зимних яиц развиваются только самки, дающие начало новым партеногенетическим поколениям. Эфиппиумы могут высыхать, не теряя способности к развитию, и служат могущественным средством распространения вида. Вмерзая в лед, они в половодье разносятся далеко вниз по долине реки; приставая к ногам и перьям водоплавающих птиц, они переносятся на огромные расстояния; высыхая, эфиппиумы распространяются ветром. Покоящиеся яйца не всегда появляются только к осени; у видов, к числу которых принадлежат и наши обыкновенные дафнии — *Daphnia pulex* и *Daphnia magna*, обитающих в мелких водоёмах, по мере ухудшения условий существования, самцы могут появляться и в середине лета, притом не один раз. Вместе с тем образуются эфиппиумы с покоящимися яйцами, которые без зимней фазы дают начало новым поколениям самок, размножающимся партеногенетически. Такие виды называются полициклическими. Но бывают и моноциклические виды, у которых самцы и эфиппиумы появляются только к осени, и даже ациклические виды, у которых самцов вовсе нет или они появляются не каждый год.

Ветвистоусые рачки очень разнообразны по внешнему виду. В небольшом пруду среди зарослей можно найти несколько видов, относящихся к разным семействам подотряда. К числу наиболее крупных форм принадлежит симоцефалус (*Simocephalus vetulus*)— дафния, одетая в округлую раковину без шипа сзади, достигающая 3 мм длины. Другая такая же крупная дафния (3 мм) - эурицеркус (*Eurycercus lamellatus*, см. рис. 9, б) легко узнаётся по её характерной кауде с гребешком зубчиков и глубоким вырезом на конце.

В аквариумах с *Cladocera* нередко можно наблюдать одно катастрофическое явление в их жизни: подплывая к поверхности воды, некоторые рачки попадают в сферу действия сил поверхностного натяжения и как бы прилипают одной из створок своей не смазываемой водой раковинки к поверхностной пленке. Не будучи в силах оторваться от неё, рачок вертится некоторое время, работая антеннами, а затем умирает. Но есть один вид,

которому не грозит такая опасность. Прямые брюшные края раковины рачка *Scapholeberis mucronata* (рис. 11, 1) усажены не смачиваемыми водой волосками; прикасаясь этими краями к поверхности воды, рачок как бы подвешивается к ней наподобие подплывающих подышать насекомых или личинок *Sisyra*, не теряя при этом своей подвижности; с помощью кауды и антенн рачок быстро скользит под поверхность воды, являясь антиподом по отношению к таким организмам, как подуры и водомерки, бегающие по поверхности воды.

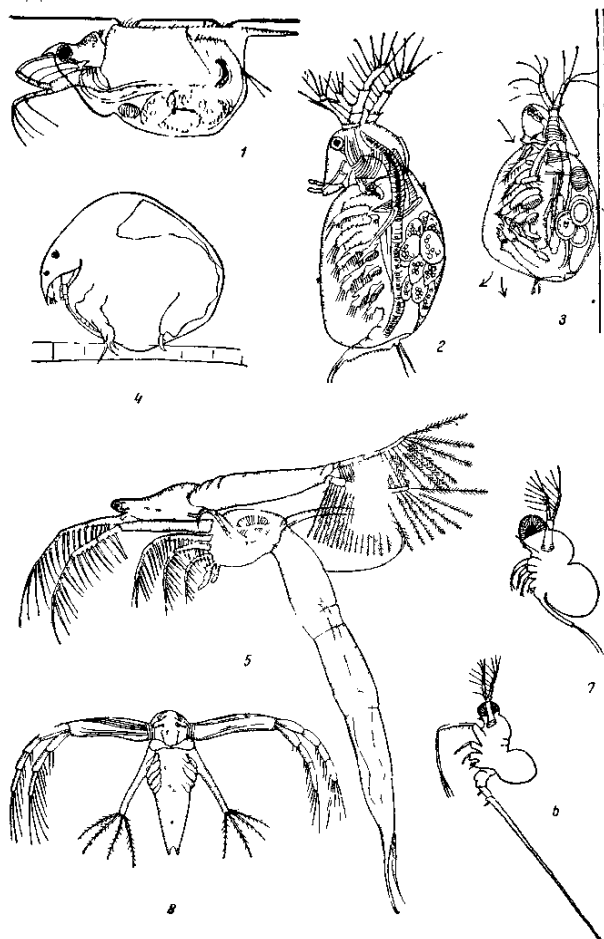


Рис. 11. Ветвистоусые ракообразные (по Е.Н.Павловскому, С.Г.Лепневой)

1 - скафолеберис (*Scapholeberis mucronata*) у поверхности воды; 2- сида (*Sida crystallina*); 3- симоцефалус, уцепившийся за нить водоросли; 4- хидорус (*Chydorus sphaericus*) на нити водоросли; 5 - лептодора (*Leptodora kindti*); 6 - битотрефес (*Bythotrephes longimanus*); 7- полифемус (*Polyphemus pediculus*); 8 - науплиус лептодоры

водоемов в нескольких метрах от зарослей, в свободной воде живут довольно крупные рачки с длинным прозрачным телом. Это лептодора (*Leptodora kindti*) — гигант среди ветвистоусых, достигающий 1 см в длину (см. рис. 11, 5) Тело рачка сильно вытянуто и лишено раковины; от неё сохранилась лишь выводковая сумка на спине рачка. Плавательные антенны большие и сильные; каждая из двух их ветвей состоит из четырех члеников, усаженных многочисленными перистыми щетинками, на голове находится большой глаз, глазок отсутствует. Лептодора хищник. Ноги её вынесены вперед и превращены в одноветвистый хватательный орган, лишенный пластинчатых придатков, в том числе и жаберных; дыхание у лептодоры кожное. По положению ног этот рачок напоминает стрекоз,

Наблюдая за жизнью ветвистоусых рачков в аквариуме, можно заметить, как один из них, нарушая основное свойство планктонных организмов непрерывно парить или плавать, как бы «приседает отдохнуть». Это сида (*Sida crystallina*) - довольно крупный (4 мм) зеленоватый рачок с кристаллически прозрачным телом, и чётко отграниченной головой; на задней стороне головы сиды есть «присоска» (см. рис. 11, 2), с помощью которой сида может держаться неподвижно на стеклянных стенках аквариума или на поверхности листьев и стеблей водных растений. Этого рачка следует отнести к группе планктонно-бентических форм. Надо, впрочем, заметить, что и другие ветвистоусые, живущие среди зарослей, не вполне свободны от связи с растительностью. Так, например, маленький рачок хидорус (*Chydorus sphaericus*) может ползать по нитям водорослей, цепляясь за них щетинками на краях створок раковины и двигаясь при помощи кауды и второй грудной ножки, коготки и щетинки которых служат ему точками опоры (см. рис. 11, 4). Симоцефалус (*Simocephalus vetulus*) нередко прислоняется к нитям водорослей, уцепившись за них щетинками антенн (см. рис. 11, 3).

Ветвистоусые, рассмотренные выше, обитают в мелких водоёмах или в области зарослей озёр. В открытой части

ловящих добычу на лету. Пища лептодору состоит из планктонных рачков и крупных коловраток. Паря неподвижно, этот рачок высматривает добычу и, внезапно набрасываясь, хватается её ногами. Мандибулы лептодору устроены иначе, чем у дафний, они снабжены острыми зубами, служащими для обработки животной пищи. Пищевод при сильной вытянутости тела очень длинный.

В озерах встречаются и другие хищники из ветвистоусых; к ним относятся битотрефес (*Bythotrephes longimanus*) и полифемус (*Polyphemus pediculus*, см. рис. 11, 6, 7). Раковина у того и другого рачка редуцирована до положения выводковой сумки; ноги свободные, передние из них хватательные; глаз очень большой; жвалы характерные для ветвистоусых-хищников. Удлиненный брюшной раздел заканчивается у полифемуса двумя, а у битотрефеса одной очень длинной иглой; вместе с этой иглой рачок достигает 7—10 мм длины. Оба рачка часто встречаются по берегам наших северных озер. И тот, и другой вид, как и лептодора, моноцикличны; самцы появляются только осенью. Эфиппиума не образуется, и покоящиеся зимние яйца падают на дно. У лептодору яйца остаются плавать в воде и развиваются с метаморфозом; из яйца выходит личинка—науплиус (см. рис. 11, 8), которая быстро растёт, проходит через три линьки, после чего достигает величины и формы материнского организма.

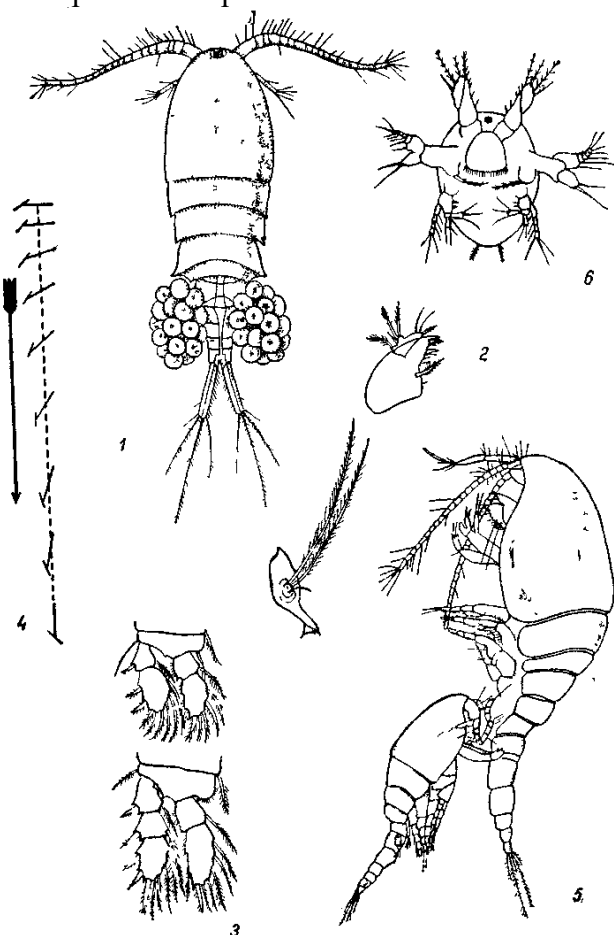


Рис. 12. Циклопы (по Е.Н. Павловскому, С.Г. Лепневой):

1 - циклоп (*Cyclops strenuous*); 2 - мандибулы и максиллы циклопа; 3 - грудные ножки циклопа (*Cyclops languidus*), первая и вторая; 4 - погружение циклопа; 5 - копуляция у циклопа (*Cyclops fuscus*); 6 - науплиус циклопа, 1-я стадия

Ветвистоусые рачки, развиваясь в огромном количестве, играют огромную роль в питании рыб. Это одни из ценнейших в кормовом отношении водных животных. Молодь практически всех видов рыб до 10-го дня жизни питается этими ракообразными, а затем переходит на питание специфическим кормом.

ВЕСЛОНОГИЕ (COPEPODA)

Вместе с ветвистоусыми в планктоне различных водоёмов встречаются циклопы (*Cyclops*) (рис. 12) и диаптомусы (*Diaptomus*) (рис. 13) рачки, относящиеся к отряду веслоногих (*Copepoda*) подкласса низших раков (*Entomostraca*).

Тело циклопа (см. рис. 12, 1) 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 нахо-

дятся два половых отверстия, а посередине - семяприемник. Последний членик брюшка раздвоен и несет две каудальные ветви с четырьмя перистыми щетинками, из которых две средние значительно длиннее прочих. Длина тела у разных видов колеблется от 1 до 4 мм; наиболее крупные формы (*Cyclops gigas*) достигают 5,5 мм.

На голове находится непарный глаз, отчего рачок и получил свое название. Антенны первой пары, или антеннулы, состоят из 14—17 члеников, усаженных щетинами; антеннулы самца на конце изогнуты и подвижны. Антеннулы усажены короткими волосками и щетинками; они упруги и представляют орган движения и парения циклопа.

Вторая пара антенн укороченная. Ротовое отверстие окружено парой мандибул, двумя парами максилл и парой ногочелюстей. Мандибулы (см. рис. 12, 2) снабжены жевательными лопастями, бугорок с тремя щетинками является их редуцированным щупиком; базальная часть первой максиллы зазубренная; вторые максиллы и челюстные ножки четырёхчлениковые. 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. Из пяти пар грудных ножек четыре первые уплощенные; они состоят из основного членика и двух ветвей — экзоподита и эндоподита, в каждой ветви по 2 или по 3 членика, усаженных длинными перистыми щетинками (рис. 12, 3). Грудные ножки функционируют в качестве отрывочно бьющих гребных органов—вёсел, 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; отсюда и произошло другое название этих рачков— «прыгунчики». «Прыгнув», рачок широко расставляет антенны, как бы висит на них и затем начинает медленно опускаться вниз. Положение тела рачка при этом мало-помалу меняется: цефалоторакс склоняется вниз, а брюшко направляется косо вверх (см. рис. 12, 4); нередко случается, что циклоп поворачивается в воде головою вниз; в такой позе 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, рачок с помощью очередного прыжка снова продвинется вперед и выше.

Рот циклопа ведёт в глотку, за которой следует широкий желудок и узкая задняя кишка с анальным отверстием, лежащим между ветвями вилки. Сердце у циклопа отсутствует.

Половые железы у обоих полов непарные; они расположены над пищеводом; два тонких семяпровода самца расширены на концах в сперматофорный мешок; семяприемник самки представляет собой небольшое впячивание стенки тела. При копуляции самец держится за четвертую пару ножек самки и приклеивает около её семяприемника два сперматофора (см. рис. 12, 5). Яйца при выходе из яйцеводов склеиваются при помощи секрета особых клеевых желез, образуя два удлинённых яйцевых мешка, которые самка носит по сторонам генитального сегмента, пока из них не вылупится личинка — науплиус (см. рис. 12, 6).

Науплиус 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 двуветвисты. Науплиус оживлённо плавает в воде, растёт и линяет. Циклоп за время своего метаморфоза проходит через 5 науплиальных и 6 копеподитных стадий; первые не сегментированы, вторые явственно сегментированы; 6-я копеподитная стадия соответствует взрослому половозрелому животному. Партеногенеза у веслоногих не наблюдается.

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

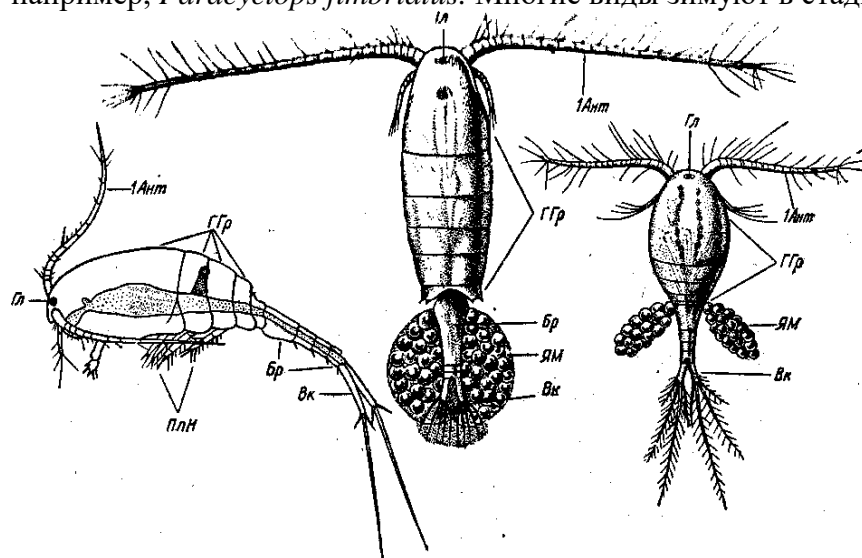


Рис. 13. Диаптомус (*Diaptomus*).

Вид со спинной стороны:

Ант — первая пара антенн; *Бр* — брюшко; *Вк* — вилка на конце брюшка; *ГГр*—головогрудь; *Гл* — глаза; *ЯМ*. — яйцевые мешки

Веслоногие рачки из рода диаптомус (*Diaptomus*) обладают эллипсоидно вытянутой головогрудью, более резко, чем у циклопа, отчлененной от брюшка (см. рис. 13, 1). Длина тела 1,2—5 мм. Головной раздел, как и у циклопов, нечленистый. 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 четырёх члеников.

Брюшко самки состоит из трёх, а самца - из пяти сегментов; ветви вилки на конце с пятью длинными оперёнными 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 (рис.14, 2). 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 (см. рис. 14, 3): укороченные ветви левой ножки представляют клешню, с помощью которой захватывается сперматофор; экзоподит правой ножки представляет собой крючок для обхватывания брюшка рачка. Жаберных придатков, как и у циклопов, нет. Сердце у диаптомуса есть; оно расположено на спинной стороне рачка.

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; рачок балансирует ими во время медленного, едва заметного опускания вниз. Опустившись вниз на 2—4 см, рачок делает резкий удар гребными ножками и брюшком, который снова поднимает его на прежнюю высоту. Балансируя антеннулами, рачок снова принимает прежнее, близкое к вертикальному положение и, широко расставив антеннулы, начинает, медленно опускаясь, парить в воде (см. рис. 14, 4).

Диаптомус, подобно дафниям, питается и живет за счет нежных органических взвесей в воде, за счет бактерий и мельчайших жгутиконосцев и водорослей, составляющих группу карликового планктона. Во время парения рачка вторые антенны бьют, делая несколько сотен ударов в минуту (см. рис. 14, 5); этим возбуждается ток воды, попадающий

на фильтрующие щетинки вторых максилл, на которых остаётся отфильтрованная пища, поступающая по брюшному желобу к основанию жвал и в рот.

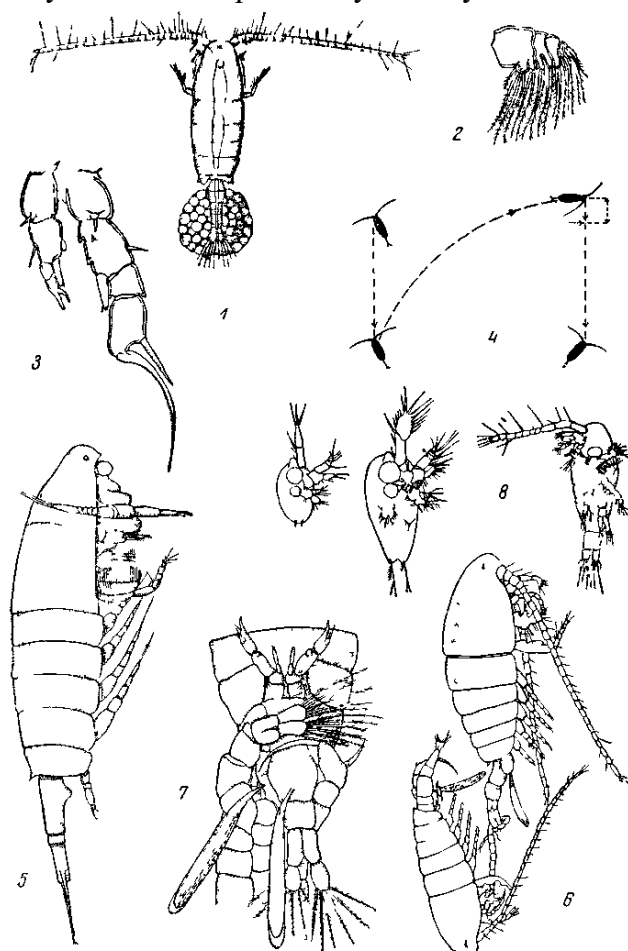


Рис. 14. Диаптомус (по Е.Н. Павловскому, С.Г. Лепневой)

1- диаптомус (*Diaptomus wisejskii*); 2- максилла диаптомуса (*Diaptomus castor*) (из Рылова); 3- 5-я пара ног самца диаптомуса (*Diaptomus castor*) (по Рылову); 4- парение диаптомуса; 5- фильтрационный аппарат диаптомуса; 6- копуляция диаптомуса (*Diaptomus gracilis*), первая фаза; 7- вторая фаза копуляции; 8- метаморфоз у диаптомуса (*Diaptomus coeruleus*), фазы 1-я науплиальная, 2-я науплиальная, 8-я копепоидная

планктоноядные рыбы. Иногда они становятся добычей гидр.

Вопросы

1. Назовите основные таксоны зоопланктона.
2. Расскажите о строении дафнии, циклопа и диаптомуса.

Литература

1. **Березина Н.А.** Практикум по гидробиологии. /Учебники и пособия для учащихся техникумов /-М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с.
2. **Павловский Е.Н.** Очерки из жизни пресноводных животных: Учеб. пособие для ун-тов / Павловский Е.Н., Лепнева С.Г. - М.: Сов. наука, 1948. - 459 с.
3. **Хейсин С.Е.** Краткий определитель водных беспозвоночных.- М.: Наука, 1986.-134 с.

При копуляции самец ловит самку, хватая первой антенной за хвостовые ветви ее брюшка (см. рис. 14, 6), 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 её сближенных друг с другом половых отверстий (см. рис. 14, 7). Через шейку сперматофора семя изливается в половое отверстие самки, и сперматофор опорожняется; пустые сперматофоры некоторое время остаются прикрепленными к генитальному сегменту самки, а затем отпадают.

Оплодотворенные яйца при выходе из половых отверстий самки образуют округлый непарный яйцевой мешок (см. рис. 14, 1). Вскоре из яиц выходят личинки; они несколько раз линяют, проходя 6 науплиальных и 6 копепоидных стадий (см. рис. 14, 8). Последняя стадия и есть взрослый рачок.

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 озёр.

У веслоногих рачков много врагов. Ими охотно питаются мальки рыб и

Занятие 6

МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ЗООПЛАНКТОНА

Материал. Кусочки мельничного, капронового или нейлонового сита размером 1,5-2 м², бязь 1м.

Оборудование. Микроскоп, препаровальные или ручные лупы, пинцеты, штемпель-пипетки Самышева, препаровальные иглы, чашки Петри, предметные и покровные стекла, камера Богорова, сеть Апштейна.

Таблицы. Сеть Апштейна, сеть Липина.

Задание. Пользуясь рисунком, сделать выкройку качественной сети Апштейна. С помощью бинокля или препаровальной лупы определить номер мельничного, капронового или нейлонового сита. Познакомиться по рисункам и моделям с различными орудиями сбора планктона – их устройством и принципами работы.

Определить таксоны зоопланктона, пользуясь определительными таблицами. Заполнить карточку на пробу зоопланктона. Подсчитать численность и биомассу организмов.

Анализ естественной кормовой базы водоемов проводится с целью прогнозирования их продуктивности. Для правильного учета пищевой базы рыбохозяйственных водоемов (озер, прудов, рек) не реже одного раз в месяц берут пробы. Затем в условиях лаборатории проводят анализ численности и определяют биомассу гидробионтов.

Универсального метода сбора планктона, пригодного для всех групп организмов и для всех типов водоемов, не существует. Отбор проб проводится либо отделением планктона от воды с помощью планктонных сетей, тралов или планктоночерпателей, либо зачерпыванием или насасываем воды с отделением планктона после подъема приборами на поверхность путем фильтрации через фильтры или центрифугированием. В прудовых хозяйствах чаще пользуются планктонной сетью Апштейна. Она изготавливается из мельничного или капронового сита различной плотности. Мельничное сито имеет плотность, обозначаемую номерами от 7 до 77, каждый из которых соответствует числу ячеек в 10 мм ткани. Самое редкое сито № 7 имеет размеры ячеек 1,364 мм, а самое плотное №77 – 0,064 мм. Толщина капрона и нейлона меньше, чем у мельничного сита, и поэтому нумерация их разная. Например, №38 мельничного сита соответствует №49 нейлонового, №64 - №74.

Планктонные сети Липина и Апштейна изготавливаются из куска капрона в форме усеченного конуса. К широкому концу конуса пришивают надставку из плотной материи. Этот край пришивается к прочному латунному кольцу. К узкому концу прикрепляют латунный стаканчик различной конструкции высотой 6-7 см, диаметром 4 см, в нем концентрируется отфильтрованный из воды планктон. Материал для сетевого конуса раскраивают по выкройке с помощью различных приемов. А. Липин рекомендует для небольшой модели качественной сети (диаметром 25 см) взять 0,5 м ткани, отрезать от нее квадрат со стороной 50 см. На нем карандашом проводят диагональ (рис. 15). Из концов ее радиусом, равным стороне квадрата, проводят большие дуги *AB* от двух других углов до пересечения с диагональю и малые дуги радиусом 10 см. Затем квадрат разрезают по диагонали, а каждый из получившихся треугольников — по дуге. Прежде

чем сшивать треугольники (половинки конуса), по той же выкройке вырезают их из плотной ткани (бязь, холст и др.). Дуговые полоски *a* и *б* и нашивают на половинки конуса (см. рис. 15) шириной соответственно 5 (*a*) и 2 (*б*) см. Обрезав вершины обеих половинок конуса по самой короткой дуге, сшивают их в целый конус, основанием которого обшивают металлическое кольцо, которое может иметь различный диаметр. К нему на равном расстоянии друг от друга прикрепляют три прочные бечевки, свободные концы которых связывают вместе над входным отверстием сетки или привязывают к небольшому кольцу, к которому присоединяется трос для спуска сети. Вершину конуса прикрепляют к планктонному стаканчику длиной 6—7 см, диаметром 4 см.

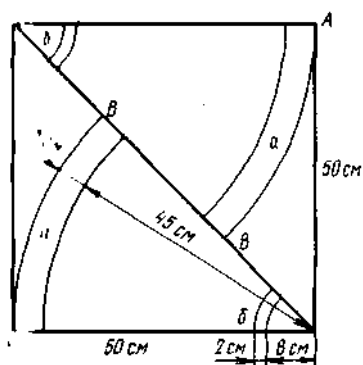


Рис. 15. Выкройка для планктонной сети Липина

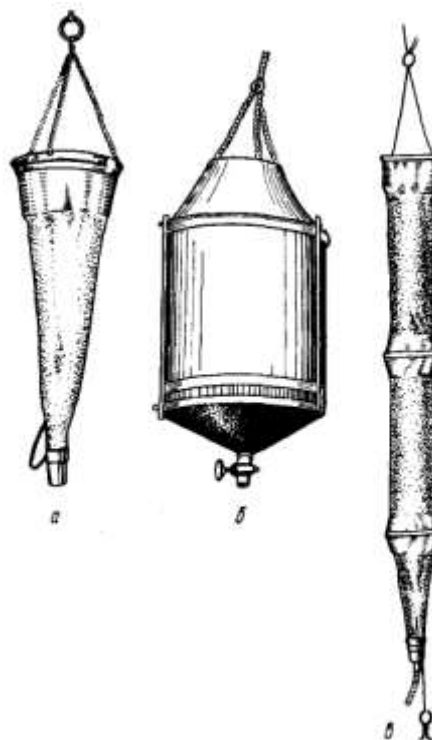


Рис. 16. Приспособления для отбора проб зоопланктона (по Березиной Н.А., 1989).

Качественные планктонные сети:

a - сеть Апштейна; *б* - сеть Липина в закрытом и открытом виде; *в* — цилиндрическая сеть "Цепелин"

Для качественных сборов пресноводного планктона употребляют разные модели сетей (рис. 16), причем чаще всего сеть Апштейна длиной 55—100 см и диаметром 25—40 см, (см. рис. 16, *a*).

В водоемах глубиной до 1,5 м используют сеть Липина с металлическим воронкообразным дном (см. рис. 16, *б*). Ею можно ловить на расстоянии. Размеры этой сети: диаметр кольца входного отверстия 14 см, второго кольца - 40 см, длина надставки 20 см, фильтрующей части — 90-100 см.

Замыкающаяся сеть Джели имеет высокий надставной усеченный конус (рис. 17, *б*), и поэтому второе кольцо находится примерно посередине длины сетки. Сеть закрывается путем опрокидывания надставки. Она сбрасывается с троса с помощью замыкающего механизма. По тросу посылается специальный посыльный груз, который ударяет по замыкателю, передний конус сети перегибается и закрывает входное отверстие (см.

рис. 17, в). Сеть Джеди, отличающуюся хорошей уловистостью, широко используют как на пресных, так и на морских водоемах. Скорость подъема сети должна быть не менее 0,25 и не более 0,5 м/с. Конус из материала раскраивают по выкройке рис. 15. К большому кольцу пришивают три плотные бечевки для удержания планктонной сети.

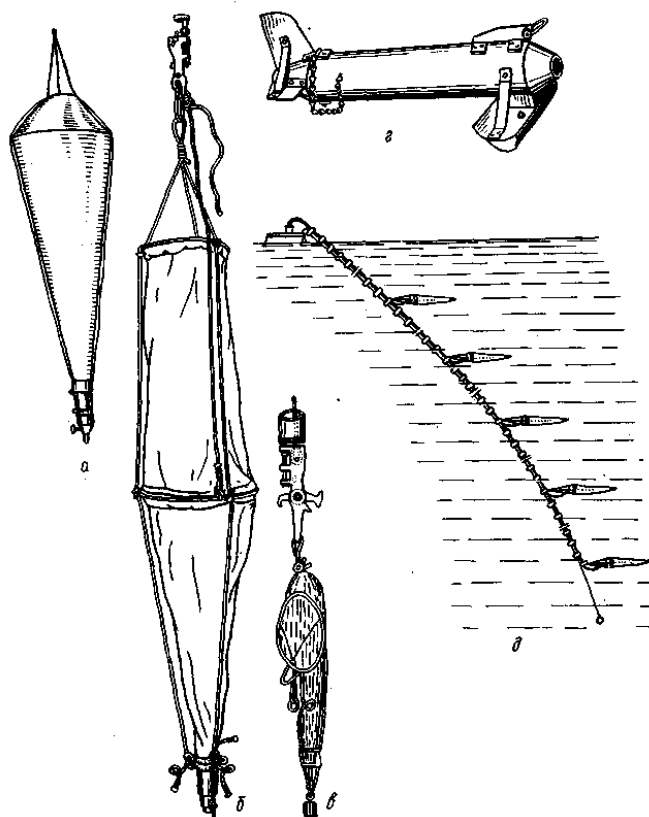


Рис. 17. Количественные планктонные сети (по Березиной Н.А., 1989):

а - средняя модель сети Апштейна; *б* - замыкающаяся сеть Джеди в открытом виде; *в* — в закрытом виде; *г* — стандартный планктонный индикатор Гарди; *д* — разно-глубинный сбор планктона

При отборе качественных проб количество воды, прошедшее через сито, не учитывается. Ловы проводят в различных местах водоема, что дает представление о видовом составе его населения. При количественном сборе в разных точках водоема через планктонную сеть проливают 30, 50 или 100 л воды.

Консервирование проб.

