

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

---

РУКОВОДСТВО  
по методам  
гидробиологического  
анализа  
поверхностных вод  
и донных отложений

---

Утверждено  
Государственным комитетом СССР  
по гидрометеорологии и контролю  
природной среды  
12 сентября 1982 г.

## Предисловие

С увеличением темпов технического прогресса все ярче проявляется воздействие хозяйственной деятельности человека на окружающую его природную среду. Среди проблем, обусловленных этим воздействием, важное место заняла проблема чистой воды, поскольку поверхностные воды оказались наиболее чувствительным звеном природной среды. Без тщательного контроля состояния последних невозможно предупредить возникновение неблагоприятных экологических ситуаций. Известно, что качество воды, ее биологическая полноценность в значительной мере определяется состоянием биогеоценозов. Поэтому из всех существующих систем контроля качества природных вод только система гидробиологического контроля дает непосредственную оценку состояния биогеоценозов, и в этом ее основное преимущество перед другими системами контроля и качества вод. Все это настоятельно требует широкого внедрения в практику экологического мониторинга методов гидробиологического анализа. Гидробиологический анализ, будучи важнейшим элементом системы контроля загрязнения поверхностных вод и донных отложений, позволяет:

- оценивать качество поверхностных вод и донных отложений как среды обитания организмов, населяющих водоемы и водотоки;

- определять совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ;

- определять трофические свойства воды;

- устанавливать возникновение вторичного загрязнения, а в некоторых случаях специфический химизм и его происхождение;

- устанавливать направления и изменения водных биоценозов в условиях загрязнения природной среды;

- определять экологическое состояние водных объектов и экологические последствия их загрязнения.

В нашей стране гидробиологический анализ поверхностных вод имеет давние традиции, восходящие к середине прошлого столетия, когда при Казанском обществе естествоиспытателей была образована специальная комиссия, в обязанности которой вменялись санитарно-биологические исследования качества вод местных озер. В 1974 г. в СССР была создана Гидробиологическая служба наблюдений и контроля поверхностных вод, представляющая одну из подсистем Общегосударственной службы наблюдений и контроля за уровнем загрязнения объектов природной среды, осуществляемой Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды.<sup>1</sup>

В основу организации Гидробиологической службы наблюдений и контроля поверхностных вод СССР положены:

<sup>1</sup> Израэль Ю. А., Гасилина Н. К., Абакумов В. А. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля поверхностных вод в СССР. — Обнинск: Гидрометеонздат, 1979.

- 1) массовость гидробиологических наблюдений;
- 2) комплексность наблюдений, т. е. проведение гидробиологических наблюдений в комплексе с гидрохимическими и гидрологическими наблюдениями;
- 3) единство научно-методического руководства сетью гидробиологических лабораторий;
- 4) централизация всей гидробиологической информации по контролю загрязнения водных объектов и изменению в водных экологических системах под воздействием антропогенных факторов;
- 5) унификация и стандартизация методов гидробиологических наблюдений и контроля;
- 6) сопоставимость гидробиологических показателей участков водного объекта предполагаемого воздействия источников загрязнения с гидробиологическими показателями участков водного объекта, где нет этого воздействия. На водотоках, например, для осуществления этого принципа наблюдения проводятся выше и ниже источника загрязнения.

Массовость гидробиологических наблюдений, их комплексность, сопоставимость, унификация и стандартизация, централизация всей гидробиологической информации предъявляют особые требования к методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений, применяемых в системе Государственной службы наблюдений и контроля за уровнем загрязнения природной среды. Эти методы должны быть доступны для гидробиологов, не обладающих высокой профессиональной квалификацией, не требовать больших материальных затрат и чрезмерно сложного технического обеспечения. При этом они должны гарантировать адекватную оценку качества вод и донных отложений, давать высокую воспроизводимость результатов, обеспечивать быстрое получение надежной информации, обладать достаточной разрешающей способностью, чтобы регистрировать даже временные небольшие нарушения как отдельных биологических процессов, так и общего состояния водных экосистем, обладать высокой эффективностью в условиях работы широкой сети наблюдений, включающей труднодоступные районы. Одновременно с этим методы гидробиологического анализа должны обеспечивать получение гидробиологической информации длительно хранения как основу для прогнозов изменений состояния водных экосистем, вызванных природными и антропогенными причинами.

В настоящее время проблема создания такого комплекса гидробиологических методов полностью еще не решена. Комплекс гидробиологических методов, подробно описанный в данном Руководстве, отражает современный уровень практического решения этой проблемы. Большая заслуга в достижении этого уровня принадлежит Межведомственной гидробиологической комиссии, объединяющей ведущих гидробиологов нашей страны.

В Руководстве обобщен восьмилетний опыт практики гидробиологического контроля качества поверхностных вод и донных отложений в системе Общегосударственной службы наблюдений и контроля за уровнем загрязнения объектов природной среды.

Руководство подготовлено Отделом биомониторинга пресноводных экосистем Лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР (ЛАМ) при участии ряда специалистов Института прикладной геофизики Госкомгидромета, Института микробиологии АН СССР, Института озерадения АН СССР, Института биологии АН Латвийской ССР, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и предназначено для специалистов Гидробиологической службы наблюдений и контроля поверхностных вод Госкомгидромета. Оно включает основные методы гидробиологических исследований поверхностных вод и донных отложений, рекомендованные ЛАМ.

В главе 1 (автор В. А. Абакумов, ЛАМ) излагаются основные принципы гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений, общие рекомендации по гидробиологическим наблюдениям и контролю природной среды, освещаются преимущества и недостатки отдельных методов, определяющие границы применения последних при решении тех или иных задач биоиндикации. Глава 2 (авторы Н. П. Бубнова, Н. И. Холикова, ИПГ) содержит описание методов сбора и камеральной обработки зообентоса, методов оценки состояния донных отложений и качества вод по зообентосу. Методы сбора и обработки проб перифитона и способы оценки качества вод по перифитону изложены в главе 3 (автор Т. П. Горидченко, ЛАМ). Методы исследования протозойного бентоса и планктона в виду их крайней специфичности выделены в отдельную главу 4 (автор Р. А. Лиёпа, Институт биологии). В главе 5 (автор Н. Л. Свирская, ЛАМ) рассматриваются методы сбора и камеральной обработки зоопланктона, методы оценки качества вод по зоопланктону.

Методам исследования фитопланктона посвящены три главы Руководства. В главе 6 (автор Л. А. Ганьшина, ЛАМ) содержится описание методов сбора и камеральной обработки фитопланктона, методов оценки качества вод по фитопланктону. В главе 7 (авторы В. А. Семин и В. М. Хромов, МГУ) представлены современные методы определения пигментов фитопланктона (хлорофилл «а», «b», «с») и расчета биомассы фитопланктона по концентрации хлорофилла «а». В главе 8 (авторы В. А. Семин и В. М. Хромов, МГУ) изложены методы определения первичной продукции и деструкции органического вещества. Глава 9 (автор Д. И. Никитин, Институт микробиологии) содержит методы микробиологического анализа поверхностных вод, описание техники микробиологических работ и определение микробиологических показателей.

В главе 10 (авторы В. М. Катанская и И. М. Распопов, Ин-

ститут озероведения) рассматриваются методы изучения высшей водной растительности. Эти методы имеют особенно большое значение при рекогносцировочном обследовании водоемов и водотоков. В главе приводятся характеристики и изображения наиболее распространенных водных растений, являющиеся ценным пособием при проведении рекогносцировочного обследования.

В приложении приводится перечень типового оборудования, необходимого для оснащения сетевых гидробиологических лабораторий.

Авторы выражают надежду, что Руководство окажется полезным для специалистов-гидробиологов, микробиологов, ихтиологов, экологов, гидрохимиков, работающих в области охраны и контроля природной среды.

Авторы с благодарностью примут от заинтересованных лиц замечания и предложения по улучшению книги.

*В. А. Абакумов*

## Глава 1. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Биоценоз и его биотоп существуют в единстве взаимной обусловленности. На изменения, происходящие в биотопе, в частности на антропогенное загрязнение биотопа, биоценоз реагирует изменением интенсивности и характера своего метаболизма, степени участия в нем фотолитотрофов, хемолитотрофов, фотоорганотрофов и хемоорганотрофов, своего видового состава и т. п. [4]. В водной экосистеме особенности биоценоза определяют скорость и эффективность процессов самоочищения, условия формирования чистой воды. Особенности биоценоза в полной мере отражают особенности биотопа, на чем и основаны все методы гидробиологического анализа качества вод и донных отложений.

Для гидробиологического анализа качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющих водоемы и водотоки: планктонные и бентосные беспозвоночные, простейшие водоросли, макрофиты, бактерии и рыбы. Каждая группа организмов в качестве биологического индикатора имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации [5, 7].

Водорослям принадлежит ведущая роль в индикации изменения качества воды в результате эвтрофирования водоема. При эвтрофировании водоема и соответствующем ухудшении качества воды сукцессия видового состава особенно отчетливо проявляется в сообществе фитопланктона [26]. Значительное число публикаций результатов экспериментальных исследований влияния загрязнителей на водоросли существенно облегчает интерпретацию альгологических данных по загрязнению водных объектов. Однако водоросли не могут быть индикаторами фекального загрязнения, не прямо зависят от тяжелого органического загрязнения и обладают слабой чувствительностью к тяжелым металлам и пестицидам. В ряде случаев биоиндикация по водорослям затрудняется их недостаточной таксономической изученностью, а также сложностью различать живые и мертвые клетки. В последнее время трудности обработки проб, обусловленные утомительностью подсчетов числа клеток, в известной мере снижаются благодаря использованию методов автоматического подсчета общей численности.

Зоопланктон, как и фитопланктон, используется для получения картины загрязнения той части водотока, которая лежит выше пункта взятия пробы. В сравнении с фитопланктоном зоопланктон менее показателен при индикации изменения качества вод в результате процессов эвтрофирования [26]. Так, в Ладожском озере за последние 70 лет в связи с эвтрофированием в составе доминирующих видов фитопланктона произошли существенные изменения, появились новые виды, тогда как видовой состав зоопланктона не изменился [27]. Тем не менее значение зоопланктона в качестве биоиндикатора качества вод достаточно

велико и в значительной мере обуславливается тем, что среди зоопланктонных организмов встречаются представители патогенной фауны, ограничивающей использование водного объекта в целях водоснабжения и рекреации. Зоопланктон в качестве биоиндикатора особенно широко используется при контроле качества вод озер и водохранилищ, где ему в ряде случаев придается решающее значение, например, при биоиндикации качества воды средних слоев пелагиали, откуда производится водозабор для водоснабжения крупных населенных пунктов, или в устьевых заливах притоков верхней части водохранилищ, где имеют место большие ежесуточные и недельные колебания уровня воды, обусловленные ритмом работы гидроэлектростанций [20].

Значение простейших особенно велико в тех случаях, когда требуется оценка загрязнения непосредственно в момент взятия пробы и незадолго до этого. Экспресс-методы оценки качества вод по простейшим позволяют получать надежную информацию практически мгновенно. Этому способствует как простота отбора проб, так и достаточно хорошо разработанная система сапробных валентностей с детализацией в пределах отдельных родов. Простейшие являются высокочувствительными индикаторами сапробного состояния водоемов. В практике полевых работ наиболее предпочтительным следует признать метод прямого микроскопирования нефиксированных проб, поскольку многие простейшие даже при очень строгом подборе фиксатора меняют свою форму, теряют жгутики и разрушаются.

Зообентос служит хорошим, а в ряде случаев единственным биоиндикатором загрязнения донных отложений и придонного слоя воды. Макрозообентос является основой многих систем биоиндикации: эколого-зонального метода Института гидробиологии, биотических очков Чендлера, биотических баллов, расширенного биотического индекса, биотического индекса р. Трент. Последняя из этих систем особенно широко применяется у нас на малых реках. Наибольшую биомассу бентоса составляют моллюски, но необходимо помнить, что далеко не все моллюски могут служить надежными индикаторами загрязнения воды и донных отложений. Достоверными индикаторами служат легочные моллюски, особенно катушки и речные чашечки.

Неизменно положительные результаты дает оценка состояния водных объектов по личинкам насекомых. Свободно живущие камподеовидные личинки ручейников (без предохраняющих домиков) из подотряда кольчатощупиковых, а также личинки поденок с жабрами, не покрытыми крышечками, являются наиболее чувствительными к загрязнению и используются как надежные индикаторы чистых участков водоема.

Хорошими показателями степени загрязнения вод могут с успехом служить многие организмы мейобентоса, например представители двух подклассов нематод: *Adenophorea* и *Secernatea*. Первые из них предпочитают незагрязненные воды, тогда как последние тяготеют к участкам, содержащим большое количество



органических веществ. Соотношение численности представителей *Secernatea* и *Adenophorea* может использоваться в качестве показателя степени загрязнения, для чего вполне достаточно определять нематод до отряда, что не вызывает затруднений. Всесветное распространение этих животных позволяет получать сопоставимые результаты для всех регионов [13].

При оценке степени загрязнения донных отложений по индикаторным организмам зообентоса следует учитывать, что на дне даже очень чистых естественных водоемов и водотоков всегда скапливается некоторое, хотя бы и очень незначительное количество мертвых органических веществ, которые являются важным элементом среды мезосапробных организмов. Поэтому типичные  $\beta$ -мезосапробы, являющиеся показателями загрязнения в планктоне, на дне в большинстве случаев таковыми не будут. Для донных отложений несомненными показателями загрязнения следует признать лишь  $\alpha$ -мезосапробов и полисапробов.

Значение макрофитов наиболее существенно при рекогносцировочном гидробиологическом осмотре водных объектов<sup>1</sup>, проводимом с целью экологически обоснованного размещения постоянных пунктов контроля загрязнения. В прибрежно-водной растительности выявляется исключительно легко поддающаяся учету доминантная флора. При этом подтипу водной растительности, представленной гидромезофитами, гидрофитными и гидротрофитными видами отводится принципиальная роль в оценке загрязнения водной среды, тогда как подтипу прибрежной растительности, представленной гидрофитными, мезофитными и ксеромезофитными видами, определяющее значение придается при оценке загрязнения донных отложений малорастворимыми и малоподвижными токсическими веществами.

При загрязнении водоемов изменяется видовой состав, биомасса и продукция макрофитов, возникают морфологические аномалии, происходит смена эдификаторов — доминантных видов, обуславливающих особенности контролируемого ценоза.

Несмотря на то что с точки зрения определения загрязнения весьма показательным изучение подземной биомассы и подземной структуры фитоценоза прибрежно-водной растительности, оно слишком трудоемко, и потому не может найти широкого применения в гидробиологической службе контроля качества поверхностных вод. При использовании макрофитов как биоиндикаторов качества вод и донных отложений необходимо учитывать их большую устойчивость к кратковременным всплескам загрязнения.

Основной особенностью бактериологического анализа воды, сближающей его с химическим анализом и определяющей его место в системе контроля загрязнения водных объектов, является возможность характеризовать качество воды только непосред-

<sup>1</sup> Рекогносцировочный гидробиологический осмотр водных объектов наиболее целесообразно проводить летом — в начале осени (июнь—сентябрь), когда флора и фауна развиты наиболее полно, а процессы самоочищения протекают с наибольшей интенсивностью.

венно в момент взятия пробы. В то время как гидробиологические показатели определяют экологическое состояние водоема в целом, бактериологические показатели характеризуют не столько водоем, сколько воду или донные отложения [21]. Бактерии могут служить хорошими индикаторами органического и токсического загрязнения. Так, например, особенности ростовой реакции *Aerobacter aerogenes* позволяют установить присутствие в воде нитратных солей свинца, меди и кадмия в концентрациях  $5 \cdot 10^{-5}$  моль в 1 л, окиси ртути  $5 \cdot 10^{-7}$  моль в 1 л и серебра  $5 \cdot 10^{-18}$  моль в 1 л [31]. Бактерии представляются незаменимыми индикаторами фекального загрязнения.

Высокая чувствительность микробиологических показателей обусловлена большой разницей в содержании микроорганизмов-индикаторов в сточных водах и в воде контролируемых объектов. Для ряда бактерий-индикаторов эта разница достигает сотен тысяч, а то и десятков миллионов раз, что позволяет широко использовать бактериологические показатели при контроле распространения загрязнения в водных объектах, а также при изучении процессов самоочищения и разбавления сточных вод. При этом должна учитываться возможность наличия максимальной численности бактериальных клеток ниже по течению по сравнению с источником органического загрязнения.

Относительная простота отбора проб, хорошо разработанная обычная методика, автоматизация общего подсчета бактериальных клеток являются важными преимуществами бактериологических методов контроля качества вод.

Среди других особенностей микробиологических методов контроля качества вод, которые необходимо учитывать при внедрении микробиологических методов в гидробиологическую службу наблюдений и контроля поверхностных вод, необходимо учитывать: необходимость в специальном оборудовании для стерилизации, посева и инкубации, задержку в получении результатов при подготовке культуры, трудности различия живых и мертвых клеток без специального оборудования при прямом подсчете, расхождения в подсчетах различными методами (подсчеты на чашках могут не отражать действительную плотность жизнеспособных клеток), относительно недостаточную разработанность бактериологии «чистой воды», неясность происхождения дрейфующих клеток, быстроту восстановления сообществ после временно-го загрязнения.

Данные по ихтиофауне важны при оценке состояния водного объекта в целом и особенно при определении допустимых уровней загрязнения водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Случаи массовой гибели рыбы благодаря тому, что они легко обнаруживаются и не специалистами, часто оказываются первыми зарегистрированными сигналами залповых, аварийных сбросов загрязняющих веществ. Отсутствие рыбы в реках, озерах, и водохранилищах, особенно в тех, где прежде водилась рыба, указывает на крайнее неблагополучие в экосистеме, причиной ко-

тому может быть тяжелое загрязнение. Отсутствие рыбы более показательно, чем ее наличие, поскольку присутствие рыбы в водоеме или водостоке еще не указывает на отсутствие в воде или донных отложениях веществ, которые могут быть вредны для рыб и человека, особенно при длительном их воздействии, не может служить индикатором ни биологической чистоты воды, ни отсутствия у воды привкуса или запаха, ни пригодности воды для питьевых целей или купания в ней, ни пригодности воды для определенных промышленных целей [12]. Кроме того, трудности в регулярном получении репрезентативного ихтиологического материала ограничивают возможности использования ихтиологической информации в гидробиологической службе наблюдений и контроля поверхностных вод.

Биологические последствия загрязнения вод и донных отложений могут быть исследованы с помощью любой из выше названных групп организмов, хотя во многих системах биоиндикации применяются только макроскопические беспозвоночные, так как на основе именно этой группы разработаны наименее трудоемкие методы контроля качества вод и донных отложений. При выборе тех или иных групп организмов, следует исходить из конкретных задач биоиндикации. Так, например, при индикации биологических последствий закисления озер следует учитывать, что уже на ранних стадиях закисления нарушаются микробиологические процессы, а в кислых водоемах при pH ниже 5,0 отмечается подавление бактериальной активности и специфических биохимических процессов, доминирующие бактерии и простейшие уступают место грибам, уменьшается видовое разнообразие и биомасса фитопланктона, что в свою очередь сказывается на численности многих видов зоопланктона и ведет к обеднению его видового состава. Даже при кратковременном воздействии кислых вод происходит быстрое уменьшение численности многих видов макробеспозвоночных. Амфиподы (*Gammarus Lacustris*) — важный элемент питания форели — исчезают при pH ниже 6,0. На закисление чутко реагируют и рыбы, оптимальные условия жизни которых находятся в пределах pH от 8,5 до 6,5.

Всесторонняя, исчерпывающая характеристика состояния экологической системы, качества ее вод и донных отложений, возможна только на основании достаточно полных данных, касающихся разных водных сообществ. Для достижения этой цели необходимо особое внимание уделять абсолютным биологическим величинам и прежде всего видовому составу главнейших сообществ и количественным данным о видовых популяциях доминирующих и индикаторных видов. При этом должны приниматься во внимание только абсолютно точные и надежные таксономические определения. Если нет полной уверенности в правильности определения, то такой организм не следует учитывать совсем.

Неточности таксономических определений особенно сильно искажают результаты сапробиологического анализа. Среди методов гидробиологического анализа поверхностных вод сапробиоло-

гический анализ занимает одно из важнейших мест. Разработанный еще в начале нашего века ботаником Кольквитцем и зоологом Марссоном и впоследствии развитый и модифицированный многими авторами сапробиологический анализ продолжает успешно применяться в повседневной практике гидробиологического контроля качества поверхностных вод, конкурируя с новейшими методами биоиндикации [8].

Первоначально под сапробностью понималась способность организмов развиваться при большем или меньшем содержании в воде органических загрязнений. Затем экспериментально было доказано, что сапробность организма обуславливается как его потребностью в органическом питании, так и резистентностью по отношению к вредным продуктам распада и дефициту кислорода в загрязненных водах. Теперь установлено, что в ряду организмов олигосапробы — мезосапробы — полисапробы возрастает не только специфическая стойкость к органическим загрязнениям и к таким их последствиям, как дефицит кислорода, но и их эврибионтность, т. е. не специфическая способность существовать при резко различных условиях среды [14]. Это положение значительно расширяет возможности использования сапробиологического анализа не только в случае загрязнения вод бытовыми стоками, но и при их промышленном загрязнении.

В классической системе показательные организмы разделяются на три группы:

- 1) организмы сильно загрязненных вод — полисапробионты, или полисапробы;
- 2) организмы умеренно загрязненных вод — мезосапробионты, или мезосапробы (с двумя подгруппами  $\alpha$  и  $\beta$ );
- 3) организмы слабозагрязненных вод — олигосапробионты, или олигосапробы.

Полисапробные воды в химическом отношении характеризуются бедностью кислорода и большим содержанием углекислоты и высокомолекулярных легко разлагающихся органических веществ — белков, углеводов. В этих водах интенсивно протекают процессы редукации и распада с образованием сернистого железа в иле и сероводорода. Население полисапробных вод обладает малым видовым разнообразием, но отдельные виды могут достигать большой численности. Аэрофильные микроорганизмы полностью отсутствуют. Здесь особенно распространены бесцветные жгутиконосцы и бактерии. Число бактериальных колоний, вырастающих из 1 см<sup>3</sup> полисапробной воды на обыкновенной питательной желатине, может превышать 1 млн. Полисапробные организмы, как например, *Sphaerotilus* могут встречаться в соседних мезосапробных водах, но в олигосапробных водах никогда не образуют постоянной картины, а если и обнаруживаются в них, то чрезвычайно редко.

$\alpha$ -мезосапробные воды характеризуются энергичным самоочищением. В нем принимают участие и окислительные процессы за счет кислорода, выделяемого хлорофиллоносными растениями.