Наиболее распространен способ консервирования проб фито- и зоопланктона с помощью 40%-го формалина, который добавляют в пробу из расчета 1:9, чтобы его концентрация составляла 4%. Причем в ёмкость для хранения добавляют в начале 40%-й формалин, а затем сливают пробу. Если приливать формалин в пробу, то створки рачков открываются, и определение их до вида под микроскопом затруднено. Слянки должны быть заполнены фиксирующей жидкостью до крышки, чтобы не происходило взбалтывание, разрушающее хрупкие тела ракообразных и других организмов.

Каждую пробу снабжают этикеткой с указанием номера пробы, номера станции, даты, названия водоема, глубины сбора, орудия лова. Наиболее удобен для этикеток пергамент, а при его отсутствии — калька. Этикетки помещают внутри склянок под крышку между резиновой прокладкой и металлической крышкой. Для хранения проб планктона чаще используют плевашки с нанесенной градуировкой.

Количественная обработка планктона счетным методом Гензена устанавливает количество отдельных организмов в пробе и позволяет по таблицам установить их массу.

Он очень трудоемок, но большим его достоинством является возможность подсчитывать организмы по видам, возрастным стадиям, отдельно растительные и животные организмы. Точность метода около 5 %.

При счетном методе подсчитываются по отдельным видам или все организмы в пробе (когда их немного), или чаще организмы в определенной части пробы с последующим пересчетом на всю пробу. Если проба содержит много планктона, ее разводят до определенного объема. Если планктона немного, пробу концентрируют. Затем из установленного таким образом объема берут для подсчета последовательно 3—4 порции, из полученных данных выводят среднее и по нему определяют количество организмов

каждого вида во всей пробе. Редкие или крупные (макропланктон) организмы просчитывают во всей пробе.

Взятие части пробы производится различными приборами — разделителями и пипетками. Существует довольно много конструкций разделителей. В простейшем случае можно использовать небольшой кристаллизатор или чашку Петри (диаметр 10 см). На дне такого сосуда с обратной стороны восковым карандашом или тушью рисуют крест, делящий дно на 4 сектора. Пробу выливают в кристаллизатор, хорошо размешивают и отстаивают. Затем осажденный планктон ланцетом или иглой делят на 4 части по линиям, нанесенным на дно сосуда. Осторожно отсасывают планктон из одного сектора и подсчитывают.

Пипетки для взятия части пробы имеют различное устройство (рис. 18, а). Из пробы планктона, доведенной разбавлением или сгущением до определенного объема и размешанной в круглом сосуде (колбе), берут последовательно с помощью пипеток 3—5 порций для подсчета. Объемы пипеток различны. Для взятия проб микро- и мезопланктона используют пипетки на 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 мл, проб макропланктона — пипетки на 20—50 мл. Можно использовать обычную градуированную пипетку, отрезав у нее оттянутый конец так, чтобы входное отверстие пипетки было достаточно широким. С помощью такой пипетки всасывается нужный объем.

Подсчет организмов во взятой порции осуществляют или на счетной пластинке, или в счетной камере. Счетная пластинка должна быть достаточно размера, чтобы на ней поместилась взятая пипеткой порция. Счетные пластинки разграфляют параллельными линиями на 0,2; 1,25 и 2,5 мм. Для подсчета крупных организмов пользуются редко разграфленными пластинками, а для подсчета мезо- и микропланктона — часто разграфленными.

Счетные камеры применяют для подсчета организмов разных размерных групп. Так, подсчет мезо- и макропланктона осуществляется в камере Богорова (см. рис. 18, в).

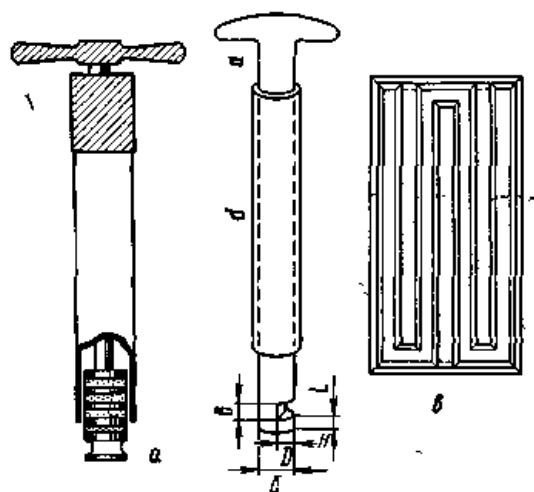


Рис. 18. Приборы для взятия порций планктона (по Березиной Н.А., 1989): а - штемпель-пипетка Гензена; б — штемпель-пипетка Самышева; в - камера Богорова

Учет организмов проводят в части хорошо размешанной пробы. Части пробы объемом 1 см^3 отбирают штемпель-пипеткой Самышева и помещают в камеру Богорова. Камера Богорова представляет собой пластинку из толстого оргстекла размером 6×10 см с сообщающимися желобками-канавками, разделенными призматическими перегородками. Дно каждой канавки по ширине соответствует полю зрения оптического прибора, с помощью которого ведется просмотр. В этой камере проводят просчет всех организмов по видам. Биомассу планктонных организмов определяют по таблице стандартных весов планктонных организмов.

Последовательность операций при выполнении работы методом Гензена.

1. Доводят пробу до определенного, удобного для последующих подсчетов объема. При большом осадке пробу разбавляют, доводя ее объем до 50, 100, 200 мл. Пробы с бедным планктоном концентрируют до 20-30 мл, отсасывая часть жидкости пипеткой с концом, затянутым ситом.

2. Перед взятием порции планктона пробу тщательно взбалтывают и берут определенный объем. Затем его помещают в камеру Богорова. Под биноклем последовательно просчитывают 2-4 порции. Данные просмотра записывают в карточку.

Карточка обработки зоопланктона

Организмы	1 порция	2 порция	3 порция	Среднее	В пробе объемом 100 л	Число в 1 м ³
Rotatoria						
<i>Keratella quadrata</i>	32	28	36	32	3200	320000
Cladocera						
<i>Daphnia longispina</i>	12	11	13	12	1200	
Copepoda						
<i>Cyclops strenuous</i>	15	18	17	16,6	1660	

Количество организмов в 1 м³ подсчитывают по формуле:

$$\frac{X \cdot Y \cdot 1000}{Z \cdot n},$$

где X – среднее количество организмов в 1 мл;
 Y - объем просмотренной пробы;
 1000 – пересчетный коэффициент;
 Z - количество просчитанных миллилитров;
 n - количество литров профильтрованной воды.

Для расчета биомассы организмов зоопланктона пользуются таблицами средних масс организмов, установленных Ф. Д. Мордухай-Болтовским и другими авторами (табл. 1).

Биомассу организмов в отсутствие таблиц стандартных масс возможно определить по соотношению между его массой и длиной тела особи по уравнению Гаевской:

$$W = g \cdot l^b,$$

где W – масса тела, мг;
 g – масса тела, мг массы сырого вещества при длине тела, равной 1 мм;
 l – длина тела, мм;
 b- показатель степени. Его значение равно 3 для животных, не меняющих форму тела во время роста.

Для этого под микроскопом проводят измерение длины тела зоопланктеров с помощью окуляр-микрометра. Цену деления окуляр-микрометра определяют предварительно для данного увеличения, пользуясь микрометром или металлической линейкой. Окуляр-микрометр помещают в окуляр микроскопа и учитывают, сколько делений окуляр-микрометра входит в одно деление микрометра или одно деление линейки. Затем среднюю длину промеренных зоопланктеров (взятую по окуляр-микрометру) умножают на цену деления, учтенную по микрометру. Для определения массы тела зоопланктеров измеряют не менее 50 особей каждого вида зоопланктеров.

Таблица 1

Средние массы организмов зоопланктона

Вид	Масса, мг
Ветвистоусые ракообразные (<i>Cladocera</i>)	
<i>Daphnia longispina</i> , Muller	0,06
<i>Daphnia pulex</i> , De Geer.	0,2
<i>Daphnia magna</i> , Straus.	1,54
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> , Sars.	0,019-0,026
<i>Moina rectirostris</i> , Leydig.	0,113
<i>Bosmina longirostris</i> , Muller	0,0078
<i>Chydorus sphaericus</i> , Muller	0,0125
<i>Leptodora kindti</i> , Focke	0,3
Молодь ветвистоусых	0,001
Веслоногие ракообразные (<i>Copepoda</i>)	
<i>Cyclops</i> sp.	0,008-0,129
<i>Diaptomus</i> sp.	0,007-0,110
<i>Nauplii</i>	0,0008
<i>Copepoditi</i>	0,004
Коловратки (<i>Rotatoria</i>)	
<i>Asplanchna priodonta</i> , Gosse	0,005-0,02
<i>Filinia</i> sp.	0,0002-0,00058
<i>Polyarthra trigla</i> , Ehrbg.	0,00025-0,00095
<i>Brachionus angularis</i> , Gosse	0,00031-0,00044
<i>B. bakeri</i> , Muller	0,00007
<i>B. calyciflorus</i> , Pall.	0,004-0,0065
<i>Keratella cochlearis</i> , Gosse	0,0002-0,00033
<i>K. quadrata</i> , Muller	0,00034-0,00081
<i>Notholca</i> sp.	0,0025
Мелкие коловратки	0,0004
Прочие организмы	
<i>Ostracoda</i>	0,018
<i>Larvae Chironomidae</i>	0,03
<i>Oligochaeta</i>	0,025

Для определения индивидуальной длины тела можно воспользоваться формулой

$$l = n * m,$$

где l – длина тела зоопланктера, мм;

n – длина тела зоопланктера, измеренная в делениях окуляр-микрометра;

m – цена деления окуляр-микрометра, измеренная по микрометру или металлической линейке.

Вопросы

1. Опишите объемный метод определения массы планктона и употребляемые для этой цели приборы.

2. Каковы весовые методы определения массы планктона, их достоинства и недостатки?
3. Дайте характеристику счетного метода определения количества планктона, укажите его достоинства и недостатки.
4. Назовите приборы, употребляемые при счетной обработке планктона различных размерных групп.
5. Каковы способы определения биомассы представителей зоопланктона?

Литература

1. Березина Н.А. Практикум по гидробиологии. / Учебники и пособия для учащихся техникумов / - М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с.

Занятие 7

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ К ОБИТАНИЮ НА ДНЕ ВОДОЕМОВ

Материал. Набор донных беспозвоночных, фиксированных в сухом виде (5-6 форм для каждого студента) пресноводные брюхоногие и двустворчатые моллюски, насекомые и их личинки, пресноводные губки, определители беспозвоночных.

Задание. Определить систематическое положение, зарисовать организмы, относящиеся к разным биологическим группам бентоса.

Донные организмы (бентос) в зависимости от их отношения к субстрату, т. е. от образа жизни, делятся на 5 групп.

1. Прикрепленные организмы. К этой группе относится большинство растений (как водорослей, так и высших). Прикрепленный образ жизни широко распространен у представителей зообентоса. Его ведут губки, гидроиды, кораллы, мшанки, многие черви, некоторые двустворчатые моллюски, усконогие раки, некоторые личинки насекомых, морские лилии асцидии и др. Одни животные прикреплены постоянно, другие временно, например личинки двукрылых насекомых из сем. *Vlepharoceridae* (рис. 19, а).

У прикрепленных животных выработался ряд приспособлений. Почти все они утратили конечности, если же конечности сохранились, они выполняют другую функцию. Например, у усконогих раков они служат для захвата пищи. У большинства прикрепленных форм редуцированы органы зрения и равновесия, но вместе с тем хорошо развиты органы осязания. Многие прикрепленные животные для более успешного лова пищи имеют вытянутую форму. Некоторые из них, например, помещаются на стебельке (инфузории, губки, некоторые иглокожие и др.), а на верхнем конце тела образуется ловчая воронка, окруженная венцом щупалец. Более эффективной добыче пищи способствует древовидный облик многих сидячих животных, возникающий в результате колониального образа жизни и размножения почкованием.

2. Сверлящие организмы. Они условно делятся на камнеточцев и древоточцев, так как есть животные, которые могут внедряться и в тот, и в другой субстрат. Сверлящие организмы — в основном обитатели моря. В пресных водах они встречаются редко. Систематический состав камнеточцев разнообразен. Сверлению подвергаются плотные осадочные породы, скалы, сложенные из известняка, песчаника, сланцев, а также мрамор, бетон, кирпич, раковины моллюсков. Среди камнеточцев встречаются микроско-

пические водоросли (зеленые, синезеленые), грибы, губки, черви, ракообразные, двустворчатые моллюски, некоторые морские ежи.

Водоросли и грибы в процессе сверления выделяют различные кислоты, растворяющие такие мягкие породы, как известняки и песчаники. Эти организмы протачивают в поверхностном слое пород густую сеть каналов. Животные-камнеточцы сверлят породы как химическим, так и механическим путем. Они внедряются в субстрат на глубину до нескольких сантиметров (см. рис. 19, б, в).

К древооточцам относятся некоторые двустворчатые моллюски из сем. *Pholadidae* (большинство фолад сверлят твердые породы), представители рода ксилофага и все *Teredinidae*, а также некоторые высшие ракообразные (*Limnoria*, *Chelura*, *Sphaeroma*). Наибольший вред деревянным гидротехническим сооружениям причиняют моллюски из сем. *Teredinidae*, так называемый корабельный червь. Личинки этих моллюсков ведут пелагический образ жизни. Через несколько недель они оседают на деревянный субстрат и внедряются в него. Жизнь взрослых особей проходит в проточенных ими ходах, в толще древесины. Тело моллюсков имеет червеобразную форму. Раковина сохраняется у них лишь на переднем конце тела, створки ее покрыты зубчиками. Нога моллюска превратилась в присоску, которой он прикрепляется к дереву. Наружу выставлены лишь длинные сифоны (см. рис. 19, з). Питание терединид происходит за счет сестона, а также мелких опилок, получаемых при сверлении. Для борьбы с терединидами наиболее эффективны химические методы — пропитывание древесины, используемой для гидростроительства и сооружения мелких судов, ядовитыми для моллюсков и нерастворимыми в воде соединениями, например креозотом.

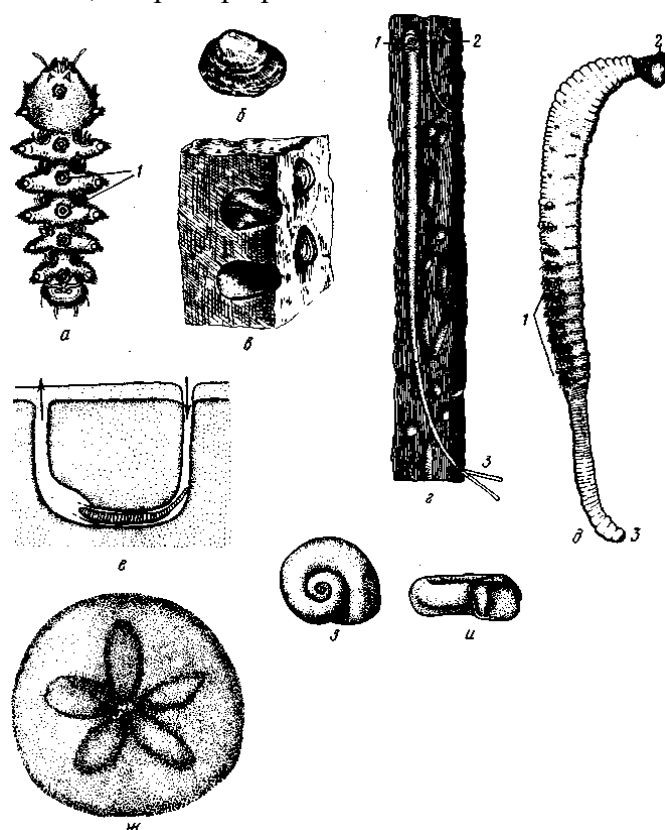


Рис. 19. Представители различных биологических групп бентоса: а — личинка *Blepharocera* sp. (вид снизу) (1 - присоски); б — норы *Petricola*; в — норы *Petricola*; г — *Teredo navalis* внутри куска дерева: 1 - раковина, 2 - ротовое отверстие, 3 - сифоны; д — *Arenicola marina*: 1 — жабры, 2 - глотка, 3 — анальное отверстие; е — нора *Arenicola*; ж - морской еж *Echinarachnius* (вид сверху); з, и - *Planorbis corneus* (вид сверху и сбоку)

3. **Закапывающиеся организмы.** Большинство животных погружаются в грунт в защитных целях. Они живут в ходах или трубках, обычно укрепляемых различными выделениями. Закапывающиеся формы многочисленны среди червей (см. рис. 19, *д, е*), личинок насекомых, брюхоногих и двустворчатых моллюсков, ракообразных, морских ежей, голотурий и др. В строении закапывающихся животных имеется ряд изменений. Так, у морских ежей иглы превратились в органы копания. Раковина моллюсков, живущих в грунте, становится гонкой и гладкой, очень хорошо развита нога, а сифоны, служащие для сообщения с внешней средой, обычно очень длинные и нередко превышают длину самого животного.

4. **Животные, обитающие на поверхности грунта.** Они отличаются сильно уплощенным, широким телом (см. рис. 19, *ж*). Некоторые из них имеют выросты, расположенные в одной плоскости. Одни представители этой группы плавают в придонных слоях воды и лишь временами используют субстрат для опоры (камбалы, скаты, бычки, ряд крабов, креветок, некоторые головоногие моллюски и др.); другие постоянно обитают на дне (многие двустворчатые и брюхоногие моллюски, некоторые морские ежи). Для защиты от врагов у организмов, обитающих на дне, выработались различные приспособления - сооружение убежищ в виде чехликов, трубок, раковин; образование на теле шипов, игл; маскировочная окраска под фон окружающей среды.

5. **Организмы, свободно передвигающиеся по дну.** Органы движения водных животных разнообразны. Ракообразные передвигаются с помощью грудных конечностей, иглокожие пользуются амбулокральными ножками. У моллюсков органом движения является нога.

Вопросы

1. *Дайте характеристику прикрепленных организмов.*
2. *Дайте характеристику сверлящих организмов.*
3. *Дайте характеристику животных, закапывающихся и обитающих на поверхности грунта.*

Занятие 8

МЕТОДЫ СБОРА ФИТОБЕНТОСА

Оборудование. Орудия для качественного сбора бентоса: сачок, скребок, драга. Орудия для количественного сбора фитобентоса: рамы, грабельки, зарослечерпатели. Орудия для количественного сбора зообентоса: дночерпатели разной конструкции: драга с ножами, бимтрал, штанговый дночерпатель, дночерпатели Буруцкого, Экмана-Берджа, ковшовый "Океан-50".

Задание. Ознакомиться с приборами для сбора макрофитов и зообентоса, их конструкцией, принципами работы; зарисовать рассмотренные приборы. Работа ведется группами по 2—3 человека.

Орудия, применяемые при изучении макрозообентоса (размером более 2 мм), подразделяются на орудия для качественного и количественного сбора.

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 выполняют 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 (рис. 20, *a*) представляет собой мешок из редкого прочного сита или мешковины, прикрепляемый к металлическому ободу, который насаживают на палку длиной 2—3 м. Противоположный край обода представляет собой заточенную с наружного края пластину длиной 6—18 см. Высота обода 8—20 см. Скребок служит для сбора фауны жестких грунтов.

Драги состоят из следующих частей: 1) мешок из прочного, редкого материала (мешковина, частая дель, проволочные сетки); 2) металлическая массивная рама различной формы. Рама закидной драги (см. рис. 20, *б*) треугольная; драга с ножами имеет четырехугольную раму (см. рис. 20, *в*), верхний и нижние края которой затачивают.

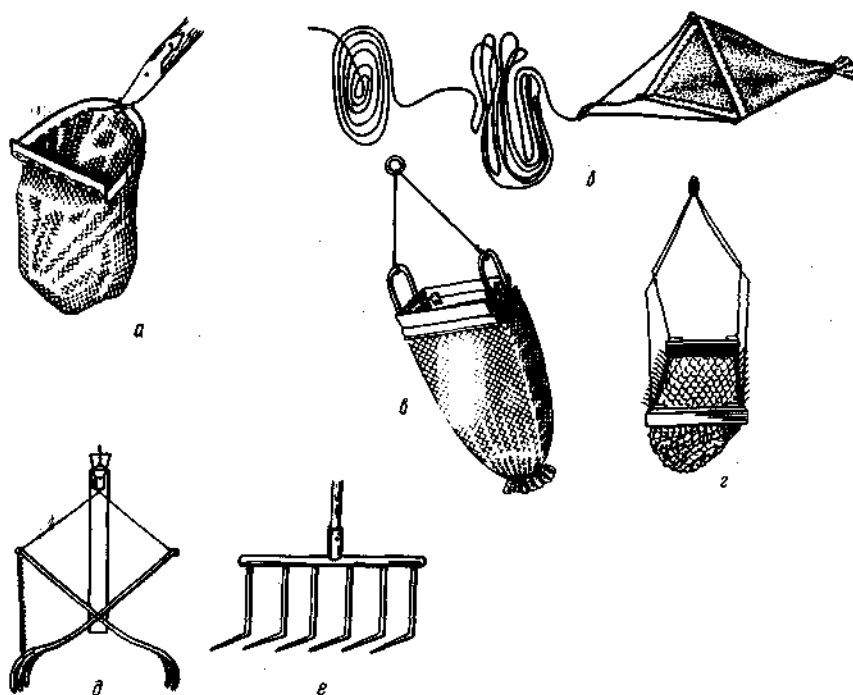


Рис. 20. Орудия для качественных сборов донной фауны и макрофитов: *a* - скребок; *б* - закидная драга; *в* - драга с ножами; *г* — зубчатая драга; *д* - камнедоставатель Рубцова; *е* - водяные грабельки

Драгу с зубьями (зубчатую драгу) (см. рис. 20, *г*) применяют для сбора крупных двустворчатых моллюсков. Нижний и верхний края ее снабжены длинными отогнутыми наружу зубьями. Мешок этой драги выполняют из проволочной сетки. Овальная драга имеет раму овальной формы, заточенную по всему наружному краю. Драга не застревает на камнях и срезает прикрепленные к ним организмы. Размеры драг различны: обычно длина сторон рамы равна 25-40 см, высота 20—35 см. Драги предназначены как для сбора организмов, находящихся на поверхности дна (на камнях и другом субстрате), так и для захвата грунта.

Тралы отличаются от драг тем, что не захватывают грунт, а облавливают его поверхность, а также придонный слой воды. В основе одного из них — бимтрала — лежат два так называемых дуговых башмака, затянутых делью. Снизу и сзади между башмаками с большой слабиной протянута цепь. Вверху башмаки соединены прочным деревянным брусом, называемым бимом. К цепи и биму, а также к верхней части башмаков

прикрепляют мотню, снабженную иногда внутренним конусом. Верхняя часть мотни несколько заходит вперед и закрывает подвижную фауну, встречаемую тралом. Мотню выполняют из частой дели или мешковины и защищают брезентовым фартуком. Размеры бимтрала: длина башмака 40 см, его высота 25 см, длина цепи 80 см, длина бима 70 см, длина мотни 150 см.

К качественным орудиям сбора относятся также камнедоставатели разных систем (см. рис. 20, *д*). Их опускают на дно на шесте или на тросе в открытом состоянии; лапы прибора охватывают камень и извлекают из воды.

Рассмотренными орудиями пользуются для сборов как зоо-, так и фитобентоса. Наряду с этим для добывания растений применяют некоторые специальные орудия: водяные грабельки трех- и шестизубцовые (см. рис. 20, *е*) с длиной зубцов до 16 см; двусторонние водяные грабли - к обеим сторонам планки приваривают зубцы длиной 3,5—4 см. В тех случаях, когда растения нельзя достать грабельками, пользуются драгами различного устройства, например драгой с зубцами, имеющей раму овальной формы с зубцами длиной 3,0—3,5 см. Мешок драги изготавливают из крупноячеистого материала.

Для *количественного учета* растений используют различные, как простые по конструкции, так и весьма сложные орудия. Для отбора проб на определение массы растений широко используют рамы различного устройства площадью 0,25; 0,5; 1 м² и других размеров. Рамы, обычно квадратной или прямоугольной формы, изготавливают из дерева, алюминиевых и синтетических труб. Рамы для удобства транспортирования выполняют разборными. Рейки рам окрашивают белой краской и размечают черной краской через каждые 5 см. В местах меток часто укрепляют скобочки для натягивания веревок масштабной сетки. Для работ на малых глубинах, в зарослях растений разных биологических групп используют двойную раму (рис. 21, *а*), с помощью которой можно одновременно вести учет погруженных, плавающих и надводных растений. При всех видах количественного учета (подсчет численности, определение фитомассы и др.) приемы установки рамы в разных типах растительных сообществ различны.

При работе в зарослях мелких придонных растений, на небольших глубинах раму опускают на дно и накладывают на растения. В местах, где растут вместе погруженные, плавающие, придонные растения, поднимающиеся над водой (до 1 м), раму накладывают сверху и в плавающем состоянии на поверхности воды прочно укрепляют по диагонали с помощью специальных шестов, поставленных с внутренних сторон углов (см. рис. 21, *б*). Для учета массы растений, высоко поднимающихся над водой (тростник, камыш, рогоз и др.), используют разборную раму, частями которой как бы окружают растения. Все виды работ с рамами возможны до глубины, не превышающей 3 м. Для отбора проб (укозов) используют различные приборы.

Свободно плавающую растительность собирают с площади, ограниченной рамой, сачком. Растения, укоренившиеся на глубинах до 1 м, собирают вручную, грабельками. Воздушно-водную растительность выкашивают косой с коротким лезвием (20–25 см), у него по сравнению с лезвием обычной косы отсутствует приподнятый конец (см. рис. 21, *в*). Такой косой, низко подрезающей растения, удобно выкашивать площадку. Для вырезания определенных площадей и объемов с погруженными растениями пользуются зарослечерпателями (зарослевыврезателями) различных систем.

Зарослечерпатель Липиных (см. рис. 21, *г*) представляет собой металлическую коробку, стенки и верх которой затянуты крупноячеистой металлической сеткой. На нижней стороне коробки подвижно прикреплены ковши, нижние края которых зазубрены и заострены. Площадь захвата прибора 0,1 м², масса 15 кг. Спуск его производится на тросе или со стрелы, установленной на лодке. Зарослечерпатель Липиных используют для сбора в основном погруженных растений как на малых, так и на больших глубинах.

Прибор Шехова состоит из металлического цилиндра с двумя ручками сверху для поворачивания при спуске и острыми зубьями в нижней части. Режущая часть прибора — нож — состоит из штанги длиной 160 см с рукояткой для поворота. К штанге внизу приделана четырехугольная рама с мешком из редкой ткани или дели, в котором собираются подрезанные ножом растения.

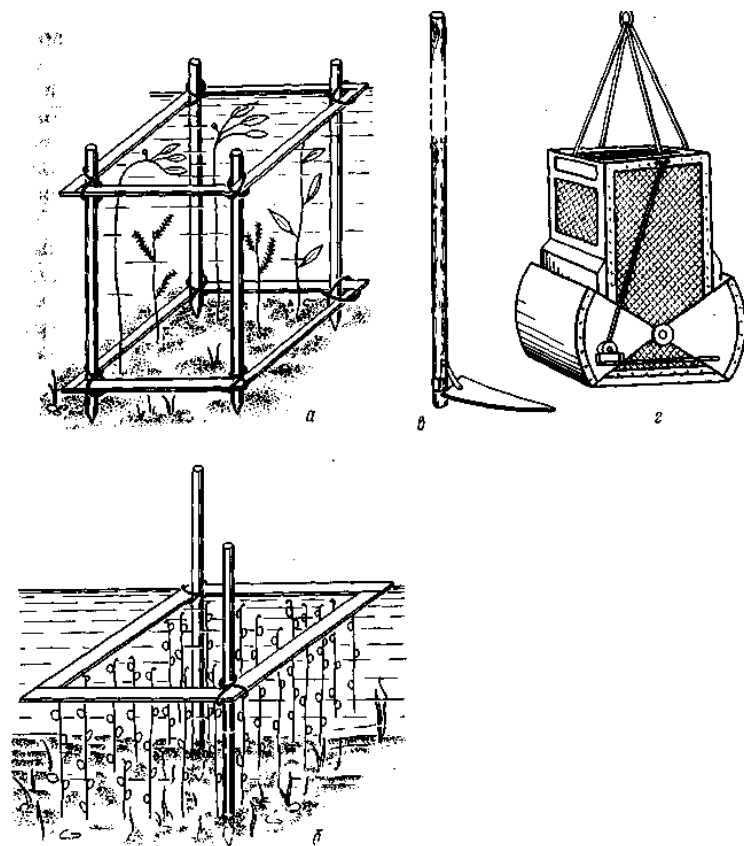


Рис. 21. Орудия для количественного учета растений:

a - двойная рама для учета растительности на малых глубинах; *б* - установка и укрепление рамы перед выкашиванием растительности; *в* - коса; *г* - зарослечерпатель Липиных

Зарослечерпатель Бута вырезает растения подвижными ножами, прикрепленными по два сверху и снизу к цилиндрическому корпусу прибора. Он хорошо работает на всех типах растительности.

Орудия для *количественного исследования зообентоса*. Для количественных сборов зообентоса можно в случае необходимости использовать качественные орудия — сачки, скребки и др. Например, сачки применяют для количественного учета личинок и куколок малярийного комара. При этом сачком диаметром 20 см проводят у побережья 5 раз на протяжении 1 м и таким способом получают данные о количестве личинок на площади 1 м². Для получения количественных проб с помощью скребка его погружают на заданную глубину и проводят по дну на определенное расстояние. Умножая длину стальной пластины обода на длину полосы облова, получают обловленную скребком площадь. Для количественных сборов использовать можно также драги и тралы. Для этой цели к орудью прикрепляют так называемый дрейфграф - прибор, который показывает скорость движения драги или трала и пройденный ими путь.

Сконструированы и специальные количественные драги, весьма точно учитывающие донную фауну, однако довольно сложные. Некоторые количественные драги снабжены массивной металлической рамой с ножом и полозьями. К раме прикрепляют мешок из мелкоячеистой дели или другого прочного материала. Драгу закрывают крышкой с замыкающим механизмом. Благодаря полозьям такие драги скользят по дну,

не врезаясь в грунт. В зависимости от размеров рамы масса количественных драг колеблется от 4—12 до 40 кг. Эксплуатируют драги с судна.

Специальными орудиями для количественных сборов зообентоса служат дночерпатели разнообразной конструкции. Схематически все дночерпатели можно разделить на две группы — штанговые и тросовые.

Штанговые дночерпатели имеют прямоугольную (рис. 22, а) или цилиндрическую форму. У всех таких орудий в верхней части имеются приспособления — держатели для штанги (шеста) из дюралевой трубки или из дерева. Площадь захвата штанговых дночерпателей различна. Их используют на небольшой глубине на относительно плотном грунте (песчаном или глинистом). Дночерпатель опускают до дна.