Среди последних встречаются некоторые сине-зеленые, диатомовые и зеленые водоросли. Большой численностью обладают грибы и бактерии, достигающей сотен тысяч в 1 см<sup>3</sup>. В этих водах могут обитать нетребовательные к кислороду виды рыб. Деревенские пруды, рвы и канавы на полях орошения обычно содержат  $\alpha$ -мезосапробные воды.

В  $\beta$ -мезосапробных водах процессы самоочищения протекают менее интенсивно, чем в  $\alpha$ -мезосапробных. В них доминируют окислительные процессы, нередко наблюдается пересыщение кислородом, преобладают такие продукты минерализации белка, как аммонийные соединения, нитриты и нитраты. В этих водах разнообразно представлены животные и растительные организмы, среди последних — диатомовые, зеленые и сине-зеленые. Число бактерий в 1 см<sup>3</sup> воды не превышает обычно ста тысяч. Многие макрофиты находят здесь оптимальные условия для своего роста. В качестве примера таких вод можно привести нормально очищенные летние воды полей орошения.

Олигосапробные воды представляют, например, практически чистые воды больших озер. Если такие воды произошли путем минерализации из загрязненных вод, то для них характерна почти полная минерализация органических веществ. Их содержание не превышает 1 мг/л. Число бактерий не более 1 тыс, если не попадают случайно занесенные формы. В полисапробных водах богато представлены перидинии, встречаются даже харовые водоросли.

Из наиболее распространенных методов сапробиологического анализа (методы Кнелпа, Ротшайна, Пантле и Букка, Зелинки и Марвана, модификация Сладечека) наибольшие возможности дифференцировки станций с разной степенью загрязнения вод дает расчет средневзвешенной сапробной валентности по Зелинке и Марвану. Это, однако, не может компенсировать преимущества более простых и менее трудоемких методов представления результатов биологического анализа, позволяющих оценивать среднюю сапробность. Наиболее удобным, применительно к организмам планктона, следует считать метод Пантле и Букка в модификации Сладечека [9, 13]. Нельзя признать достаточно корректной применительно к организмам макрозообентоса разновидность системы Кольквитца и Марссона с произвольной оценкой численности организмов. Используемые в этих системах «мало», «много» и т. п. приобретают различные значения для разных организмов, что не всегда может быть однозначно квалифицировано. Методы, базирующиеся на списках сапробности организмов фитопланктона и зоопланктона, достаточно правильно отражают степень загрязнения реки в целом, но хуже передают различия между отдельными станциями, особенно при слабом загрязнении, что не может ни ограничивать сферу их применения [15].

Один из основных недостатков сапробиологического анализа заключается в том, что системы видов-индикаторов разработаны для средневропейской флоры и фауны, и это ограничивает их

применение в неизменном виде в других регионах. Водоемы и водотоки в различных регионах нередко оказываются обладателями экологически отличных рас одних и тех же видов, по разному реагирующих на загрязнение и отвечающих различным степеням сапробности. Примером этому может служить *Lithoglyphus naticoides*, показывающий в бассейне р. Днепра олигосапробную зону, а в бассейне р. Дуная переходную зону от  $\beta$ -мезосапробной зоны к  $\alpha$ -мезосапробной. *Sialis Lutaria*, *Asellus aquaticus*, *Clinotanytus nervosus* в болотистом Полесье являются  $\beta$ -мезосапробами, в то время как в других водоемах они —  $\alpha$ -мезосапробы или даже полисапробы. *Chironomus reductus* в лесной зоне Украинской ССР встречается в переходной от олиго- к  $\beta$ -мезосапробной зоне, в то время как в реках Донбасса и на Дунае он  $\beta$ — $\alpha$ -мезосапроб и т. д. [8].

Один и тот же организм может быть надежным показателем двух различных степеней загрязнения. *Pediastrum boryanum*, например, может быть показателем как олигосапробной, так и  $\beta$ -мезосапробной зон. Если он встречается в большом количестве и в то же время энергично размножается, что просто определить по значительному числу легко отличимых молодых особей, то он должен рассматриваться как характерный  $\beta$ -мезосапроб. Напротив, попадаясь хотя бы и в весьма значительных количествах, но почти исключительно в виде старых, вполне развитых экземпляров, он должен быть отнесен к олигосапробам. Колониальная *Anthophysa vegetans* служит надежным показателем  $\alpha$ -мезосапробной зоны только в том случае, если мы встречаем ее в виде хорошо развитых колоний, сидящих на типичных стебельках. Если же обнаруживаются только свободные колонии, оторвавшиеся от стебельков, или же главным образом одни стебельки с очень редкими на них колониями, то это ясно указывает на заметное очищение воды и в таком случае этот организм должен рассматриваться как типичный  $\beta$ -мезосапроб.

Все это необходимо учитывать в сапробиологическом анализе поверхностных вод.

Следует подчеркнуть, что плодотворно использовать сапробиологический анализ могут только достаточно квалифицированные специалисты-гидробиологи, располагающие пособиями для идентификации видов. Нужно также помнить справедливые слова Г. Г. Винберга: «Когда индикаторные организмы оказываются в роли главного, чуть ли не единственного средства оценки качества вод, создается реальная опасность деградации исследований до их ничем не оправданного замыкания в узкие рамки специфических интересов «сапробиологии», когда «сапробиологические исследования» становятся как бы самоцелью» [14, стр. 37].

Для гидробиологического анализа загрязнения вод и донных отложений малых рек по составу донных макробеспозвоночных наиболее перспективным признан метод биотических индексов р. Трент, разработанный Вудивиссом [15]. Несомненным достоинством этого метода является то, что в нем объединяются прин-

цип индикаторного значения отдельных таксонов (немногих, в отличие от списков индикаторных организмов в системе сапробности) и принцип уменьшения разнообразия фауны в условиях загрязнения, т. е. наиболее часто наблюдаемая последовательность исчезновения из биоценозов тех или иных групп животных по мере увеличения загрязнения [18].

Этот метод позволяет с достаточной надежностью оценивать степень загрязнения различных участков реки, дает высокую воспроизводимость результатов, не требует обязательного видового определения донных животных, доступен для гидробиологов, не обладающих высокой профессиональной квалификацией, не требует больших материальных затрат [19]. Очень важно, что при использовании метода Вудивисса такой существенный для распределения донных животных фактор, как тип грунта, не маскирует оценку степени загрязнения участков реки. Однако следует иметь в виду, что в условиях разреженной фауны, особенно на чистых песках, для более правильной оценки степени загрязнения вод необходимо отбирать больше проб, иначе могут быть получены заниженные значения биотического индекса [13].

При гидробиологическом анализе поверхностных вод и донных отложений особенно большое значение следует придавать организмам, встречающимся в большом количестве. При этом нельзя ни принимать во внимание времена года и гидрологические факторы. Развитие многих индикаторных организмов существенно изменяется по сезонам. Четкая периодичность наблюдается, например, в развитии фитоперифитона. Весной и в первой половине лета доминирует *Ulothrix zonata*, а летом — *Cladophora glomerata*. Многие организмы — показатели загрязненных вод — оказываются приуроченными к осени. Поэтому в том случае, если гидробиологические наблюдения производятся лишь однажды в году, предпочтительно это делать во второй половине лета и в начале осени. Необходимо также учитывать и сезонную динамику антропогенных факторов, например, сезонность сельскохозяйственных работ. В связи с весенними полевыми работами возрастает влияние на водные экологические системы таких факторов, как диффузный приток с полей удобрений, пестицидов и гербицидов, эрозия почв и т. д. В связи с осенними полевыми работами обычно более интенсивно происходит высвобождение из почвы биогенных элементов и поступление их в водотоки и водоемы. В летний период, как правило, усиливаются процессы самоочищения, что может приводить к понижению значения индексов сапробности, биотических индексов, биотических очков и т. п.

При выборе места отбора гидробиологических проб чрезвычайно важно учитывать гидрологические факторы, преимущественно определяющие характер распределения и распространения загрязнения в контролируемом водном объекте. Нередко даже сильное загрязнение с одного берега реки долго никак не обнаруживается у другого берега. Для взятия проб на предмет оцен-

ки качества воды в реках, особенно подходящим местом являются перекаты [25]. Перифитон с различных подводных предметов, находящихся на быстром течении перекаатов и быстрин, благодаря быстрой смене окружающей их воды совершенно свободен от влияния случайных местных загрязнений и показывает среднее загрязнение, господствующее в данном водотоке.

Здесь следует особо отметить роль перифитона в получении осредненных оценок протекающей воды и вообще его большую перспективность в системе гидробиологического контроля, имеющей целью охватить сеть постоянных наблюдений огромное число водоемов и водотоков на всей территории страны. При этом немаловажное значение имеет относительная простота сбора перифитона (для оценки загрязнения воды часто достаточно качественных проб перифитона) по сравнению с другими группами гидробионтов, а также использование примитивно простых орудий сбора, таких, как гидробиологическая ложка, скребок, скальпель, нож и т. п. Подобный сбор материала могут производить наблюдатели, не имеющие специального образования, что позволяет быстро и на большой территории внедрить в практику метод контроля качества вод по перифитону. Конечно не следует забывать, что для последующей обработки собранных проб необходимо наличие специалистов, имеющих биологическую подготовку, так как методы, основанные на индикаторных организмах, как уже отмечалось выше, требуют точного определения видов. При рекогносцировочном гидробиологическом осмотре водных объектов достаточно регистрировать лишь те микроскопические формы перифитона, которые при массовом развитии могут быть определены невооруженным глазом или с помощью простой лупы, как, например, сидячие формы коловраток, колониальные сидячие инфузории *Ophrydium*, *Carchesium*, *Epistylis*, диатомовые водоросли *Zomphonema*, *Cymbella*, сине-зеленые водоросли *Nostoc*, *Rivularia*, налеты и наросты серных бактерий *Thiothrix*, *Beggiatoa*, бактериальные *Zoogloea ramigera*, пряди и космы бактерий и грибов *Zeptomitus*, *Sphaerotilus*, *Nematosporangium* и т. п.

Пробы, берущиеся в плёсах и заводях, имея меньшее значение для оценки среднего общего загрязнения всей массы воды в реке, приобретают большое значение для оценки местных, подчас не совсем случайных загрязнений, иногда оказывающихся очагами загрязнения всей массы воды в реке. В том случае, когда определяется распространение очаговых загрязнений, особенно большое внимание должно уделяться случайному планктону, т. е. показательным бентическим организмам, которые, будучи оторваны от места прикрепления у очага загрязнения, далеко уносятся течением и нередко обнаруживаются там, где более редкие и менее стойкие собственно планктонные показательные организмы совсем не встречаются [16]. Таким образом, суждения о той или иной степени загрязнения необходимо основывать на общей сумме всех признаков, характеризующих биологическую картину водотока в исследуемом пункте, тщательно избегая



строить суждения на основании отдельных находок сапробных организмов, которые всегда могут зависеть от совершенно случайных, несущественных, узко локальных загрязнений. Биологическая картина водотока не может быть полной без функциональных характеристик водных сообществ. Среди последних первое место занимают характеристики первичной продукции и деструкции.

В том случае если гидробиологический анализ поверхностных вод и донных отложений производится путем сопоставления состава сообществ и интенсивности биологических процессов на участках водоема или водотока с разными уровнями загрязнения, следует иметь по крайней мере два гидробиологических репера. Одним из них может служить гидробиологическая картина, свойственная тем участкам водоема, относительно которых у нас не может возникнуть никакого сомнения в их чистоте, а другим — такая же картина для участков, заведомо загрязненных. В случае отсутствия или трудной доступности чистых, не загрязненных участков желательнее по мере возможности реконструировать гидробиологическую картину, свойственную водному объекту до его загрязнения, или его фоновое состояние. В конкретном случае таким фоновым состоянием может быть состояние данного водного объекта, описанное по материалам наблюдений прежних лет.

Большую ценность в этом отношении представляют первые гидробиологические обследования уже давно интенсивно эксплуатируемых рек и озер, произведенные в те годы, когда эти водные объекты испытывали принципиально иную антропогенную нагрузку.

Примером таких гидробиологических обследований могут служить обследования р. Москвы, проведенные Я. Я. Никитинским [23, 24] осенью 1907 г. от деревни Рублево до села Коловец и летом и осенью 1910 г. между городом Звенигородом и Рублевской насосной станцией и С. Н. Строгоновым [30] в 1911—1912 гг., обследование Дона, проведенное Я. Я. Никитинским [22] в 1911 г., обследование Ладожского озера, предпринятое А. С. Скориковым [28, 29] и Е. Н. Болохонцевым [11] в 1905—1906 гг., обследование Невской губы, выполненное С. М. Вислоухом [17] в 1911—1912 гг. и др.

При статистической обработке результатов анализа количественных гидробиологических проб необходимо учитывать особенности распределения гидробионтов. Так, при мозаичности распределения донных животных средние показатели численности и биомассы, полученные вычислением среднего арифметического их значения, приводят к искаженным выводам, не отражающим истинной картины, наблюдаемой в водоеме или водотоке. Применение средних геометрических значений в подобных исследованиях дает более верное отражение распределения гидробионтов, так как при таком вычислении сглаживаются отдельные неизбежные отклонения от нормы [7, 32].

В настоящее время разработано множество методов гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений, но среди них лишь немногие могут быть названы количественными. К последним прежде всего относятся методы, в основе которых лежит учет видового состава населения водоемов и водотоков или отдельных сообществ, населяющих их организмов.

Большая притягательная сила количественных показателей объясняется естественным стремлением исследователей формулировать более эффективные количественные законы для объяснения наблюдаемых явлений. Только количественные методы биологической оценки качества вод могут позволить выразить исследуемые нами закономерности в виде математических функций, благодаря чему заключения и прогнозы могут быть сделаны более эффективным и точным способом. Однако применение этих методов в практике гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений встречает немалые затруднения. Значения индексов, получаемые во многих практических работах, находятся в зависимости от усилий, затраченных исследователями. Поэтому индексы, в основе которых лежит учет видового состава населения, часто несут на себе печать некоторого рода субъективности, обусловленной специализацией исследователя, с одной стороны, и уровнем квалификации и прилежания исследователя, с другой. Это ставит довольно важную и трудную проблему сопоставления данных, вычисленных различными исследователями. Принципиально иная проблема — проблема онтологического плана — возникает при экологической интерпретации индексов разнообразия, например при попытках установить причинно-следственную связь между разнообразием и устойчивостью экологических систем. Эта проблема детерминирована тем, что популяции разных видов животных организмов могут отличаться друг от друга степенью экологической полифункциональности [1]. При расчете же индексов разнообразия популяции, принципиально отличающиеся по степени своей экологической полифункциональности, полностью приравниваются друг к другу, как если бы они приносили одинаковый вклад во внутреннее разнообразие изучаемой нами экологической системы.

Концепция контроля вод по показателям разнообразия подвергается сомнению и с других точек зрения. Загрязнение — только одна из возможных причин снижения видового разнообразия. Значение их на одной и той же станции при одних и тех же уровнях загрязнения, при одном и том же качестве воды испытывает сильные колебания по сезонам года. Одной из причин таких колебаний может быть, например, сезонная динамика вылета имаго насекомых. Индексы разнообразия зависят от однородности биотопа [15]. Только большое разнообразие сообществ может быть однозначно интерпретировано при оценке качества вод, ибо малое разнообразие может наблюдаться как при хорошем качестве вод, так и в случае большого загрязнения. В случае загрязнения водной среды органическими веществами и эвтрофи-

рования концепции разнообразия вообще спорна, поскольку при изменении трофности водного объекта разнообразие одних таксонов может увеличиваться, а других — уменьшаться [33].

В связи с вышеотмеченными ограничениями количественные методы оценки качества вод и донных отложений, к сожалению, не получили достаточного распространения в практике гидробиологического анализа. Последнее во многом стимулирует разработку сравнительных систем оценки качества вод и донных отложений, занимающих, в определенном смысле, промежуточное положение между количественными и качественными методами оценки. Эти системы позволяют располагать в квазисериальном порядке все исследуемые экологические системы во всем наблюдаемом диапазоне антропогенных воздействий. Характерными чертами таких систем являются транзитивные асимметрические отношения между любыми их членами различных слоев квазисериального порядка и эквивалентные отношения, т. е. транзитивные и симметричные отношения между любыми членами одного слоя. Отметим, что в самых ранних сравнительных системах оценки качества вод и донных отложений квазисериальное расположение членов экологических систем производилось по одному параметру. В последнее время получают распространения системы, в которых квазисериальное расположение членов экологических систем не может быть достигнуто по одному параметру, а достигается по двум и более параметрам [2]. Примерами таких систем могут служить биотические индексы р. Трент, расширенные биотические индексы, индекс Верно и Таффи, очки Чендлера и биотический индекс Чаттера.

При оформлении отчетов результаты анализа желательно представлять в виде диаграмм и циклограмм, показывающих процентное соотношение численности и биомассы организмов руководящих групп водных сообществ [10]. Это дает четкое представление о специфичности комплексов организмов, населяющих исследованные участки водоемов. Такие циклограммы, нанесенные на картосхемы водоемов и водотоков, являют наглядную картину санитарно-биологического состояния водоема.

В заключении следует отметить, что в системе Гидробиологической службы наблюдений и контроля поверхностных вод СССР принят классификатор качества вод, содержащий 6 классов (табл. 1.1). Класс вод определяется на основании данных о состоянии зообентоса, перифитона, фитопланктона, зоопланктона и бактериопланктона в тех случаях, когда этот показатель используется.

Окончательная экспертная оценка качества вод осуществляется с учетом других важнейших показателей: численности и биомассы организмов, общего числа видов, соотношения различных групп организмов в отдельных сообществах, состояния макрофитов, интенсивности продукционно-деструкционных процессов, активности микробиологических процессов. Общая оценка качества вод в каждом конкретном случае дается по совокупности гидро-

Классификатор качества вод суши по гидробиологическим показателям

Класс вод	Воды	Зообентос		Фитопланктон, зоопланктон, перифитон		Микробиологические показатели		
		относительная численность олигохет, % общего количества донных организмов	биотический индекс	индекс сапробности по Пантле и Буку (в модификации Сладечека)	общее количество бактерий, млн. кл/мл (а)	сапробитные бактерии тыс. кл/мл (б)	а : б	
I	Очень чистые	1—20	10—8	<1	До 0,5	До 0,1	>10 <sup>3</sup>	
II	Чистые	21—35	7—5	1,1—1,5	0,6—1,0	0,6—5,0	>10 <sup>3</sup>	
III	Умеренно загрязненные	36—50	4—3	1,6—2,5	1,1—3,0	5,1—10,0	10 <sup>2</sup> —10 <sup>3</sup>	
IV	Загрязненные	51—65	2—1	2,6—3,5	3,1—5,0	10,1—50,0	<10 <sup>2</sup>	
V	Грязные	66—85	1—0	3,6—4,0	5,1—10,0	50,1—100,0	<10 <sup>2</sup>	
VI	Очень грязные	86—100 или макробентос отсутствует	0	>4,0	>10	>100	<10 <sup>2</sup>	

Примечание. Допустимо также оценивать класс вод как промежуточный между вторым и третьим (II—III), третьим и четвертым (III—IV), четвертым и пятым (IV—V) классами.

биологических показателей с учетом экологических и зоогеографических особенностей водного объекта. При этом принимаются во внимание также и особенности загрязнения различных биотопов, на что могут указывать различия показателей планктонных и бентосных сообществ.

## Глава 2. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА

При контроле качества поверхностных вод проводится структурный анализ популяций, биоценозов донных (бентосных) организмов. Видовой состав и количественное развитие биоценозов донных организмов надежно характеризуют степень загрязнения грунта и придонного слоя воды.

Состав биоценозов относительно постоянен пока он находится в условиях, в которых он сформирован. В достаточно чистых водах донные сообщества в хорошо аэрируемых участках дна характеризуются высоким видовым разнообразием, что свидетельствует о нормальном состоянии водной экосистемы. В загрязненных водоемах выпадают группы животных, наиболее чувствительные к отдельным загрязняющим веществам. Происходит видоизменение состава биоценозов, иногда катастрофическое, приводящее к замене его другим составом.

Организмы зообентоса занимают в водоеме два основных биотопа: грунт (поверхность и толщу) и растительность. Подвижные организмы могут отрываться от поверхности субстрата и плавать в воде, занимая таким образом третий биотоп — водную толщу в пределах придонного слоя воды или водного пространства в зарослях макрофитов.

Некоторые виды животных могут обитать в каждом из трех биотипов и находиться в разных условиях загрязнения, поскольку грунт в ряде случаев загрязнен сильнее толщи воды. Сам же грунт в прибрежной зоне и на глубине может содержать различные концентрации и виды загрязняющих веществ.

Орудия лова и некоторые методы обработки собранных из разных биотопов бентосных организмов различаются, поэтому мы даем отдельное описание методов сбора и обработки обитателей грунта, фауны зарослей и камней, а также бентофауны с искусственно введенных в воду субстратов.

Зообентос внутренних водоемов условно делят на три группы, основываясь на размерах животных: 1) макробентос — более 2—3 мм, 2) мезобентос — 0,5—3 мм, 3) микробентос — менее 0,5 мм. При такой схеме деления в макробентос попадают крупные организмы, например двустворчатые моллюски, личинки хирономид последних возрастов, половозрелые особи олигохет. Мезобентос объединяет животных, которые с ростом переходят в состав мак-

рофауны, а также размеры которых и во взрослом состоянии не превышают 2 мм.

Сбор организмов макро- и мезобентоса осуществляется одними орудиями лова, а обработка проб производится однотипными методами, кроме промывки грунта через сита с разной ячейей.

Микробентос включает мелкие организмы, представленные главным образом простейшими, коловратками, турбелляриями и гастротрихами. Полноценный учет этой фауны требует специальной методики сбора и, главное, обработки «живых» (не зафиксированных) проб, так как многие организмы при фиксации деформируются настолько, что затрудняется их определение.

Для целей контроля качества воды по показателям зообентоса в настоящее время достаточно отбирать пробы организмов макробентоса, поэтому мы не приводим описание методов сбора и обработки мезо- и микробентоса.

## 2.1. ДОННАЯ ФАУНА

### 2.1.1. Методы отбора проб

**2.1.1.1. Фауна грунта.** Основными орудиями сбора на количественный анализ донных беспозвоночных — обитателей поверхностного слоя и толщи грунта — являются дночерпатели различных систем. Универсального дночерпателя, пригодного для работы на всех типах грунта, нет. Поэтому рекомендуем несколько конструкций дночерпателей, каждая из которых применяется для отбора проб при определенном характере донных осадков.

На мягких илистых грунтах применяется коробочный дночерпатель Экмана — Берджа (рис. 2.1) на тросе или облегченная модель ковшевого дночерпателя Петерсена (рис. 2.3). Для работ на водохранилищах удобна модифицированная в Институте внутренних вод АН СССР модель дночерпателя Экмана-Берджа, работающая хорошо на довольно плотных грунтах и при волнении (рис. 2.2). На очень мягких илах, например в профундали озер, дночерпатель Экмана — Берджа опускают очень медленно, контролируя по натяжению троса достижение дна, с тем, чтобы прибор не зарывался в грунт. Лучшие результаты получаются при использовании дночерпателя модели Боруцкого с высоким (до 40 см) коробом, причем на корпус следует добавлять ограничитель глубины погружения прибора в грунт в виде решетчатой рамы.

В реках на песчаных грунтах отбор осуществляется дночерпателем Петерсена с малой площадью захвата.

На плотных и особенно на задернованных грунтах следует применять утяжеленную модель дночерпателя Петерсена, или дночерпатель «Океан» (рис. 2.4). Эти типы дночерпателей, работающие без посылного груза, удобны для работ на водохранилищах даже во время сильного волнения.

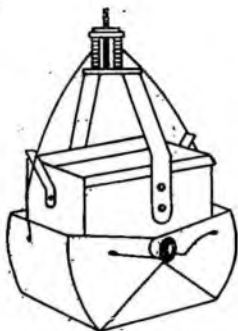


Рис. 2.1. Дночерпатель Экмана-Берджа.

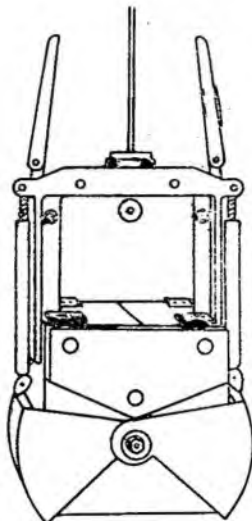


Рис. 2.2. Дночерпатель Экмана-Берджа (модифицированная модель).

Перечисленные виды дночерпателей применяют для отбора проб с лодки или катера.

Спуск и подъем облегченных моделей дночерпателей с площадью захвата  $1/40 \text{ м}^2$  лучше выполнять с помощью механической лебедки с лодки, но можно отбирать пробы, удерживая дночерпатель руками. Утяжеленными и большими моделями дночерпателей (площадь захвата  $1/25 \text{ м}^2$ ) работают только при помощи электрической лебедки с судна.

В прибрежной зоне водных объектов на глубинах до 2,5 м для отбора бентосных проб применяют дночерпатели, опускаемые на штанге. Это коробочный дночерпатель Заболоцкого с площадью захвата  $1/40 \text{ м}^2$ , работающий на относительно мягких

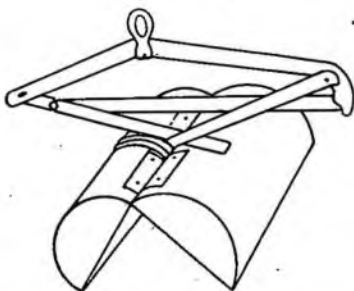


Рис. 2.3. Дночерпатель Петерсена.



Рис. 2.4. Дночерпатель Петерсена (модифицированная модель).

грунтах, и трубчатый дночерпатель Мордухай-Болтовского ( $1/250 \text{ м}^2$ ), которым отбирают пробы на плотных задернованных почвах.

Трубчатый дночерпатель также удобен для сбора организмов мезобентоса, так как в отобранной пробе сохраняется ненарушенным верхний слой грунта и прилегающий слой воды.

Для сбора крупных организмов, таких, как двусторчатые моллюски, на мелководье можно применять рамку, ограничивающую участок дна, площадью  $1 \text{ м}^2$ . Стенки рамки изготавливают из листового металла высотой 3 см. По углам впаяны металлические шипы или гвозди длиной 3—5 см. Рамка накладывается на грунт, и ее положение фиксируется при помощи вдавленных в грунт шипов. В пределах ограниченного рамкой пространства крупных животных выбирают вручную, полученный материал просчитывают на месте, несколько экземпляров фиксируют формалином для уточнения видового состава, а остальных моллюсков возвращают в водоем.

На глубинах, недоступных для сбора вручную, крупных макробеспозвоночных отлавливают дночерпателями большой площади сечения ( $0,1 \text{ м}^2$ ) или берут большее число проб, а промывку грунта проводят через сита с крупной ячеей (не менее 5 мм).

Места отбора проб (станции или вертикали) располагаются в пределах разных биотопов. Число станций зависит от характера водоема.

Количество отобранных проб на станции может быть различным в зависимости от структуры группировок зообентоса и площади захвата грунта дночерпателями, но должно быть достаточным для получения статистически достоверного материала. При отборе проб дночерпателями с площадью захвата  $1/25 \text{ м}^2$  следует брать не менее двух выемок, а при меньшей площади — не менее четырех-пяти выемок.

Отбор проб дночерпателем проводят с заякоренной лодки или судна. Сначала измеряют глубину: на мелководье размеченным шестом, в более глубоких местах ручным лотом (размеченным в мокром состоянии тросом с грузом). В случае применения лебедки для спуска и подъема дночерпателя обычно используется блок-счетчик, показывающий длину держащего дночерпателя троса.

При отборе проб лодка или судно должны быть ориентированы таким образом, чтобы во время дрейфа трос дночерпателя не заносило под корпус судна, что может привести к преждевременному закрытию прибора.

Дночерпатель опускается плавно в открытом состоянии. Достижение им дна обнаруживается по ослаблению натяжения троса. В зависимости от конструкции дночерпателя производится закрытие прибора и захват определенного объема грунта. Затем начинают подъем прибора. Дночерпатель с отобранным грунтом помещают в таз, кювету, ящик или на промывательный станок (на крышку), открывают его, и грунт либо смывают струей воды в



отверстие крышки на сито промывательного станка, либо слегка приподнимают над приемной емкостью, освобождая дночерпатель от грунта. Остатки грунта на стенках прибора смывают в основную пробу.

Если отобранный грунт заполняет дночерпатель не полностью, то пробу не учитывают и отбор повторяют. Из забракованной пробы можно отобрать образец грунта для проведения механического анализа донных отложений. Для тех же целей при нормально отобранной пробе перед промывкой грунта отбирают небольшое количество грунта и помещают в баночку.

Характер грунта определяется на каждой станции, где производится сбор донной фауны. Тип донных отложений по данным механического анализа определяется специалистами в аналитических лабораториях. Для этих целей отобранный грунт высушивают на воздухе или в любом теплом месте.

Непосредственно на водоеме можно приблизительно определить тип донных отложений по следующей шкале:

каменистый — дно покрывают преимущественно камни,  
каменисто-песчаный — среди отдельных камней есть участки открытого песчаного грунта,

песчаный — преобладает песок, изредка встречаются камни,

песчано-илистый — песок частично или полностью покрыт илом,

илисто-песчаный — ил является преобладающей фракцией, при растирании между пальцами ощущается присутствие песка, илистый (ил) — при растирании между пальцами не ощущается присутствие песка,

глинистый — при растирании ощущается пластичность,

задернованные почвы — в искусственных водоемах.

Отбор проб для качественного анализа можно производить тоже дночерпателями, а также скребками (рис. 2.5), драгами и тралами различной конструкции, причем скребком облавливаются только мелководные участки водоема, а драгами как мелководные, так и глубокие участки.



Рис. 2.5. Скребок.

Поскольку скребок является орудием лова, который обычно изготавливают в подсобных мастерских, приводим описание его несложной конструкции. Составными частями скребка являются округлая в верхней части или полностью квадратная рамка со стороной 20—30 см с прикрепленной к нижнему краю под углом 45° заточенной стальной пластинкой 2—3 см шириной. Рамка

насаживается на шест длиной 1—1,5 м. К рамке пришивается округлый в концевой части мешок, который состоит из плотной прочной ткани для прикрепления к обручу и мельничного газа № 23 в концевой части. Такой скребок может одновременно служить и сачком-промывалкой. Однако мешок из мельничного газа быстро изнашивается. Поэтому мешок для скребка можно изготовить из более прочного материала, например из капронового газа № 10 или даже из рожи. Перед прикреплением мешка рамку скребка следует обмотать узкой лентой из плотной ткани для уменьшения трения мешка о рамку. На нижней части рамки для прикрепления мешка необходимо просверлить отверстия, так как широкая режущая грунт пластина не позволит пришить мешок непосредственно на рамку.

Отбор бентосных проб драгами и тралами следует ограничивать, особенно на некоторых водных объектах, с целью сохранения биоценозов донных беспозвоночных. Лучше по возможности применять дночерпатели и скребки.

Промывка добытого дночерпателем грунта проводится на водоеме сразу после отбора проб. На практике используют несколько методов разделения грунта и организмов. При работе с большими объемами пробы промывку грунта осуществляют на станке, который состоит из деревянного корпуса с набором ящиков-сит. Размеры станка определяются объемом отобранных проб. Сверху на станке помещается съемная крышка с бортиками по краю для приема грунта из дночерпателя и с отверстием в середине крышки, через которое грунт смывается на верхнее сито. После смыва грунта с крышки на сито, крышку снимают и из содержимого на верхнем сите выбирают крупных животных, а также камни, остатки растительности и другие крупные объекты, которые сохраняют для последующего осмотра. Оставшийся грунт промывают несильной струей воды из шланга во избежание порчи организмов таким образом, чтобы через отверстия верхнего сита на второе попали организмы макробентоса, на нижележащее сито организмы мезобентоса, а остаток пробы смывается в приемный ящик или за борт. Таким образом происходит разделение бентосных организмов по размерным группам. Такой способ промывки можно проводить на крупных водных объектах, где отбор проб осуществляется с судна большими дночерпателями, а бентофауна представлена в основном моллюсками, раковины которых не повреждаются при промывке через металлические сита. На тех участках крупных водных объектов, где бентофауна состоит в основном из олигохет и личинок хирономид, а отбор проводится также с судна большими дночерпателями, рекомендуется на промывочном станке промывать грунт лишь на первом сите с крупной ячейей для отделения крупных животных и других объектов, а остаток промывать весь сразу или частями на ситах из мельничного газа № 23. Сито в виде мешка прикрепляется к четырехугольной раме, которая удерживается веревками за бортом судна и может быть поднято до уровня борта для приема грунта или

опущено в воду не менее чем до половины мешка для промывки. Необходимо следить за уровнем погружения сита в воду и избегать заплескивания воды сверху, чтобы животные не были вымыты из мешка. Сито следует слегка приподнимать и опускать, чтобы ускорить и улучшить процесс разделения грунта и организмов.

Через такое же сито промывается за бортом грунт при отборе проб малыми дночерпателями с лодки. При этом сито можно держать в руках.

Для промывки небольших количеств грунта используют небольшие сачки-промывалки (рис. 2.6), состоящие из металлического обруча диаметром 20—30 см, к которому пришивается такой же мешок, как у сребка.



Рис. 2.6. Сачок.

Для выборки фауны из песчаного грунта пробу перед промывкой подвергают отмучиванию. Для этого пробу помещают из дночерпателя в таз, сверху наливают воду до половины глубины таза. Рукой вода с грунтом приводится в состояние движения так, чтобы поднять в воду животных. Не давая мути и организмам сесть на дно, воду из таза выливают в сачок-промывалку с мешком из газа соответствующего номера для макро- и мезобентоса. Процесс отмучивания повторяют до тех пор, пока промывные воды не становятся чистыми. После этого остаток грунта в тазу просматривают, всех оставшихся животных выбирают, а грунт выбрасывают.

Сбор организмов с промывных сит проводят сразу после промывки проб. Тщательно осматривают крупные объекты, отобранные на верхнем сите промывочного станка и собирают обнаруженные на них организмы. Из отмытой пробы макробентоса животных лучше выбирать сразу на водоеме, так как живые формы заметнее и их легче отбирать. При этом грунт помещают маленькими порциями в металлические или пластмассовые кюветы и приливают небольшое количество воды.

Для разделения грунта с примесью значительного количества растительного субстрата и организмов можно применять метод флотации. При этом небольшие порции грунта из пробы помещают в насыщенный раствор поваренной соли, всплывающие организмы быстро, пока они не осели вновь, собирают небольшим сачком или ложкой. Затем грунт тщательно просматривают для сбора моллюсков и других не всплывших организмов. Пробы с

организмами мезобентоса фиксируют целиком в 4—10 % растворе формалина, а выбор животных проводят в стационарных условиях.

**2.1.1.2. Фауна камней.** В особую группу можно выделить обитателей каменистого субстрата. Это своеобразная фауна камней, которая развивается на каменистых отложениях в условиях быстрого течения рек. Животные, обитающие здесь, приспособились противостоять течению — одни из них прикреплены к камням (моллюски, личинки ручейников), другие имеют уплощенную форму тела (личинки поденок, пиявки).

Камни с животными собирают вручную на доступной глубине. Для количественных сборов применяют рамку, ограничивающую площадь дна 0,25 м<sup>2</sup>. Выбираются все камни в пределах площади, ограниченной рамкой. Камни осторожно отделяют от грунта, так как подвижные животные быстро убегают, и помещают в таз с водой либо все сразу, если их немного, либо порциями по мере осмотра предыдущих.

Камни из таза по одному тщательно осматривают, и всех обнаруженных животных помещают в банку с формалином. Внимательно исследуются все наросты, которые могут оказаться домиками личинок ручейников или личинок хирономид. Вода из таза с подвижными животными, покинувшими камни, профильтровывается через сачок-промывалку из газа № 23. Остаток из сачка переносится в банку с формалином. Каждая банка снабжается этикеткой.

**2.1.1.3. Использование искусственно помещенных в воду субстратов для отлова бентосных беспозвоночных.** В практике гидробиологических работ все более широкое применение находит полуклассический метод установки в водоемах искусственных субстратов. Применяются деревянные пластинки, предметные стекла, полиэтиленовые плавающие плитки, хворостяные ящики, заполненные камнями, сучьями и другими предметами, куски известняка в металлических сетках и т. д. Фауна, развивающаяся на плотных субстратах, состоит из форм, живущих на поверхности субстратов и неспособных зарываться в грунт. Они образуют особый комплекс, отличающийся прикрепленными формами, строящими на субстрате неподвижные домики или обладающими другими средствами прикрепления. Среди них находят убежище и пищу ползающие и бегающие формы беспозвоночных.

По имеющимся данным, результаты, полученные с искусственных субстратов, довольно полно отражают фауну макробеспозвоночных конкретного участка водоема [2]. При этом ряд организмов (*Turbellaria*, *Amphipoda*, *Chironomidae*, *Cloeon*, *Hydroptilidae*, *Baetis*) предпочитают искусственный субстрат, а *Tubificidae*, *Corixidae*, *Sialis*, *Simulidae*, *Hydrocarina* встречаются более часто в естественной среде. Встречаемость *Hirudinea*, *Nematoda*, *Asellus*, *Hydropsyche* и *Sphaeriidae* в сборах с искусственных субстратов соответствует распределению их в обычных пробах, отобранных традиционными способами. Достоинством метода искусственных

субстратов является, прежде всего то, что субстраты могут быть установлены и извлечены не биологами, а, например, наблюдателями пунктов ОГСНК. Это позволит достаточно быстро и на большой территории внедрить в практику контроля качества поверхностных вод гидробиологические методы.

**Изготовление искусственных субстратов.** В качестве искусственных субстратов можно использовать куски оплавленной пустой породы и каменноугольного шлака, материал, выбрасываемый из топок котельных, встречающийся повсеместно. Выбирают куски с гладкой поверхностью, на которой допускается наличие крупной пористости и неровности. В «рукав» длиной 25 см из безузловой полиэтиленовой ориентированной сетки, используемой для расфасовки фруктов и овощей, помещают 15 кусков субстрата размером приблизительно 7×6×3 см. Последние укладываются по возможности плотнее. Неровность соприкасающихся поверхностей создают многочисленные ниши, которые будут колонизироваться беспозвоночными. Концы сеточки завязывают рыболовной леской или мягкой алюминиевой проволокой.

**Экспозиция субстратов в водоеме.** Искусственные субстраты могут быть использованы для исследования на малых реках и в прибрежных участках крупных рек на песчаных, песчано-илистых, каменисто-песчаных и каменистых грунтах. При размещении субстратов в водоеме надо стремиться получить максимальную информацию.

Известно, что во внутренних водоемах наиболее продуктивными являются фитофильные биоценозы. В макрофауне этих биоценозов основную массу составляют легочные моллюски и насекомые. Среди насекомых особенно много поденок, стрекоз, жуков, клопов. Много фитофильных форм среди личинок хирономид и ручейников, а из червей чаще встречаются представители семейства наидид и пиявок. Поэтому искусственный субстрат следует помещать прежде всего внутри сообществ прибрежно-водной растительности, среди воздушно-водных и погруженных растений. Кроме того, субстраты ставятся на границе макрофитов и свободного грунта, а также на характерном для данной станции участке грунта, удаленном от растительности.

В реках с быстрым течением необходимо предусмотреть фиксацию субстратов в выбранном для экспозиции месте. Для этого с помощью капронового шнура субстрат привязывают к прочно закрепившейся коряге, прибрежному кустарнику или к специально забитому металлическому штырю. В случае каменистого русла руками расчищается от камней для субстрата соответствующая площадь грунта. Окружающие камни будут фиксировать субстрат.

Целесообразно иметь план-схему местонахождения субстратов, помеченных номерами. При составлении плана-схемы могут учитываться особенности береговой линии, расположение относительно заметных предметов и строений на берегу, а также примерное расстояние до субстрата в метрах.

Устанавливать субстраты следует по окончании весеннего половодья на глубину не более 0,5 м с учетом сезонного изменения уровня режима.

Наиболее оптимальным сроком нахождения субстрата в воде является 1—1,5 месяца. Для получения удовлетворительных результатов на каждой станции необходимо ставить не менее трех субстратов.

**Сбор беспозвоночных с субстратов.** Дальнейшая обработка проб. Субстрат в воде отыскивают осторожным ощупыванием ногой отмеченного на плане участка. Поднимать субстрат следует рукой, подставив под него сачок из капронового газа № 23 для того, чтобы животные не смывались водой. Потом сеточку с субстратом переносят в пластмассовое ведро, заполненное на  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  водой. Сачок промывают в ведре, а оставшихся на нем животных выбирают пинцетом. Закрытые крышками ведра с вложенными в них этикетками (см. приложение 1) можно отправить в лабораторию в том случае, если есть необходимость и возможность быстрой доставки проб (в течение дня).

В лаборатории сеточку разрезают. Куски субстрата обмывают сильной струей воды на двух металлических решетках, вставленных одна в другое. Большой напор воды достигается сужением диаметра резиновой трубки, надетой на водопроводный кран. Размеры ячей сита первого решета могут быть очень большими, так как оно нужно лишь для того, чтобы удержать субстрат. Вместо металлического сита в нижнем решете может использоваться капроновое. Животных, скопившихся на нижнем сите, направленной струей воды собирают в одном месте и, перевернув сито вверх дном, смывают в кювету, расчерченную на квадраты, для ознакомления с фауной. Каждый кусок субстрата внимательно просматривают. Прикрепившихся животных снимают пинцетом.

В экспедиционных условиях поступают несколько иначе. Поднятую сеточку с субстратом помещают в ведро, заполненное водой, как указывалось выше, разрезают. Каждый кусок субстрата «прополаскивается» в ведре с тем, чтобы животные смылись в воду. Оставшихся на субстрате беспозвоночных переносят пинцетом в приготовленную баночку с водой. Воду из ведра пропускают через сачок из капронового газа № 23, сшитый на конус. Кончик сачка, где собралась основная масса беспозвоночных, выворачивается и несколько раз погружается в приготовленную широкогорлую баночку, поставленную в кювету. Последняя нужна для того, чтобы избежать потери животных. Собирают беспозвоночных, оставшихся в ведре и на сачке. Для быстрейшего извлечения животных куски субстрата можно погрузить в подсоленную воду. Весь материал фиксируется в 4%-ном растворе формалина.

Затем куски субстрата помещают в новую сеточку, которую завязывают и опускают вблизи прежнего места экспозиции. Дальнейшая разборка и обработка материала производится по окончании экспедиционных работ.

Сбор макробеспозвоночных с помощью искусственных субстратов можно считать не только методом качественного, но и количественного сбора, так как в данном случае мы имеем дело с приблизительно однородной и разновеликой поверхностью, доступной для организмов, и одинаковым временем колонизации субстратов последними.

Оценка качества воды по составу собранной фауны производится с помощью биотического индекса, имеющего цифровое выражение и учитывающего видовое разнообразие и показательное значение отдельных таксонов (см. приложение 2). Кроме того, представляется возможным давать сравнительную во времени оценку состояния обследуемого водоема по количественному соотношению встречающихся групп зообентоса и численности каждой из них.

## 2.2. ФИТОФИЛЬНАЯ ФАУНА. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

Фитофильная фауна представлена беспозвоночными, которые в период вегетации растительности используют ее в качестве субстрата, а некоторые в качестве источника пищи.

Заселение зарослей макрофитов беспозвоночными представляет процесс, который ежегодно возобновляется и может варьировать в зависимости от разных факторов, в частности от стадии вегетации растения. Значительную часть населения макрофитов составляют личинки насекомых, которые в течение лета завершают свое развитие в водоеме и покидают его.

Отлов животных для качественного анализа проводится сачком или скребком в зоне погруженных в воду растений (для качественного анализа биоценозов). При этом в реках против течения воды сборщик совершает несколько плавных движений сачком или скребком, всякий раз после очередного взмаха вынимая сачок из воды, иначе животные будут вымыты из мешка.

Крупных животных из сачка выбирают пинцетом и переносят в банку с формалином. Более мелких смывают со стенок мешка струей воды (из кружки, резиновой груши) и концентрируют в нижней части мешка, откуда переносят животных непосредственно в банку, вывернув и окунув часть мешка с фауной в банку с водой или 4—10%-ным раствором формалина.

Полупогруженную, жесткую растительность, такую, как камыш, тростник, трудно обловить сачком. Поэтому часть макрофитов из зоны жесткой растительности вырывают с корнем, причем предварительно ножницами можно срезать надводную часть растений. Растения помещают в таз с водой, промывают, чтобы смыть подвижных животных, и осматривают для обнаружения прикрепленных и минирующих форм. Из таза воду отфильтровывают через сачок, а остаток помещают в банку с формалином. Тщательно осматривают корневую систему, так как здесь можно обнаружить личинок поденок, двусторчатых моллюсков, пиявок, олигохет.

Необходимо подобным образом осмотреть и несколько экземпляров мягкой растительности, чтобы выявить минирующие и прикрепленные формы, а также обитателей корневой системы.

При работе на створном участке рек сбор фитофильной фауны проводят в прибрежной зоне обоих берегов.

Отлов животных, которые могут покидать субстрат (растительность, поверхность грунта и прочее), проводится одновременно со сбором фауны зарослей во время облова растительности сачком или скребком. В более глубоких местах на створном участке водоема применяют специальные орудия лова организмов планктобентоса — тралы.

Количественный анализ фитофильной макрофауны при контроле качества вод не проводится.