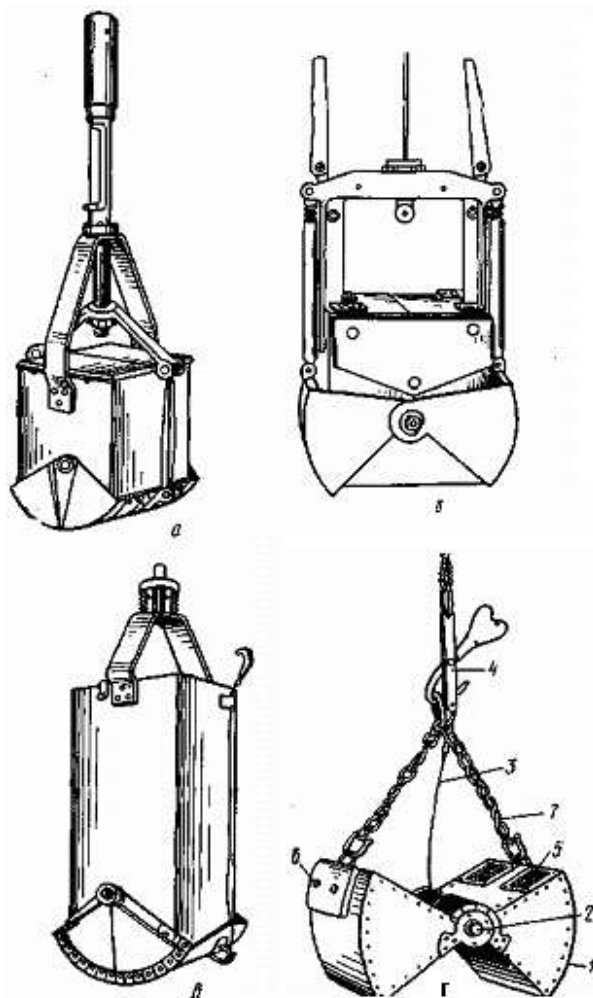


Рис. 22. Орудия для количественного учета зообентоса:

а — штанговый беспружинный дночерпатель; б — дночерпатель Экмана-Берджа (модификация Института биологии внутренних вод) в открытом виде; в — дночерпатель Боруцкого в закрытом виде; г — ковшовый дночерпатель в открытом виде: 1 — ковш, 2 — скрепляющая ось, 3 — замыкающий тросик, 4 — замыкающее приспособление, 5 — отверстия с латунными сетками, 6 — свинцовые или чугунные пластины для утяжеления прибора, 7 — цепь

На больших глубинах используют *тросовые дночерпатели* различной формы. На мягких илистых грунтах применяют коробочные дночерпатели, например типа Экмана—Берджа (см. рис. 22, б), с площадью захвата 0,25 и 0,40 м². Этот прибор с сильными спиральными пружинами легко приводится в действие простым поднятием рукоятки, поднимающей щеки прибора. Срабатывает дночерпатель с помощью посыльного груза, ударяющего по спусковому механизму, который освобождает пружины.

На очень мягких и глубоких илах рекомендуется пользоваться дночерпателем Боруцкого с высоким коробом (см. рис. 22, в), массой не менее 6 кг, чтобы обеспечить достаточно глубокое погружение прибора в грунт.

Ковшовые дночерпатели (см. рис. 22, г) в виде нескольких моделей с площадью захвата $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{40}$ и $\frac{1}{100}$ м² имеют два изогнутых глубоких ковша, вращающихся на скрепляющей их оси. Тросиком ковши соединяются с замыкающим приспособлением. При работе на больших глубинах для утяжеления прибора к верхней части ковшей прикрепляют чугунные или свинцовые пластины.

Наиболее совершенной моделью ковшового дночерпателя является прибор "Океан-50". Его ковши в верхней части имеют стальные крышки, которые свободно откидываются вверх, не оказывая сопротивления при спуске прибора.

Количество взятых на каждой станции проб бывает различным и зависит от состава и количества бентоса, качества грунта, а также от площади захвата прибором грунта. Рекомендуется при работе

с дночерпателями с площадью захвата $\frac{1}{25}$ м² брать не менее двух выемок, а при меньшей площади (штанговые дночерпатели) — не менее 4—5 выемок.

Вопросы

1. *Дайте характеристику орудий для качественных сборов фито- и зообентоса.*
2. *Дайте характеристику орудий для количественных сборов донных растений.*
3. *Дайте характеристику орудий для количественных сборов зообентоса.*
4. *Каким должно быть число проб, взятых на каждой станции, в зависимости от размеров прибора, качества грунта, состава и количества бентоса?*

Задание 9.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БЕНТОСА

Материал. Проба фиксированного бентоса (по одной на 2 студентов).

Оборудование. Бинокляр, препаровальная лупа, пинцеты, кюветы, часовые стекла или чашки Петри, химико-технические, аналитические или торзионные весы, бюксы, фильтровальная бумага, линейка. Определители беспозвоночных.

Таблицы. Личинки хирономид.

Задание. Произвести качественную и количественную обработку пробы зообентоса. Результаты обработки свести в таблицу по форме № 1.

Выборка и фиксация материала. Пробы бентоса, полученные описанными в теме 6 орудиями, отмывают от избытка грунта различными способами.

Для отделения организмов от мягкого грунта (ил, глинистый ил) пробы переносят в промывательное сито из мельничного или капронового газа № 19—23, укрепленное в станке на борту или за бортом судна. Сито, пришитое к четырехугольной металлической рамке, на веревке можно опускать за борт на половину глубины мешка. При большом объеме пробы промывку сначала проводят в станке, а затем за бортом судна. При работе с лодки пользуются также вертикальным ситом Липина (рис. 23, а) цилиндрической формы со стенками из металлической сетки (с ячейей 0,5 мм). Если проба содержит песчаный грунт, ее переносят в таз и отмучивают. Песок взбалтывают рукой или палкой и воду с взвесью многократно сливают в промывательный сачок из газа № 34—38 (см. рис. 23, б). Затем оставшийся грунт просматривают и находящиеся в нем организмы выбирают пинцетом.

Отмытые от избытка грунта пробы в том случае, если не предусмотрена немедленная их разборка, помещают в матерчатые мешочки или банки (стеклянные, пластмассовые), заливают 10%-м раствором формалина, нейтрализованным содой (для получения 10%-го формалина в 40%-й его раствор добавляют воду из расчета 1:3), и снабжают пергаментными этикетками, на которых указывают название водоема, номер станции, дату, глубину, орудие сбора. Однако разборку материала из отмытых проб лучше проводить в полевых условиях до фиксации, так как живые организмы более заметны и легче поддаются выборке. Материал помещают небольшими порциями в плоские сосуды (эмалированные ванночки, пластмассовые кюветы и т. д.) и с помощью

пинцета выбирают организмы. При обильном бентосе, содержащем много мелких форм, можно пользоваться методом флотации (всплывания): пробу по частям помещают в насыщенный раствор поваренной соли. Все организмы, кроме моллюсков и олигохет, запутавшихся в растительных остатках, всплывают на поверхность, и их выбирают маленьким сачком из газа. После этого грунт просматривают под биноклем или лупой. Организмы, собранные таким способом, отмывают от соли. Организмы, обнаруженные в пробе, распределяют по крупным систематическим группам (олигохеты, моллюски, ракообразные, личинки хирономид, личинки ручейников и др.), помещают в пробирки, склянки или бюксы, снабжают этикетками и фиксируют 10 %-м формалином.

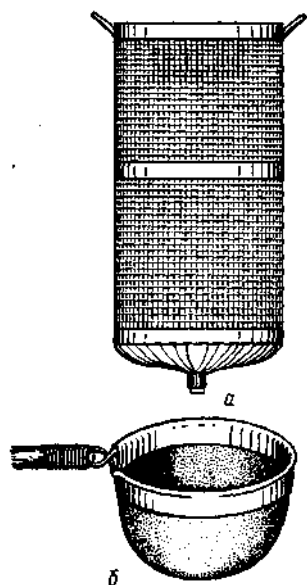


Рис. 23. Приборы для промывания проб бентоса:

a - вертикальное сито Липина; *б* - сачок-промывалка

ния материала фильтровальной бумагой до исчезновения на ней влажных пятен. Крупных животных взвешивают на химико-технических весах с точностью до 0,01 г, мелких — на торсионных весах (навеска не должна превышать 1 г). Результаты определения просчетов и взвешивания организмов приводятся к 1 м² площади дна (экз/м², г/м²) и записываются на карточки или в журнал по следующей форме: водоем, орудие лова, дата, номер пробы.

Такие карточки с записями результатов обработки проб служат материалом для различных вычислений, сопоставлений и обобщений относительно состава, обилия и распределения донной фауны, роли в ней отдельных видов и групп организмов.

Форма 1

№ п/п	Виды	В пробе		Размер, мм	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
		число экз.	масса, мг (г)			

II. Фитобентос. *Определение систематического положения растений.* Изучение растений начинается с установления их систематического состава. Для этого осуществ-

ляют сбор растений на пробных площадках размером 100 м^2 , обычно в форме квадрата. Их закладывают в наиболее характерных местах обитания растений. Границы пробных площадок иногда устанавливают на глаз. Более точно их определяют с помощью измерения сторон площадки рулеткой или мерным шнуром. По углам площадки устанавливают буйки или вехи. При изучении прибрежноводной растительности определение удобнее производить по ярусам: надводные растения; растения плавающие и с плавающими листьями; высокие погруженные виды и, наконец, придонные растения. Для сбора растений используют орудия, рассмотренные выше.

Точное определение растений обычно ведут в лаборатории. Поэтому, после того как они извлечены из воды и отмыты от грязи (в тазу или за бортом лодки), их помещают в полиэтиленовые мешочки (разного размера в зависимости от величины растения) или заворачивают в пленку. В лаборатории растение предварительно сушат. Для этого каждый экземпляр помещают между двойными листами фильтровальной, газетной или оберточной непроклеенной бумаги (так называемая рубашка). В гербарии по возможности должны быть представлены все части растения — корневая система, разные по форме листья, цветки, соцветия, плоды. Мясистые плавающие листья при сушке сильно съеживаются и теряют форму. Поэтому следует на листе тонкой белой бумаги очертить форму свежего листа и приложить его к гербарии. Между рубашками с заложенными в них растениями вкладывают прокладки из 4—5 пустых рубашек и пачку с растениями на несколько часов помещают под пресс. Затем растения вынимают из-под пресса, сырые прокладки заменяют сухими и дальнейшую сушку осуществляют в ботанических прессах. Тонкие и нежные погруженные растения сразу после извлечения из воды осторожно заворачивают в пленку. Перед раскладкой в гербарий их вновь помещают в таз с водой; пинцетом осторожно выбирают целые экземпляры и закладывают в рубашку. Для того чтобы растения не прилипли к рубашке, следует поверх них положить лист слегка промасленной бумаги (но не кальку и не пергамент). Каждое растение гербария должно быть снабжено этикеткой с указанием названия водоема, глубины и характера грунта, времени сбора.

Количественная обработка собранных растений. Для количественной характеристики изучаемых зарослей пользуются рядом показателей.

Численность определяют пересчетом экземпляров или их побегов на единице площади с помощью рамок на площадках $0,5$ и 1 м^2 или другого размера. Сбор проводят по крайней мере в трех повторностях, из которых вычисляют среднюю численность. Однако в очень густых зарослях на глубине более 1 м подсчет сверху затруднителен, а подчас и невозможен. В этих случаях необходим спуск в воду.

Для определения фитомассы обычно берут три пробы-укоса на учетных площадках, ограниченных рамками (площадь $0,25$; $0,5$ и 1 м^2 , а для растений с плавающими листьями — 4 м^2). Для взятия укосов до глубины $2—3 \text{ м}$ используют косу. Площадку обкашивают в несколько приемов. Сначала срезают растения посередине площадки, а затем растущие по краям. Скошенные крупные взвешенные в толще воды и свободно плавающие на поверхности растения вытаскивают руками или водяными грабелями, мелкие вылавливают сачком. Зарослечерпатели, скребки, драги и другие приборы для выборки площадок, ограниченных рамой, не годятся. Они используются как самостоятельные орудия отбора проб, но так как площадь захвата у них мала (обычно $0,1 \text{ м}^2$), следует рассчитать количество опусканий, с тем чтобы была покрыта площадь $0,25$ или $0,5 \text{ м}^2$.

При сборе укосов с лодки растения в определенном порядке складывают на ее дно: нижним концом стеблей в одну сторону, верхушками в другую. Растения помещают на влажную марлю, под которую подкладывают полиэтиленовую пленку. В ней по мере извлечения растений из водоема накапливается вода, которую систематически вы-

ливают. В процессе выборки растения отмывают от грязи, очищают от обрастаний. Каждый укос завертывают во влажную материю или пленку и перевязывают веревкой. В эти свертки вкладывают этикетки, на которых указывается название водоема, номер укоса, место и дата сбора, глубина, способ взятия, площадь, с которой взят укос. В таком виде укосы доставляют в лабораторию для дальнейшей обработки, которую следует производить в этот же или на следующий день, так как в дальнейшем растения начинают терять воду. В лаборатории укосы обрабатывают в следующей последовательности: очистка, разборка, взвешивание в сыром виде (в некоторых случаях биометрическая обработка), сушка, взвешивание в воздушно-сухом и абсолютно сухом состоянии.

Укосы вынимают из пакетов, очищают от оставшейся грязи, обсушивают фильтровальной бумагой или раскладывают для просушки в помещении на сетках, бумаге, подвешивают на веревках.

Затем происходит разборка укоса. Растения раскладывают по видам или группам: погруженные, плавающие и др.

Взвешивание в сыром виде производится или в целом всего укоса, или по группам (в зависимости от целей исследования). Взвешивание производится на любых весах — детских, чашечных и др. При подборе весов необходимо учитывать возможную предельную массу укосов и высоту растения (например, в южных районах масса укоса с 1 м² достигает 7—10 кг и более, а высота таких растений, как тростник, 4-6 м). В полевых условиях удобно пользоваться безменом.

Надводные высокие растения перед взвешиванием связывают в снопики, а погруженные и плавающие растения взвешивают в мешках для просушки, предварительно взвешенных.

3. Сушка до воздушно-сухого состояния производится в помещении или на улице под навесами. Для просушивания укосы в целом или по частям помещают в марлевые мешки или раскладывают на бумаге или марле. В мешки вкладывают этикетку, в которой, помимо данных, перечисленных выше, указывают массу сырого вещества. Перед закладкой в мешки длинные стебли переламывают так, чтобы они полностью поместились в мешок, а мясистые, толстые разрезают вдоль на несколько частей для более быстрого высыхания. В процессе сушки мешки неоднократно переворачивают, а растения в них ворошат. Полное просыхание растений устанавливают неоднократным взвешиванием до установления постоянной массы. Крупные растения сохнут около месяца, погруженные и плавающие — значительно быстрее.

Для определения абсолютно сухой массы из укосов берут среднюю пробу (несколько растений или определенную навеску из измельченного укоса), которую высушивают в сушильном шкафу при температуре от 60 до 100 °С.

Вопросы

1. *Как определяют возрастные стадии личинок хирономид?*
2. *Какими приемами пользуются для определения систематического состава макрофитов (пробные площадки) и их количества (учетные площадки)?*
3. *Как устанавливают воздушно-сухую и абсолютно сухую массу макрофитов*

ВОДОРОСЛИ ИЗ ОТДЕЛОВ СИНЕЗЕЛЕННЫЕ, ЗОЛОТИСТЫЕ, ПИРОФИТОВЫЕ

Материал. Живые и фиксированные синезеленые водоросли (микроцистис, анабена, асциллятория), золотистые (синура, динобрион, феоцистис), пирофитовые (цератиум, перединиум, ноктилюка).

Оборудование. Микроскоп, предметные и покровные стекла, пипетки для взятия проб, препаровальные иглы, метиленовая синь, черная тушь.

Таблицы. Представители отделов синезеленые, золотистые водоросли, морские и пресноводные пирофитовые, кокколитины.

Задание. 1. Рассмотреть под микроскопом сначала при малом, а затем при большом увеличении перечисленные выше синезеленые водоросли. Ознакомиться со строением отдельных клеток; на препарате анабены найти и зарисовать гетероцисты, споры, вегетативные клетки.

Для того чтобы рассмотреть слизистую оболочку колонии микроцистис, в каплю пробы, помещенную на предметное стекло, кончиком препаровальной иглы внести немного черной туши. Затем перемешать пробу и закрыть покровным стеклом. При большом увеличении контуры слизистой оболочки колонии будут отчетливо видны. При малом и большом увеличении рассмотреть колебательные и поступательные движения нитей осциллятории. Для этого поместить их в капле воды на предметное стекло и закрыть покровным стеклом. Сделать зарисовки рассмотренных форм.

2. Рассмотреть при малом и большом увеличении строение некоторых представителей золотистых водорослей. Сделать точные зарисовки. Для лучшего рассмотрения строения колоний динобрион каплю пробы подкрасить метиленовой синью (0,1 %-й раствор). Внимательно рассмотреть структуру оболочек кокколитин на готовых препаратах; зарисовать с таблиц общий вид кокколитин.

3. Рассмотреть под микроскопом сначала при малом, а потом при большом увеличении клетки цератиум и перидиниум из проб пресноводного и морского планктона. Сделать зарисовки их общего вида; под большим увеличением рассмотреть и зарисовать структуру их оболочек. Сделать зарисовку клетки ноктилюки.

1. Отдел синезеленые водоросли (*Cyanophyta*). Свое название водоросли получили от окраски клеток. Однако в зависимости от соотношения пигментов в хроматоплазме (хлорофилл, каротин, ксантофилл, фикоциан, фикоэритрин) окраска варьирует от типично сине-зеленой до фиолетовой, коричневой. Синезеленые характеризуются низкой организацией: у них отсутствуют типичное ядро и хроматофоры (образования, в которых находятся пигменты). Облик водорослей разнообразен: одноклеточные формы, колониальные, нитчатые. Клетки планктонных синезеленых водорослей в течение всей вегетации, а у бентосных лишь в определенные периоды жизненного цикла содержат газовые вакуоли — полости, наполненные газом.

Синезеленые являются обитателями как толщи воды, так и дна бассейнов. Очень многочисленны и разнообразны эти водоросли в пресных водах. При массовом развитии они вызывают так называемое "цветение", окрашивая воду в сине-зеленый или коричневый цвет. Насчитывается до 40 видов водорослей, вызывающих "цветение" воды.

В морских водоемах синезеленые редки. Обычно они присутствуют в планктоне теплых морей (представители рода *Oscillatoria*). В пресных водах самыми распространенными являются синезеленые из классов хроококковые (*Chroococophyceae*) и гормониевые (*Hormogonophyceae*).

Хроококковые водоросли представлены как одиночными, так и колониальными формами. Род глоекапса (*Gloecapsa*) представлен шаровидными клетками, заключенными в слизь (рис. 24, а). Одни виды этого рода обитают в воде, другие встречаются на суше, образуя на влажных камнях и другом субстрате налет.

Род микроцистис (*Microcystis*) представлен колониями причудливой формы (см. рис. 24, б), состоящими из множества мелких шаровидных клеток, заключенных в слизь. В клетках присутствуют газовые вакуоли, благодаря которым они кажутся почти черными.

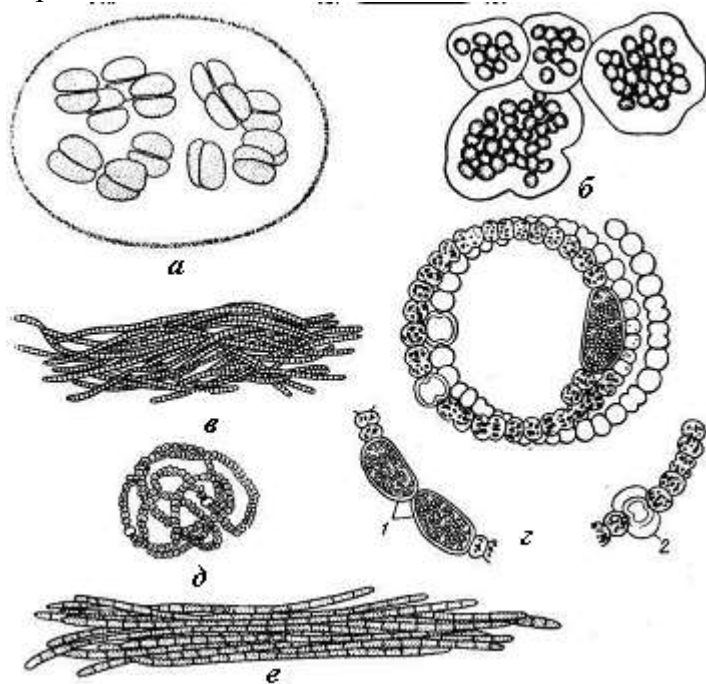


Рис. 24. Синезеленые водоросли:

а - *Gloecapsa limnetica*; б - *Microcystis flos-aquae*; в - *Oscillatoria* sp.; г - *Anabaena flos-aquae*: 1 — споры, 2 — гетероциста; д — *Sphaeronostoc* — колонии в натуральную величину; е — *Aphanizomenon*

К гормогониевым относится большинство нитчатых форм.

Род осциллятория (*Oscillatoria*) представлен длинными нитями, состоящими из одинаковых цилиндрических клеток (см. рис. 24, в) и способными к колебательным и поступательным движениям.

Род анабена (*Anabaena*) представлен прямыми нитями, одиночными или нитями, образующими спираль или соединяющимися в клубочки (см. рис. 24, г). Клетки, образующие нити, имеют шаровидную форму. Наряду с вегетативными клетками в нитях встречаются толстостенные клетки — гетероцисты — с прозрачным водянистым содержимым. Отдельные вегетативные клетки, сильно разрастаясь, превращаются в споры; по размерам они превосходят обычные клетки, имеют зернистое содержимое и яркую сине-зеленую окраску.

Род сфероносток (*Sphaeronostoc*) представлен сложными слизистыми колониями сферической или неправильной формы (см. рис. 24, д). Размеры их колеблются от микроскопических мелких до очень крупных, достигающих величины куриного яйца. В слизи находятся переплетенные цепочки клеток с гетероцистами, похожие на нити анабены.

3. Отдел золотистые водоросли (*Chrysophyta*). В пресных водоемах разного типа и реже в морских бассейнах существенную роль играют золотистые водоросли, хроматофоры которых имеют золотисто-желтую, реже зеленовато-желтую окраску. У одних форм клетки лишены оболочки, у других имеют плотную оболочку, нередко образующую панцирь, состоящий из чешуек с окремненными шипами, иглами или из из-

вестковых пластинок (кокколитов). Водоросли снабжены одним или двумя жгутами. Наряду с одиночными формами многочисленны и колониальные. Среди золотистых водорослей встречаются подвижные, пассивно плавающие, прикрепленные формы.

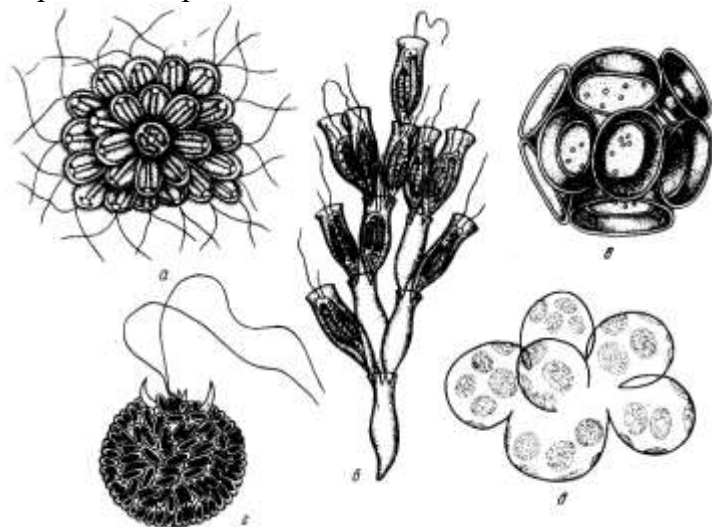


Рис. 25. Золотистые водоросли: а - *Synura uvella*; б - *Dinobryon* sp.; в - *Potosphaera syracusana*; г - *Syracosphaera quadricotnu*; д - *Phaeocystis pouchetii*

Род синура (*Synura*) в планктоне прудов и озер в холодное время года (весна, осень) встречается в значительном количестве и вызывает их "цветение". Он представлен колониями сферической формы, клетками обратнойцевидной формы, передние концы которых снабжены двумя жгутиками. Каждая клетка покрыта кремневыми чешуйками (см. рис. 25, а).

Род динобрион (*Dinobryon*) (см. рис. 25, б). Многие виды этого рода обитают в толще воды. Отдельные клетки колонии находятся в прозрачных бокаловидных домиках. Колонии имеют древовидно разветвленный облик и свободно плавают благодаря работе двух неравных жгутов.

В морях и очень редко в пресных водоемах встречаются представители кокколитин (*Coccolithophorales*). Это одноклеточные жгутиковые с двуслойной оболочкой, во внешний слой которой вложены многочисленные, разнообразно построенные известковые пластинки (кокколиты). В теплых морях кокколитины развиваются в огромных количествах. Таковы *Potosphaera* и *Syracosphaera* (см. рис. 25, в, г).

В планктоне полярных морей весной в огромных количествах развивается крупная колониальная водоросль *Phaeocystis* (см. рис. 25, д). Колонии её образованы скоплением многочисленных клеток, заключенных в слизь.

3. Отдел пиррофитовые водоросли (*Pyrrophyta*). Большинство пиррофитовых водорослей представляют собой подвижные формы, снабженные жгутами, одноклеточные, реже колониальные. Клетки пиррофитовых водорослей голые или покрыты целлюлозной оболочкой в виде панциря, который образуют многоугольные щитки сложного строения. Хроматофоры окрашены обычно в бурый цвет.

Отдел пиррофитовых включает 4 класса, из которых наиболее распространены в пресных и морских водоемах представители класса перидиней (*Peridiniophyceae*). В чистых, богатых кислородом пресноводных водоемах особенно часто встречаются представители двух родов - перидиниум и церациум.

Род перидиниум (*Peridinium*) (см. рис. 26, а, д) представлен шарообразными или яйцевидными клетками с двумя ложбинками — продольной и поперечной. Последняя делит клетку на две примерно равные части. От места пересечения обеих ложбинок отходят два жгутика. Клетка одета оболочкой в виде грубого панциря из щитков сложного строения с разнообразной скульптурой. Щитки соединены друг с другом швами.

Род церациум (*Ceratium*) (см. рис. 26, б-г) представлен сильно вытянутыми в продольном направлении клетками. Передняя часть продолжается в длинный отросток, задняя несет два или три роговидных придатка. Имеется два жгута. Щитки, слагающие панцирь, соединены между собой плотно, не образуя широких швов.

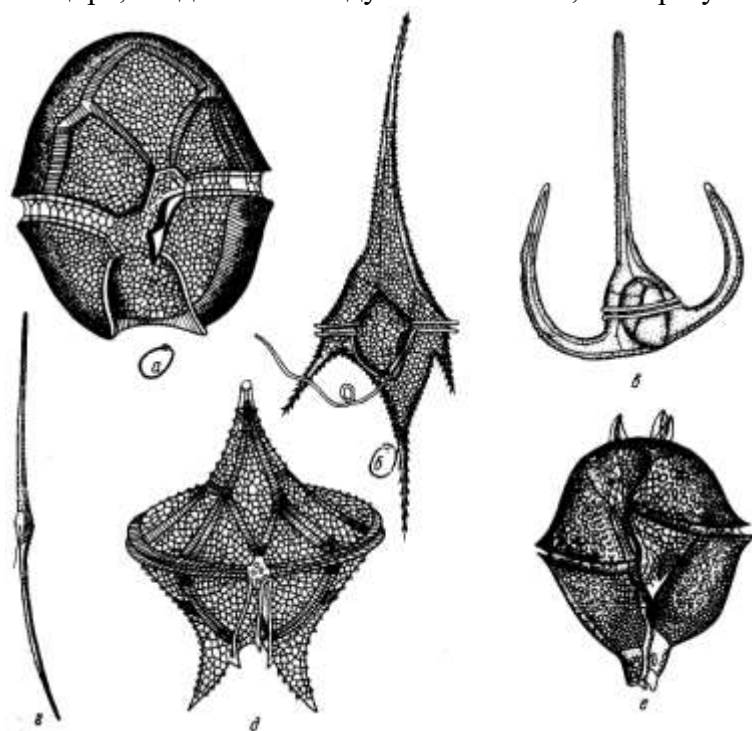


Рис. 26. Пирофитовые водоросли:

a - *Peridinium palustre*; *б* - *Ceratium hirudinella*; *в* - *C. bucephalum*; *г* - *C. fusus*; *д* - *Peridinium divergens*; *е* - *Gonyaulax diegensis*

При благоприятных условиях летом перидинии развиваются в огромных количествах, вызывая "цветение" воды.

В морском планктоне перидинии многочисленны и разнообразны по своему облику. Помимо представителей родов *Ceratium* (см. рис. 26, в-г) и *Peridinium* (см. рис. 26, д), в теплых морях широко распространены исключительно морские формы — *Gonyaulax* (см. рис. 26, е), *Gymnodinium*, которые при массовом развитии вызывают "цветение", известное под названием "красных приливов". Самой крупной среди морских перидиний является ноктилюка-ночесветка (*Noctiluca*). Размеры ее достигают 2 мм. Окраска ярко-оранжевая, клетки ноктилюки не имеют плотной оболочки. Ноктилюка и некоторые другие морские перидинии обладают способностью светиться.

Вопросы

1. Назовите пигменты, которые обуславливают окраску синезеленых водорослей.
2. Опишите строение клетки синезеленых водорослей. Что такое гетероциста?
3. Перечислите места обитания синезеленых водорослей, опишите распространение в морских и пресных водоемах.
4. Назовите водоросли, вызывающие явление "цветения".
5. Какую окраску имеют хроматофоры золотистых водорослей?
6. Каково строение клетки золотистых водорослей?
7. В каких водоемах распространены кокколитины и феоцистис?
8. Каково строение оболочки у представителей родов перидиниум и цератиум?
9. Назовите представителей морских перидиний.
10. Опишите явление "красных приливов" в морских бассейнах. Какие организмы его вызывают?

ВОДОРОСЛИ ИЗ ОТДЕЛОВ ЗЕЛЕННЫЕ И ДИАТОМОВЫЕ

Материал. Живые и фиксированные водоросли из отделов зеленые (эвдорина, вольвокс, хлорелла, сценедесмус, педиаструм, гидродиксион, кладофора, ульва, спирогира, зигнема, мужоция, кластериум, хара) и диатомовые (косцинодискус, хетоцерос, мелозира, астирионелла, фрагилярия). Постоянные препараты: органы размножения хары; гербарные экземпляры кладофоры, ульвы.

Оборудование. Микроскоп, бинокляр, предметные и покровные стекла, чашки Петри или кюветы, пипетки, пинцет, препаровальные иглы.

Таблицы. Различные представители зеленых и диатомовых водорослей; органы размножения хары.

Задание. 1. Рассмотреть под микроскопом пробы фиксированного и живого материала с эвдориной, вольвоксом, хлореллой, сценедесмусом, педиаструмом, гидродиксионом, кластериумом, космариумом, стаураструмом. При малом увеличении зарисовать общий вид этих водорослей, а при большом - рассмотреть и зарисовать детали строения отдельных клеток. Приготовить препараты нитчатых водорослей улотрикса, кладофоры, спирогиры, зигнемы, мужоции и при большом увеличении рассмотреть строение клеток. Крупные водоросли - ульву, хару - посмотреть, используя гербарные экземпляры и постоянные препараты (для хары).

2. Найти при малом увеличении микроскопа ряд диатомей. Зарисовать их со стороны как створки, так и пояска. Если имеется живой материал с пиннулярией, то при малом увеличении понаблюдать за ее движением.

Рассмотреть строение кремневой оболочки диатомовых удобно на крупных видах - пиннулярии, косцинодискусе и других; в пробе следует найти пустые панцири этих водорослей. Зарисовать их структуру при малом и большом увеличении.

1. Отдел зеленые водоросли (*Chlorophyta*) представлены одноклеточными и многоклеточными — колониальными, нитчатыми, а также пластинчатыми формами. Их хроматофоры имеют чисто зеленую окраску. Зеленые водоросли широко распространены в водоемах, особенно в пресных, обитая как в толще, так и на дне бассейнов. Отдел зеленых делится на три класса.

I. Класс зеленые (*Chlorophyceae*) включает как одноклеточные, так и колониальные формы различного строения. Характерной чертой представителей порядка вольвоксовых (*Volvocales*) является их подвижность благодаря наличию жгутиков. Таков, например, род эвдорина (*Eudorina*) (см. рис. 27, а). Колонии, состоящие из 32 клеток, имеют эллипсоидную форму. Жгутики, отходящие от передних концов клеток, проходят сквозь одевающую всю колонию плотную слизистую оболочку.

Род вольвокс (*Volvox*) (см. рис. 27, б) имеет форму крупного слизистого шара (диаметром до 3 мм). Число клеток, расположенных по периферии шара, колеблется от 500 до 60 000. Полость шара заполнена жидкой слизью. Каждая клетка несет по два жгутика, выходящих наружу через каналцы в оболочке.

Род хламидомонада (*Chlamydomonas*) (см. рис. 27, в) представлен подвижными одноклеточными формами. В передней части клетки находится глазок — стигма ярко-красного цвета. От переднего конца клетки отходят два жгутика.

Порядок протококковых (*Protococcales*) объединяет неподвижные формы разного строения. Хлорелла (*Chlorella*) (см. рис. 27, г) — одноклеточная водоросль с очень мелкими клетками шаровидной или овальной формы диаметром от 2 до 10 мкм с

оболочкой. Колониальные формы этого порядка — сценедесмус, педиаструм, гидродикцион — широко распространены в пресных водоемах.

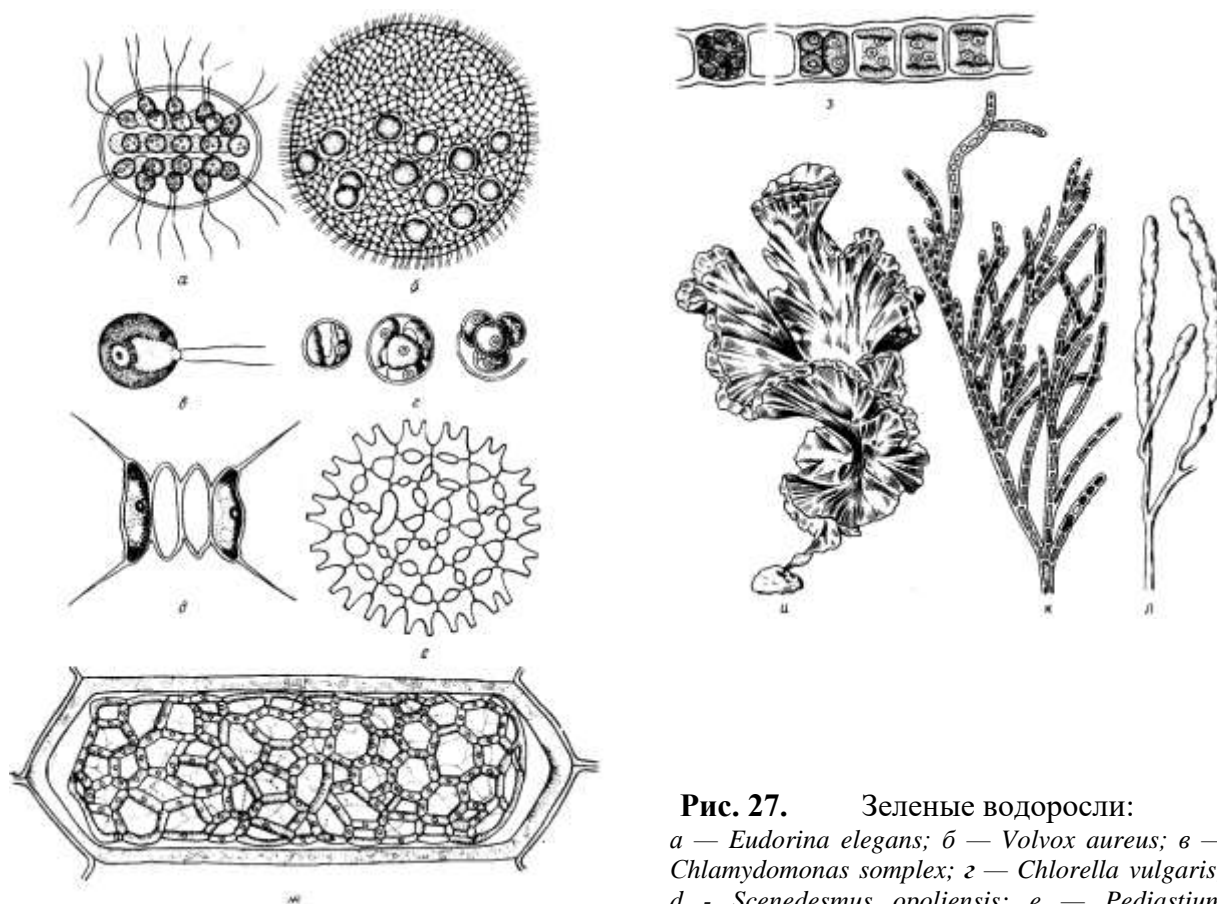


Рис. 27. Зеленые водоросли: а — *Eudorina elegans*; б — *Volvox aureus*; в — *Chlamydomonas simplex*; г — *Chlorella vulgaris*; д — *Scenedesmus opoliensis*; е — *Pediatium duplex*; ж — *Hydrodictyon*; з — *Ulothrix*; и — *Ulva*; к — *Cladophora*; л — *Enteromorpha*

Род сценедесмус (*Scenedesmus*) (см. рис. 27, д) представлен 4—8 (реже 2—16) продолговатыми или округлыми клетками, которые боковыми сторонами срослись друг с другом. Клетки могут располагаться в один или два ряда. Оболочка гладкая или покрытая шишками, бугорками. У некоторых форм на краевых клетках образуются длинные рога. Сценедесмус широко представлен в планктоне.

Род педиаструм (*Pediatrum*) (см. рис. 27, е) имеет форму округлых или сплошных табличек, если клетки плотно прилегают друг к другу, или с отверстиями, если клетки расположены на некотором расстоянии друг от друга. Периферические клетки имеют по 2 или 4 (реже) отростка. Оболочка гладкая или покрыта складками, бугорками. Это планктическая форма пресных вод.

Род гидродикцион — водная сеточка (*Hydrodictyon*) (см. рис. 27, ж), представлен отдельными клетками длиной 1,5 см. Размеры сеточки до 1-1,5 м. Ценобии имеют вид длинного замкнутого мешка, стенки которого состоят из длинных, срастающихся концами клеток, образующих 5—6-угольные ячейки. В толще воды сеточка нередко развивается в огромных количествах.

К порядкам улотриксые (*Ulothricales*, примеры - улотрикс и ульва) и кладофоровые (*Cladophorales*, пример - кладофора) относятся зеленые водоросли сложного строения — нитчатые (нити простые и разветвленные), пластинчатые, трубчатые. Они обитают на дне водоемов.

Род улотрикс (Ulothrix) (см. рис. 27, з) широко распространен в текучих пресных водах и в прибрежной зоне озер. Имеет вид ярко-зеленых кустиков высотой до 10 см, прикрепленных к подводным предметам.

Род ульва (Ulva) (см. рис. 27, и) образует пластинки светло-зеленого цвета длиной до 25 см, шириной 15 см, со складчатыми краями. Эти пластинки прикрепляются к субстрату короткой ножкой. Ульва распространена в прибрежной зоне северных и южных морей.

Род кладофора (Cladophora) (см. рис. 27, к) представлен в основном обитателями морей, однако некоторые представители широко распространены и в пресных водах. Все виды на ранних стадиях развития ведут прикрепленный образ жизни, но позднее многие отрываются от субстрата и свободно плавают в воде в виде жестких на ощупь скоплений (длиной до 1 м) грязно-зеленого цвета. Нити кладофоры сильно ветвятся. Они состоят из крупных цилиндрических клеток с толстой целлюлозной оболочкой.

Род энтероморфа (Enteromorpha) (см. рис. 27, л) имеет трубчатый таллом, простой или ветвистый, прикрепленный или свободно плавающий. Обитает в морских, солоноватых, реже пресных водоемах.

II. Класс конъюгаты, или сцеплянки (Conjugatophyceae), представлен одноклеточными причудливого строения, а также нитчатыми формами. Они распространены только в пресных водах.

К порядку зигнемовых (*Zygnematales*) относятся нитчатые, неветвящиеся, свободно плавающие водоросли. Характерным признаком отдельных родов является строение хроматофоров. Внешним признаком, по которому зигнемовых легко отличить от других нитчаток, является исключительная слизистость их нитей на ощупь.

Род спирогира (Spirogyra) (см. рис. 28, а) образует нити из длинных цилиндрических клеток. Снаружи нити одеты слизистым чехлом. Хроматофоры имеют вид спирально закрученных лент. В центре каждой клетки расположено большое ядро с одним или двумя ядрышками. Спирогиры широко распространены в стоячих и медленно текущих водах, нередко развиваясь в больших количествах и образуя большие скопления в толще воды.

Род зигнема (Zygnema) (см. рис. 28, б) представлен формами с хроматофорами характерной звездообразной формы. Тонкие нити одеты мощно развитым слизистым чехлом. В каждой клетке имеются два больших звездообразной формы хроматофора, а между ними находится ядро с ядрышком. Обитают там же, где и представители рода спирогиры.

Род мужоция (Mougeotia) (см. рис. 28, в) нередко в больших количествах развивается в небольших стоячих водоемах, встречается в торфяных болотах. Скопления этой водоросли имеют желтовато-зеленый цвет. Клетки мужоции очень длинные, цилиндрические. Хроматофоры в виде пластинки, проходящей по длинной оси клетки. Они могут находиться в клетке в разных положениях: в одних хроматофоры видны со стороны пластинки, и тогда клетки выглядят сплошь зелеными (см. рис. 28, 1); в других они повернуты в профиль и видны в виде узкой зеленой полоски (см. рис. 28, 2).

В порядок десмидиевых (*Desmidiiales*) входят в основном одноклеточные водоросли и лишь некоторые образуют нитевидные формы. Клетки, очень разнообразные по своему облику, состоят из двух симметричных половинок с перетяжкой посередине или без нее. Оболочка гладкая или покрытая шипиками, бугорками и другими образованиями. У многих десмидиевых она окрашена в коричневый цвет благодаря отложению в ней солей железа. Десмидиевые водоросли — характерные обитатели водоемов с кислой реакцией, бедных кальцием. Они многочисленны в торфяных болотах, заболачивающихся озерах и других водоемах подобного типа.

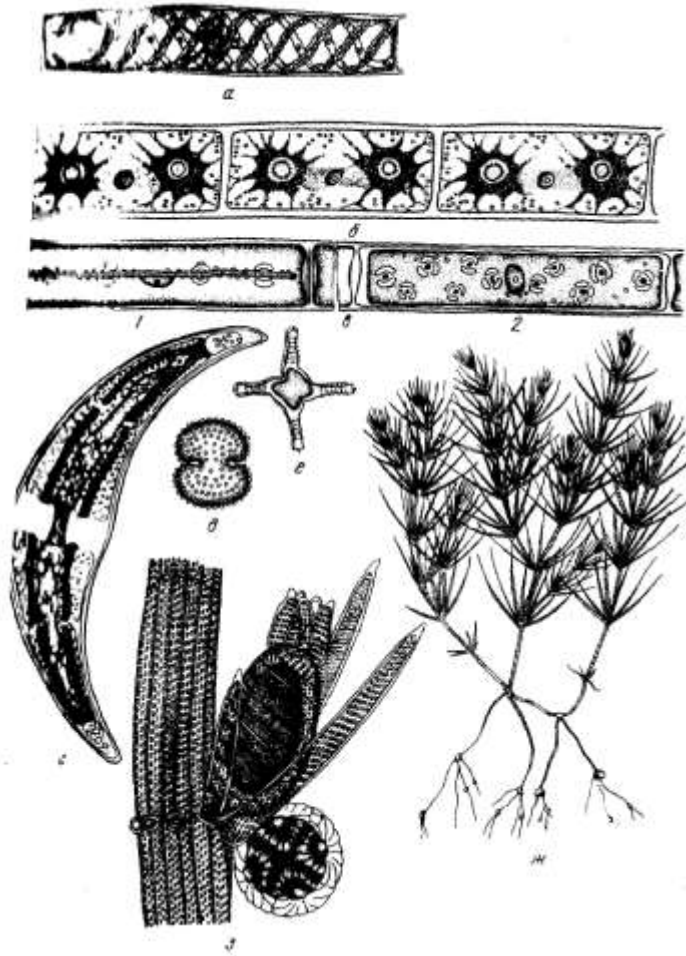


Рис. 28. Зеленые водоросли:

a — *Spitzogira*; *б* — *Zygnema*; *в* — *Mougeotia*; 1 — пластинка хроматофора (в плане), 2 - хроматофор (повернут и виден в профиль); *г* — *Closterium*; *д* — *Cosmarium* (вид клетки спереди); *е* — *Staurastrum* (вид клетки сверху); *ж* — *Chara fragifera*; *з* - половые органы хары (на листе)

Род *кlostериум* (*Closterium*) (см. рис. 28, *г*) имеет клетки веретеновидной формы, несколько изогнутые. Перетяжки посредине клетки нет. Оболочка гладкая или с продольными штрихами.

Род *космариум* (*Cosmarium*) (см. рис. 28, *д*) имеет клетки разнообразной формы (округлые, пирамидальные, многоугольные) с глубокой перетяжкой. Сверху клетка имеет эллиптическое очертание. Оболочка гладкая или покрытая бугорками, гранулами и т. д.

Род *стаураструм* (*Staurastrum*) (см. рис. 28, *е*) представлен клетками разнообразной формы. У многих видов углы полуклеток образуют различные выросты. Оболочка обычно покрыта бугорками, шипами, зубчиками.

III. Класс хары, или лучицы (*Charophyceae*). К нему относятся наиболее высокоорганизованные зеленые водоросли. Класс представлен только одним семейством - *Characeae*. Эти водоросли образуют густые заросли на илистом или песчаном грунте, в прудах, озерах, а также в мелких морских лагунах. Предпочитают воды, насыщенные растворимыми солями кальция. К числу наиболее распространенных родов относится хара.

Род *хара* (*Chara*) (см. рис. 28, *ж*) — сильно ветвящаяся водоросль, напоминающая по своему строению такие высшие растения, как хвощ, роголистник. На главной оси - "стебле" хары расположены мутовками короткие боковые ветви, так называемые "листья". Подземная часть водоросли представляет собой систему бесцветных, ветвящихся корнеподобных придатков, так называемых "ризоидов". Клетки хары покрыты целлюлозной оболочкой, сильно пропитанной солями кальция. Места расположения мутовок называются узлами, участки стебля между ними — междуузлиями. Для хары характерным образованием является так называемая "кора", покрывающая междуузлия

"стеблей" и "листьев". Кора состоит из плотно смыкающихся нитей, растущих вверх и вниз от каждого узла. Размеры хары могут достигать 1 м.

На нижних частях растения и на ризоидах развиваются корневые и стеблевые клубеньки, являющиеся органами вегетативного размножения. Органы полового размножения — антеридии (мужские) и оогонии (женские) - образуются из особых клеток. Зрелые антеридии имеют вид шариков сначала зеленого, а затем оранжевого цвета (см. рис. 28, з). Оогоний у хары расположен обычно над антеридием. Он находится на ножке, имеет яйцевидную форму. Поверхность оогония спирально исчерчена. Зрелые оогонии окрашены в коричневый или черный цвет.

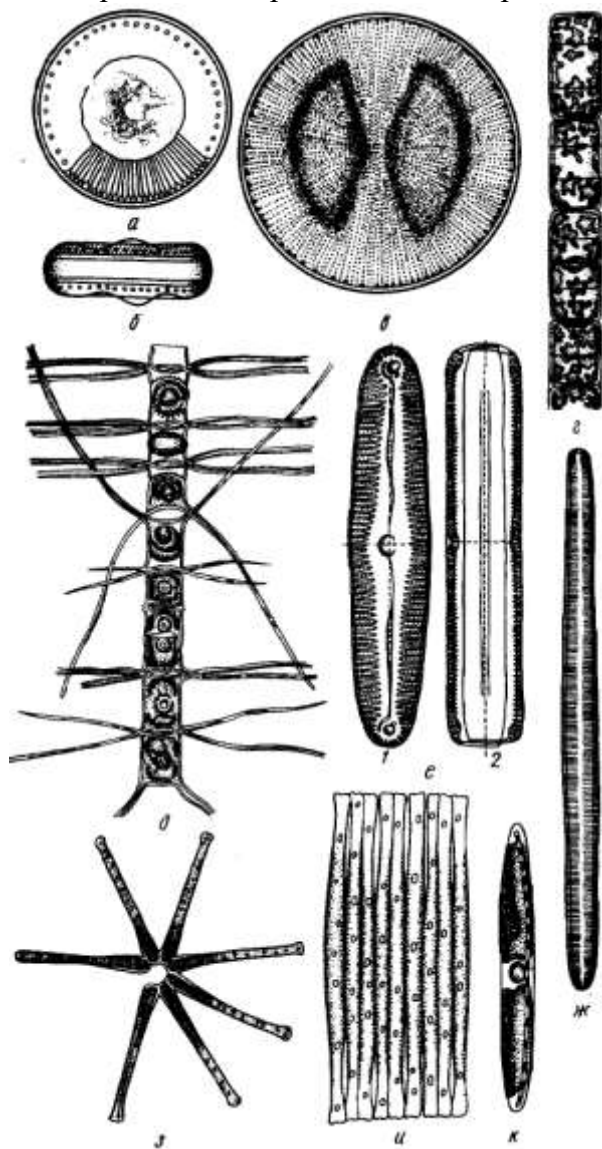


Рис. 29. Диатомовые водоросли: а — *Cyclotella* (вид со створки); б — вид с пояска; в - *Coscinodiscus* (панцирь со створки); г — *Melosira* (нить с пояска); д — *Chaetoceros* (клетки видны с пояска); е - *Pinnularia*: 1 — панцирь со створки, 2 - то же, с пояска; ж - *Synedra* (панцирь со створки); з - *Asterionella* (общий вид колонии); и - *Fragillaria crotonensis*; к - *Nitzschia*

стороны продольной оси створки.

2. Отдел диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*). Диатомовые водоросли, или кремнеземки, представлены как одиночными клетками, так и разнообразными колониями — нитевидными, лентовидными, звездчатыми и др. Оболочка диатомей кремнеземная, имеет вид панциря, который состоит из двух половинок, надевающихся друг на друга, как крышка на коробку. Каждая половинка состоит из створки и пояскового ободка. Створки имеют разнообразную, большей частью геометрически правильную структуру, состоящую из штрихов, точек и т. д. Хроматофоры диатомовых имеют желтоватую или бурю окраску, зависящую от присутствия в них пигмента фукоксантина. Некоторые диатомовые способны к активному движению. Диатомовые водоросли широко представлены в планктоне и бентосе пресных и морских водоемов.

Отдел диатомовых в зависимости от формы клеток и структуры панциря делится на два класса: центрические и перистые.

Класс центрические (*Centrophyceae*) представлен округлыми, овальными, угольчатыми клетками. Створки клеток нередко имеют выросты и придатки в виде шипов, щетинок, зубчиков. Для них характерна радиальная симметрия. Клетки чаще всего собраны в колонии, имеющие вид нитей, цепочек и т. д. У диатомей из класса перистых створки клеток двусторонне симметричны, клетки вытянуты в длину, имеют ланцетовидную, эллиптическую, линейную форму. Структурные элементы в виде штрихов перисто расположены по обе

Род циклотелла (Cyclotella) (см. рис. 29, а, б) представлен клетками, напоминающими круглую невысокую коробочку. Одиночные клетки реже соединены в рыхлые цепочки. Краевая зона створок несет радиальные штрихи, а центральная часть у большинства видов бесструктурна. Обычна в планктоне пресных вод, реже встречается в солоноватых и морских водах.

Род косцинодискус (Coscinodiscus) (см. рис. 29, в) представлен клетками, имеющими вид низкой круглой коробочки. На створке радиальными рядами, реже беспорядочно располагаются точки. Обитают преимущественно в море.

Род мелозира (Melosira) (см. рис. 29, г) — колониальная водоросль. Колонии состоят из цилиндрических клеток, соединенных створками. Створки круглые, покрыты точками, образующими радиальные ряды. Обитатель пелагиали пресных и морских водоемов.

Род хетоцерос (Chaetoceros) (см. рис. 29, д) представлен короткими клетками с эллиптическими цилиндрическими створками, имеющими по длинной полой щетинке или шипу на каждом из полюсов. Щетинками клетки соединяются в цепочки, при этом щетинки соседних клеток в основном перекрещиваются.

Класс перистые (Pennatophyceae) насчитывает несколько родов. Род пиннулярия (*Pinnularia*) (см. рис. 29, е) - крупная одноклеточная подвижная диатомея. Обитает на дне и в обрастаниях в пресных водоемах. Створки пиннулярии имеют форму вытянутого эллипса, а с пояска — прямоугольной пластинки.

Род синедра (Synedra) (см. рис. 29, ж) имеет вид длинных узких палочковидных клеток, живущих одиночно или собранных в колонии, прикрепленные к субстрату. Форма неподвижная.

Род астерионелла (Asterionella) (см. рис. 29, з) — колониальная водоросль. Колонии имеют вид нежных звездочек. Каждая клетка напоминает тонкую палочку. Представители планктона морских и пресных водоемов.

Род фрагилярия (Fragillaria) (см. рис. 29, и) состоит из клеток, напоминающих по форме синедру, однако соединяющихся створками в лентообразные колонии. Обитает в планктоне пресных и солоноватых вод.

Род ницшия (Nitzschia) (см. рис. 29, к) — клетки линейные или эллиптические, сильно вытянутые. Скульптура панциря в виде поперечных штрихов. Обитает в бентосе пресных и солоноватых водоемов.

Вопросы

1. Дайте характеристику зеленых водорослей.
2. Опишите распространение зеленых водорослей в морских и пресных водоемах.
3. Каково строение хроматофоров у спиругиры, зигнемы, мужоциии?
4. Дайте характеристику водорослей из класса харовых.
5. Каково строение оболочки клетки диатомовых, их окраска?
6. Каковы формы створок у диатомовых из классов центрических и перистых?
7. Каковы места обитания диатомовых водорослей?
8. Назовите наиболее распространенные в морских и пресных водоемах роды диатомей.

ВОДОРОСЛИ ИЗ ОТДЕЛОВ БУРЫЕ И КРАСНЫЕ

Материал. Фиксированный материал - фукусы, аскофиллум, анфельдия, филлофора. Гербарий - ламинария, алария, порфира.

Оборудование. Препаровальные иглы, пинцеты, кюветы.

Таблицы. Различные виды фукусов, ламинарий, красных водорослей.

Задание. Пользуясь гербарием и таблицами, рассмотреть и зарисовать таллом ламинарий различных видов. Пользуясь гербарием и фиксированным материалом, рассмотреть строение таллома фукуса и аскофиллума. Зарисовать их, обозначив расположение воздушных пузырей, скафидиев. Пользуясь гербарием и фиксированным материалом, рассмотреть и зарисовать внешний облик анфельдии, филлофоры, порфиры. Работа ведется группами по 2 человека.

1. Отдел бурые водоросли (*Phaeophyta*). Бурые водоросли получили свое название благодаря тому, что в их хроматофорах, помимо хлорофилла, содержится бурый пигмент фукоксантин. Это многоклеточные водоросли. Их облик и величина очень различны. Простейшие формы имеют таллом в виде ветвящихся нитей длиной несколько сантиметров. У высокоорганизованных бурых водорослей таллом отличается сложной анатомической структурой, большим разнообразием внешнего облика, а размеры могут достигать нескольких десятков метров. Распространены бурые водоросли преимущественно в морях умеренных и холодных областей, где нередко образуют в прибрежной зоне обширные заросли. Лишь немногие их виды встречаются в пресных водоемах.

Многие бурые водоросли имеют важное практическое применение. Они содержат в значительном количестве различные соли так называемой альгиновой кислоты, которые используются в различных областях. Некоторые виды бурых водорослей используются в пищу человеком.

Род ламинария (Laminaria) — морская капуста, один из наиболее крупных представителей отдела бурых водорослей. Таллом ламинарии расчленен на листовидную пластинку и более плотный черешок. Водоросль прикрепляется к субстрату с помощью сильных когтевидных ризоидов. В морях СССР ламинария представлена тремя видами.

У *L. digitata* — ламинарии пальчаторассеченной (см. рис. 30, а) - листовидная часть плотная, рассеченная на длинные узкие или широкие доли. Размеры ее 4—5 м. Черешок длиной около 1 м.

У *L. saccharina* — ламинарии сахаристой (см. рис. 30, б) — листовидная пластинка цельная, с более плотной срединной зоной и тонкими складчатыми краями. Длина ее 5—7 м. Черешок короткий.

L. japonica — ламинария японская - по внешнему облику близка к ламинарии сахаристой. Длина листовидной пластинки 2—2,5 м.

Род фукус (Fucus) (см. рис. 30, в). У представителей этого рода таллом разделен на кожистую, плоскую, сильно рассеченную пластинку, короткий цилиндрический черешок и подошву конусовидной или дисковидной формы. Края таллома зубчатые или цельные. Посредине его проходит жилка, по обе стороны которой располагаются парно воздухоносные полости или плавательные пузыри для поддержания растения в вертикальном положении (см. рис. 30, в, 2). На многих экземплярах фукуса хорошо видны вместилища органов полового размножения, так называемые концептакулы, или скафидии. Они располагаются на вздутых концах ветвей (см. рис. 30, в). На поверхности этих вздутий заметны темные бородавочки, каждая из которых является скафидием —

мужским или женским. Фукусы широко распространены в морях умеренных областей, обитают преимущественно в литорали. Размеры их достигают 0,5—1 м.

Род *аскофиллум* (*Ascophyllum*) (см. рис. 30, з). У представителей этого рода таллом узкий, неправильно разветвленный, более или менее цилиндрический, без срединной жилки. Большие воздушные пузыри располагаются по всему таллому. В более старых местах таллома отходят короткие веточки, заканчивающиеся вздутиями, несущими скафидии. Крупные водоросли, достигают длины 2 м. Аскофиллум очень широко распространен в прибрежной зоне морей умеренной области и приполярных областях. Образуется сплошные заросли на каменистых грунтах.

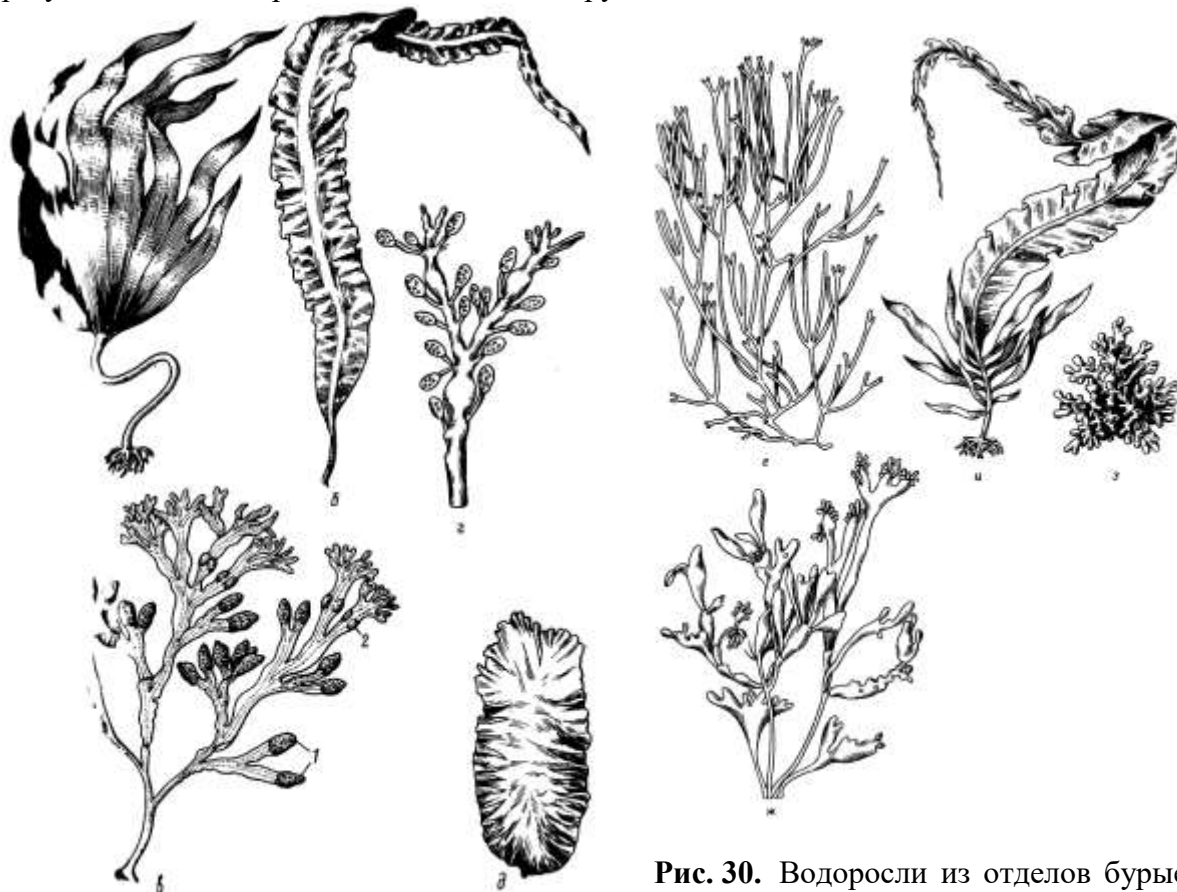


Рис. 30. Водоросли из отделов бурые и красные:

a — *Laminaria digitata*; *б* - *L. saccharina*; *в* — *Fucus*: 1— концептакулы; 2 — воздухоносные полосы; *г* — *Ascophyllum* (часть таллома с концептакулами и воздушными пузырями); *д* - *Porphyra*; *е* - *Ahnfeltia*; *ж*- *Phyllophora*; *з* - *Lithothamnion*; *и* — *Alaria*

Род *алария* (*Alaria*) (см. рис. 30, *и*). Крупные водоросли длиной до 2—3 м, расчлененные на стеблевидную и листовидную части. Первая — очень тонкая, с резко выделяющейся срединной жилкой. Распространены на каменистых грунтах sublittoralis в северных морях.