### 2.3. ФИКСИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ПРОБ БЕНТОСА

Отобранных живых беспозвоночных сразу помещают в 4—10%-ный раствор формалина. При наличии в пробе значительного количества двусторчатых моллюсков применяют 10%-ный раствор формалина, поскольку вода из мантийной полости разбавляет фиксирующую жидкость.

Формалин перед употреблением нейтрализуют, так как он имеет кислую реакцию и разрушает известковые раковины моллюсков, панцири ракообразных. В формалин при непрерывном помешивании добавляется насыщенный раствор соды ( $\text{NaHCO}_3$ ). Появление нейтральной окраски определяется лакмусом. Для получения 4%-ного раствора концентрированным формалин разводят в 10 раз водой. Формалин для фиксации должен быть без осадка.

Для хранения бентосных проб используют широкогорлые стеклянные или полиэтиленовые банки преимущественно объемом 100, 250 и 500 мл с завинчивающимися крышками. В завинчивающиеся пластмассовые или металлические крышки к стеклянным банкам для герметизации обязательно вставляется резиновая прокладка из тонкого резинового листа толщиной 2 мм. При отсутствии банок с завинчивающимися крышками можно использовать обычные стеклянные банки от пищевых консервов с полиэтиленовыми крышками. В этом случае резиновая прокладка не употребляется.

Консервирование животных можно проводить двумя способами. Собранный материал переносят в банки с небольшим количеством 4—10%-ного раствора формалина. Затем банку разливают до полного объема этим же фиксатором. Можно переносить материал в банки с некоторым количеством воды: после заполнения банки материалом добавляется вода, а для консервации — 40%-ный раствор формалина из расчета 1:9 для получения 4%-ного раствора или из расчета 1:3 для получения 10%-ного раствора формалина.



В пробах, предназначенных для длительного хранения, объем материала должен составлять не более двух третей объема банки для животных без примеси грунта и половину банки для животных с грунтом. Пробы большого объема или небольшие пробы при отсутствии банок можно хранить в мешочках из ткани, помещенных в большие емкости с 4—10%-ным раствором формалина.

В каждую банку или мешочек с пробой обязательно вкладывается этикетка. В банках ее располагают лицевой стороной к стенке; Вторую, контрольную, этикетку следует поместить под резиновую прокладку крышки. На водоеме допускается временное этикетирование на лейкопластыре с указанием номера пробы и расшифровкой записи в полевом дневнике (см. приложение 3).

Раздел «№ створа» на этикетке включает данные об удаленности его от устья реки в километрах, название какого-либо ориентира (город, село, животноводческий комплекс, ГЭС и прочее), а также положение створа на реке относительно ориентира. Местонахождение станции на створе определяется в десятых долях ширины реки от левого берега; например, положение станции на середине реки любой ширины обозначается как 0,5.

В разделе «Биотоп» для проб с фауной грунта следует указать характер грунта, для фитофильной фауны — преобладающие виды водной растительности, а для искусственно введенных в воду субстратов — характер грунта и (или) преобладающие виды растительности в месте их расположения в водном объекте.

Записи на этикетках можно делать шариковой ручкой или простым карандашом.

Во время упаковки банок с пробами в ящик каждую банку необходимо завернуть в бумагу или полиэтиленовую пленку для сохранения пробы на случай повреждения банки во время транспортировки.

## 2.4. РАЗБОРКА БЕНТОСНЫХ ПРОБ

### 2.4.1. Разборка проб, расчет численности и биомассы

Дночерпательные пробы обычно содержат некоторое количество постороннего материала. В ряде случаев целесообразно сначала выбрать животных из грунта, а затем производить их разборку по систематическим группам. Зафиксированный материал промывают водой для уменьшения неприятного запаха формалина. Для этого пробу выливают в небольшой сачок, изготовленный из газа № 23 или марли, и после промывки водой остаток из сачка помещают в кювету или плоскую тарелку с водой. Выборку крупных животных производят визуально прямо из кюветы, затем материал порциями переносят в чашку Петри (Ø 80—100 мм) и просматривают под биноклем для выборки мелких организмов. Животных помещают в банки с 4%-ным раствором формалина.

При большом объеме пробы донной фауны допускается частичная разборка для количественного учета массовых форм с пересчетом полученных данных на весь объем пробы.

В лаборатории выбранные животные из дночерпательных проб, фауна камней, фитофильная фауна из сборов на створном участке подвергаются разборке по систематическим группам до уровней типа, класса или отряда с последующим более детальным определением систематического положения животных до уровня рода и вида, за исключением трудноопределяемых групп организмов.

При разборке количественных проб представители каждой группы просчитываются, а затем в зависимости от их количества помещаются в банки или маленькие пробирки, снабженные этикетками, кратко повторяющими этикетки, которые были вложены в банки на месте сбора материала. Пробирки с животными в растворе формалина затыкаются комочком намоченной в формалине ваты и помещаются в большие широкогорлые банки, тоже наполненные формалином, предназначенные для проб каждой отдельной станции. Наличие воздушных пузырьков в пробирках не допускается.

Разборка и подсчет количественных проб производится в чашках Петри с разграфленным на квадраты дном.

При пересчете животных за единицу принимается целое животное или только часть его тела с головой в том случае, если экземпляр будет не целый. У двустворчатых моллюсков за целый экземпляр следует считать обломки обеих половин раковины с кусочками тканей на них у замкового края раковины.

Определение постоянного веса зафиксированного в формалине материала обычно производят через четыре месяца после момента фиксации. Однако для получения значений относительных биомасс водных беспозвоночных при оценке качества воды допустимо проводить взвешивание материала из количественных дночерпательных проб в любое время после фиксации при условии одновременного взвешивания в одной пробе представителей различных групп для получения сравнимых данных. При этом в примечании к форме отчетности указывается, какие пробы взвешены менее чем через четыре месяца после фиксации.

Взвешивание следует проводить после односторонней обсушки маленьких навесок материала на фильтровальной бумаге. Большие навески обсушивают на фильтровальной бумаге, перемещая их с места на место, до исчезновения мокрых пятен под материалом. Животных после обсушки помещают в предварительно взвешенный бюкс, и определяют вес на аналитических весах. При небольшом объеме материала удобно и быстро производить взвешивание без бюкса на торзионных весах с точностью до 1 мг.

## 2.4.2. Запись результатов обработки бентосных проб

Данные по количественным пробам записываются в карточки (см. приложение 4). Характеристика станции составляется по этикетке с банки. При расчете численности и биомассы на 1 м<sup>2</sup> дна следует учитывать количество дночерпательных проб, объединенных на одной станции. На каждой станции отбирают не менее двух дночерпательных проб. Весь объем добытого грунта можно объединить в одном тазу для последующей промывки и разборки. При отборе двух проб изъятый из водоема грунт должен занимать площадь равную двум площадям данной конструкции дночерпателя. Например, два дночерпателя Экмана-Берджа имеют общую площадь захвата 500 см<sup>2</sup>, что составляет 1/20 часть от 1 м<sup>2</sup>, т. е. 10000 см<sup>2</sup>. Следовательно, значение численности или биомассы, полученное для объединенной пробы на станции, нужно умножить на 20, чтобы получить численность или биомассу в пересчете на 1 м<sup>2</sup>. Таким же образом рассчитываются количественные данные и для других типов дночерпателей. Данные по качественным пробам записываются в карточки в соответствии с формой приложения 5.

Определение качества воды по данным приложения 5, а также способа выявления показательных организмов и расчет биотического индекса, изложены в разделе 5.

## 2.5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООБЕНТОСА НА СЕТИ ОГСНК В СИСТЕМЕ ГОСКОМГИДРОМЕТА

Оценка качества воды по показателям зообентоса в системе Госкомгидромета в настоящее время проводится по целому ряду методических приемов [1].

Наиболее перспективным для анализа бентосных проб из прибрежной зоны рек по составу фауны является метод Вудивиса, разработанный в Англии для р. Трент [2]. В нем объединяются принципы индикаторного значения отдельных таксонов и принцип изменения разнообразия фауны в условиях загрязнения.

Определение биотического индекса по системе Вудивисса ведется по рабочей шкале, в которой использована наиболее часто встречаемая последовательность исчезновения животных по мере увеличения загрязнения. Для учета разнообразия фауны предложено условное понятие «группа» животных, под которым для одних животных понимаются отдельные виды, для других, трудноопределяемых групп, более крупные таксоны. По сумме «групп» и качественному составу населения рассчитываются значения биотического индекса р. Трент.

Группы для определения биотического индекса р. Трент: все известные виды плоских червей (т. *Plathelminthes*); малощетинковые черви (кл. *Oligochaeta*), исключая род *Nais*; все известные виды пиявок (кл. *Hirudinea*), моллюсков (т. *Molluscka*), ракообразных (кл. *Crustacea*), водяных клещей (отр. *Acarina*), личинок поде-

нок (отр. *Ephemeroptera*), исключая *Baëtes rhodani*, личинок веснянок (отр. *Plecoptera*), личинок ручейников (отр. *Trichoptera*), личинок вислокрылок (отр. *Megaloptera*), жуков (отр. *Coleoptera*), имаго и личинки, клопов (отр. *Hemiptera*), семейство мошек (сем. *Simuliidae*), комаров-звонцов (сем. *Chironomidae*), кроме *Chironomus thummi*; личинка *Ch. thummi*.

Рабочая шкала для определения биотического индекса представлена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Рабочая шкала для определения биологического индекса [2]

Показательные организмы	Видовое разнообразие	Биотический индекс по наличию общего числа присутствующих „групп“				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16 и более
Личинки веснянок	Больше 1 вида	—	7	8	9	10
	Только 1 вид	—	6	7	8	9
Личинки поденок	Больше 1 вида <sup>1</sup>	—	6	7	8	9
	Только 1 вид <sup>1</sup>	—	5	6	7	8
Личинки ручейников	Больше 1 вида <sup>2</sup>	—	5	6	7	8
	Только 1 вид <sup>2</sup>	—	4	5	6	7
Гаммарусы	Все вышеназванные виды отсутствуют	3	4	5	6	7
Водяной ослик	То же	2	3	4	5	6
Тубифициды и (или) (красные) личинки хирономид	»	1	2	3	4	—
Все вышеназванные группы отсутствуют	Могут присутствовать некоторые виды, нетребовательные к кислороду	0	1	2	—	—

<sup>1</sup> Исключая *Baëtis rodani*.

<sup>2</sup> Включая в этот раздел *Baëtis rodani*.

Начальным моментом работы со шкалой при определении биотического индекса является поиск исходной позиции в первой графе при движении с верхней строчки этой графы вниз по мере отсутствия в определяемой пробе показательных организмов. Затем учитывается видовое разнообразие в показательной группе по второй графе, причем различаются лишь три категории: «Только один вид», «Больше одного вида» или «Все вышеозначенные виды отсутствуют». Затем по сумме «групп» в последней графе «Биотический индекс по наличию общего числа присутствующих групп» находим столбец с соответствующим числом «групп» в пробе и, смотря вниз до пересечения с линией показательной группы, в точке пересечения получаем значение биотического индекса. Кроме того, для гидробиологического контроля качества вод по показателям зообентоса используют биоиндикаторы крупных таксонов. Гуднайт и Уитлей [8] определяют состояние донных отложений и придонного слоя воды по относительной численности олигохет:

Состояние реки . . . . .	Хорошее	Сомнительное	Тяжело загрязнена
Олигохет, % общего числа донных организ- мов . . . . .	<60	60—80	>80

Простой и оперативный метод оценки состояния водотоков по группе олигохет изложен в работе [3]. В ней предлагается применять два коэффициента

$$D_1 = \frac{T}{B} \quad \text{и} \quad D_2 = \frac{T}{O},$$

где  $B$  — численность всех организмов бентоса, включая олигохет;  $O$  — численность всех олигохет, включая тубифицид,  $T$  — численность тубифицид. Коэффициент  $D_1$  применяется для малых быстротекущих водотоков с хорошей аэрацией, где развивается разнообразная донная фауна. Коэффициент  $D_2$  используется для оценки качества воды в крупных реках, в устьевых участках, в биотопах с неудовлетворительным кислородным режимом, где бентос беден по качественному составу и почти полностью состоит из олигохет. Значения коэффициентов увеличиваются по мере ухудшения качества воды.

Другой многочисленной группой в донном населении являются личинки хирономид. Исследования Е. В. Балушкиной [5] показали, что в результате воздействия загрязняющих веществ происходит закономерное изменение соотношения численности личинок хирономид, относящихся к подсемействам *Chironominae*, *Orthocla-diinae* и *Tanypodinae*. Ортокладиины доминируют в чистых водах, таниподины — в загрязненных. Для определения качества воды предложен коэффициент  $K$ , отражающий соотношение представителей этих трех подсемейств:

$$K = \frac{a_t + 0,5a_{ch}}{a_{or}},$$

где  $a_t$ ,  $a_{ch}$ ,  $a_{or}$  — индикаторное значение представителей каждого из подсемейств: величина  $a = N + 10$ , при этом  $N$  — относительная численность особей каждого из подсемейств в процентах от общей численности личинок хирономид, число 10 ограничивает пределы изменения значений индекса  $K$ . Значения коэффициента  $K$  возрастают по мере ухудшения качества воды.

Наряду с вышеупомянутыми методиками при определении качества воды по организмам зообентоса, в некоторых случаях используется метод индикаторных организмов, основанный на системе сапробности [4, 9, 10] (см. главу 3). Индекс сапробности можно рассчитать по одной какой-либо группе организмов, доминирующей при данных экологических условиях и хорошо известной исследователю [7]. Для получения достоверных результатов данная группа должна содержать не менее 12 видов животных [11, 12].

При оценке качества воды рассмотренные системы следует использовать в совокупности.

## ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ, РЕАКТИВЫ, МАТЕРИАЛЫ

1. Дночерпатель Экмана — Берджа ( $1/40 \text{ м}^2$ ).
2. Дночерпатель Петерсена ( $1/40 \text{ м}^2$ ).
3. Дночерпатель (любой) с малой площадью захвата.
4. Драга.
5. Скребок.
6. Сачок.
7. Рамка металлическая со стороной  $0,25 \text{ м}^2$ .
8. Биноклярный микроскоп (биноккуляр).
9. Микроскоп.
10. Мельничный газ № 10, 23, 38.
11. Весы аналитические.
12. Весы торзионные.
13. Кювета белая  $18 \times 28$  кв. см.
14. Банки с завинчивающимися крышками объемом 100, 250, 500 и 1000 мл.
15. Пинцеты (глазной, анатомический).
16. Чашки Петри.
17. Резиновый лист толщиной 2 мм.
18. Пробирки  $\varnothing 8-10$  мм.
19. Пипетки глазные.
20. Иглы препаровальные.
21. Водный термометр в оправе.
22. Пергамент или калька.
23. Марля.
24. Полотенце.
25. Халат.
26. Формалин (метиаль).
27. Сода ( $\text{NaHCO}_3$ ).
28. Поваренная соль.
29. Таз.
30. Ведро.
31. Субстрат.
32. Сетка полиэтиленовая безузловая ориентированная.
33. Леска или алюминиевая проволока.
34. Металлические решета.
35. Шнур капроновый.
36. Пластмассовые ведра с крышкой.
37. Полевой дневник, рабочий журнал.
38. Ящики для транспортировки проб и оборудования.
39. Книги с определительными таблицами.

### Глава 3. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРИФИТОНА

Термин «перифитон» (от греческого *περιφυτόν* — приращивать, кругом обрастать) ввел А. Л. Бенинг в 1924 г. [2]. Под перифитоном понимают сообщества, обитающие на твердом субстрате за пределами специфического придонного слоя воды. Сюда входят как сообщества на предметах, введенных в воду человеком (суда, буи, свайные сооружения, трубопроводы, причалы и т. д.), так и сообщества на естественных субстратах: крупных камнях и корягах мелководья, сообщества на макрофитах [8].

В пресных водоемах в состав перифитона входят бактерии, водоросли, простейшие, коловратки, личинки хирономид, нематоды, олигохеты. Реже встречаются мшанки, губки, грибы, моллюски и другие группы организмов. Для сообществ перифитона характерно преобладание форм организмов, прикрепленных к субстрату. Между видами, способными прикрепляться, развиваются неприкрепляющиеся, подвижные организмы.

Изучение перифитона при биологическом анализе имеет первостепенное значение [1]. Это объясняется тем, что организмы, его составляющие, характеризуют условия именно данного пункта, а не занесены случайно из других мест, как это может быть с планктонными организмами.

По своему составу и развитию перифитон отвечает средним условиям, в которых существовало сообщество до момента исследования. Характер биоценозов обрастания в каком-то пункте водоема, таким образом, позволяет судить о среднем загрязнении воды за определенный промежуток времени, предшествующий исследованию. Если даже в момент исследования в данном месте будет находиться совершенно чистая вода, это не помешает по характеру перифитона открыть загрязнение водоема, которое имело место несколько раньше [5].

#### 3.1. ВЫБОР МЕСТ И ВРЕМЕНИ ОТБОРА ПРОБ

Створы для сбора проб перифитона должны по возможности совпадать со створами, намеченными для общепринятого гидробиологического и гидрохимического обследования данного водоема.

Наибольшее показательное значение имеет перифитон, развивающийся на предметах, находящихся в проточных местах водоема, где невозможны какие-либо случайные застои грязной или чистой воды.

Наблюдениями следует охватить все биологические сезоны.

## 3.2. СБОР МАТЕРИАЛА

### 3.2.1. Методика отбора проб перифитона с естественных субстратов

На месте отбора проб отмечается характер обрастания: цвет, пышность развития, характер субстрата, на котором развиваются организмы перифитона, расстояние места отбора проб от берега, глубина, на которой находится субстрат, температура воды, скорость течения. Необходимо также дать визуальную оценку качества воды, где указать цветность воды, мутность, наличие на поверхности нефтяных пленок, плавающего мусора. Все эти данные заносят в полевой журнал, где указывают дату обследования, местонахождение и номер створа.

На разных створах отбор проб желательно производить с одних и тех же субстратов для того, чтобы в дальнейшем получить сопоставимые результаты.

Не следует отбирать пробы с поверхности деревянных предметов (затопленных деревьев, деревянных мостков и т. п.), так как гниющая древесина может сильно завесить сапробность.

Сбор оброста с талломов макрофитов осуществляют лишь в тех случаях, когда на створе нет никаких других субстратов, поскольку известно, что макрофиты оказывают заметное влияние на состав и количественное развитие перифитона. Если же приходится отбирать пробы с макрофитов, следует использовать хотя бы одинаковые виды на разных створах.

Отбор проб с поверхности листьев и стеблей макрофитов производят, смывая оброст мягкой кисточкой. Такие растения, как роголистник, уруть, имеющие узкие листовые пластинки, помещают в склянку с водой и тщательно полощут. Обработанное таким образом растение вынимают, а смытый оброст сохраняют для анализа.

Наиболее пригодными для сбора перифитона являются нейтральные субстраты (камни, бетонные сооружения).

Сбор обрастаний с поверхности твердых предметов (плотин, камней, мостов и т. п.) производят с помощью скребка, ножа, скальпеля, пинцета или обычной столовой ложки с заточенным краем. Отбор необходимо производить очень осторожно, так как частицы бетона, камней, крупного минерального детрита могут затруднить дальнейший просмотр пробы.

Небольшое количество материала помещают в банку (можно использовать хозяйственные банки емкостью 0,5 л с полиэтиленовыми крышками) с водой с таким расчетом, чтобы количество воздуха над пробой составляло не менее половины объема сосуда.

Пробы обрастаний необходимо обрабатывать непосредственно после отбора или в срок, гарантирующий сохранность живого материала (приблизительно в течение 6 ч после отбора проб, сохраняемых при температуре 5—10 °С).



### 3.2.2. Методика отбора проб перифитона с помощью искусственных субстратов

В связи с чрезвычайной гетерогенностью распространения перифитона количественный учет на естественных субстратах очень затруднен. Поэтому для получения количественных характеристик обрастаний часто применяют искусственные субстраты, впервые введенные в гидробиологические исследования Гентшелем [24], а в СССР С. Н. Дуплаковым [6].

Искусственные субстраты используют при определении продуктивности перифитона, выяснении скорости заселения субстрата, изучении динамики популяций перифитона, установлении нижней границы его распространения, выяснении отдельных физико-химических факторов, лимитирующих развитие перифитона.

Метод искусственных субстратов, допуская широкую возможность эксперимента, позволяет выяснить целый ряд вопросов из области биоценологии и вследствие этого может быть рекомендован для целей фонового мониторинга.

В качестве искусственных субстратов рекомендуется использовать предметные стекла из некоррозионного стекла. Стекла укрепляют вертикально, в текучих водоемах параллельно течению для того, чтобы избежать оседания на них детрита, грязи, мусора и пр. Укрепление стекол можно осуществлять разными способами [17, 29]. Удобно использовать для этих целей пенопластовые поплавки, резиновые пробки, в прорези которых вставляют стекла. Поплавки одевают на трос, несущий на нижнем конце груз для заякоривания, а на верхнем — поплавок, ограничивающий глубину погружения. Глубина погружения определяется в зависимости от прозрачности воды. Нижняя граница распространения перифитона совпадает со значением 1—1,5 прозрачностей. Оптимальным является горизонт 0,5 м от поверхности [7].

Длительность экспозиции стекол определяется географическим положением, качеством воды изучаемого водного объекта, сезоном года, целью исследования.

При исследовании качества воды установку с искусственным субстратом погружают в нее после паводка и начинают анализ приблизительно через две недели, т. е. когда сформировано сообщество. Если водоем сильно эвтрофирован или температура воды высока (выше 25 °С), формирование сообщества может идти интенсивно и через 1—2 месяца количество аккумулированных веществ будет весьма значительно. В таком случае, чтобы избежать отслаивания оброста ставят новую установку.

При изучении биоценологических связей исследования начинают с первых же суток погружения стекол, прослеживая все стадии процесса сукцессии.

Извлекать стекло из установки следует очень осторожно, не вынимая всю установку из воды. Стекло помещают в широкогорлую банку с определенным количеством воды.

В лаборатории стекло просматривают под биноклем, поместив его в чашку Петри так, чтобы оно было покрыто водой. Крупные организмы (личинки насекомых, моллюски и пр.) просчитывают во всей пробе. Если оброст не очень густой, непосредственно на стекле подсчитывают прикрепленные формы простейших (*Vorticella*, *Epistylis*, *Carchesium* и др.) и коловраток (*Ptygura*, *Collotheca*). Затем оброст тщательно смывают кисточкой или зубной щеткой в определенный объем воды. Подвижные мелкие организмы (простейшие, коловратки) считают в камере Богорова. Если в пробе очень много организмов, для подсчета берут не всю пробу.

Для количественного учета водорослей взвесь смывого в определенный объем воды оброста тщательно перемешивают и берут из нее несколько миллилитров для последующего подсчета. Подсчет производят в счетных камерах (Нажотта, Горяева). В. Г. Девяткин [4] рекомендует применять поэтапную обработку проб в камерах разного объема для учета форм разного размера.

Численность водорослей  $N$  подсчитывают по формуле

$$N = \frac{v_1 n}{v_2 s},$$

где  $v_1$  — объем воды со взвесью оброста,  $v_2$  — объем просмотренной части пробы, в которой обнаружено  $n$  клеток (кл.) водорослей,  $s$  — площадь субстрата пробы.

Биомассу определяют «объемным» методом, также как для фитопланктона (см. главу 6).

Полученные данные по численности выражают в кл/мм<sup>2</sup> (или млн. кл/м<sup>2</sup>), по биомассе — в г/м<sup>2</sup> (или мг/м<sup>2</sup>).

### 3.3. ЭТИКЕТИРОВАНИЕ ПРОБ

Каждая проба перифитона должна быть этикетирована и записана в полевой дневник. На этикетке указывают название водоема, номер створа, дату отбора, местоположение створа (выше, ниже города, источника загрязнения и т. д.), температуру воды, скорость течения, характер субстрата, глубину (м), на которой находится субстрат, расстояние от берега. Практически удобно использовать этикетки из лейкопластыря, на которых ставится только номер пробы, а в полевом дневнике указывают номер пробы и пишут все вышеперечисленные данные.

В дальнейшем при обработке проб данные из полевого дневника переносят в рабочий журнал (см. приложение 6).

### 3.4. ОБРАБОТКА ПРОБ

В лаборатории отобранные пробы из банок переливают в кристаллизаторы или чашки Петри и производят разборку материала.

Если в пробе есть крупные организмы (личинки хирономид, пиявки, моллюски, олигохеты и т. д.), их отбирают в отдельную

склянку и фиксируют, так же как бентосные пробы, 70 % спиртом или 40 % нейтрализованным формалином до концентрации 4 %, определяя в последнюю очередь. Видовой состав этих групп организмов определяют по «Определителю пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» [14] и по определителям, составленным А. А. Черновским (20), О. В. Чекановской (19).

Определение видового состава микроскопических организмов начинают с простейших и коловраток (особенно беспанцирных), требующих прижизненного наблюдения. От действия консервирующих веществ они или совершенно разрушаются, или деформируются столь сильно, что определение их становится практически невозможным.

Материал, помещенный в чашку Петри, просматривают под биноклем. Простейших и коловраток отлавливают с помощью пипетки с оттянутым концом. При отсутствии стеклодувной мастерской пипетку можно изготовить самостоятельно из стеклянных рейсфедеров для черчения, пастеровских пипеток и т. п., вытягивая с помощью пинцета тонкий конец в пламени газовой горелки. Отловленный организм помещают на предметное стекло в небольшую каплю воды и покрывают покровным стеклом с пластилиновыми ножками. Чтобы замедлить или приостановить быстро двигающиеся организмы, к препарату добавляют каплю клея из айвовых косточек, либо наркотизирующего вещества — хлороформа или кокаина. Клей легко приготовить, залив несколько косточек айвы водой. Это делается заранее (за день) до отбора проб. Приготовленный клей хранят в холодильнике. Не следует заготавливать большое количество клея, лучше по мере надобности делать свежий. Для лучшего наблюдения простейших и коловраток их окрашивают, добавляя витальные красители: метиленовый синий (метиленблау), нейтральный красный (нейтральрот) и другие. Челюстной аппарат коловраток рассматривают, растворяя их в жавелевой воде (10 %-ный раствор едкого кали, насыщенный хлором) или в питьевой соде.

При определении видового состава простейших пользуются «Определителем пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» [14], а также трудами Ф. П. Чорика [21], А. Каля [25]. Для идентификации коловраток используют определители, составленные Л. А. Кутиковой [13], К. Вульффертом [32].

Растительный состав перифитона можно определять в фиксированной пробе, но желательно, особенно для первого ознакомления, смотреть нефиксированный материал, определяя вначале нежные формы (жгутиковые, вольвоксовые, эвгленовые и т. п.). В качестве консерванта применяют раствор Люголя в модификации Г. В. Кузьмина. Фиксатор готовят из двух растворов:

#### Раствор 1

KI . . . . .	10 г.
H <sub>2</sub> O . . . . .	50 см <sup>3</sup>
I . . . . .	5 г

#### Раствор 2

Хромовая кислота 1 % . . . . .	5 см <sup>3</sup>
Ледяная уксусная кислота . . . . .	10 см <sup>3</sup>
Формалин . . . . .	80 см

Оба раствора сливаются и хранятся в темной склянке. В зависимости от густоты пробы сперва в нее добавляют 1—5 капель консерванта, а через 2—3 ч доводят концентрацию до цвета темного чая. Можно применять в качестве консерванта и формалин, но действие его на клетку очень «жесткое» и приводит ее к деформации, затрудняя определение. [11].

Для определения видового состава водорослей рекомендуется использовать «Определитель пресноводных водорослей СССР» [15], определители, составленные О. А. Коршиковым [9], Е. К. Косинской [10], Л. И. Курсановым и др. [12], Т. Г. Поповой, Т. А. Сафоновой [16], А. Клеве-Эйлер [23], Р. Патрик, С. Реймер [27].

Определение бактерий ввиду чрезвычайной трудности не входит в задачу исследователя перифитона. Однако такие виды, как *Sphaerotilus natans*, *Zoogloea ramigera* и некоторые другие образуют иногда крупные колонии, покрывая обширные площади, и в этом случае их можно идентифицировать и учитывать при определении видового состава перифитона.

Пробу просматривают до тех пор, пока перестанут встречаться новые виды. Обычно достаточно просмотреть 3—4 препарата. Параллельно с определением видового состава перифитона оценивают частоту встречаемости  $h$  каждого вида по глазомерной шкале:

- 9 — очень часто (в каждом поле зрения много),
- 7 — часто (в каждом поле зрения),
- 5 — нередко (не во всех полях зрения),
- 3 — редко (в немногих полях зрения),
- 2 — очень редко (в каждом препарате единично),
- 1 — единично (единичные экземпляры в пробе),

Эта же глазомерная шкала используется в дальнейшем при расчете индекса сапробности (см. раздел 3.5).

Все данные обработки проб заносят в рабочий журнал (см. раздел 3.3).

#### 3.4.1. Специальные методы обработки диатомовых водорослей

Определение диатомовых водорослей производится по признакам тонкой структуры панциря, различимой лишь при условии удаления протопласта и заключения пустых панцирей в среды с высоким показателем светового преломления.

Прежде чем приступить к удалению протопласта, необходимо очистить материал от случайных примесей, которые неизбежно попадают в пробу при соскобах оброста. Часть пробы, предназначенную для приготовления постоянных препаратов, процеживают через мелкочейстое сито (диаметр ячеек около 1 мм<sup>2</sup>). Затем освобожденный от механических примесей материал помещают в центрифужную пробирку, доливают дистиллированной водой и центрифугируют. Центрифугирование производят при 8 тыс. об/мин в течение 5 мин, затем воду над осадком осторожно отса-

сывают пипеткой и повторяют отмывку. Таким образом материал освобождают от растворимых солей и фиксатора. Нерастворимые в воде углекислые соли удаляют, обрабатывая осадок 10 %-ным раствором HCl. Осадок, залитый соляной кислотой, медленно подогревают и кипятят 2—3 мин. Остывшую пробу центрифугируют, осадок отмывают в дистиллированной воде повторным центрифугированием, проверяя отсутствие кислоты лакмусом.

Для удаления протопласта готовят хромовую смесь: 20 г двухромовокислого калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) растворяют в 300 мл концентрированной серной кислоты; если  $K_2Cr_2O_7$  не растворяется, раствор подогревают до кипения. Свежеприготовленной хромовой смесью заливают осадок, находящийся в центрифужной пробирке (1 см<sup>3</sup> осадка и 2 см<sup>3</sup> хромовой смеси). Через час раствор центрифугируют в течение 10 мин., отсасывают раствор над осадком и производят отмывку дистиллированной водой до полного обесцвечивания. После этого осторожно отсасывают воду, оставляя в пробирке около 1 см<sup>3</sup> осадка. Осадок наносят на покровное стекло, распределяя его по всей поверхности и подсушивают. Предметное стекло, заранее снабженное этикеткой — точной копией этикетки пробы, из которой сделан препарат (этикетку можно написать тушью, покрыв надпись бесцветным лаком или клеем БФ-6), подогревают на электроплитке одновременно с покровным. На подогретое стекло кладут кусочек смолы (приготовление смолы см. ниже). Когда она расплавится, на нее кладут покровное стекло осадком вниз. Слегка надавливая на покровное стекло, добиваются равномерного распределения смолы. Следует избегать закипания смолы, так как образующиеся пузырьки воздуха могут испортить препарат. Препарат надо быстро охладить, положив его на холодную поверхность, так как при медленном охлаждении образуются кристаллы, мешающие микроскопированию.

Для приготовления постоянных препаратов диатомовых водорослей рекомендуется анилин-формальдегидная смола А. А. Эльяшева [22] с показателем преломления 1,67—1,68. Исходными компонентами для приготовления среды являются 100 мл анилина, 100 мл 40 %-ного формалина и 16 мл ледяной уксусной кислоты. Из этого количества реактивов получается около 50 г смолы, достаточной для приготовления нескольких сотен препаратов. Анилин должен быть очищен перегонкой. Для этого его нагревают в колбе Вюрца емкостью 0,5—1 л над пламенем спиртовки (под тягой!) и перегоняют в фарфоровый стакан емкостью 150—200 мл. Холодильником служит широкая стеклянная трубка длиной около 70 см. 100 мл свежеперегнанного анилина помещают в банку емкостью 0,5 л. Туда же приливают 100 мл формалина. Закрывают банку плотной резиновой или стеклянной (притертой) пробкой и взбалтывают 30—40 мин до образования тестообразного кома. Так как реакция взаимодействия анилина и формалина экзотермическая, при взбалтывании банку нужно охлаждать водопроводной водой. Образовавшийся ком переносят в термостойкий стакан емкостью 1 л и добавляют 16 мл ледяной

уксусной кислоты. Стакан, снабженный термометром, ставят на асбестовой прокладке на электроплитку и подогревают, поддерживая температуру не выше 140—150 °С. Подогревание массы длится в течение 3—4 ч. Готовность смолы проверяют, нанося каплю ее на стеклянную пластинку стеклянной палочкой. Охлажденная смола должна быть светло-янтарного цвета, твердой, хрупкой и легко отделяться от стекла скальпелем. Полученную смолу наносят каплями на стекло, застывшие капли отделяют скальпелем и помещают в банку с плотно притертой пробкой. Одной-двух капель достаточно для приготовления одного препарата.

### 3.5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ

В системе Госкомгидромета для оценки качества воды по организмам перифитона рекомендуется применять метод индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладечека [26, 28]. Данный метод учитывает относительную частоту встречаемости гидробионтов  $h$  и их индикаторную значимость  $s$ . Определение относительной частоты встречаемости вида  $h$  производят по глазмерной шкале (см. п. 3.4). Индикаторную значимость  $s$  и зону сапробности определяют для каждого вида перифитона по спискам сапробных организмов, данным в приложении 1 к «Унифицированным методам исследования качества воды» [18]. Если для данного региона имеются сведения об индикаторной значимости видов, не входящих в этот список, либо имеются поправки, то применение их возможно лишь при наличии ссылки на опубликованные работы.

Обе величины ( $h$  и  $s$ ) входят в формулу для вычисления индекса сапробности

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h}.$$

Для статистической достоверности результатов исследования необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных видов с общей суммой частоты встречаемости  $h$  равной 30 [30, 31].

Индекс сапробности указывают с точностью до одной сотой. Для ксеносапробной зоны он находится в пределах 0—0,50, олигосапробной — 0,51—1,50,  $\beta$ -мезосапробной — 1,51—2,50,  $\alpha$ -мезосапробной — 2,51—3,50, полисапробной — 3,51—4,00.

При оценке качества воды по показателям перифитона необходимо учитывать следующее.

1. Сравнение биоценозов чистых и загрязненных участков водоема следует проводить по пробам, взятым в сходных биотопах, т. е. на одних и тех же субстратах, для того чтобы исключить влияние на биоценоз характера субстрата.

2. Заключение о качестве воды по показателям перифитона делается с учетом сведений о видовом составе, видовом разнообра-

Пример расчета индекса сапробности по Пантле и Букку для пробы перифитона.

Вид	Зона сапробности	s	h	sh
<i>Protozoa</i>				
<i>Stylonychia mytilus</i>	$\alpha$	2,9	2	5,8
<i>Euplotes patella</i>	$\beta$	2,2	2	4,4
<i>Stentor roeseli</i>	$\beta-\alpha$	2,45	3	7,35
<i>Loxophyllum meleagris</i>	$\beta$	2,0	3	6,0
<i>Zoothamnium arbuscula</i>	$\beta$	2,0	3	6,0
<i>Stentor polymorphus</i>	$\beta$	2,2	2	4,4
<i>Frontonia leucas</i>	$\beta$	2,0	2	4,0
<i>Strombidium viride</i>	$\beta$	2,0	2	4,0
<i>Paramecium bursaria</i>	$\beta-\alpha$	2,3	2	4,6
			$\Sigma 21$	$\Sigma 46,55$
<i>Rotatoria</i>				
<i>Notommata aurita</i>	$o$	1,0	2	2,0
<i>Euchlanis dilatata</i>	$o-\beta$	1,5	3	4,5
<i>Cephalodella auriculata</i>	$o-\beta$	1,5	3	4,5
<i>Philodina citrina</i>	$o$	0,9	3	2,7
<i>Colurella colurus</i>	$o$	1,15	2	2,3
<i>Cephalodella catellina</i>	$o-\beta$	1,5	2	3,0
<i>Rotaria tardigrada</i>	$\beta$	2,0	2	4,0
<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	$o$	1,0	2	2,0
<i>Synchaeta pectinata</i>	$\beta-o$	1,65	3	4,95
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>	$\beta-o$	1,55	2	3,1
			$\Sigma 24$	$\Sigma 33,05$
<i>Водоросли</i>				
<i>Cladophora glomerata</i>	$\beta$	1,65	7	11,55
<i>Navicula gracilis</i>	$\beta-o$	1,65	7	11,55
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	$\beta$	2,0	3	6,0
<i>Cymbella prostrata</i>	$\beta$	2,0	3	6,0
<i>Amphora ovalis</i>	$o-\beta$	1,65	2	3,3
<i>Achnanthes lanceolata</i>	$\alpha-\beta$	0,75	2	1,5
<i>Gomphonema olivaceum</i>	$\beta$	1,85	2	3,7
<i>Navicula rhynchocephala</i>	$\beta$	2,7	5	13,5
<i>Cocconeis pediculus</i>	$\beta$	1,75	5	8,75
<i>Nitzschia dissipata</i>	$o-\beta$	1,5	3	4,5
<i>Cymbella ventricosa</i>	$\beta$	1,35	3	4,05
<i>Caloneis silicula</i>	$o-\beta$	1,5	2	3,0
<i>Closterium moniliferum</i>	$\beta$	2,15	2	4,3
<i>Cymatopleura solea</i>	$\beta-\alpha$	2,35	2	4,70
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	$\beta$	2,0	2	4,0
<i>Pediastrum boryanum</i>	$\beta$	1,85	2	3,9
<i>Navicula hungarica var. capitata</i>	$\beta-\alpha$	2,4	2	4,8
			$\Sigma 54$	$\Sigma 99,10$

$$S = \frac{46,55 + 33,05 + 99,10}{21 + 24 + 54} = \frac{178,7}{99} = 1,81.$$

разии, частоте встречаемости видов, сапробности ведущих форм и индексе сапробности. Это позволяет отнести каждый исследуемый участок водоема к определенному классу вод по шестибальной шкале качества вод по гидробиологическим показателям.

3. Для чистых и условно чистых вод характерно высокое видовое разнообразие, доминирование организмов — ксено-, олиго-,  $\beta$ -мезосапробов, отсутствие или незначительное количество  $\alpha$ -полисапробов [3]. Индекс сапробности не превышает 2,30.

4. Признаком загрязнения вод является обеднение видового состава, перифитона, выпадение ряда форм по мере загрязнения, преобладание организмов  $\alpha$ - и полисапробов. Индекс сапробности принимает значения, равные 2,31—4,00.

### 3.6. ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ

Форма отчетности по перифитону включает 10 граф. В первые пять граф вносят данные о месте и времени отбора проб. В графе 5 дается описание характера субстрата, с которого был собран оброст. Поскольку субстрат влияет на сообщество перифитонных организмов, необходимо указывать с каких предметов, погруженных в воду, производится отбор проб.

В графе 6 описывают характер оброста (т. е. пышно или слабо развит, имеет вид корки или это длинные космы, отмечают его цвет и т. д.) В графе 7 указывают число видов, определенных в пробе.

В графе 8 отмечают доминирующие виды с указанием частоты встречаемости по глазомерной шкале и зоны сапробности. В графе 9 указывают индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека.

На основании всех данных, заложенных в форму отчетности, в графе 10 дается характеристика качества воды на створе.

При использовании метода искусственных субстратов в форму отчетности после графы 7 вносят графы: «возраст оброста», т. е. количество дней с момента погружения стекол до момента взятия пробы, «общая численность группы» для животных в экз./см<sup>2</sup>, для водорослей в кл./мм<sup>2</sup> (или млн. кл./м<sup>2</sup>), «общая биомасса группы» в г/м<sup>2</sup> (или мг/м<sup>2</sup>), «массовые виды, процент от общей численности, зона сапробности».

### ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

#### Приборы и оборудование

1. Скребок с прикрепленной к нему сеткой (газ. № 70).
2. Скальпели.
3. Ножи.
4. Пинцеты с плоскими концами.
5. Пинцеты глазные.
6. Микроскопы типа «Amplival», «Ergaval», МБИ, МБР Биолам с осветителями.



7. Бинокляры типа МБС.
8. Объект-микрометр для проходящего света ОМП.
9. Окуляр-микрометр.
10. Камера Богорова.
11. Камера Нажотта объемом 0,01, 0,05 мл.
12. Белый диск.
13. Банки широкогорлые (стеклянные) объемом 0,5 л.
14. Пенициллиновые пузырьки.
15. Чашки Петри.
16. Стаканы термостойкие.
17. Колбы Вюрца объемом 0,5—1 л.
18. Стаканы фарфоровые.
19. Стекла часовые.
20. Цилиндры мерные.
21. Кристаллизаторы.
22. Пипетки химические разного объема.
23. Пипетки глазные.
24. Пипетки с оттянутым концом (стеклянные рейсфедеры, Пастеровские пипетки).
25. Штемпель-пипетки.
26. Палочки стеклянные.
27. Воронки разного диаметра.
28. Стекла предметные.
29. Стекла покровные.
30. Груши резиновые.
31. Иглы препаровальные.
32. Термометры водные.
33. Термометры лабораторные.
34. Горелки газовые или спиртовые.
35. Кисточки (колонковые).
36. Центрифуга.
37. Электроплитка с закрытой спиралью.
38. Мельничный газ № 70.
39. Фал капроновый.
40. Лейкопластырь.
41. Лакмусовая бумага.
42. Марля.
43. Фильтровальная бумага.
44. Журналы рабочие.
45. Полевые дневники.

### Реактивы

1. Формалин нейтрализованный 40 %-ный.
2. Спирт 96 %-ный.
3. Глицерин.
4. Иммерсионное масло.
5. Хлороформ или кокаин.
6. Айвовые косточки.

7. Витальные красители (метиленблау, нейтральрот).
8. Калий едкий.
9. Калий иодистый.
10. Иод кристаллический.
11. Хромовая кислота.
12. Ледяная уксусная кислота.
13. Соляная кислота.
14. Серная кислота.
15. Двуххромовоокислый калий.
16. Анилин.
17. Сода питьевая.
18. Клей БФ-6.
19. Дистиллированная вода.

#### Глава 4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТОЗОЙНОГО ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА

Простейшие — особый уровень организации жизни, на котором клетки являются самостоятельными организмами. Их можно назвать переходным звеном, связывающим низший уровень (бактерии) с высшим (многоклеточными организмами). Однако если их различия с последними очевидны, провести четкую границу между простейшими растительного и животного мира (например, между водорослями и жгутиконосцами) трудно. Инфузории являются уже высокоорганизованными одноклеточными организмами со сложной морфологией. Их размеры колеблются от нескольких микрон до 1 см (инфузория из рода *Spirostomum*).

По своему географическому распространению пресноводные простейшие в большинстве своем заслуживают название космополитов. В основе такого широкого географического распространения лежит их способность избегать неблагоприятных условий путем инцистирования, а при благоприятных условиях — быстро размножаться.

Простейшие обитают во всей толще водоема, причем больше всего их в придонном слое воды и поверхностном слое (до 1—2 см) грунта. Среди свободноживущих простейших почти нет птамофильных видов вследствие отсутствия морфологических приспособлений, обеспечивающих им противостояние даже слабой течению воды. Суточные вертикальные миграции, которые совершают эти животные, пассивны, так как вызваны изменением удельного веса цитоплазмы.

Следует признать, что пресноводные простейшие являются наименее изученной группой гидробионтов. Недостаточная изученность *Protozoa*, очевидно, объяснима методическими трудностями работы с этими организмами. Правда, в последние годы в Советском Союзе появились работы, касающиеся экологии инфузурий, их значения в водоемах разного типа и роли в самоочи-

стителем процессе. Для различных типов водоемов и водотоков и различных уровней их загрязнения установлены характерные виды простейших [1].

Во всех сапробиологических анализах используются главным образом представители класса *Infusoria*. Ниже мы подробно рассмотрим методику обработки проб свободноживущих инфузорий. Однако эта методика пригодна и для саркодовых (солнечников, корненожек).

#### 4.1. МЕТОДЫ СБОРА МАТЕРИАЛА

##### 4.1.1. Место и периодичность отбора проб

Размещение станций (створов) на водоеме (водотоке) должно обеспечить возможность получения достоверных средневзвешенных значений численности и биомассы простейших в водоеме в целом. При выборе створов для проведения исследований в реках следует учитывать степень загрязненности отдельных участков данного водотока. Для изучения фонового состояния загрязнения реки пробы отбирают выше и в районе поступления стоков. Остальные створы должны располагаться ниже источника загрязнения (1, 2 км и т. д.) по возможности до восстановления фонового состояния. Пробы отбирают по принципу поперечного разреза. Планктонные пробы берутся с поверхностного слоя воды (0,5 м); на мелководных створах (до 3—5 м) дифференцированно через каждый метр и на глубоководных створах на стандартных горизонтах 0,5; 2; 5; 10; 15; 25; 50; 75 и 200 м в эпилимнионе и гиподимнионе, включая слой температурного скачка<sup>1</sup>, уровни водной толщи ниже и выше него и придонный слой (0,5 м над грунтом), так, чтобы в образцы воды не попадали частицы ила или взмучиваемые донные осадки.