2. Отдел красные водоросли (*Rhodophyta*). Красные водоросли, или багрянки, получили название благодаря окраске, которая варьирует от розовой до красной разных оттенков, так как в хроматофорах наряду с другими пигментами содержится фикоэритрин. Внешний вид багрянок очень разнообразен — ветвистые кустики, пластинки, лентовидные сильно расчлененные формы и т. д. Некоторые из них внешне напоминают высшие растения. Клетки красных водорослей одеты оболочкой, содержащей значительное количество пектиновых веществ. Набухая в воде, пектиновые обо-

лочки образуют мягкую или хрящеватую слизь. У некоторых форм оболочки клеток настолько пропитаны известью, что растения напоминают окаменелости. Красные водоросли — в основном морские организмы. В пресных водах они представлены лишь несколькими видами. Багрянки распространены в холодных и теплых морях. Они обитают преимущественно в прибрежных областях, занимая, однако, более глубокие, чем зеленые и бурые водоросли, зоны. Многие из них используются в пищу. Кроме того, они служат источником получения агара.

Род порфира (Porphyra) (см. рис. 30, д) имеет вид пластинки розового цвета с гладкими или волнистыми краями. Размеры её колеблются от 5 до нескольких десятков сантиметров в длину. С помощью стебелька с дисковидной подошвой порфира прикрепляется к скалам, камням, крупным водорослям. Обитает преимущественно в литорали как северных, так и южных морей.

Род анфельция (Ahnfeltia) (см. рис. 30, е) имеет вид грубых, на ощупь хрящеватых кустиков высотой 10-15 см. Они состоят из сильно ветвящихся нитей темно-фиолетового, почти черного цвета. Обитает в сублиторали наших северных и дальневосточных морей.

Род филлофора (Phyllophora) (см. рис. 30, ж) представлен талломом, состоящим из сильно разветвленных, неправильной формы узких пластинок темно-красного цвета. Черешок разветвленный, с помощью подошвы прикрепляется к грунту. Некоторые виды филлофоры имеют ясно выраженную срединную жилку. Длина таллома колеблется от 15 до 50 см. Встречаются как прикрепленные, так и свободно лежащие на дне формы. Обитает на глубине 40—60 м.

Род литотамнион (Lithothamnion) (см. рис. 30, з) имеет таллом, пропитанный известью, корковидный, бугристый или шарообразный, состоящий из отдельных ветвей. Обитатель сублиторали, широко распространен в северных морях.

Вопросы

1. Какие пигменты определяют окраску бурых водорослей?
2. Дайте характеристику различных представителей бурых водорослей.
3. Перечислите области обитания бурых водорослей.
4. Каково значение бурых водорослей?
5. Какой пигмент определяет окраску красных водорослей?
6. Дайте характеристику красных водорослей.
7. Назовите места обитания и распространения некоторых массовых представителей красных водорослей.

Занятие 11

ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ

Материал. Набор макрофитов, относящихся к разным экологическим группам - живых, фиксированных, гербарных экземпляров.

Оборудование. Препаровальная или ручная лупа, бритва, пинцеты, препаровальные иглы, кюветы. Таблицы с изображением растений.

Задание. Пользуясь фиксированным и живым материалом, гербарием, познакомиться с представителями разных экологических групп. По приведенным в работе определи-

тельными таблицами и рисунками установить систематическую принадлежность рассматриваемых растений. Зарисовать их общий вид и некоторые детали строения - форму стебля, листьев, соцветия и др. В характеристике указать места обитания.

Совокупность прибрежно-водных растений называют макрофитами. К ним относятся не только высшие растения (цветковые, папоротники, хвощи, мхи), но и харовые водоросли, которые по своей морфологии и другим признакам примыкают к высшим растениям.

Прибрежно-водные растения можно разделить на следующие основные экологические группы: 1) воздушно-водные растения, 2) растения плавающие и с плавающими листьями; 3) погруженные растения. В последних двух группах можно выделить подгруппы - растения прикрепленные и свободно плавающие. Помимо приведенной классификации, существуют и другие, которые также основываются на экологических признаках, степени связи растений с водной средой.

Из большого разнообразия водных растений в данной работе рассматриваются лишь те, которые являются постоянными и массовыми представителями флоры пресных водоемов — прудов, озер, водохранилищ, рек. При характеристике растений приводится в первую очередь строение стеблей и листьев, реже корней и цветков, так как добыть корневую систему растения не всегда легко, а цветки можно рассмотреть только в период цветения растения. Большинство водных растений — многолетние формы, однолетних сравнительно немного. Цветение и образование плодов у преобладающего числа видов происходит над водой. Растений, у которых цветы и плоды развиваются под водой, немного.

1. Растения погруженные. Растения, относящиеся к этой группе, за исключением нескольких родов, укореняются в грунте. Листья у них подводные. Соцветия во время цветения поднимаются над водой. Все описываемые ниже растения - многолетние формы.

Рдест блестящий (*Potamogeton lucens*) (см. рис. 31, а). Крупное растение, длина стебля до 3 м. Все листья подводные на коротких черешках, ланцетовидные, на верхушке приостренные, по краям волнистые. Средняя жилка выдается, боковые жилки образуют сложную сеть. Обитает в различных водоемах, иногда на сильном течении. Распространен до глубины 2—3 м.

Рдест стеблеобъемлющий пронзеннолистный (*P. perfoliatus*) (см. рис. 31, б). Листья округлые или продолговато-яйцевидные со стеблеобъемлющим основанием, на верхушке тупые, все подводные. Длина стебля до 1 м. Обитает там же, где и рдест блестящий. Нередко образует густые заросли.

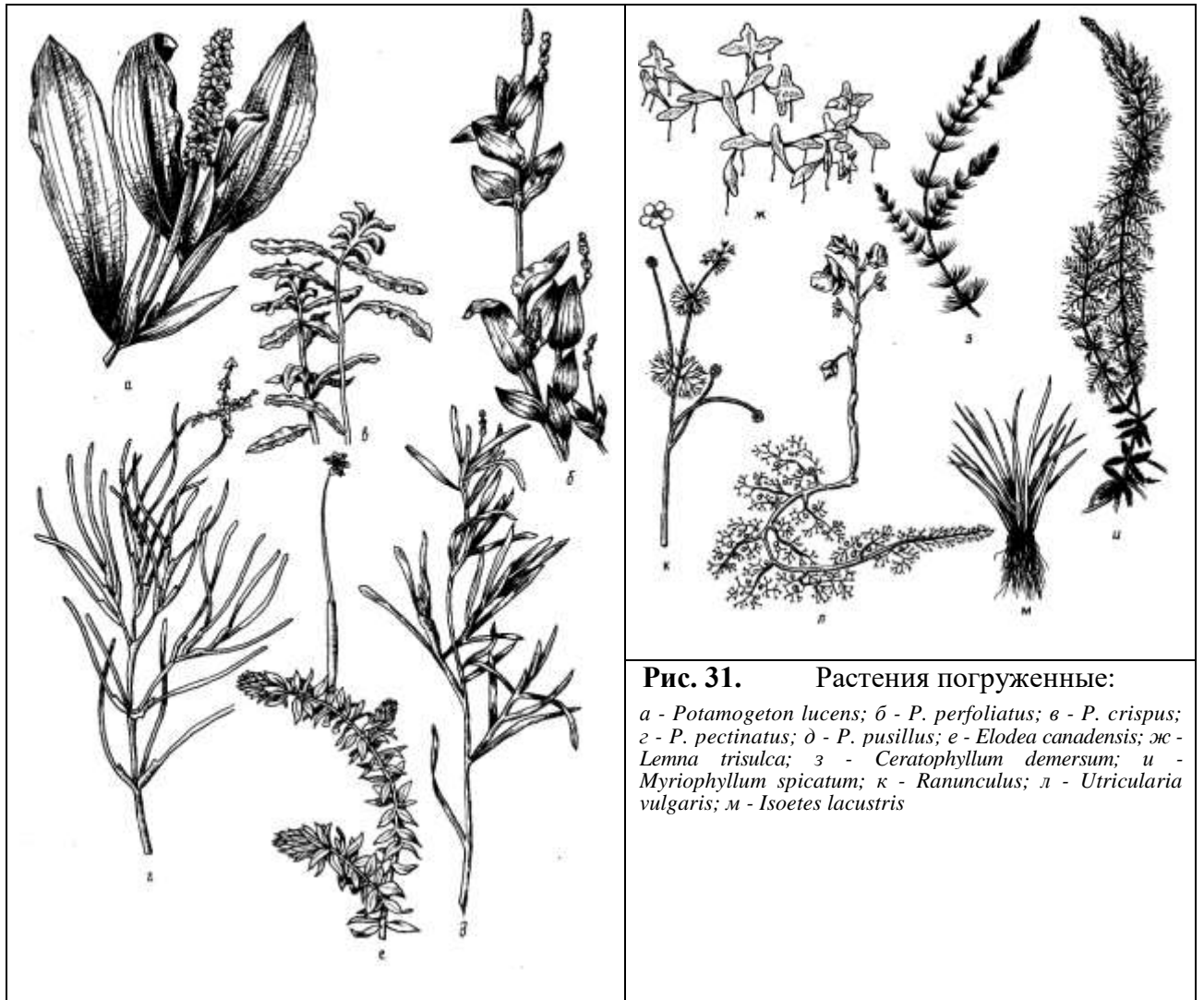


Рис. 31. Растения погруженные:

a - *Potamogeton lucens*; *б* - *P. perfoliatus*; *в* - *P. crispus*; *г* - *P. pectinatus*; *д* - *P. pusillus*; *е* - *Elodea canadensis*; *ж* - *Lemna trisulca*; *з* - *Ceratophyllum demersum*; *и* - *Myriophyllum spicatum*; *к* - *Ranunculus*; *л* - *Utricularia vulgaris*; *м* - *Isoetes lacustris*

Рдест курчавый (*P. crispus*) (см. рис. 31, *в*). Все листья подводные длиной 4—9 см, линейно-ланцетные, волнистые, по краям зазубренные. Обитает в водоемах разного типа; в реках иногда развивается на сильном течении.

Рдест гребенчатый (*P. pectinatus*) (см. рис. 31, *г*). Стебель прямой, вверху сильноветвистый. Ветви нитевидные, густо усаженные подводными листьями. Нижние листья узколинейные, длинные, верхние короче, щетинковидные. Длина стебля 50—300 см. Обитает в водоемах разного типа с пресной и солоноватой водой. Нередко образует мощные заросли.

Рдест маленький (*P. pusillus*) (см. рис. 31, *д*). Стебель прямой, тонкий. Листья узкие, линейные, на верхушке тупые, с тремя жилками, из которых средняя коричневатого цвета. Обитает на небольших глубинах, у берегов, в водоемах разного типа.

Взморник морской (*Zostera marina*). Стебли крепкие, плоские, ветвистые. Листья длинные, линейные, на верхушке округлые или коротко заостренные. Распространен в морях на песчаном илистом дне, нередко в дельтах рек.

Элодея канадская (*Elodea canadensis*) (см. рис. 31, *е*). Стебель длинный, с многочисленными мелкими листьями яйцевидной формы, ломкий, стелется по дну (укореняется) или взвешен в толще воды. Размножается очень быстро частями стеблей. Обитает в водоемах разного типа, иногда на значительной глубине. Служит пищей многим рыбам (плотва, карп, белый амур) и беспозвоночным.

Ряска тройчатая (*Lemna trisulca*) (см. рис. 31, *ж*). Маленькое растение, свободно плавающее в толще воды. Состоит из плоских, обычно ланцетовидных пластинок

— это видоизмененные стебли, их верхушки зазубрены. От этих стебельков свисают корешки. У взрослых особей наблюдается соединение пластинок друг с другом, в результате чего образуются группы. Встречается во всех типах водоемов, образуя нередко огромные скопления, особенно в небольших водоемах — прудах, канавах.

Роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*) (см. рис. 31, з). Стебли тонкие, членистые, ломкие, в верхней части сильно ветвящиеся. Листья вильчато-раздельные. Растение свободно плавает в толще воды или у дна, иногда укрепляется в грунте. Обитает в водоемах разного типа.

Род уруть (*Myriophyllum*) (см. рис. 31, и). Представители этого рода имеют перистораздельные листья с нитевидными долями. На стебле они располагаются мутовками — по 4—6 в мутовке.

Распространена уруть в водоемах разного типа — до болот включительно. При обсыхании водоемов на влажных местах дает наземные формы.

Род водяной лютик (*Ranunculus*) (см. рис. 31, к). Стебель разной длины. Листья веерообразные, мелко рассеченные на нитевидные доли. Цветки белые. Обитает в водоемах разного типа. При обсыхании водоемов на влажных местах дает наземные формы.

Пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris*) (см. рис. 31, л). Стебли длинные, ветвистые; многочисленные сидячие крупные листья, многократно перистораздельные, с волосовидными долями и многочисленными ловчими пузырьками. Корень не развит, поэтому стебли свободно плавающие или лежащие, цветки желтые. Пузырчатки обитают в зарастающих озерах, их заливах, водохранилищах, заводях рек, болотах. Пищу утрикулярии обычно составляет мелкий зоопланктон (*Cladocera*, *Copepoda*), который захватывается ловчими пузырьками.

Полушник озерный (*Isoetes lacustris*) (см. рис. 31, м). Высота растения 5—20 см. Стебель короткий, клубневидный. Листья многочисленные, шиловидные, прямые, отходят от стебля пучком вверх. Обитатель дна олиготрофных озер, распространен до глубины 2—3 м и более, обычно на песчаном грунте. Часто образует обширные заросли.

2. Растения плавающие и с плавающими листьями. Многие представители этой группировки имеют листья как плавающие, так и подводные. Форма их различна. Наряду с растениями, укореняющимися в грунте, некоторые лишены корня и свободно плавают на поверхности воды. Все описываемые растения, за исключением сальвинии и водяного ореха, - многолетние формы.

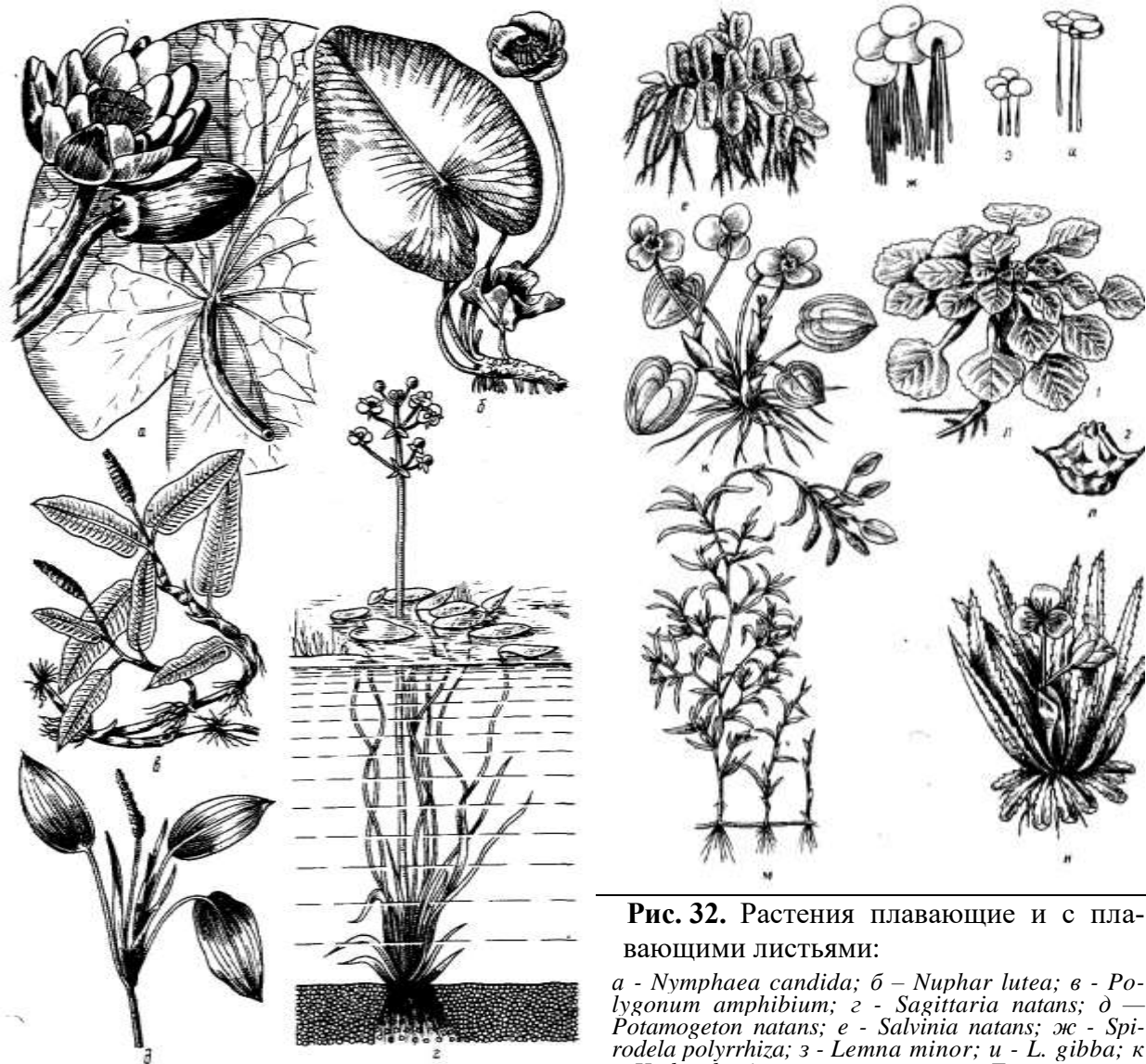


Рис. 32. Растения плавающие и с плавающими листьями:

a - *Nymphaea candida*; *б* - *Nuphar lutea*; *в* - *Polygonum amphibium*; *г* - *Sagittaria natans*; *д* - *Potamogeton natans*; *е* - *Salvinia natans*; *ж* - *Spirodela polyrrhiza*; *з* - *Lemna minor*; *и* - *L. gibba*; *к* - *Hydrocharis morsus ranae*; *л* - *Trapa natans*: 1 - общий вид, 2 - плод; *м* - *Potamogeton gramineus*; *н* - *Stratiotes aloides*

Кувшинка (*Nymphaea*) (см. рис. 32, *a*). Крупные бесстебельные растения с толстым корневищем. Подводные листья немногочисленны, на коротких черешках, тонкие, прозрачные, волнистые. Плавающие листья на длинных круглых черешках, крупные, округло-овальные, толстые, сверху темно-зеленые, снизу красноватые, достигают в поперечнике 10—30 см. Цветки белые на длинных круглых цветоносах, плавают на поверхности воды. Кувшинки обитают в небольших озерах, заливах озер и водохранилищах, в речках с тихим течением, преимущественно на илистых грунтах, до глубины 2—2,5 м.

Кубышка желтая (*Nuphar lutea*) (см. рис. 32, *б*). Крупное растение с мощным корневищем. Подводные листья многочисленны, расположены на коротких черешках, полупрозрачные, тонкие, с волнистыми краями. Плавающие листья на длинных, толстых черешках, крупные, имеют вид сердцевидно-овальной, сверху закругленной, а в основании глубоко вырезанной кожистой зеленой пластинки. Цветки на длинных толстых цветоносах, крупные, одиночные, желтого цвета.

Кубышка — обитатель стоячих водоемов и рек с тихим течением. Распространена на илах до глубины 1,5—2 м.

Водяная гречиха (*Polygonum amphibium*) (см. рис. 32, в). Стебель прямой, простой, реже слабо ветвящийся. Плавающие листья на длинных черешках, удлинённые, треугольные, цельнокрайние, на концах тупые. Цветки мелкие, розовые в колосовидных соцветиях. В водоемах разного типа распространена до глубины 1—2 м, реже глубже. Нередко образует большие заросли. При обмелении и высыхании водоемов дает надземную форму с прямостоящим стеблем.

Стрелолист плавающий (*Sagittaria natans*) (см. рис. 32, з). Крупные растения. Погруженные листья линейные, заостренные. Листья плавающие на длинных тонких черешках, линейно-ланцетные или продолговатые, заостренные, у основания часто сердцевидно-стреловидные. Обитает в озерах и реках до глубины 1—1,5 м.

Рдест плавающий (*Potamogeton natans*) (см. рис. 32, д). Стебель толстый, сверху слабоветвистый. Листья плавающие на длинных черешках, крупные зеленые или коричневатые, эллиптические или продолговатые. Погруженные листья (если имеются) длинные, узкие, малопрозрачные. Обитает в небольших водоемах, в заливах больших озер, в речках с тихим течением до глубины 2—2,5 м, редко глубже.

Сальвиния плавающая (*Salvinia natans*) (см. рис. 32, е) — однолетнее небольшое, свободно плавающее на поверхности воды растение. Корень отсутствует. Листья подводные и плавающие, собраны по три в мутовке. Подводные листья рассечены на нитевидные доли с волосками, спускаются от стебля вниз и похожи на корешки. Плавающие листья имеют форму овальной пластинки. Сверху она зеленая, бородавчатая, снизу с густыми бурными волосками. Пластинки сидят по две в узлах стебля. В водоемах разного типа обитает у берегов и среди зарослей крупных растений. Распространена в южных районах.

К небольшим плавающим растениям относятся представители сем. рясковых (*Lemnaceae*).

Многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza*) (см. рис. 32, ж). Листовые пластинки округлые или обратнойцевидные, толстоватые, плоские, сверху зеленые, снизу красновато-фиолетовые с пучком водных корешков. Образуют группы из 3—5 пластинок. Цветут редко. Размножаются делением.

Ряска маленькая (*Lemna minor*) (см. рис. 32, з). Листовые пластинки эллиптические, с верхней стороны слабовыпуклые, с выдающимся горбовидным шипиком, образуют группы из 3—6 пластинок. Водный корешок один. Цветет редко. Размножается делением.

Ряска горбатая (*Lemna gibba*) (см. рис. 32, и). Листовые пластинки округло- или обратнойцевидные, сверху слабокилеватые с небольшим шипиком или без него. Снизу шарообразно выпуклые, с одним водным корешком.

Все рясковые являются обитателями прудов, небольших озер, заливов, водохранилищ, речек с тихим течением, развиваются у берегов и среди зарослей крупных растений. При большом скоплении полностью покрывают поверхность воды.

Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus ranae*) (см. рис. 32, к). Стебель плавающий у поверхности воды, шнуровидный, с пучками мясистых беловато-зеленых водных корней. На мелких местах они иногда бывают нижними концами погружены в грунт. Листья плавающие, на длинных черешках, небольшие, округлые, с сердцевидным основанием. Цветки крупные, белые. Осенью на концах стеблей образуются зимующие почки, опадающие на дно водоема. Весной из них развиваются молодые растения.

В мелководных бассейнах образуют иногда большие скопления, покрывающие поверхность воды.

Водяной орех плавающий (*Trapa natans*) (см. рис. 32, л). Однолетнее крупное растение с пучками длинных нитевидных корней для прикрепления к субстрату. Длин-

ный, тонкий, разветвленный стебель на верхушке имеет розетку из плавающих округло-ромбовидных листьев. Подводные листья линейные или нитевидные. Цветки мелкие, бело-розовые. Крупные плоды черно-бурые, четырехрогие. Распространен в стоячих и медленно текущих водах на глубинах до 2,5—3 м.

Рдест травяной (*Potamogeton gramineus*) (см. рис. 32, м). Крупное растение. Стебли тонкие, сильноветвистые. Листья подводные и плавающие. Подводные листья многочисленные, тонкие, прозрачные, ланцетовидные, плоские. Плавающие листья — эллиптические, тонкокожистые, иногда отсутствуют. Обитает обычно в озерах на песчаных и галечно-песчаных грунтах до глубины 1—1,5 м. При обмелении и высыхании прибрежных участков дает наземную форму с кожистыми листьями.

Телорез обыкновенный (*Stratiotes aloides*) (см. рис. 32, н). Крупное растение. В теплое время года во время цветения плавает у поверхности воды, в холодное время погружается в воду. Корни шнуровидные, на мелких местах могут погружаться в грунт. Стебель укороченный, толстый, мясистый. Листья многочисленные, узкие, удлиненные, поднимающиеся вверх, собранные в воронкообразную розетку, края их снабжены зубцами. Цветки крупные, белые. Распространен в небольших стоячих водоемах, в речках с тихим течением. Нередко образует огромные заросли.

3. Растения воздушно-водные. Растения лишь частично погружены в воду. Над ее поверхностью поднимаются стебли, листья, цветки. Подводные листья имеют не все представители воздушно-водных растений. Все они укореняются в грунте длинными мощными корневищами и многочисленными придаточными корнями.

Полный цикл развития этих растений может проходить как в воде, так и на влажных берегах водоемов. Все рассматриваемые здесь виды — многолетние формы.

Хвощ речной (*Equisetum fluviatile*). Невысокое споровое растение. Стебель прямостоячий, членистый, с полостью внутри. У сочленений стебля находятся зубцы — видоизмененные листья. Снизу они черные или красноватые, сверху — бледно-зеленые. На конце стебля располагается колос, содержащий споры. Развивается в прибрежной области до глубины 0,75 м. На разных грунтах образует густые заросли.

Камыш озерный (*Scirpus lacustris*) (см. рис. 33, а). Крупное растение высотой более 3 м с многочисленными длинными корнями. Стебли прямые, гладкие, лишенные листьев. Иногда развиваются подводные листья, сохраняющиеся, однако, недолго. На верхушке стебля располагается соцветие. Колоски собраны в метелки. Растет в стоячих водоемах на разных грунтах до глубины 1,5—2 м. Способствует быстрому зарастанию водоемов.

Частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*) (см. рис. 33, б). Стебель прямой, безлистный. Листья подводные и воздушные. Подводные листья лентовидные, тонкие. Воздушные листья — прикорневые на длинных черешках, округлые или эллиптические. Соцветие располагается на конце стебля. Цветки многочисленные, розовые. Обитает в небольших стоячих водоемах, на влажных берегах и в воде до глубины 0,5 м.

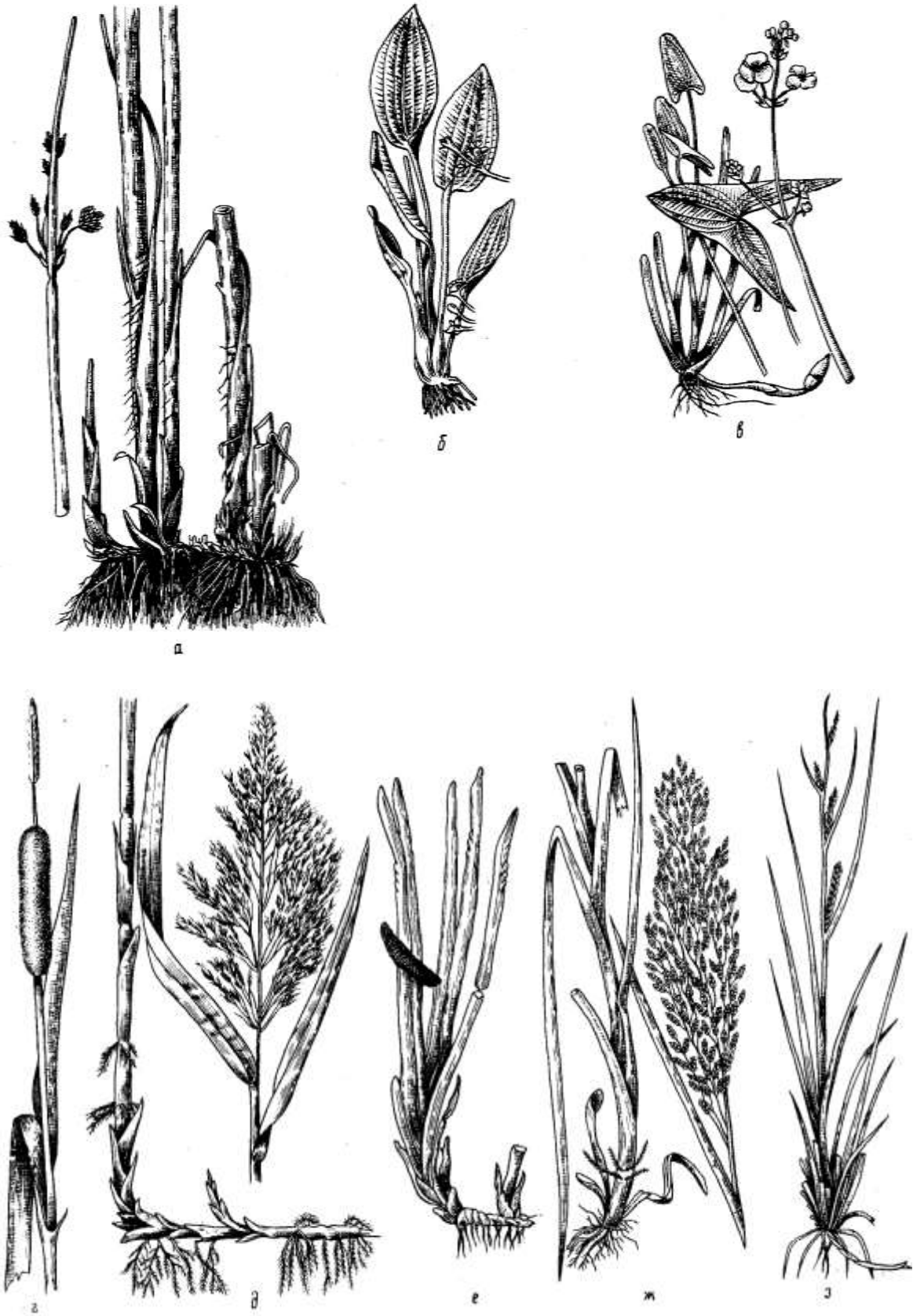


Рис. 33. Растения воздушно-водные:

a — *Scirpus lacustris*; *б* — *Alisma plantago-aquatica*; *в* — *Sagittaria sagittifolia*; *г* — *Thypha latifolia*; *д* — *Phragmites australis*; *е* — *Acorus calamus*; *ж* — *Glyceria maxima*; *з* — *Carex acuta*

Стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia*) (см. рис. 33, в). Стебель простой, безлистный. Листья прикорневые, неоднородные: воздушные — на длинных черешках, со стреловидно-треугольной пластинкой и расходящимися лопастями; плавающие - длинночерешковые с ланцетной пластинкой; подводные - сидячие, линейные, прозрачные, с параллельными жилками. Часто подводные и плавающие листья отсутствуют. Цветки белые, небольшие, с темно-фиолетовым основанием. Распространен на разных грунтах в озерах, водохранилищах, речных заводях до глубины 0,5 м.