В широких реках для выяснения распределения видового состава и численности простейших по поперечному профилю дна пробы отбирают через каждые 50 м.

В стоячих водоемах (озера, пруды, водохранилища) места сбора проб (станции) должны быть расположены так, чтобы были охвачены все основные зоны: литоральная, сублиторальная и профундальная<sup>2</sup>, а в пределах зон по возможности во всех имеющихся в водоеме биотопах, причем для искусственных водоемов надо

<sup>1</sup> Эпилимнион — область поверхностной теплой воды, в которой осуществляется циркуляция водных масс. Гиполимнион — область холодной воды, в которой не происходит циркуляции и степень нагретости которой мало меняется на протяжении года. Термоклин — промежуточная зона между обеими вышеупомянутыми зонами с резким температурным градиентом.

<sup>2</sup> Литоральная зона — мелководный участок, в котором свет проникает до дна. Для этой зоны характерны высшие растения, укореняющиеся в дно водоема. Сублиторальная зона простирается до глубины эффективного проникновения света, нижней границы распространения донной растительности. Профундальная зона — дно и толща воды, куда не проникает солнечный свет (имеется только в очень глубоких озерах).

еще учесть, что у берегов затопленные почвы могут быть в разной степени задернованы.

Во всех водоемах пробы должны быть собраны ежемесячно с апреля по ноябрь и во время ледостава или посезонно.

#### 4.1.2. Приборы для сбора протозойного планктона и бентоса

Независимо от типа водоема для учета планктонных простейших пробы отбираются батометром Рутнера (можно пользоваться и другими батометрами с вертикально откидывающимися крышками). Батометр крепят на шнуре (тросе лебедки) с метками (лучше всего цветными нитками) через каждые 50 см, чтобы батометр можно было опускать на соответствующую глубину. Потом воду вливают в литровые пластмассовые бутылки, закрывая их плотно пробкой. (На бутылки заранее приклеивают номера.). После отбора проб номера бутылок записываются в полевой дневник (см. образец записи в приложении 7).

Бутылки до обработки в лаборатории помещают в ящики с термоизоляцией.

При исследованиях микробентоса используются только верхний слой грунта толщиной 1 см, в котором обитает основная часть протозойного бентоса, и прилегающий к нему слой воды (высотой 1—2 см).

Для количественного учета протозойного бентоса рекомендуются трубчатые приборы, в частности микробентометр МБ-ТЕ [7] и микробентометр С-1 конструкции Института биологии внутренних вод АН СССР. Работа микробентометра МБ-ТЕ (рис. 4.1) основана на доставке со дна водоема иловых монолитов со слоем придонной воды. Для большего удобства в данной конструкции микробентометра в металлический цилиндр, извлекающий монолит, вставлен цилиндр, изготовленный из прочного плексигласа. Плексигласовый цилиндр с помощью тонкой резиновой ленты плотно закрепляется в металлическом цилиндре. Наконечник металлического, а также плексигласового цилиндров должен быть отточен. Чтобы кромки входа плексигласового цилиндра не препятствовали проходу цилиндров в грунт, в стенке металлического цилиндра сделаны вырезы, на которые опирается наконечник плексигласового цилиндра.

Микробентометр С-1 состоит из прозрачной трубки, изготовленной из синтетического материала и снабженной в верхней части вакуумным замыкателем и дополнительным грузом [4]. Оба упомянутых прибора пригодны для работы на разных грунтах, кроме каменистых и чисто песчаных, от уреза до глубины 30 м. На мелководье, где грунты песчаные, можно пользоваться стеклянными цилиндрами микробентометра МБ-ТЕ, которые вдавливаются в грунт рукой, затем с открытого конца плотно закрываются пробкой и очень осторожно извлекаются вместе с монолитом, под который в трубку быстро вставляется пробка.

Плексигласовые цилиндры с пробами, закрытые снизу проб-

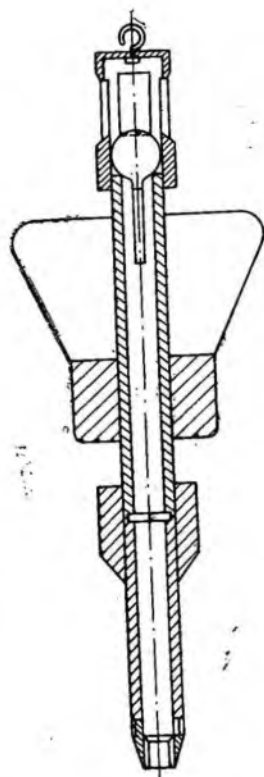


Рис. 4.1. Микробентометр МБ-ТЕ.

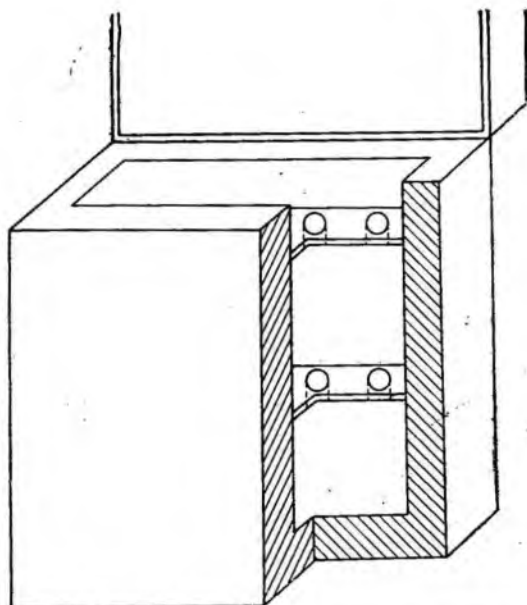


Рис. 4.2. Ящик для транспортировки проб с протозойным бентосом.

кой, помещаются до обработки в лаборатории в ящик с термоизоляцией (рис. 4.2). В ящике должны быть сделаны гнезда для каждого цилиндра, т. е. они должны быть закреплены. На каждом цилиндре должен быть заранее проставлен номер, который пишется на бумаге, наклеивающейся на цилиндр с помощью липкой полистиленовой ленты, защищающей к тому же ее от промокания. Номер цилиндра записывается в полевой дневник (см. образец записи в приложении 8).

Как планктонные, так и бентосные пробы должны быть обработаны в кратчайший срок в лаборатории, так как на численность простейших сильно влияют не только изменения температуры, но и присутствие планктонных рачков и коловраток.

#### 4.2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПРОТОЗОЙНОГО ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА

Установление видовой принадлежности, а также количественный учет простейших проводят на живом материале.

Протозойный планктон в лаборатории просчитывают под биноклем после концентрации на мембранных фильтрах или без предварительной обработки.

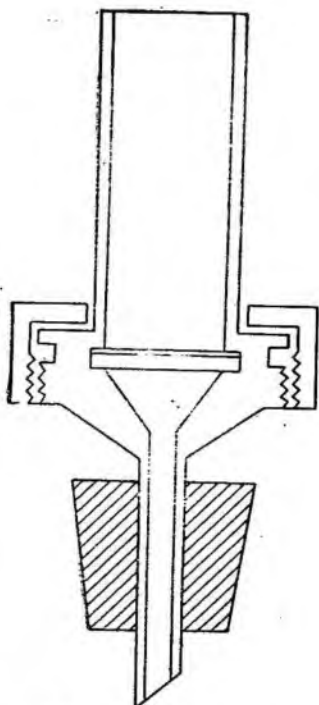


Рис. 4.3. Фильтровальный аппарат Зейтца с удлиненной воронкой (из прозрачного плексигласа).

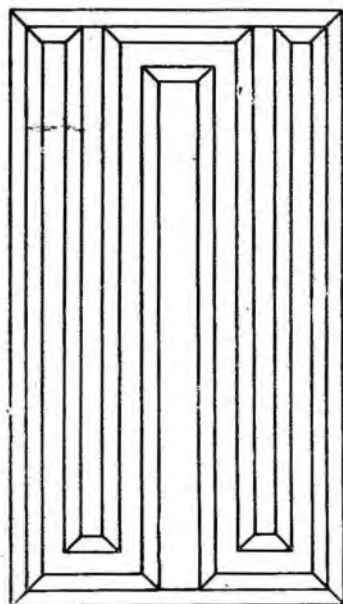


Рис. 4.4. Камера Богорова (по И. А. Киселеву).

Планктонные пробы концентрируют путем фильтрации на ультрамембранных фильтрах № 6 (с порами 1—2 микрона) или «Сынпор» (с порами 2,5 микрона). Для фильтрации используют фильтровальный аппарат типа Зейтца, изготовленный из плексигласа с удлиненной воронкой (диаметр воронки фильтра — 35 мм, фильтра — 30 мм) (рис. 4.3). *(Фильтруют без вакуума!)* Когда над фильтром остаются около 10 мл воды, фильтрацию прекращают, сконцентрированную пробу слегка взбалтывают и выливают в стаканчик, куда помещают также использованный фильтр. Фильтр слегка прополаскивают. Всю полученную пробу немедленно просчитывают перенося порциями примерно по 3 мл в камеру Богорова (рис. 4.4), в живом состоянии под биноклем при увеличении в 50 раз. Незнакомые формы отлавливают с помощью микропипетки, помещают в маленькой капле на предметное стекло и определяют под микроскопом после подсчета количественной пробы. Чтобы капля с инфузориями на предметном стекле не высохла, стекла помещают во «влажную камеру» — дно чашки Петри покрывают влажной фильтровальной бумагой соответствующего размера, а чашку закрывают.

Движение инфузорий можно ограничивать свежеприготовлен-

ным клеем из айвовых косточек, очень легким нагреванием (соблюдая осторожность, чтобы капля не испарилась) предметного стекла над спиртовой лампой, обработкой парами осмиевой кислоты не более 2—3 с (так как при более длительной обработке происходит фиксация простейших).

Камеру Богорова можно заменить самодельной камерой, а именно, в расплавленный парафин помещают все четыре края предметного стекла с таким расчетом, чтобы в середине осталась камера шириной примерно 0,5 см (рис. 4.5).

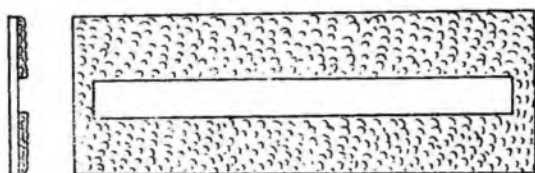


Рис. 4.5. Камера для обработки протозойного планктона и бентоса (предметное стекло с парафином).

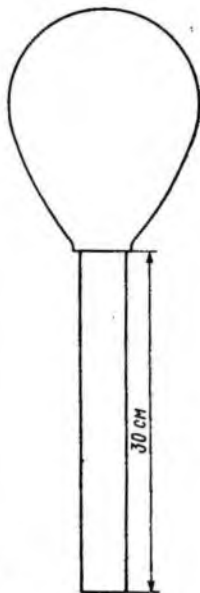


Рис. 4.6. Резиновая груша для отсасывания воды из проб микробентоса.

Расчет количества инфузорий в 1 л пробы проводится исходя из объема профильтрованной воды, который измеряется после фильтрации. Поэтому колбу Бунзена, в которую вставляется воронка, нужно заранее проградуировать, чтобы сразу определить объем профильтрованной воды. Объем воды, самотеком проходящий через фильтр, зависит как от трофности водоема, так и от мутности воды и времени года. Для условий олиготрофного водоема<sup>1</sup> достаточно профильтровать 500—1000 мл, для эвтрофных водоемов этот объем сокращается до 200—300 мл, а в период массового развития водорослей — до 100—150 мл. При наличии в воде большого количества простейших, а также механической

<sup>1</sup> По биологической классификации все водоемы делят на три большие группы: 1) эвтрофные (кормные), с богатой органическими веществами водой, пышной литоральной растительностью, высокой плотностью планктонных популяций; 2) олиготрофные (малокормные), характеризующиеся значительной глубиной, скудной литоральной растительностью, низкой плотностью планктона; 3) дистрофные (недостаточно кормные), представляющие неглубокие заболоченные водоемы с торфянистыми отложениями на дне.

взвеси (в районах поступления сточных вод), учет протозойного планктона следует проводить без предварительной фильтрации используя при этом не менее 50 мл воды. Можно просматривать этот объем воды порционно в камере Богорова, однако удобнее применять камеру Сорокина типа пенала глубиной 1,5 мм. Организмы просчитывают в 10—20 полях зрения при увеличении в 50 раз. Потом пересчитывают количество простейших на 1 л (или 1 м<sup>3</sup>) воды. Результаты записывают в протокольную карточку (см. приложение 9).

В бентосных пробах сначала оценивают характер грунта. Потом с помощью резиновой груши, соединенной со стеклянной трубкой, осторожно, чтобы не взбалтывать поверхностный слой грунта, отсасывают воду (рис. 4.6), оставляя над грунтом слой воды высотой примерно 5—10 см. Далее пипеткой с отрезанной суженной частью или стеклянной трубочкой площадью сечения 0,5 см<sup>2</sup> из цилиндра извлекается часть пробы с контактного слоя вода — грунт. При этом в пипетку должны входить сантиметровой слой придонной воды и верхний слой грунта. Содержимое переносят в камеру Богорова и разбавляют профильтрованной водой, слитой из поверхностного слоя цилиндра. Потом под биноклем или под микроскопом с малым увеличением, используя основные пособия [3—6, 8—17], проводят определение видового состава и количества простейших. Методика определения видового состава планктонных простейших. Подсчет бентосных простейших из одного цилиндра всегда проводят не менее трех раз.

Полученные при подсчете в камере Богорова данные переводят на единицу площади водоема — на квадратные метры.

Биомассу простейших определяют по собственным измерениям однако в начальных стадиях работы можно пользоваться таблицами из работ Ф. П. Чорика [9] и Н. В. Мамаевой [4].

При вычислениях принимают, что удельный вес простейших равен единице. Объем простейших определяют по универсальной формуле Симпсона

$$V = \frac{h}{6} (b_1 + 4b_2 + b_3),$$

где  $V$  — объем тела,  $h$  — длина тела,  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$  — соответственно площади нижнего основания, среднего сечения и верхнего сечения. Полученные результаты записывают в протокольную карточку (см. приложение 10).

При измерении простейших пользуются окулярным микрометром, шкала которого измерена шкалой объективного микрометра (одно деление равно 10 мкм) (0,01 мм). Пользуясь окулярным микрометром, всегда надо работать при одном и том же увеличении микроскопа или определить цену деления окулярного микрометра при всех увеличениях.

В настоящее время еще нет общепринятой систематики про



стейших, как нет и общепринятых таксономических терминов на уровне семейства и выше. Поэтому чтобы данные можно было сравнить с результатами исследований других протозоологов, пока следует придерживаться терминологии, приведенной в определителе А. Каля [15].

#### 4.3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРОТОЗОЙНОГО ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА

Простейшие обладают высокой чувствительностью к содержанию органического загрязнения в воде, что делает их ценными показателями в биологическом анализе водоема. Однако следует учесть, что многие современные поверхностные воды загрязняются не только органическими веществами животного и растительного происхождения, но и многими токсическими веществами: пестицидами, нефтью и ее продуктами, тяжелыми металлами, детергентами и др., и это ограничивает возможность использования представителей протозойного планктона и бентоса в качестве биоиндикаторов. Но благодаря широкому возможностям распространения и короткому жизненному циклу, простейшие быстро появляются вновь при наступлении благоприятных условий.

Индикаторная роль инфузорий высоко оценивается всеми санитарными гидробиологами. Наиболее полный список простейших-индикаторов приводится в работах Ф. П. Чорика [9] и в работе [8], в основу которого легли исследования многих протозоологов, обобщенные В. Сладечком. Однако следует учесть, что индикаторное значение простейших меняется в различных климатических зонах, так что каждый исследователь должен доработать вышеупомянутые списки соответственно местным условиям.

Для получения наиболее наглядных результатов по индикаторной роли инфузорий из многих имеющихся к настоящему времени методов рекомендуем метод, предложенный Р. Пантле и Х. Букком в модификации В. Сладчека [20]. Р. Пантле и Х. Букк [18, 19] приняли, что каждый индикаторный вид встречается только в одной зоне загрязнения. В действительности же очень редкие виды обнаружены лишь в какой-то определенной зоне, поскольку четкие границы между зонами очень трудно провести и следует учитывать существование переходных зон. Поэтому В. Сладчек изменил значения индексов сапробности индикаторных видов, данных в работах [18, 19].

По Пантле и Букку, степень загрязнения характеризуется индексом сапробности

$$S = \frac{\sum (sh)}{\sum h},$$

где  $S$  — индекс сапробности,  $s$  — индикаторная значимость,  $h$  — относительное количество особей вида.

Индикаторная значимость  $s$  для олигосапробов составляет 1,

в-мезосапробов — 2,  $\alpha$ -мезосапробов — 3, полисапробов — 4. Относительное количество особей вида  $h$  равно для случайных находок 1, редко 2, нередко 3, часто 5, очень часто 7, массового развития 9.

Индекс сапробности  $S$  в полисапробной зоне (сильно загрязненной) находится в пределах 4,0—3,5, в  $\alpha$ -мезосапробной зоне (загрязненной) — 3,5—2,5, в  $\beta$ -мезосапробной зоне (умеренно загрязненной) — 2,5—1,5, в олигосапробной зоне (чистой) — 1,5—1,0, в ксеносапробной зоне (очень чистой) равен 1.

Очень наглядно индекс сапробности может быть изображен графически, где на оси абсцисс — исследуемые станции, на оси ординат — индекс сапробности.

*Пример.* Река Вента, 24 VIII 1980 г. (устье р. Вардува, правый берег, глубина 0,5 м, суглинок).

Степень сапробности	Вид	Численность, тыс. на м <sup>2</sup>		$h$	$sh$
$\alpha$	<i>Aspidisca lynceus</i>	20	3	2	6
$\alpha-\beta$	<i>Coleps hirtus</i>	20	2,5	2	5
$\alpha$	<i>Spirostomum minus</i>	540	3	7	21
$\alpha-\rho$	<i>Paramecium caudatum</i>	60	3,5	5	10,5
$\beta$	<i>Uroleptus rattulus</i>	20	2	2	4
$\rho$	<i>Caenomorpha sapropelica</i>	640	4	7	28
$\rho$	<i>Metopus contortus</i>	80	4	5	20
				$\Sigma 28$	$\Sigma 94,5$
					$S = 3,4$

Река Вента в районе впадения притока Вардува у правого берега является загрязненной.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ПРОТОЗОЙНОГО ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА

1. Батометр.
2. Микробентометр.
3. Термометр.
4. Белый диск.
5. Пластмассовые бутылки (литровые).
6. Плексигласовые цилиндры.
7. Ящик с термоизоляцией для хранения бутылок.
8. Ящик с термоизоляцией для хранения цилиндров.
9. Полевой дневник.
10. Шнур капроновый.
11. Резиновая груша № 1.
12. Микроскоп биологический.
13. Лупа бинокулярная.
14. Фильтровальный прибор типа Зейтца плексигласовый.
15. Колба Бунзена.
16. Фильтры мембранные № 6.

17. Стаканы химические.
18. Камера Богорова.
19. Предметные стекла.
20. Покровные стекла.

## Глава 5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА

Состав и уровень количественного развития водных беспозвоночных организмов является высокочувствительным показателем степени загрязнения водоема и нарушения чистоты его вод.

Одним из компонентов биологического анализа водоема является изучение зоопланктонного сообщества, т. е. совокупности животных, населяющих толщу воды. Особенно велико участие зоопланктона в круговороте веществ в малопроточных водоемах — озерах, водохранилищах и прудах, несколько меньше — в реках.

Зоопланктон пресных вод представлен в основном простейшими (тип *Protozoa*)<sup>1</sup>, коловратками (класс *Rotatoria*), ракообразными (класс *Crustacea*) (веслоногими (отряд *Copepoda*) и ветвистоусыми (подотряд *Cladocera*) раками).

Зоопланктонное сообщество, как и любое сообщество экосистемы, характеризуется постоянством видового состава, динамической устойчивостью, определенной, присущей ему организацией. Изменения условий существования организмов отражаются на видовом составе, количественных показателях, соотношении отдельных таксономических групп, структуре популяций зоопланктеров. Таким образом, зоопланктон может служить характеристикой состояния водной среды.

Организмы зоопланктона — в основном микроскопические формы. В зависимости от линейных размеров пресноводный планктон принято делить на следующие группы:

1) мезопланктон — наиболее крупные организмы, видимые невооруженным глазом, их размеры достигают нескольких миллиметров (большинство представителей подотряда *Calanoida*, многие представители подотряда *Cyclopoida* — *Eucyclops serrulatus*, *Cyclops scutifer*, *C. strenuus*, *Acanthocyclops gigas*, *A. vernalis* и другие, крупные представители подотряда *Cladocera* — *p.p. Sida*, *Limnospida*, некоторые виды из *p.p. Daphnia*, *Bythotrephes* и др.);

2) микропланктон — организмы микроскопические, их размеры от 50 до 1000 мкм (*Mesocyclops oithonoides*, науплиальные стадии отряда *Copepoda*, многие представители подотряда *Cladocera*: *p.p. Chydorus*, *Alona*, *Alonella*, большинство из *p. Bosmina* и др.);

<sup>1</sup> Сбор, обработка, определение таксономического состава простейших трудоемки, требуют специальной квалификации и поэтому в настоящей главе не рассматриваются.

3) наннопланктон — организмы, длина тела которых меньше 50 мкм (мелкие формы класса *Rotatoria*, представители родов *Ascomorpha*, *Colurella*).

4) ультрапланктон — крайне мелкие организмы, их размеры менее 20 мкм.

В зависимости от указанных выше размерных групп планктонных организмов требуется применение различных методов их сбора: первые две группы могут быть уловлены планктонными сетями, для сбора нано-и ультрапланктона необходимо применять отстойный метод.

В зависимости от типа водоема различают: эвлимнопланктон — планктон озер, гелеопланктон — планктон прудов, тельма-топланктон — планктон луж, кренопланктон — планктон ключей, потамопланктон — планктон рек.

## 5.1. МЕТОДЫ СБОРА ЗООПЛАНКТОНА

### 5.1.1. Орудия для сбора зоопланктона

Все разнообразие методов сбора зоопланктона сводится к двум вариантам:

1) методы, представляющие комбинацию водозачерпывания и одновременного отделения планктона от воды в самой воде, что осуществляется с помощью планктонных сетей, планктоночерпателей;

2) методы, представляющие комбинацию отдельного водозачерпывания и последующего отделения планктона от воды, что осуществляется или с помощью фильтрации доставленной на поверхность воды через сетку, или посредством отстаивания [11].