Рогоз (*Typha latifolia*) (см. рис. 33, г). Крупные растения с многочисленными корнями. Стебли прямые, цилиндрические. Многочисленные листья отходят от основания стеблей, имеют линейную форму, длиной более 1 м. Соцветия крупные, цилиндрические, в верхней части тонкие, с мужскими цветками, после цветения быстро опадающими; в нижней части утолщенные, с женскими цветками, бархатистые, темно-бурого цвета, с долго сохраняющимися плодами. Распространен в прибрежной части озер, водохранилищ, в заболачивающихся водоемах до глубины 1,5-2 м.

Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*). Крупное растение. Стебли без листьев, цилиндрические. Листья прикорневые, у основания трехгранные, с желобком, кверху линейные. Соцветия на верхушке стебля, зонтиковидные, цветки розовые. Обитает в стоячих водоемах на глубине до 1 м, на разных грунтах.

Аир (*Acorus calamus*) (см. рис. 33, е). Крупное невысокое растение с многочисленными корнями. Стебли ребристые. Листья длиной до 1 м, линейные или мечевидные. Соцветия в виде цилиндрического початка длиной до 8 см, отклоненного вбок. Корневище длиной до 3 м, ползучее, сильно ветвящееся, богатое эфирными маслами. Экстракты и настои широко применяются в медицине как противохолерное, желудочное, успокаивающее средство. Прибрежное растение.

Тростник обыкновенный (*Phragmites australis* — *Ph. communis*) (см. рис. 33, д). Крупное растение длиной до 250 см. Стебли прямые, полые, гладкие, доверху покрытые серо-зелеными, линейно-ланцетными, плоскими, заостренными, по краям острошероховатыми листьями. Соцветие имеет вид пушистой метелки, состоящей из колосков фиолетового цвета. Обитает в пресных и солоноватых водоемах. Опускается до глубины 3 м и более. Растет также на болотах и влажной земле.

Манник большой (*Glyceria maxima*) (см. рис. 33, ж). Стебель прямой, гладкий. Листья лентовидно-линейные, широкие, на верхушке заостренные. Соцветие имеет вид крупной овальной метелки длиной до 35 см. Колоски, ее составляющие, зеленоватые, позднее буроватые или фиолетовые. Длина стеблей до 200 см. Обитает в водоемах разного типа до глубины 1,5 м. Образует обширные густые заросли.

Осоки (*Carex*) (см. рис. 33, з). Растения длиной от 30 до 100 см. Стебель прямой, гладкий, трехгранный. Листья плоские или желобчатые, с верхней стороны матовые, сизо-зеленые, снизу желто-зеленые, блестящие, по краям шероховатые. Соцветия удлиненные, в виде 4—6 колосков коричневого цвета.

Обитают на сырых берегах и в воде на небольших глубинах, а также на болотах.

Вопросы

1. На какие основные экологические группы подразделяются макрофиты?
2. Каковы основные черты биологии погруженных растений? Дайте характеристику этой группы.
3. Какова характеристика представителей группы растений плавающих и с плавающими листьями?
4. Каковы основные черты биологии воздушно-водных растений?
5. Дайте характеристику представителей воздушно-водных растений.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Материал. 1. При определении продукции макрофитов - набор фиксированных или живых макрофитов, относящихся к той или другой экологической группировке.

2. При определении продукции личинок хирономид методом Боруцкого - 2 пробы фиксированных личинок хирономид (*Chironomus plumosus*, *Glyptotendipes*), взятых в водоеме с интервалом 2 недели или 1 мес.

Оборудование. 1. Технические весы, кюветы, пинцеты, фильтровальная бумага. 2. Микроскоп или бинокляр, чашки Петри, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, линейка, аналитические или торсионные весы, фильтровальная бумага.

Задание. 1. Рассчитать годовую продукцию одного из представителей макрофитов в следующей последовательности: 1) определить растение и установить, к какой экологической группировке оно относится; 2) по данным о фитомассе растения и площади зарослей (приводимых в задании) рассчитать годовую продукцию растения, пользуясь формулами. Работу ведут группами по 2 — 3 человека.

2. Определить продукцию личинок из семейства *Chironomidae* (*Chironomus*, *Glyptotendipes* и др.) в следующей последовательности: в 2 пробах бентоса, взятых с интервалом в 2 нед или 1 мес: 1) определить видовую принадлежность личинок хирономид, зарисовать детали их строения; 2) измерить личинок отдельно по пробам, с тем чтобы распределить их по стадиям; 3) подсчитать и взвесить личинок каждой возрастной стадии (раздельно по пробам); 4) определить численность и биомассу личинок; 5) вычислить продукцию личинок хирономид за период наблюдений. Работу ведут группами по 2—3 человека.

В результате роста и размножения организмов происходит постоянное образование органического вещества, т. е. увеличение их биомассы. Все производимое гидробионтами органическое вещество называется продукцией (Р), выражаемой в единицах массы или эквивалентных им единицах энергии и рассчитываемой на единицу времени (сутки, месяц, год). Различают первичную и вторичную продукцию.

Под **первичной продукцией** понимают органическое вещество, создаваемое фотосинтезирующими растениями.

Вторичную продукцию образуют животные, питающиеся растениями или другими животными.

При определении величины продукции пользуются двумя группами методов: расчетными и прямыми.

При расчетных методах применяют различные сочетания таких данных, как скорость роста и размножения организмов, возрастная структура популяций, динамика численности и биомассы и др. Основываясь на этих исходных данных, рассчитывают продукцию. Продукционные исследования, основанные на расчетных методах, требуют знания многих параметров, кропотливого сбора различных данных и сложных расчетов. Достоинством этих методов является возможность оценки роли в продукционном процессе отдельных видов, составляющих сообщество.

Прямые методы относительно просты. Суть их — в непосредственном измерении скорости синтеза органических веществ. Эти методы используют в настоящее вре-

мя только при изучении первичной продукции. Расчетные методы применяют для определения продукции животных, обычно по видовым популяциям.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Фитопланктон. Мерой величины продукции фитопланктона служит скорость образования органического вещества в процессе фотосинтеза. Одновременно с фотосинтезом происходит дыхание растений, в процессе которого органическое вещество разрушается, потребляется кислород и выделяется углекислота (диоксид углерода). В темноте фотосинтез прекращается, т. е. не происходит поглощения диоксида углерода, выделения свободного кислорода и образования органического вещества. Дыхание продолжается и в темноте, с той же скоростью, что и на свету. Поэтому путем сравнения результатов двух процессов жизнедеятельности водных организмов — фотосинтеза и дыхания в дневное и ночное время - можно получить представление о величине первичной продукции.

Различают *валовую и чистую первичную продукцию*. Под *валовой* первичной продукцией понимают все органическое вещество, образующееся в процессе фотосинтеза.

Чистая продукция равна валовой за вычетом той ее части, которая расходуется на дыхание растений.

Интенсивность фотосинтеза учитывается или по количеству выделенного кислорода, или по количеству синтезированного органического вещества (углерода). На основе этих показателей разработаны два основных метода, которыми пользуются при изучении первичной продукции, — кислородный и радиоуглеродный. Мы остановимся на описании первого из них, отличающегося простотой и удобством применения в полевых условиях. В изучаемом водоеме батометром берут с разных горизонтов воду. Ее разливают в светлые и темные склянки с притертыми пробками. Объем склянок в зависимости от степени развития фитопланктона колеблется от 60 до 500 мл. Если в эвтрофных водоемах пользуются склянками объемом 60—100 мл, то в олиготрофных озерах соответственно склянками объемом 250—500 мл. "Темнота" в склянках достигается обертыванием их фольгой, клеенкой, черной плотной материей, можно пользоваться и мешочками с плотными швами из такого же материала.

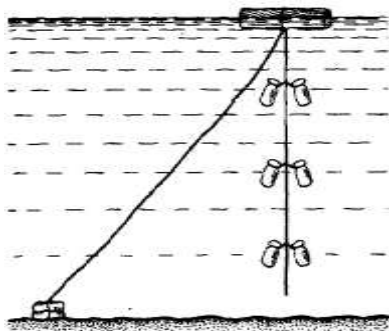


Рис. 34. Схема установки склянок для определения величины фотосинтеза и дыхания растений в воде

фитопланктона, экспонирование склянок не должно превышать 2—6 ч.

Если работа ведется на судне, длительная стоянка которого невозможна, склянки помещают в инкубатор, где для освещения используют солнечный или искусственный

С помощью различных приспособлений (штативы, кольца и др.) склянки подвешивают на тросе на соответствующих глубинах (рис. 32). Продолжительность пребывания склянок в водоеме обычно равна 24 ч. При этом учитывается то, что на протяжении суток начинаются и заканчиваются циклические изменения освещения и других условий. Однако при сильном "цветении", когда в результате интенсивного фотосинтеза резко подщелачивается среда, уменьшается содержание биогенных элементов и происходят другие изменения, вызывающие замедление фотосинтетической деятельности фи-

свет и применяют различные приспособления для регулирования температуры и освещенности.

Разница в содержании кислорода в светлых и темных склянках после экспозиции показывает величину фотосинтеза фитопланктона. Порядок проведения работы по определению первичной продукции на водоеме следующий.

1. В месте отбора проб измеряют прозрачность воды белым диском и определяют границу фотического (светового) слоя. Принимают, что граница его соответствует утроенной глубине прозрачности по белому диску (пиранометр позволяет точно определить границу фотического слоя - это глубина, куда проникает 1 % поверхностной солнечной радиации). В пределах фотической зоны определяют глубины, на которых помещают склянки. Обычно берут 5-7 горизонтов. Например, в водоемах с относительной прозрачностью около 2 м такими глубинами являются 0; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 м. Более частое расположение первых горизонтов обусловлено необходимостью зафиксировать максимум фотосинтеза, который находится в верхней части фотической зоны, задерживающей около половины проникающего света.

2. Пробы берут батометрами объемом 1 л или более. Из них немедленно заполняют склянки со всеми предосторожностями, необходимыми при анализе кислорода (трубка сифона должна быть опущена до дна склянки; часть воды переливается через край; необходимо следить за тем, чтобы под пробкой не осталось пузырька воздуха). Для каждого горизонта заполняют 5 склянок. В одной склянке кислород фиксируют сразу. Остальные склянки — две светлые и две темные — экспонируют. После экспозиции в течение установленного времени (24 ч или другой период) все пробы фиксируют для определения содержания кислорода методом Винклера. При этом удобно титровать не все содержимое склянки, а некоторый объем, отбираемый пипеткой. При этом способе возможно повторное титрование и нет необходимости в точной калибровке склянок.

3. Разница между содержанием кислорода в исходной воде в момент заполнения склянок и его содержанием по истечении экспозиции в затемненной склянке соответствует потреблению кислорода на окисление органического вещества. Разность между содержанием кислорода в светлой и затемненной склянках после экспозиции показывает величину фотосинтеза фитопланктона. Количество кислорода ($\text{мг O}_2/\text{л}$), растворенного в воде, рассчитывают по формуле:

$$O_2 = \frac{nNK \cdot 8 \cdot 1000}{V - 2},$$

где n — количество тиосульфата, пошедшего на титрование; N - нормальность тиосульфата; K - поправка на нормальность тиосульфата; 8 - эквивалентная масса O_2 ; V — объем титрованной пробы; 2 - количество утерянной пробы (при титровании всего объема склянки); 1000 - пересчет на 1 л пробы.

Поправочный коэффициент K нормальности тиосульфата ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) определяют следующим образом:

В коническую колбу объемом 100—150 мл добавляют 10 мл 10%-го йодистого калия (KI), 35—50 мл дистиллированной воды, 15 мл 0,02н $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и 10 мл HCl, тщательно перемешивают и дают постоять в течение 2—3 мин. Затем раствор титруют тиосульфатом до соломенно-желтой окраски, добавляют 1 мл раствора крахмала и титруют до полного обесцвечивания. Поправочный коэффициент на нормальность тиосульфата рассчитывают по формуле

$$K = \frac{V_{1\text{KI}Cr_2O_7}}{V_{2\text{Na}_2S_2O_3}},$$

где V_1 и V_2 соответственно объемы тиосульфата и двухромовокислого калия.

Поправочный коэффициент следует рассчитывать перед каждой серией определений.

4. При расчете первичной продукции принимают следующие обозначения:

V_c^H - начальное содержание O_2 в склянке перед экспонированием; V_c — количество O_2 в светлой склянке после экспонирования; V_T — количество O_2 в темной склянке после экспонирования; t - время экспозиции в часах.

Первичную продукцию мг O_2 /л·ч. рассчитывают по следующим формулам:

$$\text{валовая продукция } P_{\text{вал}} = \frac{V_c - V_T}{t};$$

$$\text{чистая продукция } P_{\text{чист}} = \frac{V_c - V_c^H}{t};$$

$$\text{деструкция } D = \frac{V_c - V_T}{t}.$$

Высшая водная растительность. Продукцию высших водных растений устанавливают путем определения весовым методом их надземной растительной массы. Учет производится в период массового цветения растений, когда фитомасса оказывается максимальной для всего вегетационного периода. Ряд исследователей условно приравнивают эту максимальную величину к годовой продукции растений. Однако было установлено, что эти величины не всегда совпадают. У некоторых видов годовая продукция превышает максимальную фитомассу, а у других растений может быть меньше ее. Поэтому при определении продукции высших водных растений по максимальной фитомассе необходимо учитывать поправки, т. е. надбавку к найденной фитомассе в 10-20%.

Определение надземной фитомассы производится на учетных площадках площадью 0,25; 0,5; 1 м². Методика расчетов приведена в занятии 7.

Годовую продукцию высшей водной растительности выражают в единицах массы воздушно-сухого, абсолютно сухого, органического вещества, углерода (С) с единицы площади и в энергетических единицах. Годовую продукцию вычисляют по следующим формулам:

1) для надводных и погруженных растений

$$P = 1,2B_{\text{max}},$$

где P — годовая продукция; B_{max} — максимальная надземная фитомасса;

2) для растений с плавающими на поверхности листьями

$$P = 1,25B + Wn,$$

где P — годовая продукция; B — фитомасса; W — средняя масса листа; n — число мутовок, лишенных листьев.

За среднюю массу разрушающегося листа (поврежденного, гниющего) принимают среднюю массу неповрежденного листа.

При расчете годовой продукции макрофитов на водоем в целом обычно исходят из того, что вся масса, производимая растительностью водоема, целиком в нем остается. Это положение условно можно принять для растений погруженных и плавающих. При расчетах же растительной массы, вносимой воздушно-водными макрофитами, нужно

принимать во внимание, что известная ее часть изымается из водоема: выбрасывается на берег, остается на обмелевших участках в виде сухостоя, выкашивается. Однако учесть данное количество очень трудно, так как эти процессы в водоемах различных типов и различных климатических зонах развиваются неодинаково.

Расчет годовой продукции макрофитов

Средняя фитомасса по растительным группировкам: сырая, воздушно-сухая, абсолютно сухая	г/м ²	Масса абсолютно сухого вещества = = масса воздушно-сухого вещества × 0,93
Площадь зарослей	га	
Общая фитомасса (B): сырая, воздушно-сухая, абсолютно сухая	ц, т	
Общая фитопродукция (P): сырая, воздушно-сухая, абсолютно сухая	ц, т	$P=1,2B$ и $P= 12B + W_n$
Общая продукция органического вещества	ц, т	Процент органического вещества (от массы абсолютно сухого вещества): надводная растительность - 92, с плавающими листьями - 90, погруженная - 85

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Вторичную продукцию обычно рассчитывают на единицу площади или объема за те или иные сроки. Величина продукции выражается в единицах массы сырого, сухого вещества, в энергетических единицах или в количестве образующихся белков, жиров, углеводов.

Для определения вторичной продукции существует много различных методов, основанных на использовании данных о росте особей различного возраста и пола, возрастной структуре популяции, ее средней биомассе и др. Эти материалы могут быть получены в результате проведения длительных наблюдений на водоеме и экспериментов в лаборатории.

Все существующие методы расчета продукции можно сгруппировать в три основные схемы: 1) продукция оценивается как изменение наличной биомассы плюс биомасса, изъятая (элиминированная) за период наблюдений в результате различных процессов (естественная смертность, выедание другими животными, вылет имаго); 2) для расчета продукции используют данные по росту, размножению особей и возрастной структуре популяции; 3) для расчета используют данные по динамике численности популяции. Во избежание анализа роста особей и возрастной структуры для всех особей принимается некоторая средняя масса. Продукцию определяют по скорости размножения. Этот способ расчета наиболее часто используется для определения продукции бактерий и простейших, размножающихся делением надвое.

Ознакомимся с методом определения продукции личинок хирономид, разработанным Боруцким (1939) и дополненным в дальнейшем другими авторами (Яблонская, 1968; Соколова, 1968, 1973). Этот метод основан на первой из указанных выше схем.

Хирономиды в личиночной стадии представляют важнейшую часть бентоса внутренних водоемов. В европейской части России хирономид в течение вегетационного периода наблюдается два срока размножения и рождения молоди и соответственно наличие двух генераций (поколений). Первый вылет имаго перезимовавшего поколения и откладка яиц происходят в мае-июне. В водоемах появляется масса молоди, которая в последующие месяцы интенсивно растет. В конце июля — начале августа происходит окукливание и вылет имаго этого поколения. В конце августа или в начале сентября появляется молодь осеннего поколения. Таким образом, весь цикл развития хирономид

летом завершается в зависимости от метеорологических условий за 1—1,5 месяца. Цикл развития осеннего поколения растягивается на 8—9 месяцев. Хируномиды проходят 4 личиночные стадии, причем на первой ведут преимущественно планктонный образ жизни. Переход в следующую возрастную стадию совершается в результате линьки, но личинки растут и в межличинный период, благодаря чему их размеры в пределах каждой возрастной стадии сильно варьируют. Наиболее надежным критерием для различения возрастных стадий служит диаметр головной капсулы, который при линьке увеличивается скачкообразно в 1,6—1,8 раза. Ниже приведены изменения длины тела и диаметра головной капсулы у личинок *Chironomus plumosus* разных возрастных стадий (Яблонская, 1968).

Показатель	I стадия - пелагическая, после выхода из яйца	II стадия - после 1-й линьки	III стадия - после 2-й линьки	IV стадия - после 3-й линьки	Перед окукливанием
Продолжительность развития, сут	Около 1	5	7	20-21	3-4
Длина тела, мм	1,0-2,0	2,2-5,0	5,5-9,5	9,7-21,0	21,5-29,0 и более
Диаметр головной капсулы, мм	0,15	0,27	0,52	0,99	0,99

Для личинок, близких к окукливанию, характерна темно-красная окраска, грудной сегмент заметно утолщен. Для расчета продукции хируномид производится раздельный количественный учет всех фаз метаморфоза вида.

1. С помощью тщательных количественных сборов бентоса (дночерпателем) в водоеме устанавливают область распространения изучаемого вида. На разных глубинах и грунтах выбирают постоянные пункты (станции) для отбора проб.

2. Промежутки между повторными наблюдениями устанавливают в зависимости от сезонных особенностей биологии и местообитания вида. Чем короче жизненный цикл, тем чаще следует брать пробы: летом - еженедельно, весной и осенью - 2 раза в месяц, зимой - 2-3 раза. Необходимо отметить, что наибольший прирост массы наблюдается незадолго до окукливания, т. е. на последней личиночной стадии. Для расчета продукции необходимо тщательно учитывать этот период.

3. При анализе дночерпательных проб необходимо отдельно учитывать мертвых личинок и куколок; их легко отличить от живых особей по слабой эластичности покровов.

4. Количество вылетающих насекомых определяют с помощью различных ловушек. На рис. 35 показана ловушка конструкции Боруцкого. Она имеет вид пирамиды, сделанной из нержавеющей металлической сетки с широким открытым основанием площадью 0,1 м². К верхнему концу пирамиды прикрепляют металлическую трубку, на которую надевают стеклянную банку объемом 200—500 мл. Ловушки ставят в воду по несколько штук так, как показано на рис. 35. Ловушки помещают над дном, под поверхностью, а иногда на половине глубины изучаемого водоема. В банки наливают некоторое количество воды так, чтобы при опускании прибора направленная вверх часть банки сохранила воздух. Куколки, поднявшись через пирамиду в банку, превращаются в имаго. Установку для сбора насекомых осматривают не реже одного раза в два дня. Собранных имаго подсчитывают и взвешивают. В тех случаях, когда взвешивание имаго осуществить не удастся, для определения их биомассы пользуются массой личинок длиной более 21 мм, т. е. прошедших все линьки. Среднюю массу этих личинок умножают на количество учтенных имаго.

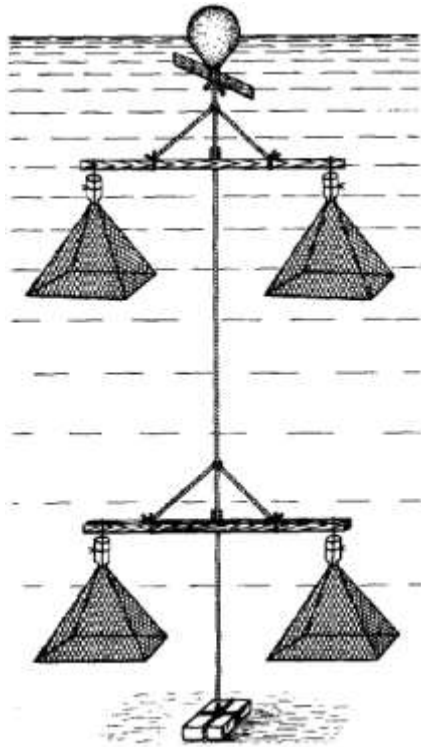


Рис. 35. Установка для учета вылетающих насекомых

5. Путем наблюдения за динамикой численности и биомассы популяции определяют момент ее максимальной численности при появлении нового поколения. Эту величину берут для начала расчетов, так как в дальнейшем происходит уменьшение численности личинок, увеличение их средней массы.

6. В каждой пробе личинок измеряют, подсчитывают по размерным группам и взвешивают на аналитических или торсионных весах. Параллельно с живой массой определяют массу сухого вещества (при температуре 60°C по достижении постоянной массы).

В результате обработки проб, собранных до вылета исследуемого поколения хирономид, рассчитывают общее количество мертвых личинок и куколок N_m , количество вылетевших имаго N_f и количество личинок, оставшихся к концу периода наблюдений N_r . Таким образом, численность личинок одного поколения, когда нет размножения, может быть пред-

ставлена следующим равенством:

$$N_{max} - N_r = N_m + N_i + N_f,$$

где N_{max} - начальное общее число личинок во время максимальной численности молодежи;

N_f - количество личинок, съеденных хищными беспозвоночными и рыбой.

Очевидно, что

$$N_f = N_{max} - (N_m + N_i - N_r).$$

7. Для перехода от численности к биомассе, а затем к расчету продукции пользуются данными средних масс личинок каждой возрастной стадии. Среднюю массу отмерших личинок (W_m) приравнивают к массе живых хирономид соответствующего размера. Массу личинок, уничтоженных различными бентофагами (W_f), определяют по средней массе личинок за весь рассматриваемый период, так как размеры и возрастные стадии съеденных личинок учету не поддаются. Средние массы личинок в начале (W_{max}) и в конце (W_r) наблюдений рассчитывают по данным непосредственного взвешивания личинок из собранных проб.

Определив средние массы личинок в исследуемых пробах, рассчитывают их биомассу: $B_l = WN$ и вычисляют продукцию по уравнению

$$P = B_m + B_i + B_f + B_d + (B_c - B_t),$$

где B_m - биомасса отмерших личинок и куколок; B_i - биомасса вылетевших имаго; B_f - биомасса съеденных личинок и куколок; B_d - потеря вещества при метаморфозе; она принимается равной 30-35 % массы личинок перед окукливанием; B_c - конечная и B_t - начальная биомасса.

Рассмотренный метод расчета продукции личинок хирономид может быть применен и для других групп насекомых в тех случаях, когда вид имеет небольшое число

хорошо различающихся поколений со сравнительно кратковременными периодами вылета и рождения молодежи.

Вопросы

1. Что такое продукция, в каких единицах она выражается, каковы ее категории?
2. Опишите методы определения продукции - расчетные и прямые.
3. Охарактеризуйте кислородный метод определения первичной продукции.
4. Дайте определение продукции макрофитов.
5. Опишите методы расчета вторичной продукции.
6. Охарактеризуйте метод Боруцкого для расчета продукции личинок хирономид.
7. Дайте характеристику циклов развития хирономид.
8. Каковы различия в морфологии разных личиночных стадий хирономид?

Занятие 13

ФЛОРА И ФАУНА РЕК

Материал. Пробы речного планктона. Набор моллюсков, ракообразных, насекомых и их личинок, относящихся к различным донным комплексам.

Оборудование. Микроскоп, бинокляр или препаровальная лупа, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, пипетки для взятия планктона, чашки Петри или кюветы.

Таблицы. 1. Некоторые представители бентоса рек. 2. *Daphiria pulex* (или *D. magna*) - самка (общий вид, детали строения) и самец.

Задание. 1. Определить качественный состав планктона. Для этого под микроскопом просмотреть несколько порций материала. Определить с помощью рисунков до рода водоросли (см. рис. 24-30), колوراتок (рис. 36), веслоногих ракообразных (см. рис. 12-14). Пользуясь определительной таблицей и рисунками (см. рис. 9, 37), определить до рода или вида ветвистоусых ракообразных. Зарисовать их общий вид, детали строения. Работу вести индивидуально.

2. Определить и зарисовать организмы, относящиеся к разным донным комплексам (см. рис. 38). Работу вести группами по 2 человека.

Флора и фауна больших рек характеризуется значительным видовым разнообразием. Это связано прежде всего с расчленением реки на различные по условиям обитания участки — верхний, средний и нижний. Для верхнего характерны относительная маловодность, значительная скорость течения, преобладание жестких грунтов. С переходом к среднему и нижнему участкам река становится многоводной за счет притоков, скорость течения уменьшается, осадки становятся разнообразными. Очень своеобразны по своему режиму области, образующиеся при впадении реки в озеро или море: дельты и эстуарии. Дельты образуются благодаря интенсивному осаждению взвесей, несомых речными водами. Дельта обычно имеет треугольную форму, вся поверхность ее пронизана сетью речных рукавов. Площадь этих обширных мелководных пространств может достигать многих сотен и даже тысяч квадратных километров. Эстуарий представляет собой узкий залив, образующийся при впадении реки в море. В этой области наблюдается значительное изменение солености, возрастающей по направлению к морю, происходит интенсивное перемешивание водных масс, вследствие разности их плотности происходит обогащение воды питательными веществами, необходимыми для

развития фитопланктона и фитобентоса. По этим причинам население эстуариев очень богато количественно. В населении эстуариев различают пресноводные, солоноватоводные и эвригалльные морские организмы.

Планктон. Основу его составляют организмы, выносимые в реку из стоячих водоемов. Однако течение оказывает неодинаковое влияние на различные группы планктона стоячих вод. Водоросли, размножающиеся преимущественно делением и пассивно увлекаемые потоком, не испытывают особого вреда от изменения условий существования и продолжают интенсивно размножаться. Из зоопланктона в относительно благоприятных условиях в реке находятся размножающиеся партеногенетически коловратки и ветвистоусые ракообразные. Однако у *Cladocera* минеральная взвесь засоряет их фильтрующий аппарат и таким образом нарушается процесс питания. Веслоногие ракообразные, у которых партеногенетическое размножение совершенно отсутствует, в наибольшей степени испытывают неблагоприятное влияние течения, так как оно затрудняет встречу самцов и самок. В результате воздействия течения происходит переработка планктона стоячих водоемов и формируется планктон рек, к наиболее характерным чертам которого относится преобладание в фитопланктоне диатомовых водорослей, в зоопланктоне - коловраток над ракообразными, а среди последних — ветвистоусых рачков над веслоногими. Однако по мере падения скорости течения в равнинных реках ракообразные начинают преобладать над коловратками. Количественно планктон рек наиболее беден зимой и в период половодья вследствие разбавления талыми водами, почти не содержащими организмов, за исключением бактерий. Максимум развития планктона обычно приходится на лето.

Назовем наиболее характерных представителей фито- и зоопланктона равнинных рек. Среди водорослей наибольшее значение имеют: из диатомовых — *Melosira* (см. рис. 29, з), *Asterionella* (см. рис. 29, з), *Cyclotella* (см. рис. 29, а), из зеленых — *Pediastrum* (см. рис. 27, е), *Scenedesmus* (см. рис. 27, д), из синезеленых — *Microcystis* (см. рис. 24, б), *Aphanizomenon* (см. рис. 24, е), *Anabaena* (см. рис. 24, з).

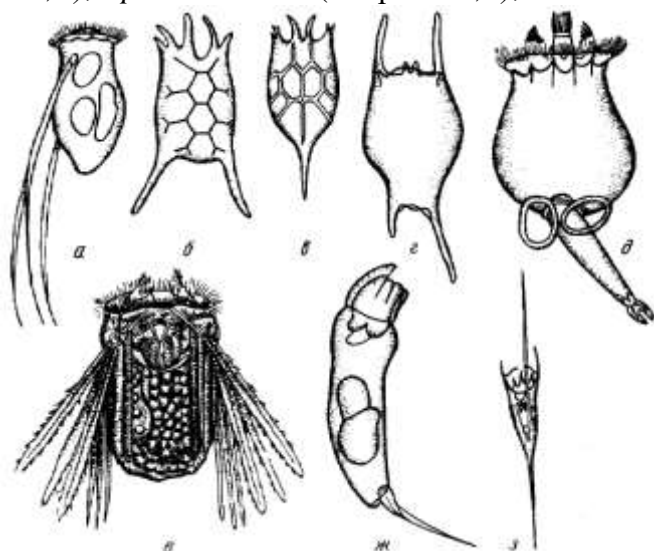


Рис. 36. Коловратки пресных вод:

а — *Filinia longiseta*; б — *Keratella quadrata*; в — *Keratella cochlearis*; г — *Schizocleica diversicornis*; д — *Brachionus urceus*; е — *Polyarthra trigla*; ж — *Trichocerca capucina*; з — *Kellicottia longispina*

жаброногие — *Branchiopoda*, отряд листоногие — *Phyllopoда*, подотряд ветвистоусые — *Cladocera*) характеризуются следующими основными признаками. Голова несет две пары усиков: первая пара — антеннулы (см. рис. 37, ж 2), обычно маленькие палочко-

В толще воды многочисленны коловратки из родов *Keratella* (см. рис. 36, б, в), *Asplanchna*, *Brachionus* (см. рис. 36, д), ветвистоусые рачки, представители родов *Daphnia* (см. рис. 37, ж, з), *Bosmina* (см. рис. 37, и), *Ceriodaphnia* (см. рис. 37, м), а из веслоногих — *Cyclops* (см. рис. 12) и *Diaptomus* (см. рис. 13).

Ниже приведена таблица для определения некоторых наиболее распространенных представителей пресноводных *Cladocera*.

Ветвистоусые ракообразные (класс ракообразных — *Crustacea*, подкласс

видные; вторая пара — антенны, хорошо развитые, двуветвистые членистые (см. рис. 37, ж, 3), за исключением р. *Holopedium*, имеющего одноветвистые антенны. Тело заключено в двустворчатую раковину. Лишь у представителей двух семейств - *Leptodoridae* и *Polyphemidae* — она редуцирована. Туловище несет 4—6 пар обычно листовидных ножек, скрытых под раковиной. Тело заканчивается так называемым постабдоменом (см. рис. 37, ж, 5). Конец его снабжен парой хвостовых или каудальных коготков (см. рис. 37, ж, 6). У представителей одних родов голова заканчивается клювиком-рострумом, у других она закруглена.

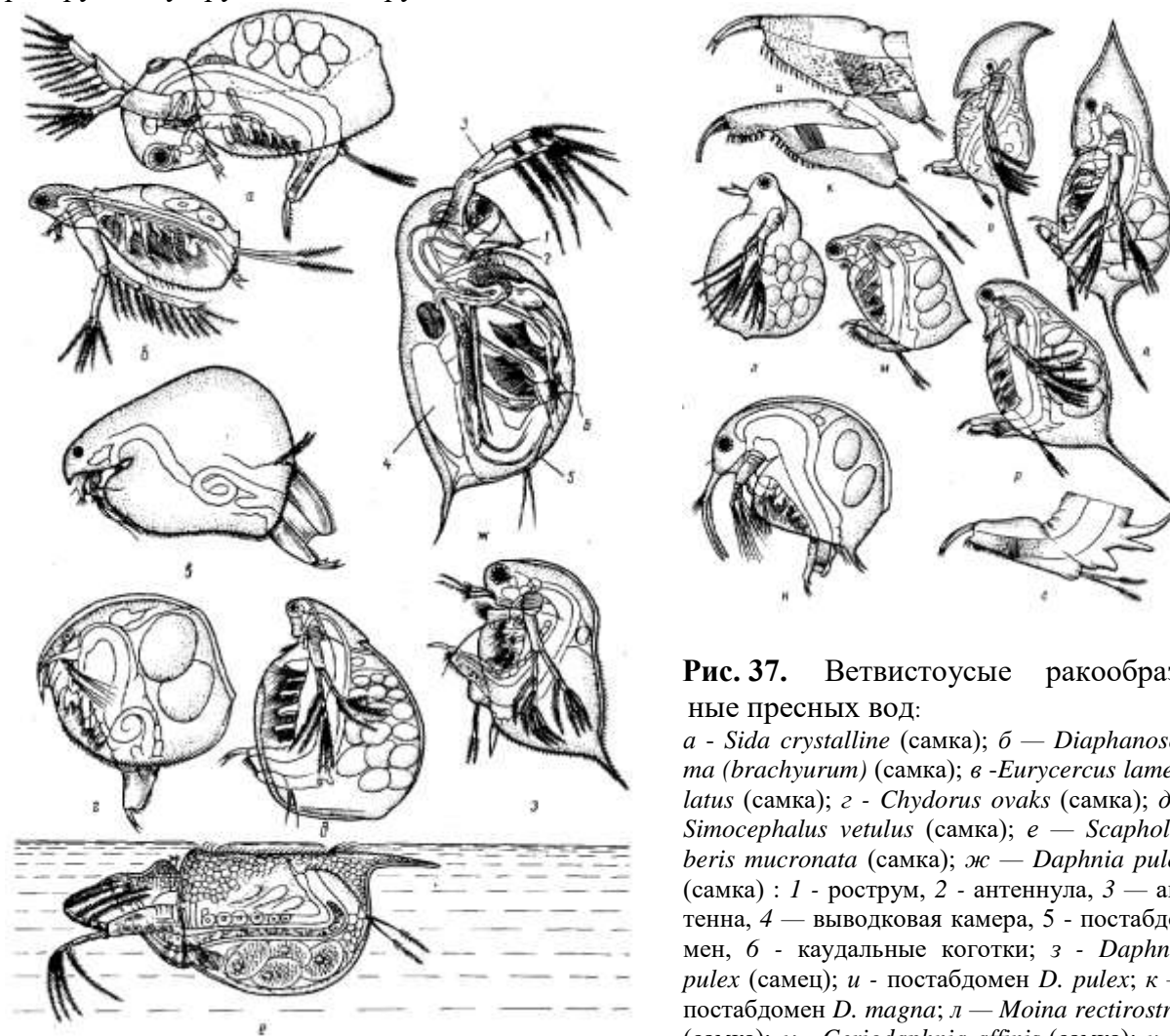


Рис. 37. Ветвистоусые ракообразные пресных вод:

a - *Sida crystalline* (самка); *б* — *Diaphanosoma (brachyurum)* (самка); *в* - *Eurycerus lamellatus* (самка); *г* - *Chydorus ovaks* (самка); *д* - *Simocephalus vetulus* (самка); *е* — *Scapholeberis mucronata* (самка); *ж* — *Daphnia pulex* (самка) : 1 - рostrум, 2 - антеннула, 3 — антенна, 4 — выводковая камера, 5 - постабдомен, 6 - каудальные коготки; *з* - *Daphnia pulex* (самец); *и* - постабдомен *D. pulex*; *к* — постабдомен *D. magna*; *л* — *Moina rectirostris* (самка); *м* - *Ceriodaphnia affinis* (самка); *н* — *Bosmina longitostis* (самка); *о* — *Daphnia cristata* (самка); *п* - *D. cucullata* (самка); *п* — *D. longispina* (самка); *с* - постабдомен *D. longispina*

Бентос. Подвижность не только водной массы, но и грунта, размываемого и сносимого потоком, создает особые условия для существования донных организмов. Для макрофитов, укрепляющихся в грунте, обстановка для развития неблагоприятна, и поэтому берега крупных рек обычно лишены растительности. Сильно зарастают лишь участки с медленным течением, а также придаточные водоемы.

Донные животные, обитающие на сильном течении (реофильные), имеют специальные приспособления, для того чтобы закрепиться на грунте. Для многих обитателей

дна характерна уплощенная форма тела (например, личинка поденки *Heptagenia*) (см. рис. 38, б).

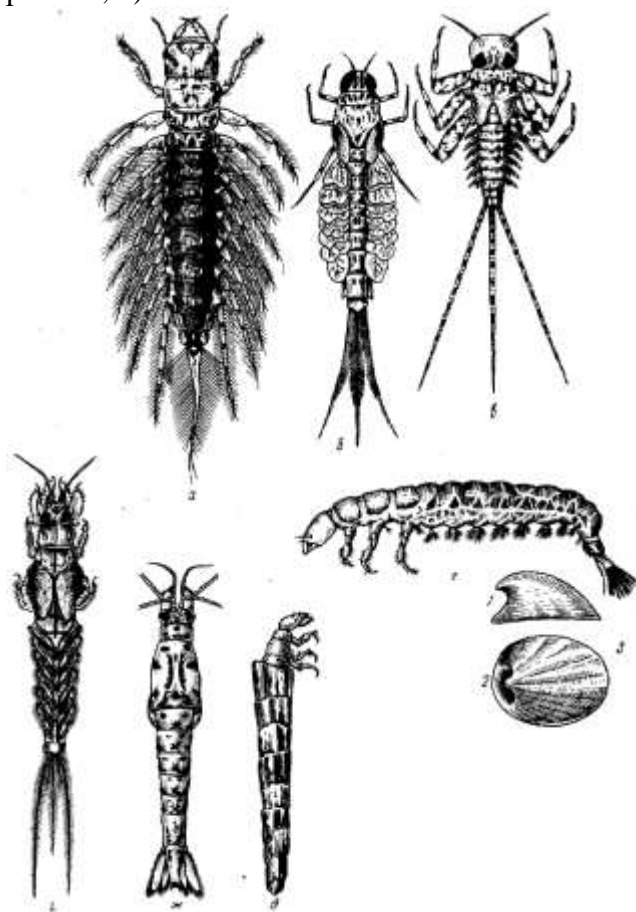


Рис. 38. Представители зообентоса рек: а - личинка вислокрылки *Sialis*; б - личинка поденки *Siphonura*; в - личинка поденки *Heptagenia*; г - личинка поденки *Palingenia*; д - личинка ручейника *Phryganea striata*; е - личинка ручейника *Hydropsyche*; ж - *Metamysis*; з - *Ancyclus fluviatilis* (1 - вид сбоку, 2 - сверху)

ракообразных — амфиподы.

3. Комплекс глинистых грунтов, или аргиллореофильный, обычно в реках развит слабо. Здесь много роющих животных, проделывающих в глубине грунта ходы и углубления и этим способствующих разрушению берегов. Таковы, например, личинки ручейников, поденок (*Palingenia*) (см. рис. 38, г), амфиподы, личинки некоторых хирономид и др.

4. Комплекс ила, или пелореофильный, развивается на широких, глубоких плесах. Большие площади он занимает в низовьях рек. Население этого комплекса как по разнообразию, так и по количеству значительно богаче предыдущих. В составе его различные олигохеты и другие черви, многочисленны моллюски *Sphaerium*, *Pisidium*, личинки поденок *Cloeon*, хирономид, вислокрылки (*Sialis*).

5. Комплекс зарослей, или фитореофильный, представлен губками, олигохетами, пиявками, брюхоногими моллюсками (*Ancyclus*, *Planorbis*, *Limnaea*, *Viviparus*), личинками стрекоз, поденок, ручейников (*Phryganea*) (см. рис. 38, д), хирономид. Среди зарослей макрофитов развиваются личинки *Anopheles* (см. рис. 39, д).

Развиваются различные органы как постоянного (биссус у дрейссены, так и временного (личинки мошек из сем. *Simuliidae*) прикрепления. Многие личинки поденок (*Ephemera*), ручейников *Hydropsyche* (см. рис. 38, е) и хирономид строят прикрепленные чехлики, в которых прячутся.

В зависимости от характера грунта в коренной реке различают пять донных комплексов населения.

1. Комплекс песка, или псаммореофильный, в равнинных реках занимает большие пространства дна. К числу характерных организмов относятся некоторые виды олигохет, двустворчатый моллюск *Pisidium*, некоторые личинки ручейников (*Hydropsyche*) (см. рис. 38, е) и мизиды (*Metamysis*) (см. рис. 38, ж).

2. Комплекс камней, или литореофильный, по видовому составу значительно богаче предыдущего. Он развивается на участках с быстрым течением. Здесь много прикрепленных форм — губки, дрейссена, личинки мошек из сем. *Simuliidae*, личинки поденок, ручейников (*Hydropsyche*) (см. рис. 38, е). Из брюхоногих моллюсков встречаются *Ancyclus* (см. рис. 38, з), *Viviparus*; из высших

Вопросы

1. *Охарактеризуйте основные участки реки и различия в их режиме.*
2. *Каково происхождение планктона рек?*
3. *Перечислите основные черты речного планктона.*
4. *Каковы приспособления донных беспозвоночных к обитанию на сильном течении?*
5. *Дайте характеристику основных донных комплексов населения реки.*

Занятие 14

ФЛОРА И ФАУНА ОЗЕР

Материал. Пробы бентоса из различных зон бентали. Пробы планктона из прибрежной и пелагической зон.

Оборудование. Микроскоп, бинокляр или препаровальная лупа, предметные и покровные стекла, чашки Петри или кюветы, препаровальные иглы, пинцеты, пипетки для взятия планктона.

Таблицы. Представители бентоса озер, представители планктона озер.

Задание. 1. Определить находящиеся в пробе бентоса организмы, пользуясь рисунками и определительными таблицами. Зарисовать их, указать систематическое положение, местообитание.

2. Просмотреть несколько порций планктона из прибрежной зарослевой зоны и пелагиали. Пользуясь рисунками и справочниками, определить до рода или вида водоросли, колеровок, низших ракообразных, указать местообитание найденных форм, зарисовать их.

В котловине озера различают **три части**:

1. Подводную террасу с характерным пологим, постепенным понижением дна.
2. Свал, имеющий форму уступа или обрыва с относительно крутым падением дна.
3. Котел, или ложе озера, занимающий наибольшую часть всей площади дна озера.

В **бентали** озер выделяют три зоны:

1. Литораль, расположенная на прибрежной террасе, с нижней границей, проходящей в среднем на глубине 4—7 м.
2. Сублитораль — переходная зона, совпадающая со свалом. Обычно нижняя ее граница соответствует границе распространения донных растений. В таких особенно прозрачных озерах, как Байкал, Севан, Телецкое, немногочисленные растения встречаются на глубине до 25-30 м.
3. Профундаль — остальная часть ложа озера.

Пелагиаль озер подразделяется на прибрежную область, лежащую над подводной террасой, и собственно пелагиаль, расположенную над свалом и котлом.

Литораль. В литорали условия обитания наиболее разнообразны. Благодаря небольшим глубинам здесь более значительны, чем в других областях, суточные и сезонные колебания температуры. Очень благоприятны газовый и световой режимы. На значительной части литоральной зоны интенсивно развиваются макрофиты. Немногочисленны они лишь на скалистой литорали у прибойных побережий. Различные биоло-

гические группы макрофитов сменяют друг друга в определенной последовательности. У самого берега до глубины 1—2 м растут воздушно-водные растения (тростник, камыш, рогоз, стрелолист и др.). Затем до глубины 2-2,5 м следует пояс растений с плавающими листьями (кувшинки, кубышки, рдесты, земноводная гречиха и др.). Пояс погруженных растений (различные рдесты, роголистник, уруть) распространен до 6 м и более. На максимальных глубинах, до которых распространяются растения, встречаются водоросли — *Cladophora*, *Enteromorpha*, *Chara*, а из мхов — *Fontinalis*.

Фауна зарослей очень разнообразна и богата количественно. В зависимости от мест обитания здесь выделяют несколько групп животных.

1. Животные, связанные с поверхностью воды: клопы-водомерки (см. рис. 39, а), жуки вертячки (см. рис. 39, б) и др.

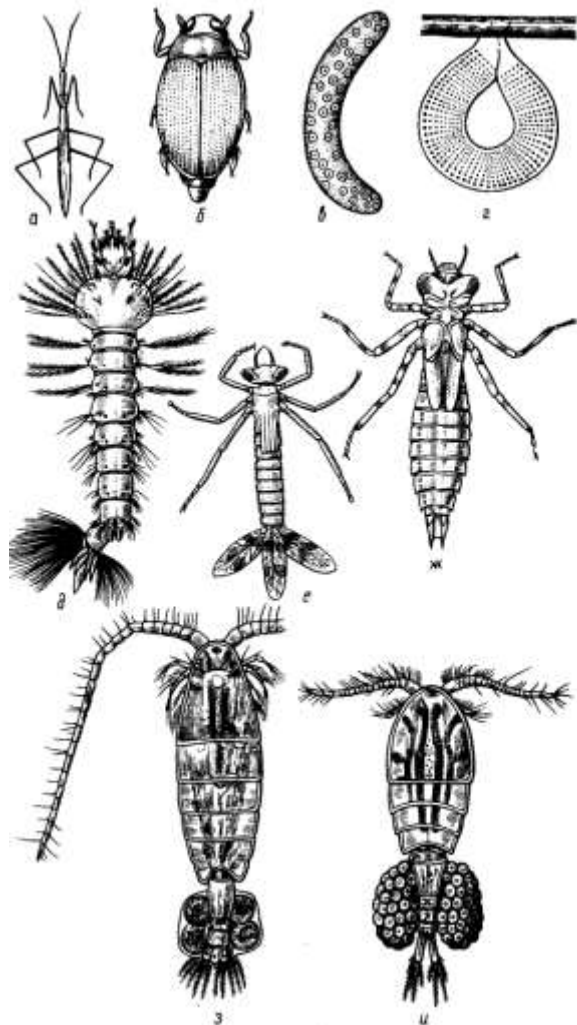


Рис. 39. Представители бентоса и планктона озер:

а — *Hydrometra*; б — *Gyrinus*; в — кладка яиц *Limnaea*; г - кладка яиц ручейника *Phryganea*; д — личинка *Anopheles*; е - личинка стрекозы *Erythromma*; ж - личинка стрекозы *Aeschna*; з — *Eudiaptomus gracilis* (самка); и — *Cyclops* (самка)

вид или сплошных наростов, или небольших кустиков. Здесь очень много брюхоногих моллюсков, личинок ручейников, поденок, питающихся обрастаниями из микроскопических водорослей.

2. Животные, обитающие на плавающих листьях растений или в их тканях. На нижней поверхности листьев поселяются мшанки, моллюски (прудовик), иногда в больших количествах ветвистые рачки *Sida* (см. рис. 37, в). Очень многие организмы откладывают на нижнюю поверхность листьев свои яйца, то заключенные в слизь (кладка прудовика) (см. рис. 39, в), кладка ручейника *Phryganea* (см. рис. 39, г), то погруженные в ткань растения, как у некоторых стрекоз. Ткань листьев кувшинок, кубышек служит убежищем для некоторых форм. Здесь прокладывают ходы многие личинки хирономид, гусеницы бабочек.

3. Организмы, обитающие внутри тканей растений, погруженных в воду, в черешках листьев кувшинковых и рдестов; в стеблях камыша прогрызают ходы некоторые личинки хирономид. Очень многие насекомые откладывают здесь свои яйца (стрекозы, клопы, многие жуки и др.). Стебли крупных растений нередко густо обрастают водорослями различных видов. Эти водоросли служат пищей личинкам многих насекомых, в том числе личинкам малярийного комара *Anopheles*, которые наряду с тем, что являются активными фильтраторами, соскабливают перифитон с помощью зазубренных волосков верхней губы (см. рис. 39, д).

4. На подводных частях растений обитают прикрепленные животные — губки, мшанки, колонии которых имеют

5. В толще воды среди растений многочисленны хищники — личинки и взрослые жуки и клопы, а также клещи. Распространены здесь личинки поденок и стрекоз из подотряда *Zygoptera* (см. рис. 39, *e*).

6. Группу населения зарослей составляют обитатели дна. Здесь характерны двустворчатые моллюски — как крупные (*Anodonta*), так и мелкие (*Sphaerium*). Из ракообразных многочислен водяной ослик. Широко распространены личинки вислокрылки (см. рис. 38, *a*) и ручейников, питающихся обычно растительными остатками. К хищникам относятся различные личинки стрекоз из подотряда *Anisoptera* (см. рис. 39, *ж*).

Сублитораль. Эта область бентали находится в основном в слое температурного скачка или несколько выше его. Содержание кислорода здесь понижается, условия освещения ухудшаются. Распространены олигохеты и личинки хирономид. Из моллюсков здесь обитают двустворчатые - *Pisidium*, *Anodonta*, брюхоногие — *Valvata*, *Bithinia*.

Профундаль. В связи с неблагоприятными условиями освещения растения здесь отсутствуют. Среди донных осадков преобладают илы, нередко отличающиеся высоким содержанием органических веществ. Газовый режим в таких условиях бывает напряженным: зимой и летом во время стагнации воды содержание кислорода в гипolimнионе резко уменьшается. Наиболее обычными обитателями профундали являются закапывающиеся организмы — олигохеты (*Tubilex*) и др., личинки хирономид, моллюск *Pisidium*.

Количественно бентос здесь значительно беднее, чем в вышерасположенных областях.

Планктон. В составе и количественном развитии планктона прибрежной и пелагической зон отмечаются значительные различия. Планктон в первой зоне среди зарослей макрофитов значительно разнообразнее и количественно богаче по сравнению с пелагиалью. Из кладоцер здесь характерны *Sida* (см. рис. 37, *d*), ряд видов из семейств *Chydoridae* (см. рис. 37, *в*, *г*) и *Bosminidae*, коловратки *Brachionus* (см. рис. 36, *d*), *Schizocerca* (см. рис. 36, *з*) и многие другие, а из веслоногих ракообразных — представители подотряда *Cyclopoida* (подкласс максиллоподы — *Maxillopoda*, отряд *Copepoda*) (см. рис. 39, *и*).

В пелагиали основная часть биомассы зоопланктона приходится на веслоногих рачков из подотряда *Calanoidea* (см. рис. 39, *з*). Характерны здесь виды *Cladocera* - *Lepidodora*, *Daphnia longispina* (см. рис. 37, *р*) и некоторые другие близкие виды, из *Rotatoria*— *Asplanchna*, *Kellicottia* (см. рис. 36, *з*), различные виды *Keratella* (см. рис. 36, *б*, *в*).

Вопросы

1. Каковы условия обитания в литорали озер?
2. Опишите фауну зарослей и биологические группы обитающих здесь организмов.
3. Каковы условия обитания в сублиторали? Перечислите характерных представителей бентоса.
4. Что такое профундаль? Перечислите характерных представителей бентоса.

Задание 15

ФЛОРА И ФАУНА ВОДОХРАНИЛИЩ

Материал. Пробы планктона и набор донных беспозвоночных из различных зон водохранилища.

Оборудование. Микроскоп, бинокляр или лупа, пинцеты, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, чашки Петри или кюветы.

Таблицы. 1. Беспозвоночные объекты вселения в водохранилища. 2. Личинка *Chironomus plumosus* (общий вид, схема строения головы личинок из разных подсемейств).

Задание. 1. Просмотреть несколько порций планктона из пробы и установить систематический состав организмов до рода (водорослей, коловраток, веслоногих ракообразных по рисункам) и кладоцер до вида (см. рис. 37) . Зарисовать определяемые формы.

2. Определить 10—12 донных беспозвоночных — моллюсков, личинок хиромид и других насекомых, пользуясь рисунками, таблицами, зарисовать, указать, для каких зон водохранилища эти организмы характерны, какие из них являются объектами вселения.

Водохранилища — это искусственно созданные водоемы, обычно сооружаемые на реках и озерах. В большинстве случаев водохранилища предназначены для комплексного использования водных ресурсов различными отраслями народного хозяйства (получение электроэнергии, орошение земель, водоснабжение, развитие рыбного хозяйства и др.).

В зависимости от морфометрии различают: 1) водохранилища русловые (лощинные), располагающиеся в пределах долины реки и имеющие вытянутую форму; 2) озерно-речные водохранилища (лопастные), площади которых во много раз превосходят площади залитых ими рек и других водоемов.

По своим гидрологическим характеристикам водохранилища совмещают признаки рек и озер. С озерами их сближает значительная ширина, особенно в приплотинной части. Сходство с рекой проявляется в сохранении течения, особенно в верхних участках. Основным отличием водохранилищ от естественных водоемов является возможность регулировать в них расход воды. В большинстве водохранилищ, используемых для ГЭС, максимальный расход воды для турбин бывает зимой. В ирригационных же водохранилищах падение (сработка) уровня начинается весной и продолжается все лето до окончания поливных работ. Вследствие понижения уровня большие прибрежные участки освобождаются от воды и летом высыхают, а зимой промерзают, в результате чего погибают многие обитатели этих мелководных участков.

В водохранилищах обычно выделяют 3 естественные зоны или участка, различающихся по гидроморфодинамическим признакам:

- 1) глубоководный приплотинный участок, по режиму приближающийся к озерам;
- 2) промежуточный участок средних глубин;
- 3) мелководный верхний участок.

Наиболее детально население изучено в водохранилищах, сооружаемых на крупных реках. Для них характерны обширные площади (500 тыс. га и более) и относительно небольшие глубины (6-15 м).

Планктон. В фитопланктоне этих водохранилищ весной и осенью доминируют диатомовые (*Asterioneda*, *Melosiia*) (см. рис. 29, з, г), а летом - синезеленые (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*) (см. рис. 24, б, г, е). В этот период они дают до 90% биомассы водорослей и нередко вызывают необычайное по мощности "цветение".

К массовым представителям зоопланктона относятся: из *Cladocera* – *Daphnia longispina* (см. рис. 37, п, с), некоторые виды *Bosmina* (см. рис. 37, н) и *Ceriodaphnia* (см. рис. 37, м), из коловраток - *Keratella* (см. рис. 36, б, в), *Asplanchna* (см. рис. 36, з), *Polyarthra* (см. рис. 36, е), *Brachionus* (см. рис. 36, д), некоторые виды *Cyclops* и *Diaptomus* (см. рис. 38, з, и). В планктоне водохранилищ Волжского каскада и некоторых других многочисленны велигеры моллюска *Dreissena*. В планктоне верхнего и среднего участков водохранилищ обычно доминируют коловратки, а в приплотинном — ракообразные.

Бентос. Макрофиты развиваются обычно в прибрежной области. Они представлены как воздушно-водными (камыш, тростник, рогоз, осоки), так и погруженными (рдесты, уруть и др.) растениями. Растения с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, ряска) развиваются в наиболее спокойных участках. Степень развития макрофитов зависит в большой мере от уровня режима. В водохранилищах со значительным зимним и летним падением уровня заросли растений развиты слабо. В водохранилищах с относительно постоянным уровнем фитобентос развивается интенсивно, особенно в верхнем участке.

В зообентосе водохранилищ велика роль организмов вторичноводных, главным образом личинок насекомых, прежде всего хирономид. Состав и степень развития бентоса в различных участках водохранилища заметно различаются. В верховьях водохранилищ многочисленны реофильные организмы - ряд личинок насекомых (личинки поденок, ручейников, мошек и др.) (см. рис. 39, в, г, д, е), из моллюсков — *Ancylus* (см. рис. 38, з) и др. По мере продвижения из верхнего участка к приплотинному в связи с растущим заилением дна и ухудшением газового режима видовое разнообразие бентоса ухудшается. Около 80% площади дна в среднем и приплотинном участках занимают сообщества илолюбивых (пелофильных) организмов. К их числу относятся личинки хирономид, олигохеты из сем. *Tubificidae*, моллюски — *Unio*, *Anodonta*, *Viviparus*. В водохранилищах Волги и других южных рек многочисленны бокоплавы, мизиды, моллюск *Dreissena*.

В количественном развитии населения прибрежной зоны и открытой части водохранилищ различия весьма значительны. Среди зарослей макрофитов благодаря присутствию фитофильных видов численность и биомасса организмов во много раз выше в сравнении с открытыми районами.

Вопросы

1. Каковы типы водохранилищ в зависимости от их морфометрии?
2. Перечислите зоны водохранилища и дайте их характеристику.
3. Опишите состав фито- и зоопланктона.
4. Каково влияние сработки уровня на развитие макрофитов?
5. Каков состав бентоса в различных зонах водохранилища?

ФЛОРА И ФАУНА ПРУДОВ

Материал. Пробы планктона; массовые представители бентоса — личинки хирономид, моллюски, хищные беспозвоночные, организмы — объекты выращивания живых кормов (представители сем. *Daphnidae*, *Artemia salina*).

Оборудование. Микроскоп, бинокляр или лупа, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, чашки Петри или кюветы.

Таблицы. 1. Представители фауны прудов. 2. Объекты культивирования живых кормов.

Задание. 1. Просмотреть несколько порций из пробы планктона под микроскопом. Определить организмы до рода или вида, пользуясь рисунками, зарисовать найденные формы.

2. Произвести определение до рода или вида ряда представителей бентоса прудов; ракообразных - объектов для выращивания живых кормов. Зарисовать определяемые формы, указать их систематическое положение.

Пруды - это водоемы, глубина которых столь незначительна, что погруженная водная растительность может развиваться по всему дну.

Режим прудов регулируется человеком. Рыбоводные пруды обычно существуют лишь в летний период, а на зиму спускаются (за исключением зимовальных). Условия существования в прудах по сравнению с другими водоемами вследствие мелководности отличаются большой неустойчивостью. Значительным колебаниям, как месячным, так и суточным, подвержены температурный и газовый режимы. Периодически происходит перемешивание водной толщи и понижается прозрачность воды.

Население прудов. Ведущую роль в фауне прудов играют вторичноводные, эврибионтные организмы. По числу видов население прудов значительно беднее озера, но здесь много форм, общих с обитателями литоральной области озера.

В фитопланктоне наибольшее развитие имеют зеленые (*Scenedesmus*) (см. рис. 27, д), *Pediastrum* (см. рис. 17, е), *Closterium* (см. рис. 28, з) и синезеленые (*Aphanizomenon*) (см. рис. 24, е), *Anabaena* (см. рис. 24, з), *Microcystis* (см. рис. 24, б) водоросли. Обычно преобладают синезеленые, которые летом составляют до 90% биомассы водорослей. В зоопланктоне доминируют инфузории, коловратки, клadoцера. Веслоногие ракообразные имеют меньшее значение. В прудах средней полосы европейской части СССР обычно наблюдается сезонная смена видов ветвистоусых рачков. Весной развиваются представители родов *Moina* (см. рис. 37, л), *Simocephalus* (см. рис. 37, д), *Scapholeberis* (см. рис. 37, е). При повышении температуры более 20°C они исчезают из планктона и господствующими становятся *Daphnia pulex* (см. рис. 37, ж, з) и *D. longispina* (см. рис. 37, р), *Bosmina* (см. рис. 37, н).

Бентос. В неспускных прудах значительно развиты представители макрофитов всех экологических группировок. В спускаемых водоемах развиваются преимущественно погруженные растения.

Основу зообентоса составляют насекомые и их личинки, особенно хирономиды, на долю которых нередко приходится свыше 80 % численности и биомассы донных беспозвоночных (представители родов *Chironomus*, *Glyptotendipes*, *Endochironomus* и

др.). К числу характерных обитателей прудов относятся также олигохеты (*Tubifex* и др.) (см. рис. 40, *e*), моллюски *Limnaea*.