Метод отбора проб зависит от типа водоема, его глубины, размеров. В крупных и средних водоемах с замедленным водообменом (озерах, водохранилищах) пробы зоопланктона отбирают количественной сетью Джеди фракционно (последовательно облавливают эпи-, мета- и гипolimнион), в мелководных водоемах (прудах, малых лесных озерах, лагунах), глубина которых не превышает 3—4 м, — также качественной сетью Джеди, тотально (производится облов всего столба воды ото дна до поверхности). Используются также планктоночерпатели различных конструкций [11]. В настоящее время в Институте биологии внутренних вод АН СССР применяют планктонобафометр ДК (Дьяченко-Кожевникова) [18].

В водотоках, главным образом реках, для сбора качественных проб используется цилиндрическая сеть Лангганса («Цеппелин»), а количественных — бафометр Жуковского [6]. Наиболее простым и доступным способом, не требующим сложного оборудования, является способ отбора проб путем процеживания 50—100 л воды, взятой ведром или другим сосудом, через качественную сеть Апштейна.

Поскольку серийный выпуск названных батометра и планкто-нобатометра до сих пор не налажен, а индивидуальное изготовление этих приборов затруднено из-за отсутствия материалов и по другим причинам, остановимся на более простых, доступных, но достаточно точных для целей нашего исследования орудиях лова и способах отбора проб.

**5.1.1.1. Орудия для качественного сбора зоопланктона.** Классическим орудием сбора зоопланктона является коническая планктонная сеть (сеть Апштейна), состоящая из шелкового или капронового конуса (усеченного), широким основанием наштаиваемая на металлическое кольцо, а в узком основании имеющая стаканчик, в котором концентрируется собираемый планктон.

Конус из шелкового или капронового сита пришивается непосредственно к обручу, а к полоске плотной ткани (льняной, бязи или любой другой хлопчатобумажной), с помощью которой он прикрепляется к обручу. Для изготовления планктонной сети употребляется мельничное шелковое или капроновое сито или газ, отличающиеся большой прочностью и равномерностью распределения нитей. Номер сита соответствует числу ячеек в  $1 \text{ см}^2$  ткани. Наиболее частый газ № 77, наиболее редкий газ № 7. Для улавливания микропланктона применяется газ № 64—77, для улавливания мезопланктона — № 38—64. Нанно-и ультрапланктон планктонной сетью не улавливаются.

При изготовлении сетного конуса необходимо:

- 1) шелковое или капроновое сито перед шитьем смочить губкой и слегка прогладить негорячим утюгом;
- 2) плотный хлопчатобумажный или льняной материал перед шитьем вымочить, высушить и прогладить;
- 3) веревки предварительно намочить и высушить в натянутом виде.

Материал для сетного конуса раскраивается по выкройке. Выкройка делается по прилагаемой схеме (рис. 5.1), где длина боковой поверхности  $x$  и угол раскроя  $a$  вычисляются по формулам:

$$x = \frac{ri}{R-r}, \quad (1)$$

$$a = \frac{360r}{x} \text{ или } \frac{a}{2} = \frac{180r}{x}, \quad (2)$$

где  $R$  — радиус металлического обруча (широкое основание усеченного конуса);  $r$  — радиус стаканчика (узкое основание усеченного конуса);  $i$  — длина образующей бока усеченного конуса;  $x$  — длина части образующей боковой поверхности конуса, которая должна быть отрезана;  $a$  — угол или половина угла при вершине развернутой боковой поверхности конуса.

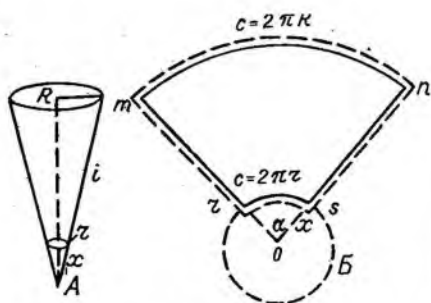


Рис. 5.1. Выкройка сетяного конуса для планктонной сетки [10].

А — выкройка в свернутом виде, Б — выкройка в развернутом виде.  $R$  — радиус металлического обруча,  $r$  — радиус стаканчика;  $i$  — длина бока усеченного конуса (равна длине бока сетки);  $x$  — длина части образующей боковой поверхности конуса, которая должна быть отрезана;  $\alpha$  — угол между боками развернутого конуса;  $mnsr$  — поверхность усеченного конуса, развернутого на плоскости;  $ors$  — отрезаемая часть выкройки; пунктирная линия вокруг развернутого усеченного конуса — прибавка  $i$  см на швы.

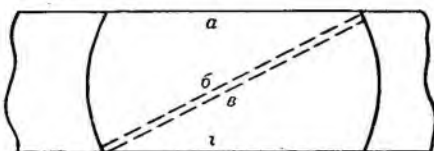


Рис. 5.2. Раскрой сетки. Сшиваются детали  $a$  с  $b$ ,  $b$  с  $g$  [10].

На выкройке делается прибавка на швы по 1 см сверху и по длинной стороне, а также 3 см внизу конуса для нашивки с помощью полоски плотной материи (так называемого манжета) на довольно острый край планктонного стаканчика. Сеть шьется тонкой иглой и тонкими нитками, лучше натуральными шелковыми. Вырезание куска газа по выкройке удобнее производить по способу, указанному на рис. 5.2. Нижний, обшитый плотной материей конец конуса прикрепляется к стаканчику с помощью плоского латунного кольца, снабженного зажимным винтом. Конус из капронового или шелкового сита прикрепляется к металлическому кольцу при помощи узкой полосы (не более 10 см ширины) из плотной материи. К металлическому кольцу на равном расстоянии друг от друга прикрепляются три прочные бечевки (стропы), свободные концы которых над входным отверстием сети привязываются к небольшому колечку, к которому присоединяется при помощи чекеля петля или кольцо пенькового, льняного или металлического троса, служащего для спуска сетки. Пеньковый трос толщиной 3—5 мм или несколько толще предварительно пропитывается олифой, растягивается и в намоченном состоянии размечается на метры и полуметры путем вшивания в трос цветных ниток (например, метры обозначаются красными нитками, полуметры — синими). На зажимном кольце стаканчика припаиваются ушки (перпендикулярно боковой поверхности стаканчика), за которые он с помощью трех бечевок прикрепляется к кольцу. Это делается для того, чтобы шелковый газ не порвался от тяжести плохо фильтрующейся воды, веса

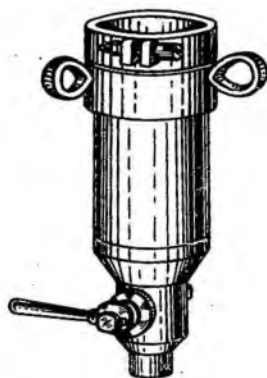


Рис. 5.3. Качественная сеть Апштейна [10].

Рис. 5.4. Металлический стакан с краном для планктонных сеток [10].

Рис. 5.5. Цилиндрическая сеть «Цепелин».

стаканчика и груза, служащего для утяжеления сети. На рис. 5.3 и табл. 5.1 представлена качественная сеть Апштейна. В последнее время промышленность выпускает мельничное сито из капрона. Толщина нитей капроновых сетей меньше по сравнению с шелковыми сетями, поэтому нумерация сит иная. Ниже приводятся сравнительные ряды номеров капроновых и шелковых сит:

Материал	Номер сита										
Шелк	7	9	11	15	19	21	23	25	27	29	32
Капрон	7	9	11	15	23	27	29	32	35	38	43

Продолжение

Материал	Номер сита										
Шелк	35	38	43	46	49	52	55	58	61	64	
Капрон	46	49	52	55	58	61	64	67	70	73	

Для планктонных сетей применяются металлические и стеклянные стаканчики разной конструкции. Особенно удобны металлические стаканчики с краном (рис. 5.4). Их размеры: высота 40 мм, диаметр 28 мм, для средней модели сети соответственно 80 и 55 мм. Вместо крана на стаканчике может быть патрубок, на который насаживается резиновая трубка соответствующего диаметра, запирающаяся зажимом Мора. Такой стаканчик наиболее

удобен для работы в зимний период, когда поворот крана затруднен в связи с низкими температурами воды и воздуха. Не менее удобен металлический стаканчик с глухим дном без крана, состоящий из двух половин — короткой верхней и более длинной нижней, соединенных друг с другом посредством штыкового зазора или винтовой нарезки. Внутренний диаметр стаканчика 3,5 см. Высота верхней части стаканчика 3 см, нижней — 7 см.

Таблица 5.1

Размеры качественных сетей Апштейна

Модель	Длина образующей боковой поверхности конуса, см	Диаметр, см	
		входного отверстия	стаканчика
Малая	55	25	3,5—4,0
Средняя	100	40	6

Качественные ловы зоопланктона производятся с целью выявления его видового состава. Установление видового состава зоопланктонного сообщества следует проводить в течение вегетационного периода, когда основная масса организмов присутствует в планктоне и активно размножается.

Качественными сетями работают с лодки, плота, судна. Их опускают в воду по возможности вертикально вручную или с помощью лебедки. Маленькие планктонные сети можно забрасывать с берега, не допуская зачерпывания ими грунта.

Для сбора планктона в реке или при движении судна на озерах и водохранилищах рекомендуется цилиндрическая сеть Лангганса («Цепелин»), состоящая из двух, сшитых из шелка или капрона цилиндров и одного шелкового или капронового конуса с планктонным стаканчиком на конце. Сеть с помощью кусков полотна нашивается на три металлических кольца. К переднему кольцу привязывается уздечка с кольцом для крепления к тросу (рис. 5.5). Сеть может быть разных размеров (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Размеры моделей сетей Лангганса («Цепелинов»)

Модель	Диаметр, см		Длина, см		
	входного отверстия	стаканчик	цилиндрического отдела сети	конического отдела сети	всей сети
Большая	22	6,5	98	50	148
Средняя	15	4,5	96	42	138
Малая	9,5	4,5	97	23	120

**5.1.1.2. Орудия для количественного сбора зоопланктона и методы работы с ними.** Количественные сети требуют более тща-



тельного изготовления. Они отличаются от качественных следующими особенностями конструкции:

1) присутствием в переднем отделе сети конуса — надставки из плотного хлопчатобумажного материала;

2) в связи с наличием этого конуса имеется второе металлическое кольцо, к которому пришивается верхний конец надставки и которое представляет входное отверстие сети. Назначение конуса — надставки заключается в ослаблении обратных (вихревых) токов воды и тем самым предохранении планктона от вымывания при протягивании сети сквозь толщу воды.

Существует целый ряд количественных сетей, самыми распространенными из которых являются сети Джеди, Нансена, Апштейна. Основные различия в их конструкции сводятся к различиям в форме надставки и в механизме замыкания сети при ловах по горизонтам. В качестве основного орудия лова мезопланктона можно рекомендовать сеть Джеди как более уловистую по сравнению с другими сетями [11].

Сеть Джеди (рис. 5.6) состоит из фильтрующего шелкового или капронового конуса, как и в качественной сети Апштейна, и верхнего обратного усеченного конуса из плотного белого материала. По верхнему и нижнему краю обратного конуса пришиваются металлические обручи (диаметр 0,5—1,0 см), к которым на равном расстоянии друг от друга посредством манжет из плотной ткани крепятся три боковые стропы сети. Стропы делают из льняного или капронового фала. Свободные концы строп связывают петлей над входным отверстием сети. К нижнему концу фильтрующего конуса, как и в любой качественной сети, пришивается манжета из плотной ткани, с помощью которой к сети прикрепляется стакан с краном для сливания пробы. Стакан также посредством трех строп прикрепляется к большому нижнему кольцу с таким расчетом, чтобы при подвешивании груза фильтрующей конус имел небольшую слаbinу. Места крепления строп к обоим кольцам, а также ушки стаканчика необходимо совместить по одной прямой во избежание перекручивания фильтрующего конуса сети.

Замыкающаяся количественная сеть Джеди, по описанию В. И. Жадина [6], приводится в рабочее положение с помощью специального замыкателя, состоящего из обоймы, внутри которой на оси свободно двигается крючок с противовесом, служащий для закрепления кольца уздечки сети (рис. 5.7). Через верхнюю часть обоймы пропущен винт, за который крепится спускной трос. Здесь же укреплено спускное приспособление со спиральной пружиной посередине. В головке спускного механизма имеется прорез для пропуска спускного троса. Сеть подвешивается дополнительным шнуром, идущим от большого кольца к нижней части обоймы. Перед началом работы сеть вывешивается в открытом состоянии: кольцо уздечки зажато крючком замыкателя. Кран для сливания пробы на стаканчике закрыт. В таком виде сеть опускается в воду, затем поднимается до нужного горизонта, и к

Рис. 5.6. Замыкающаяся количественная сеть Джеди.

1 — петля на шнуре; 2 — шнур, связывающий сетку с замыкателем; 3 — шнуры на верхнем кольце; 4 — верхнее кольцо; 5 — матерчатый конус; 6 — нижнее кольцо; 7 — шелковая сеть; 8 — шнур, удерживающий стаканчик; 9 — стаканчик.

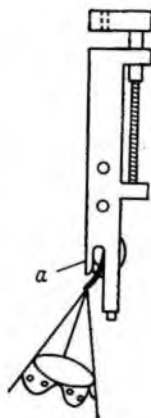
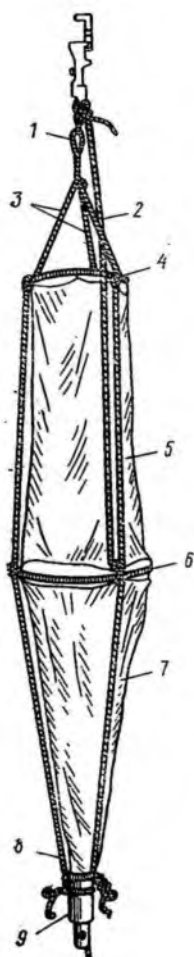


Рис. 5.7. Замыкатель для планктонной сети.

а — рабочий крючок замыкателя.

этому моменту по спускному тросу пускается посыльный груз, который, ударя по головке спускного механизма, освобождает кольцо уздечки — сеть закрывается и повисает на тросе, прикрепленном к большому кольцу. Закрытая сеть поднимается на поверхность. Сети придается первоначальное положение, т. е. кольцо уздечки зажимается крючком замыкателя. Кран стакана открывается и проба, сконцентрированная в нем, переливается в подготовленную заранее обязательно чистую посуду. Затем кран стакана закрывают и сеть в расправленном виде вновь погружают в водоем до уровня входного отверстия для того, чтобы смыть со стенок сети оставшиеся организмы. Смытые со стенок остатки пробы сливают в ту же посуду. Нельзя допустить, чтобы при споласкивании сети в нее попала через входное отверстие новая порция воды. После облова каждого горизонта сеть споласкивают.

Для этого кран на стаканчике открывают, сеть 2—3 раза погружают в воду до уровня входного отверстия, а затем поднимают. При проведении работ, в особенности, в период «цветения» водоема, а также при небольших его глубинах происходит забивание ячей сети водорослями и детритом. Это снижает уловистость сети. Поэтому по окончании работ необходимо промыть сеть горячей водой с помощью губки с внешней и внутренней ее сторон. В озерах и водохранилищах зоопланктон собирается количественной сетью Джеди в эпилимнионе, металимнионе и гиполимнионе или по стандартным горизонтам: поверхность — 0,5, поверхность — 2, 2—5, 5—10, 10—25, 25—50 и 50—100 м глубины. Отбор проб следует начинать с верхних горизонтов. Скорость подъема открытой сети не должна быть меньше 0,25 м/с и более 0,5 м/с. После замыкания сеть поднимают с большей скоростью, несколько снижая ее перед поверхностью, чтобы сеть плавно вынуть из воды.

Существуют сети разных размеров (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Размеры количественных сетей Джеди, см

Характеристика	Модель		
	малая	средняя	большая
Диаметр входного отверстия (верхнего кольца)	12	25	36
Длина образующей боковой поверхности надставного конуса	40	80	120
Длина образующей боковой поверхности сетяного конуса	47—50	100	130
Диаметр большого кольца	17—22	35	50
Диаметр стаканчика	3	6	10

Раскрой шелкового конуса производится по выкройке, приведенной на рис. 5.2. Обратный верхний конус кроится также. Описание стаканчика дано на стр. 63.

Для установления видового состава зоопланктона производится тотальный лов ото дна до поверхности. Иногда в зависимости от целей исследования возможен отбор так называемых интегральных проб: пробы отбираются, как обычно, по горизонтам, а затем сливаются в одну склянку.

Сетяной метод сбора зоопланктона, как указывалось выше, является комбинацией водозачерпывания и одновременного отделения планктона в самой воде.

Другим вариантом являются методы, представляющие комбинацию раздельного водозачерпывания и последующего отделения планктона от воды. Этот способ применим на малых и средних реках, а также в прибрежной зоне любых водоемов и прежде всего в зарослях высшей водной растительности. Принцип метода заключается в следующем: сосудом определенной вместимости (лит-

ровая кружка, полиэтиленовое 5-литровое ведро) берется определенный объем воды (50—100 л) и выливается в планктонную качественную сеть Апштейна (газ № 64—77), через которую происходит фильтрация воды. Планктон концентрируется в стаканчике. Зачерпывание следует производить быстро и в то же время по возможности без пузырьков воздуха не допуская перемешивания воды. Зачерпыванием вручную отбирается проба лишь с поверхности. Для взятия пробы с глубины удобны любого рода батометры, применяемые для отбора гидрохимических проб, например батометр Рутнера. Объем воды (от 50 до 100 л) с помощью батометра определенного объема (1, 2, 3 л) с нужного горизонта фильтруется через качественную сеть Апштейна.

Кроме указанного выше метода, существует отстойный метод, который обычно применяется для выявления видового состава и количественного распределения мелких коловраток. Вода с поверхности или с определенного горизонта, взятая кружкой, ведром, батометром, выливается в сосуд определенного объема, фиксируется и отстаивается 7—10 сут. По истечении указанного времени вода над осадком выливается с помощью сифона (резиновой трубки, затянутой снизу мельничным газом № 77). Осадок обрабатывается под микроскопом.

Отобранные различными способами пробы переливаются из стаканчика в обычные стеклянные банки, бутылки, хлорвиниловые банки (объем 100, 150, 200, 300 см<sup>3</sup> в зависимости от размера стаканчика). Банки тщательно закрываются завинчивающимися крышками с резиновыми прокладками, бутылки — качественными резиновыми и хлорвиниловыми пробками.

### 5.1.2. Консервация и этикетирование планктонных проб

Каждая проба зоопланктона, если она не обрабатывается в живом состоянии, должна быть сразу зафиксирована.

Фиксируют зоопланктонную пробу обычно 40%-ным формалином. Формалин приливают в пробу с таким расчетом, чтобы получился его 4%-ный раствор (1 часть формалина на 9 частей воды). Хорошо зафиксированная проба должна иметь устойчивый запах формалина. Применяемый формалин не должен иметь осадка. Кроме того, рекомендуется фиксировать пробы нейтральным формалином, так как в пробах, обладающих кислой реакцией, происходит растворение оболочек у некоторых нежных организмов. Для нейтрализации формалина готовят насыщенный раствор бикарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ), который затем при постоянном перемешивании добавляют в 40%-ный формалин до появления нейтральной реакции (устанавливают лакмусовой бумажкой). Если нельзя обеспечить хранение проб в теплом месте (зимний период, полярные условия), то пробы зоопланктона фиксируют спиртом. С этой целью объем воды в пробе доводится до возможного минимума и в банку наливается 96-градусный этило-

вый спирт с таким расчетом, чтобы его концентрацию довести до 70°.

Пробки банок с зафиксированным планктоном и этикетками заливают парафином или смесью воска и парафина. Банки хранятся в порядке сборов и записей в защищенном от прямого света помещении.

При транспортировке, пересылке проб рекомендуется банки заполнять 4%-ным раствором формалина доверху, что в значительной мере сохраняет в целости хрупкие части тела ракообразных. Зимой сборы, зафиксированные формалином, пересылать не следует.

Каждая проба зоопланктона должна быть тщательно этикетирована и записана в специальный журнал или полевой дневник (см. приложение 11).

Этикетка пишется на пергаментной бумаге твердым карандашом или тушью. Этикетка вкладывается под прокладку крышки. Иногда проба снабжается второй этикеткой, которая опускается внутрь сосуда. На пробке банки или на стенке последней ставится номер пробы. Номер на пробе соответствует номеру, записанному в полевом дневнике.

### 5.1.3. Место и периодичность отбора проб

Сборы зоопланктона с целью контроля качества вод осуществляются в местах постоянных гидробиологических наблюдений и обычно приурочены к стандартным гидрохимическим створам. Выбор станций наблюдения на водном объекте, т. е. пунктов отбора проб, зависит прежде всего от местоположения источников загрязнения (промышленные предприятия, бытовые стоки, сельскохозяйственные угодья). Необходимо установить биологический фон данного водного объекта, для чего следует выбрать ряд станций в незагрязненных участках, например выше источника загрязнения или по возможности вне сферы влияния сточных вод. Остальные станции следует выбрать непосредственно в зоне влияния сточных вод на разной удаленности от источника загрязнения.

При изучении загрязнения больших озер сетка станций предпочтительнее, чем обычные стандартные разрезы. На малых озерах следует особое внимание обратить на зону зарослей. В реках пробы отбираются по створам. Первый створ ниже поступления сточных вод должен быть расположен не ближе 50 м источника загрязнения на малых и 200 м на больших реках.

Наблюдениями следует охватить все биологические сезоны. Поскольку видовой состав и уровень количественного развития зоопланктона испытывают значительные сезонные колебания, при изучении влияния загрязнения на основании анализа зоопланктонного сообщества желательно производить отбор проб один раз в зимний, весенний и осенний периоды и три раза в летний.

## 5.2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЗООПЛАНКТОНА

### 5.2.1. Качественная обработка проб

Задача качественной обработки зоопланктона сводится к точному определению видовой принадлежности входящих в его состав организмов. При этом рекомендуется отбирать и качественные пробы-дублиеры, которые не фиксируют. Живые пробы обрабатываются по возможности немедленно после сбора. Если время не позволяет сделать это, то пробы сохраняются до обработки в прохладном месте, защищенном от солнца, причем банки, где содержатся пробы, плотно не закрываются.

Непосредственно перед обработкой нефиксированной пробы ее следует сконцентрировать путем, например, центрифугирования или удаления большей части воды с помощью сифона. Далее чистой пипеткой берется капля осадка, которая переносится на предметное стекло и просматривается вначале под бинокуляром, а затем под микроскопом. При этом недопустимо путать так называемые «живые» и «формалиновые» пипетки. При микроскопировании рекомендуется пользоваться покровным стеклом, так как накрывание им капли с планктоном отчасти замедляет движение некоторых планктеров. В живом состоянии определяются главным образом мелкие формы беспанцирных коловраток (*Synchaeta*, *Floscularia*). Поэтому покровное стекло не требуется снабжать восковыми или пластилиновыми ножками. Последнее необходимо лишь для крупных зоопланктеров (например, ракообразных, в особенности *Copepoda*). Для замедления движения животных под покровное стекло помещают каплю наркотизирующего вещества — раствора хлоралгидрата, кокаина, хлороформа и т. п. Приостановку движения планктеров можно достигнуть также очень осторожным нагреванием препарата до 35—40 °С, прибавлением вишневого клея или другого вязкого вещества.