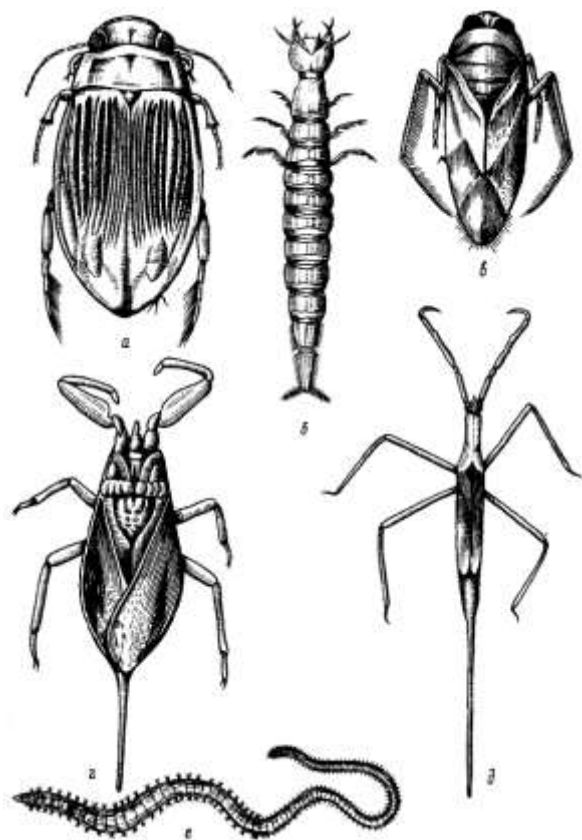


Рис. 40. Представители фауны прудов: *a* - *Dytiscus marginalis* (имаго); *б*, - то же, личинка; *в* - *Notonecta glauca* (имаго); *г* - *Nepa cinerea* (имаго); *д*— *Ranatia linearis* (имаго); *е* - *Tubifex tubifex*

ссываются в воду и опускаются на дно. Яйца снабжены очень прочной оболочкой, благодаря которой они переносят высыхание, промерзание водоемов, сохраняют жизнеспособность в течение 7—9 лет. Названные выше ядохимикаты вызывают гибель яиц щитня. Обработку ложа прудов производят после их спуска.

Объекты для выращивания живых кормов для молоди рыб. В прудовом рыбоводстве и на рыбоводных заводах, где молодь выращивается в бассейнах или прудах, рыб кормят искусственными и живыми кормами. Однако первый вид корма личинки и мальки принимают плохо. Основу их питания составляет живой корм. Возникает необходимость специального культивирования различных кормовых организмов — живых кормов. Потребности рыбоводства в живых кормах очень велики — многие десятки тонн ежегодно. К объектам массового разведения относятся некоторые водоросли из протококковых - хлорелла, сценедесмус, планктические и донные беспозвоночные. Организмы, используемые для разведения, устойчивы к воздействию неблагоприятных факторов среды, отличаются высокой плодовитостью, быстрым ростом.

Среди ветвистоусых рачков объектами культивирования служат главным образом представители семейства *Daphnidae*: *D. magna*, *D. pulex*, различные виды *Moina* и *Ceriodaphnia*. Наибольшая продолжительность жизни самок *D. magna* 4—5 месяцев, *Moina macroscopa* — 25 дней. В течение жизни самка *D. magna* дает свыше 1000 шт. молоди, *M. macroscopa* — свыше 200. В качестве кормов для культивируемых рачков ис-

Нередко в прудах, главным образом в нерестовых, в больших количествах развиваются хищные беспозвоночные, являющиеся конкурентами и прямыми вредителями молоди прудовых рыб. К этим организмам относятся щитни (отряд листоногие ракообразные *Phyllopora*, подотряд *Notostraca*) (см. рис. 8, 5), имаго и личинки насекомых из отрядов *Coleoptera* (жуки) (см. рис. 40, *a*, *б*), *Hemiptera* (клопы) (см. рис. 40, *в*, *г*, *д*), личинки *Odonata* (стрекозы) (см. рис. 39, *е*, *ж*).

Пищу этих беспозвоночных составляют представители планктона, бентоса (особенно личинки хирономид). Поедают они также личинок и мальков рыб. Для борьбы с хищными беспозвоночными применяются различные методы. Для уничтожения насекомых, дышащих атмосферным воздухом, пруды обрабатывают пленкообразующими веществами (например, высшими жирными спиртами). Для борьбы со щитнями используют такие ядохимикаты, как питиофос, пирофос и др., которые уничтожают их яйца. Самка щитня откладывает многочисленные мелкие яйца в яйцевую камеру, из которой они спустя несколько дней выбра-

пользуют различные бактерии (*Azotobacter*, *Aerobacter* и др.), водоросли (преимущественно протококковые), кормовые дрожжи. Нередко применяются комбинированные корма, например дрожжи и водоросли.

Культивирование рачков осуществляют в различных емкостях — деревянных лотках, кадушках, выстланных полиэтиленом, в бетонных бассейнах, в садках из капронового сита различных конструкций и др. На рыбоводных заводах наиболее распространены проточные бассейны различного размера (длина до 11—12 м, ширина 4—5 м), но глубиной не более 1 м. В южных районах бассейны строят под открытым небом, а в центральных и северных — в закрытых помещениях.

Культивирование рачков осуществляют в различных системах бассейнов — непроточных, проточных и при различных сочетаниях этих двух типов. В одних случаях корма поступают в бассейны, а оттуда вместе со спускаемой водой уходят продукты обмена и конечная продукция культивируемых рачков. В других системах поступление воды и выход ее с продуктами обмена происходят по одному каналу (трубе), а подача корма и сьем продукции животных — по двум другим каналам (трубам). Для съема продукции к концу трубы привязывают мешок из мельничного сита.

Помимо кладоцер, объектом культивирования жаброногих служит *Artemia salina* (отряд *Anostraca* — жаброноги) (см. рис. 41, а, б).

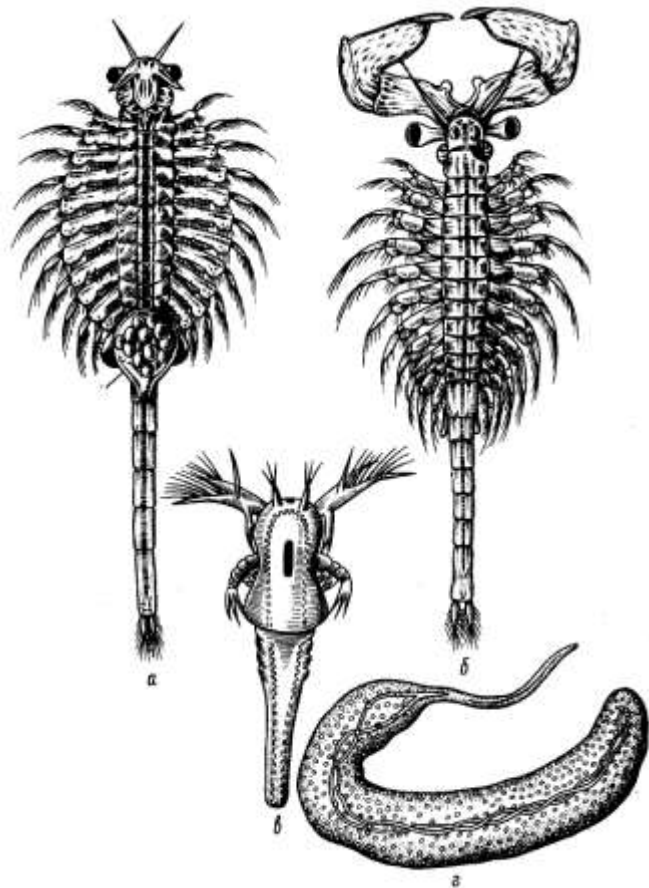


Рис. 41. Некоторые объекты культивирования живых кормов:

а - *Artemia salina* (самка) (1 - яйцевой мешок); б - *Artemia salina* (самец); в — метанауплиус *A. salina*; г — кладка яиц хирономуса

Она является обитателем соленых водоемов — морских осолоненных лиманов и соленых материковых озер, где развивается в больших количествах. Обитает артемия обычно при солености от 40 до 330‰, но может недолго выдерживать и полное опреснение (2—3 сут). По своей энергетической ценности и химическому составу рачок является одним из лучших видов корма для молоди осетровых и других рыб. Размножается артемия половым путем и партеногенетически, т. е. без участия самцов. При благоприятных условиях развитие яиц происходит в яйцевом мешке, и самки выметывают молодь на стадии науплиусов. При неблагоприятных условиях самки откладывают покоящиеся яйца. Продолжительность жизни взрослых рачков около 4 месяцев. В течение жизни самка дает около 30 кладок, каждая из которых содержит до 170 яиц, или науплиусов.

Для использования артемии в качестве корма производят сбор ее покоящихся яиц в пересоленных водоемах Крыма, Кавказа, Украины и других районов страны. Обычно яйца

собирают осенью в свежих выбросах по берегам водоемов. Они имеют вид полос желтовато-розовой окраски. Старые выбросы, в которых жизнеспособные яйца составляют

лишь 1—2%, имеют серую или коричневую окраску. Свежие яйца собирают совками или лопатой. Для очистки яиц от механических примесей их промывают через систему сит. После этого разделяют их по плотности. В соленой воде живые яйца всплывают, а песок оседает на дно, их собирают и высушивают. Хранение большого количества покоящихся яиц лучше всего проводить в сухом виде. Сушку производят в барабанных сушилках или на стеллажах. Влажность высушенных яиц не должна превышать 5%. Яйца ссыпают в плотные мешки и хранят при комнатной или более низкой температуре. Для того чтобы повысить всхожесть яиц, производят их активацию с помощью различных химических реагентов. Хорошие результаты дает 15-минутная обработка яиц 1,5–3%-м раствором перекиси водорода незадолго до начала массовой инкубации (не более 20 дней), которую производят в 3—5 %-м растворе NaCl или Na₂SO₄ в стеклянных сосудах различной вместимости (6—8—40 л) при постоянной аэрации. Выклев науплиусов происходит обычно через 48 ч. Науплиусов собирают с помощью сачка.

Помимо инкубирования яиц, в ряде случаев осуществляют выращивание артемии в открытых цементных бассейнах. Их заполняют рассолом соленостью 40—60‰. По мере испарения жидкости в бассейны добавляют пресную воду. Кормом для рачков служат гидролизные дрожжи. В этих условиях артемии в течение лета производят науплиусов и развиваются в больших количествах. По мере надобности рачков собирают и переносят в бассейны с пресной водой, где содержится молодь рыб. Рачки остаются живыми в течение нескольких часов и усиленно поедаются рыбами.

Личинки хирономид. Объектами культивирования являются представители рода *Chironomus*. Для разведения личинок обычно используют два помещения. В первом содержат рой взрослых комаров, которые откладывают яйца (см. рис. 41, з). Для этого предназначены кюветы с чистой водой с толщиной слоя 2—3 см. В кюветы помещают отмытую от эмульсии киноплёнку, на которую комары и откладывают свои яйцекладки. Основную массу кладок переносят в выростное помещение, где происходит выращивание личинок для кормления рыб. В многоярусных стойках помещают по 30—40 кювет. В каждую из них вносят размешанный с водой ил (толщина слоя 1,2—1,5 см). Кладки размещают по поверхности ила из расчета 100—150 кладок на 1 м². Обычно через каждые 3 дня в кюветы вносят корм — кормовые дрожжи. Норма внесения дрожжей в зависимости от дня выращивания личинок 5—45 г/м². Выращивание продолжается 16—17 дней. Для отбора личинок из грунта содержимое кюветы процеживают через крупноячеистое сито.

Вопросы

1. Каков состав флоры и фауны прудов?
2. Перечислите характерных представителей зообентоса.
3. Охарактеризуйте хищных беспозвоночных и методы борьбы с ними.
4. Опишите объекты и методы культивирования живых кормов среди кладоцер.
5. Какова биология жаброногих, служащих объектом культивирования?
6. Охарактеризуйте методы культивирования артемии.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГРАММЕ МОНИТОРИНГА СОЛЯНЫХ ОЗЕР

Материал. Пробы артемия.

Оборудование. Микроскоп, бинокляр или лупа, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, чашки Петри или кюветы.

Задание.

1. Просмотреть несколько порций из пробы планктона под микроскопом. пользоваться рисунками и микроскопом, зарисовать найденные формы.
2. Произвести определение до рода или вида.
- 3.

Мониторинговые исследования имеют целью и природоохранную составляющую, т.е. разработку мероприятий по поддержанию сырьевой базы ресурса рачка и повышению биопродуктивности всей экологической системы озера.

М о н и т о р и н г - это " система организованных, периодически повторяемых наблюдений одного или более элементов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой" (Андерсон, 1985). Объектом биомониторинга являются биологические системы или отдельные их составляющие, а также факторы среды, воздействующие на них. Главное значение в биомониторинге приобретают не антропогенные загрязнения или другие виды вторжения в экосистемы, и даже не нарушения их среды, а разносторонние биологические отклики, вызванные в гидробионтах изменениями среды обитания (Бигон, 1989).

Гидробиологический мониторинг, как один из видов биомониторинга, способен решать 6 главных задач:

- определять совокупный эффект комбинированного действия антропогенных факторов на водные биоценозы;
- устанавливать экологическое состояние водоемов и экологические последствия влияния антропогенных факторов;
- определять направление (тренд) изменения водных биоценозов в условиях загрязнения природной среды;
- оценивать качество поверхностных вод и донных отложений как среды обитания гидробионтов;
- проводить оценку трофических свойств водоема;
- устанавливать возможность возникновения вторичного загрязнения.

При планировке гидробиологического мониторинга следует учитывать его непосредственное влияние на перспективу хозяйственного использования биоресурса, на объемы возможной его заготовки, а также значение мониторинга при обосновании мелиоративных и охранных мероприятий. Прикладное значение мониторинга представляет особый интерес при рациональном природопользовании.

Гидробиологический мониторинг должен проводиться на популяционном и биоценотическом уровнях экосистемы; т.е. служба мониторинга должна быть основана на изучении биоценозов, их динамики во времени и пространстве, что позволит установить определяющие и лимитирующие факторы развития экосистемы. Следует учитывать, что именно биоценозы, по сравнению с отдельными видами растений и животных, более тонкие индикаторы среды, находящейся под активным антропогенным прессом (Одум, 1986).

Основными приемами сбора и получения необходимой для гидробиологического мониторинга информации являются наблюдение и эксперимент. При планировании работ должен обязательно учитываться принцип получения максимума информации при минимальных затратах; мониторинговые наблюдения не следует загромождать второстепенными фактами. На основе прямых наблюдений *in situ* реализуется диагностический мониторинг (ДИМОН), или "блок состояния" в разрабатываемой краевой системе ЕГСЭМ, позволяющий на основе полученной информации выявить основные тенденции в изменении экосистемы. В этом виде мониторинга принята система одновременной регистрации характеристик, относящихся к воздействию фактору и его отклику в экосистеме, что обеспечивает их "привязку" друг к другу (осуществляется принцип "сращивания" информации). Второй вид мониторинга - прогностический (ПРОМОН), или блок "оценки и прогнозирования", проводимый на основе уже имеющейся многолетней информации по ДИМОН и после определения главных действующих факторов в экосистеме. В прогностическом мониторинге методом многофакторного анализа определяются биологические последствия влияния факторов и реально существующих тенденций в исследуемой экосистеме.

На оз. Большое Яровое пока осуществляется только диагностический мониторинг (ДИМОН), который способен на основе полученной информации в результате прямых наблюдений только выявить основные тенденции функционирования главных факторов в экосистеме озера. Малый срок проведенных наблюдений (с 1998 г.) еще не позволяет на основе полученных данных выявить главные решающие факторы и количественно оценить их влияние на экосистему озера в целом и на сырьевую базу рачка артемия, т.е. рассчитать и определить возможные тенденции (тренд) развития экосистемы. Решение задач второй ступени исследований, формирование показателей прогностического мониторинга (ПРОМОН) возможно после накопления данных по ДИМОНу.

При накоплении данных по программе ДИМОН в течение пяти-семи лет по методике ПРОМОН можно получить анализ влияния отдельных сторон антропогенной деятельности на акватории (в частности, заготовки яиц артемии, нарушения прибрежной полосы при разработке залежей песка, загрязнения акватории и др.) как на экосистему озера в целом, так и на отдельные ее составляющие, которые представляют особый интерес в формировании грязевых отложений, сохранении стабильности экосистемы озера в условиях антропогенной нагрузки и сохранении самоочищения рапы.

Применительно к задачам гидробиологического мониторинга экосистемы оз. Бол. Яровое на основе данных ДИМОН разрабатывается прогнозное обеспечение заготовки диапаузирующих яиц и представляется анализ состояния популяции рачка в условиях обитания конкретного года.

В системе ДИМОН главным системным объектом выбран планктонный жаброногий рачок *Artemia* sp. При выборе показателей биомониторинга частично использована система БИОСТОРЕТ, широко распространенная в мировой практике (Богатова и др., 1980). В ее основу заложены характеристики трех элементов экосистемы озера: показатели биопродуктивности тест-объектов исследуемой экосистемы, структура их популяций и метаболизм главных составляющих сообщество экосистемы.

Для системы мониторинга состояния рачка артемия в оз. Бол. Яровое использованы характеристики трех элементов экосистемы: показатели продуктивности главного объекта исследований - рачка артемия; показатели структуры его популяции и других главных составляющих биоты и показатели оценки метаболизма сообщества (табл. 1).

В характеристике структуры популяции тест-объекта артемии использованы показатели численности общепринятых возрастных группировок: зимние цисты, летние яйца, науплии всех стадий, ювенильные и предвзрослые особи, самки с яйцами, самки без яиц, самцы.

Таблица 1-Структура гидробиологического мониторинга для рачка артемия

Показатели структуры	Группировки		
	артемия	фитопланктон	бактериопланктон
Продуктивность:			
общая численность	×	×	×
биомасса	×	×	-
удельная продукция зимних яиц	×	-	-
Структура экосистемы:			
число видов, варианты	×	×	-
численность половозрелых рачков	×	-	-
показатели репродукции	×	-	-
отношение Lmin:Lmax	×	-	-
Метаболизм сообщества:			
валовая продукция	×	×	×
чистая продукция	-	×	-
деструкция органического в-ва	-	×	-
стабильность сообщества	×	×	×

Предложенная для оз. Бол. Яровое система биомониторинга дополнена оценкой устойчивости ее отдельных показателей и стабильности всей экосистемы; для рачка артемии - отношением минимальной и максимальной длины половозрелых рачков в каждой генерации, учитывая особое значение соотношения краевых показателей длины тела как ответной реакции особей популяции на полный комплекс факторов среды, действующих в данном водоеме и особую значимость этого показателя в репродукции ракообразных, которые характеризуют “возможности воспроизводства в данных условиях среды” (Хмелева, 1988, стр.59), а также рассчитаны показатели удельной продукции диапаузирующих яиц в осенний период.

Для морфометрических исследований рачка использовался фиксированный материал. Анализ проводили по 11 морфологическим признакам (9 пластических и два меристических): длина тела (tl), длина абдомена (al), ширина абдомена (aw), расстояние между глазами (de), диаметр глаз (ed), длина фурки (fl), длина первой антенны (la), ширина головы (hw), отношение длины абдомена к общей длине тела (ra, %), число щетинок (sf) на правой и левой фурках (рис. 1). Определение массы тела рачка *Artemia* sp. и ее цист проводили на электронных весах марки Kern.

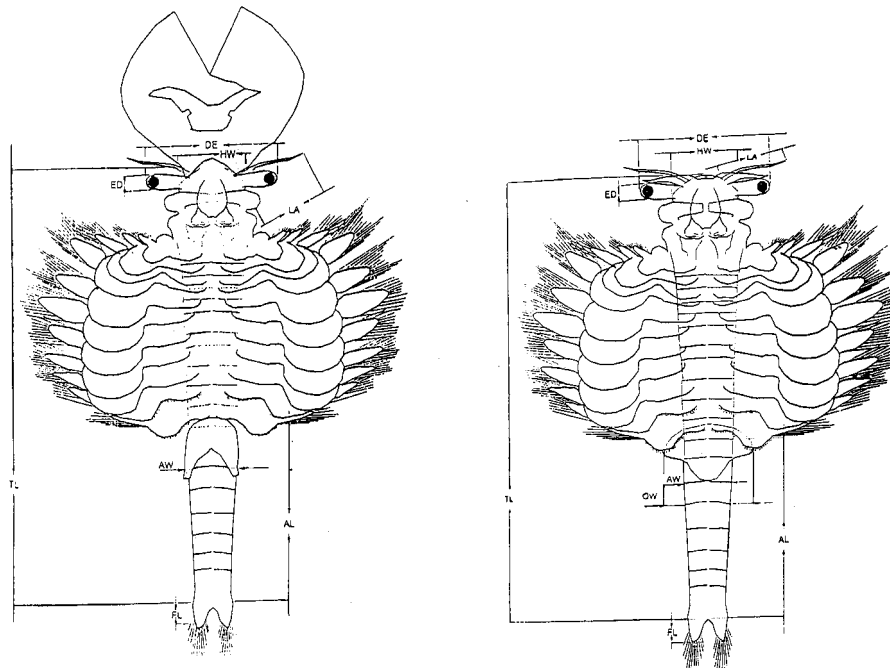


Рис.42. Морфометрические измерения самцов (слева) и самок (справа)

В характеристику метаболических процессов включены кислородная продуктивность экосистемы как функция фитопланктона и уровень деструкции органического вещества, включающий деструкцию артемии, водорослей и бактерий. В качестве показателя направленности сукцессии исследуемых озер принято отношение валовой продукции P к величине деструкции органического вещества R . В зрелых экосистемах, к которым относится исследуемое озеро, показанное выше отношение должно быть больше 1 и при нормальном сукцессиальном процессе в экосистеме- приближаться к 1 (Федоров, 1975).

Кроме системных показателей, для характеристики условий формирования биоты используются данные по уровенному и температурному режимам, общему солевому составу рапы, прозрачности воды, окисляемости и некоторым другим показателям абиотической среды.

Отбор гидробиологических проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка и микроводорослей по акватории озера проводились по стандартной методике (Киселев, 1956; Методические рекомендации..., 1983; Методические указания..., 2002) на постоянно выделенных станциях наблюдения, расположенных в разных частях озера (рис. 2). В методике были учтены также стандартные методы, разработанные и используемые Б. Мардэном – сотрудником Стратегического союза научных исследований и развития штата Юта (Солт – Лейк – Сити, США). Отбор проб ведется с 16 зафиксированных скважин озера, условно разбитых на 4 трансекты. Глубина скважин в каждой трансекте: 2, 4, 6, 8 метров. Отбор зоопланктона производился с помощью планктонной конической сетки диаметром 0,5 м. Отбор рапы для замера температуры и солености осуществлялся с помощью батометра.

В основном для гидробиологических исследований использованы методы, изложенные в «Методике изучения биогеоценозов..., 1975». Прозрачность воды определяется стандартным диском Секки диаметром 15-20 см, укрепленном на размеченном шнуре. Глубина прозрачности определяется по двум величинам; первую получают при опускании диска, вторую – при подъеме. В первом случае это величина, при которой

Окисляемость воды определена перманганатным методом (вариант определения в щелочной среде). Первичная продукция и деструкция выполняются скляночным методом в кислородной модификации, сроки экспозиции темных и светлых склянок – от 3 до 6 часов. Составляющие первичной продукции рассчитываются по формулам, предложенным В.Д. Федоровым (1975):

$$A = 0,375 (C_c - C_T) \times (T - 2) : t \quad (1)$$

$$P = 0,375 (C_c - C_H) \times (T - 2) : t \quad (2)$$

$$R = 0,375 (C_H - C_T) \times (T - 2) : t \quad (3)$$

где : C_H – начальное содержание кислорода в воде, мг/л
 C_T и C_c – содержание кислорода после экспозиции t в темной и в светлой склянках, мг/л
 T – продолжительность светлого периода суток на дату исследований, час
 A – первичная валовая продукция, мгС/л в час
 P – чистая продукция, мгС/л в час
 R – деструкция органического вещества, мгС/л в час
 t – продолжительность экспозиции, час

Интенсивность «цветения» воды определяется по осадку водорослей в мерном цилиндре после их фиксации 10% формалином и отстаивания; выражается в баллах (степени цветения) от 1 степени до 5 степени; последняя степень характеризует наличие гиперцветения. Отбор фитопланктона производился путем зачерпывания воды с поверхности на трех-пяти станциях одновременно со сбором зоопланктона и дополнительно в период «цветения». Объем проб составлял 500–1000 мл, фиксировались 10% формалином, обрабатывались по истечению 4–5 месяцев при полном осаждении фитопланктона и концентрации объема пробы до 50 мл (Киселев, 1969). Подсчет водорослей осуществляли в камере Нажотта, расчет численности и биомассы водорослей сделан на ПЭВМ. Для оценки качества воды и определения зоны сапробности был рассчитан индекс сапробности по численности методом Пантле и Букка в модификации Сладечека (Унифицированные методы..., 1977; 1983).

В мониторинге использованы наиболее полно биологические показатели рачка, представляющих особый интерес при планировании заготовки ресурса: весенне-летней и осенней; сроки наблюдения соответственно: вторая половина июня и середина августа - сентябрь. Все наблюдаемые и расчетные величины в мониторинге представлены средними значениями и размахом их колебаний.

1.2 Методическое обеспечение определения ОДУ заготовки диапаузирующих яиц артемии

Как было показано, оценка запасов всех промысловых водных объектов, включая зимние диапаузирующие яйца рачка артемия, в основном базируется на двух методах. Первый метод основан на использовании учетных площадок (гидробиологической съемки ресурса), второй - на использовании результатов заготовки биоресурса в прошлых промысловых сезонах (биостатистический метод). Применение обоих методов сопряжено с известными трудностями, влияющими на репрезентативность определения запаса ресурса и возможного его изъятия (ОДУ).

Действующая в 2003 – 2005 гг. методика прогнозного обеспечения заготовки зимних яиц в соляных озерах Западной Сибири определяет в натуральном выражении объем потенциальной продукции цист артемии - общий запас и его части – промыслового запаса, которую можно изъять из общего запаса без ущерба воспроизводству рач-

ка. Промысловый запас артемии определяется на основании гидробиологических исследований, результатом которых становятся средние численные характеристики половозрелой части стада, соотношения полов, плодовитости, средней массы нативного яйца, численности свободноплавающих цист и характеристика цист, выброшенных в литораль. Указанные выше численные характеристики позволяют оценить общий запас на дату исследования, который в условиях конкретной экосистемы может быстро изменяться, как в сторону увеличения (созревание нового поколения самок, увеличение их плодовитости при улучшении условий обитания и др.), так и в сторону уменьшения (выброс цист в литораль и их замывание при сильном ветре, опускание цист на дно и потеря ими плавучести и др.).

В регламенте прогнозных разработок предусматривается предварительный прогноз, основанный на анализе тренда среднемноголетних показателей биомассы половозрелой части популяции, свободноплавающих цист и объема фактической заготовки за последние 3-5 лет. В целом для расчета ОДУ была использована рекомендованная методика в рамках выше упомянутых "Методических указаний...", 2002г. Однако, по некоторым ее положениям необходимы пояснительные уточнения.

"Жилая" зона. В методических указаниях справедливо отмечено, что "жилая" зона не может быть постоянной величиной в пределах жизненного цикла рачка и зависит от условий водности и гидрометеорологического фактора. Специалистам-гидробиологам при разработке ОДУ предоставляется право оценки "жилой" зоны в каждом конкретном случае. Приведенные данные по соотношению численных показателей рачков с кормовыми ресурсами фиксируют отсутствие напряженных трофических отношений.

Подсчет общих запасов цист. Согласно "Методических указаний...", расчет ОДУ выполнен по следующим составляющим: по числу свободноплавающих цист; по числу цист, находящихся в овисаках самок. Запас цист на береговых выбросах по акватории озера был крайне незначителен, и устойчивых скоплений не наблюдалось; цисты находились в зоне заплеска и волнобоем перемещались по прибрежной акватории.

Расчет ОДУ по двум составляющим выполнен по предложенным формулам:

- для определения запаса свободноплавающих цист (W_1):

$$W_1 = V_1 \times N_1 \times m, \quad (4)$$

- где V_1 - объем "жилой" зоны цист, м³
 N_1 - численность свободноплавающих цист, шт/м³
 m - масса нативной цисты ($0,01 \times 10^{-9}$), г
- для определения запаса цист в овисаках самок (W_2),

$$W_2 = V_2 \times N_2 \times R \times m, \quad (5)$$

- где V_2 - объем "жилой" зоны самок, м³
 N_2 - численность самок, экз./м³
 R - остаточная плодовитость самок, экз./особь
 m - масса нативной цисты

Вопросы:

1. Что такое мониторинг?
2. Как рассчитать ОДУ для водоема по рачку артемия?

Содержание

Занятие 1	3
ДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИСХОЖДЕНИЯ	3
Занятие 2	5
ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ К ОБИТАНИЮ В ТОЛЩЕ ВОДЫ.....	5
Занятие 3	8
МАКРОФИТЫ ПРУДОВ И ИХ ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	8
Занятие 4	13
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРУДОВ	13
Занятие 5	15
ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ЗООПЛАНКТОНА.....	15
Занятие 6	28
МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ЗООПЛАНКТОНА	28
Занятие 7	34
ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ К ОБИТАНИЮ НА ДНЕ ВОДОЕМОВ....	34
Занятие 8	36
МЕТОДЫ СБОРА ФИТОБЕНТОСА	36
Задание 9.....	41
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БЕНТОСА	41
Занятие 8	45
ВОДОРОСЛИ ИЗ ОТДЕЛОВ СИНЕЗЕЛЕННЫЕ, ЗОЛОТИСТЫЕ, ПИРОФИТОВЫЕ	45
Занятие 9	49
ВОДОРОСЛИ ИЗ ОТДЕЛОВ ЗЕЛЕННЫЕ И ДИАТОМОВЫЕ	49
Занятие 10.....	55
ВОДОРОСЛИ ИЗ ОТДЕЛОВ БУРЫЕ И КРАСНЫЕ.....	55
Занятие 11	57
ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ	57
Занятие 12	66
НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ.....	66
Занятие 13	73
ФЛОРА И ФАУНА РЕК	73
Занятие 14	77
ФЛОРА И ФАУНА ОЗЕР	77
Задание 15.....	80
ФЛОРА И ФАУНА ВОДОХРАНИЛИЩ.....	80
Занятие 16	82
ФЛОРА И ФАУНА ПРУДОВ	82
Занятие 17	86
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГРАММЕ МОНИТОРИНГА СОЛЯНЫХ ОЗЕР	86

Морузи Ирина Владимировна
Пищенко Елена Витальевна
Веснина Любовь Викторовна

ГИДРОБИОЛОГИЯ

(Практикум)

Подписано к печати
Уч.-изд. л. 6,0 , усл. печ.л. 6,2