Виды, не требующие определения в живом состоянии, исследуются из фиксированных качественных проб. Из осадка сконцентрированных проб пипеткой планктон переносится на предметное стекло и обрабатывается. При обработке фиксированного материала готовят препараты в капле воды, в водном глицерине-формалине (1 часть глицерина на 1 часть формалина). Чтобы воспрепятствовать подсыханию среды, препарат по краю покровного стекла окружают лаком (удобен обычный лак для ногтей). Для сохранения препарата на длительное время материал заключают в твердую среду: глицерин-желатин, канадский бальзам.

Определение организмов зоопланктона пресных вод производится до вида по определителям (см. Список литературы).

При обработке качественных проб иногда допустимо производить учет относительной численности и частоты встречаемости тех или других форм. Для этого пользуются шкалами, которые цифрами или словесными обозначениями дают представление о порядке величин. По шкале Вислоуха [5], например, массовое

нахождение организма обозначается значком  $\infty$  (бесконечность), очень частое — цифрой 5, частое — цифрой 4, нередкое — цифрой 3, редкое — цифрой 2 и очень редкое — цифрой 1.

### 5.2.2. Количественная обработка проб

Далее следует количественная обработка проб, которая заключается в подсчете количества организмов каждого вида по возможности по возрастным стадиям или размерным группам. Счетный метод довольно трудоемкий, но в то же время пока еще самый точный [12]. При других методах (объемный, весовой, химический и т. д.) получаемые оценки несут суммарный характер. Значение самих организмов, отдельных видов как индикаторов различных свойств воды при этих методах совершенно не оценивается. Эта цель достигается лишь при счетном методе. При относительно «бедных» планктоном водах организмы зоопланктона подсчитываются целиком во всей пробе. Удобно использовать для этого камеру Богорова или кристаллизатор Цееба. Камера Богорова имеет вид стеклянной пластинки с желобом или с сообщающимися канавками, разделенными призматическими перегородками (см. рис. 4.4 главы 4). Кристаллизатор Цееба представляет прямоугольную ванночку с бортиками. Дно ванночки с нижней стороны разграфлено параллельными линиями на полоски. Каждая полоска умещается в поле зрения бинокля с увеличением  $4 \times 8$ . Однако в большинстве случаев приходится иметь дело с большим количеством организмов. Поэтому подсчет всех организмов в исследуемой пробе технически невозможен. Следует ограничиться подсчетом небольшой порции планктона с последующим пересчетом на всю пробу. Пробу доводят до определенного объема (25, 50, 100 см<sup>3</sup>) в зависимости от обилия планктона. Чем чаще встречается организм в данной пробе, тем больше разбавление нужно применять для его подсчета. Напротив, немногочисленные организмы требуют приведения пробы к небольшому объему. Таким образом, в зависимости от частоты подсчитываемого организма пробу следует разбавлять или концентрировать. И. А. Киселев [9] предложил разбавлять пробу в том случае, если количество просчитываемых организмов в порции более 1000, или сгущать ее, если количество организмов в порции менее 100. Проба зоопланктона выливается в мерный цилиндр. Если ее объем меньше нужного для подсчета, то пробу доливают чистой профильтрованной (лучше дистиллированной) водой. Если, напротив, требуется меньший объем, чем данная проба, то последнюю концентрируют. Производится это следующим образом. Пробу отстаивают до тех пор, пока практически весь планктон не осядет на дне сосуда, в течение 15—20 мин. Затем осторожно, чтобы не взмутить осадка, оттягивают с помощью резиновой груши излишек воды сифоном в виде стеклянной изогнутой трубки, входное отверстие которой (опущенное в пробу) затягивается частым газом (№ 70—77). Приставшие к газу организмы смы-

ваются дистиллированной водой с помощью пипетки. Приведенная к известному объему проба, выливается в круглодонную колбу и равномерно взбалтывается. С помощью штемпель-пипеток разных объемов (от 0,1 до 5 мл), не дав осесть организмам на дно, отбирают порцию пробы. Часть пробы, взятую штемпель-пипеткой, выливают в камеру Богорова и в ней просчитывают число организмов каждого вида. Эта операция проводится дважды, после чего всю пробу просматривают под биноклем в кристаллизаторе Цеба для определения и подсчета редких и крупных видов. В случае отсутствия штемпель-пипетки пользуются обычной градуированной пипеткой на 10 см<sup>3</sup> с достаточно широким диаметром (желательно 10 мм), предварительно отрезав нижнюю оттянутую ее часть. Число организмов в порциях пересчитывается на весь объем пробы и записывается в специальную карточку (см. приложение 12). От определения количества организмов в пробе переходят к определению численности (количество организмов в 1 м<sup>3</sup>) зоопланктона. Если проба отобрана путем процеживания объема воды через сеть Апштейна, то расчет производится следующим образом:

$$x = \frac{n \cdot 1000}{v},$$

где  $x$  — количество организмов в 1 м<sup>3</sup> воды, экз./м<sup>3</sup>;  $n$  — количество организмов в пробе, экз.;  $v$  — объем воды, процеженной через сеть, л.

Если отбор проб произведен количественной сетью Джеди, то прежде всего рассчитывают коэффициент планктонной сети (или множитель перевода на 1 м<sup>3</sup>) исходя из радиуса ее входного отверстия. Коэффициент сети рассчитывается следующим образом:

$$k = \frac{1\,000\,000}{sh},$$

где  $s$  — площадь входного отверстия сети, см<sup>2</sup>;  $h$  — горизонт, слой облова, см.

Вычислив коэффициент сети при горизонте облова 0—1 м, находим коэффициенты при горизонтах 0—2, 2—5, 5—10 м и т. д. простым делением значения  $k$  при горизонте облова 1 м соответственно на 2, 3, и 5.

*Пример расчета коэффициента сети  $k$  при диаметре  $d$  входного отверстия сети, равном 18 см. Радиус входного отверстия  $r=9$  см. Слой облова 0—100 см. Площадь  $s$  входного отверстия сети составляет  $\pi r^2 = 3,14 \times 81 = 254,34$  см<sup>2</sup>. Отсюда*

$$k = \frac{1\,000\,000}{254,34 \times 100} = 39,32.$$

При слое облова 0—2 м  $k = 19,66$ .

Численность организмов  $N$  находится умножением количества организмов в пробе  $n$  на коэффициент сети  $k$ .



Следующим этапом количественной обработки проб зоопланктона является получение данных по биомассе. Биомасса зоопланктона определяется умножением индивидуальной массы (веса) каждого организма на его численность. Данные по индивидуальным массам зоопланктеров приведены в работах [2, 10, 13, 16, 20, 21]. Однако следует учитывать, что длина и масса зоопланктеров одного и того же вида может значительно изменяться в разных водоемах, различных климатических зонах, а также в зависимости от сезона. Поэтому желательно для каждого крупного водоема или по крайней мере для каждой географической области рассчитать свои массы для зоопланктонных организмов. Метод определения массы организмов путем непосредственного взвешивания очень трудоемок. Поэтому уже достаточно продолжительное время широко используется способ, основанный на расчетах, учитывающих соотношение между массой и длиной тела особи [20, 17, 2 и др.]. Однако многочисленные данные, опубликованные в литературе, часто плохо согласуются между собой. Это объясняется недостаточностью материала и другими погрешностями методики. Е. В. Балушкина и Г. Г. Винберг [3, 4] сопоставили и критически оценили все содержащиеся в литературе уравнения и материалы, позволяющие по измерениям длины тела находить массу планктонных животных. В результате было предложено в качестве общего способа выражения зависимости между длиной и массой тела особи степенное уравнение

$$w = gl^b,$$

где  $l$  — длина тела организма, мм;  $w$  — масса тела, мг;  $g$  — масса тела, мг сырой массы при длине тела равной 1 мм;  $b$  — показатель степени.

Параметры уравнений зависимости массы тела  $w$  от его длины  $l$  у планктонных животных представлены в литературе [3, 4]. Промеры организмов осуществляются под биноклем по возрастным стадиям: взрослые формы, молодь, яйценосные самки. Измеряются не менее 30 экземпляров каждого вида определенной стадии.

### 5.3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА

Сообщество зоопланктонных организмов служит характеристикой состояния среды. Отдельные виды этих организмов используются при индикации качества воды. Прежде всего к индикаторам загрязнения следует отнести коловраток и простейших. Многие из них приурочены к водам определенной степени загрязнения. Что касается группы ракообразных, то их довольно крупные размеры, значительная легкость при отборе проб и последующей обработке создают ряд преимуществ в использовании этих организмов в качестве непосредственных индикаторов загрязнения. Однако следует отметить, что большинство ракообраз-

ных приурочено не столько к разной степени загрязнения, сколько к трофическому типу водоемов.

Задачей первостепенной важности является уточнение списков видов-индикаторов зоопланктона для каждого региона Советского Союза.

С помощью зоопланктеров, в частности веслоногих ракообразных, возможно определение последствий разового или прерывистого загрязнения. Ввиду того что для этих организмов характерен растянутый жизненный цикл, их присутствие в водоеме характеризует более продолжительный отрезок времени. Этим самым биологический метод оценки качества воды выгодно отличается от химического и бактериологического методов, результаты анализов воды которых относятся лишь только к моменту взятия пробы [14, 15].

Оценка качества воды или степень загрязнения вод по гидробиологическим показателям производится двумя путями:

1) по результатам сравнения населения на участках загрязненных с участками контрольными, т. е. с теми, где загрязнение отсутствует;

2) по индикаторным организмам.

Оба этих подхода используются при оценке качества воды по зоопланктонным организмам. Первый метод требует от исследователя четкости в выборе участков обследования. Необходимо, чтобы сопоставляемые участки водоема были достаточно сравнимыми (одинаковые биотопы, гидробиологический и гидрохимический режим, скорость течения и т. д.).

В первом случае оценка качества воды производится на основании анализа материала по качественному и количественному развитию зоопланктона. Учитывается численность, биомасса зоопланктеров, общее число видов, число видов в основных группах (ротатории, кладоцеры, копеподы), соотношение основных групп по численности, массовые виды и их процент общей численности. Принимается во внимание наличие того или иного вида или группы зоопланктона и в то же время, и даже в большей степени, отсутствие вида или группы. Учитывается изменение в структуре зоопланктонного сообщества, нарушение в соотношении между основными группами.

Сравнение исследованных участков водоема можно производить по показателям, предложенным М. Б. Ивановой [7]:

1) отношение числа видов кладоцер к числу видов копепод;

2) соотношение численностей (средних по всем пробам) этих групп.

Отношение более 1 свидетельствует о слабом загрязнении вод.

Наиболее разработанной системой оценки степени загрязнения вод по индикаторным организмам является система сапробности Кольквитца — Марссона [22, 23]. Существует ряд методов представления результатов биологического анализа, позволяющих оценить среднюю сапробность биоценоза. Одним из методов наиболее удобным при анализе зоопланктонного сообщества, является

метод Пантле и Букка [24, 25]. Целью метода является обеспечение возможности сравнения результатов исследования состояния водоемов различных районов. Количественная оценка гидробионтов по методу Пантле и Букка учитывает относительную частоту встречаемости организмов  $h$  и отношение отдельных видов к пяти

Пример расчета индекса сапробности по методу Пантле и Букка.

Вид	Сапробность	$s$	$h$	$sh$
<i>Keratella cochlearis</i>	$\beta-o$	1,55	1	1,55
<i>Keratella quadrata</i>	$o-\beta$	1,55	1	1,55
<i>Lecane lunaris</i>	$o-\beta$	1,35	5	6,75
<i>Brachionus calyciflorus</i>	$\beta-\alpha$	2,50	2	5,00
<i>Synchaeta pectinata</i>	$\beta-o$	1,65	2	3,30
<i>Asplanchna priodonta</i>	$o-\beta$	1,55	1	1,55
<i>Daphnia longispina</i>	$\beta$	2,00	7	14,00
<i>Chydorus sphaericus</i>	$\beta$	1,75	2	3,50
<i>Bosmina longirostris similis</i>	$o-\beta$	1,55	3	4,65
<i>Cyclops strenuus</i>	$\beta-\alpha$	2,25	2	4,50
<i>Cyclops furcifer</i>	$o$	1,20	2	2,40
			$\Sigma h=28$	$\Sigma sh=48,75$

$$S = \frac{\Sigma (sh)}{\Sigma h} = \frac{48,75}{28} = 1,74.$$

известным степеням системы сапробности  $s$ . Обе эти величины входят в формулу для вычисления индекса сапробности

$$S = \frac{\Sigma (sh)}{\Sigma h}.$$

Величина  $h$  находится из шестиступенчатой шкалы значений частоты и определяет относительное количество видов (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов

Частота	Количество экземпляров одного вида, % общего количества экземпляров	$h$
Очень редко	<1	1
Редко	2-3	2
Нередко	4-10	3
Часто	10-20	5
Очень часто	20-40	7
Масса	40-100	9

Индекс сапробности в олигосапробной зоне равен 0,50—1,50 (чистые воды), в  $\beta$ -мезосапробной зоне — 1,51—2,50 (воды уме-

ренного загрязнения),  $\alpha$ -мезосапробной зоне — 2,51 — 3,50 (тяжело загрязненные), полисапробной зоне 3,51—4,50 (очень тяжело загрязненные).

По методу Пантле и Букка предполагается, что каждый индикаторный вид встречается лишь в одной зоне загрязнения, что не соответствует действительности. Сладечек [27] предложил модификацию этого метода, изменив значение индексов сапробности индикаторных видов, предложенных Пантле и Букком. Эти значения индекса сохраняются у тех видов, которые встречаются в одной зоне загрязнения. Если вид встречается в двух или большем числе зон, значение индекса изменяется на десятые, а иногда на сотые доли единицы.

Значение индексов сапробности животных и растений S опубликованы в книге Сладечека [27], а также в книге [19].

Метод Пантле и Букка в модификации Сладечека более универсален и прост, чем система Зелинки и Марвана [28] и Ротштайна [26], требующие громоздких расчетов. При использовании метода Пантле и Букка следует иметь в виду, что индикаторное значение видов может быть разным в различных климатических зонах.

Все необходимые характеристики для оценки качества вод по зоопланктонному сообществу заложены в форме отчетности «Зоопланктон» (см. приложение 13).

В графе 4 этой отчетности уточняется горизонт вертикального лова зоопланктона (0,5—2, 2—5, 5—10 м и т. д.). На мелководьях отмечается максимальная глубина отбора интегральной пробы. Глубина пробы, взятой сосудом с поверхности водоема, обозначается 0,5 м.

Следующие графы (5—11) характеризуют видовой состав и количественное развитие зоопланктона. Количественная оценка зоопланктонных организмов достигается с помощью определения их численности и биомассы. Показатель «биомасса» крайне важен, так как он дает представление о доле массы каждой группы в зоопланктоценозе. Кроме того, биомасса является одним из основных показателей при определении продукции и далее энергетического баланса сообщества зоопланктона.

Определение зоопланктеров производится обязательно до вида. Среди простейших, коловраток и ракообразных существуют виды-индикаторы на различного рода загрязнители, а также виды-показатели сапробности.

В графе 11 визуально отмечаются организмы, сопутствующие основным группам зоопланктона.

В графе 12 перечисляются массовые виды зоопланктона и виды-индикаторы, на основе чего определяется индекс сапробности створа или участка водного объекта по показателю зоопланктона по методу Пантле и Букка (графа 13). Заключение об уровне загрязнения воды на створе по шестибальной шкале (табл. 5.5) записывается в графу 14.

Таблица 5.5

## Шкала оценки качества вод

Класс вод	Воды	Индекс сапробности по Пантиле и Букку
I	Очень чистые	$< 1,00$
II	Чистые	$1,0-1,50$
III	Умеренно (слабо загрязненные)	$1,51-2,50$
IV	Загрязненные	$2,51-3,50$
V	Грязные	$3,51-4,00$
VI	Очень грязные	$> 4,00$

## СПИСОК ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Микроскоп МБС-1.
2. Микроскоп МБР или МБИ-3.
3. Количественная сеть Джеди.
4. Качественная сеть Апштейна.
5. Батометр Рутнера или бутылочный батометр.
6. Ведро полиэтиленовое объемом 5 л.
7. Кружка (алюминиевая, полихлорвиниловая) объемом 1 л.
8. Камера Богорова.
9. Кристаллизатор Цееба.
10. Чашки Петри.
11. Часовые стаканы.
12. Мерные стаканы, цилиндры объемом 100, 200 и 300 см<sup>3</sup>.
13. Химические стаканы.
14. Круглодонная колба объемом 100 см<sup>3</sup>.
15. Трубки стеклянные диаметр (0,3 и 0,5 см).
16. Пипетки мерные на 25 см<sup>3</sup>.
17. Штемпель-пипетка или пипетка стеклянная на 10 см<sup>3</sup> диаметром 1 см.
18. Пеницилиновые пузырьки, пузырьки на 50 см<sup>3</sup>.
19. Стеклянные или полихлорвиниловые бутылки, банки объемом 100, 200, 300 см<sup>3</sup>.
20. Пипетки глазные.
21. Предметные стекла.
22. Покровные стекла.
23. Иглы препаровальные, энтомологические
24. Груши резиновые.
25. Резиновый шланг диаметром 0,5—1 см.
26. Скальпель.
27. Спиртовка.
28. Капельницы.
29. Зажимы Мора.
30. Фал капроновый (диаметр 0,5—1 см).
31. Газ или мельничное сито (№ 38, 58, 64, 73, 77).
32. Формалин 40%-ный.
33. Бикарбонат натрия NaHCO<sub>3</sub> (питьевая сода).

34. Лакмусовая бумага.
35. Спирт.
36. Глицерин.
37. Парафин.
38. Фильтровальная бумага.
39. Вата, марля.
40. Лейкопластырь.
41. Пергамент.
42. Блокноты.
43. Карандаши.
44. Полевой дневник, рабочий журнал.
45. Ящик для транспортировки проб (утепленный для зимнего периода).
46. Термометр глубоководный и поверхностный.
47. Белый диск.

## **Глава 6. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА**

Микроскопические организмы, свободно парящие в толще воды и осуществляющие фотосинтез, объединяются термином фитопланктон. Фитопланктон является одним из важнейших элементов водных экосистем, участвующих в формировании качества вод.

Ассоциации реофильного планктона представлены главным образом диатомовыми и зелеными протококковыми водорослями. В составе лимнофильных комплексов наиболее массовыми, вызывающими «цветение» водоемов, являются цианобактерии.

Индикаторные свойства фитопланктона определяются не только фактом нахождения или отсутствия определенных видов, но и степенью их количественного развития. Поэтому изучение таких статических характеристик, как видовой состав, численность, биомасса, распределение водорослей в водоеме имеет большое практическое значение. В формировании природных фитопланктонных сообществ участвуют многие факторы, и число изучаемых и измеряемых параметров может быть велико. Поэтому наряду с чисто феноменологическими приемами описания существуют формальные приемы изучения структуры сообществ. Одним из таких приемов, используемых для оценки качества воды, являются методы сапробных индикаторов.

### **6.1. ВЫБОР СТАНЦИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГОРИЗОНТЫ ОТБОРА ПРОБ**

Станции контроля за состоянием растительного планктона должны быть по возможности приурочены к станциям проведения гидрохимического контроля, поскольку комплекс гидрохимиче-

ских показателей характеризует: а) условия существования гидробионтов, б) степень загрязнения водоема по основным типам загрязнителей. Местоположение станций, т. е. пунктов отбора проб абиотической и биотической компоненты экосистемы, должно быть обосновано интересами контроля за санитарно-эпидемиологическим состоянием водоема, а также расположением загрязняющих предприятий на его водосборной площади с тем, чтобы можно было выделить участки контроля «до» и «после» входа регистрируемых загрязнителей.

При работе на водохранилищах, озерах, глубоководных прудах отбор проб проводят по специально разработанной гидрологической сетке. На каждой станции отбирают батометром серию проб с пропуском по глубине в 1 м до глубины утроенной прозрачности, измеренной по белому диску. При прозрачности 3 м пробы отбираются до глубины 10 м, при прозрачности 5 м — до 15 м и т. д. Все отобранные на станции пробы сливают в один сосуд (чистое эмалированное ведро), тщательно перемешивают и в зависимости от степени развития фитопланктона заполняют пол-литровые или литровые бутылки и консервируют. На мелководных водоемах производят тотальный отбор проб от поверхности до дна. Поскольку в реках вертикальное распределение фитопланктона относительно равномерное, отбор проб в них обычно производят с горизонта 0,2—1 м батометром или простым зачерпыванием определенного объема воды (в случае бедных фитопланктоном вод — 1 л, богатых — 0,5 л и менее).

## 6.2. МЕТОДЫ ОТБОРА И ОРУДИЯ ЛОВА

Наиболее надежным методом отбора проб фитопланктона считается батометрический метод. Пробы, отобранные батометром, используют как для количественного учета фитопланктона, так и для качественной характеристики пробы. Системы батометров весьма разнообразны. Описания почти всех существующих конструкций батометров приведены в монографии И. А. Киселева [7].

В системе Госкомгидромета для отбора проб воды на гидрохимический анализ обычно используют батометры типа Рутнера, которые вполне могут быть пригодны для отбора фитопланктонных проб.

Для наиболее полного выявления флористического состава фитопланктона используют пробы, отобранные планктонной сетью (см. рис. 5.3 в главе 5).

Наиболее просты и удобны в изготовлении планктонные сетки конической формы. Для их изготовления лучше использовать самое мелкое (не ниже № 70) мельничное сито из шелковой или капроновой нити.

Перед шитьем плотный материал (парусина, брезент) и шелковое сито следует намочить, высушить и прогладить. Все веревки намочить и высушить в натянутом виде. Сетной конус и

плотную надставку раскраивают в соответствии с диаметром обручей.

При приготовлении выкройки сетного конуса прибавляют 1 см сверху и 1 см по длинной стороне на швы. В нижней части конуса добавляют 3 см для обшивки этого излишка полоской плотной материи во избежание перетиранья газа об острый край стаканчика (см. рис. 5.1, 5.2 в главе 5).

Конус из шелкового сита прикрепляют к металлическому кольцу при помощи узкой полоски (не более 10 см шириной) плотной ткани, ширина которой вместе с образующей сетного конуса должна равняться общей длине образующей боковой поверхности усеченного конуса. Нижний конец конуса, обшитый плотной материей прикрепляют к стаканчику с помощью плоского латунного кольца, снабженного зажимным винтом. Если стаканчик имеет краевое утолщение, то нижний конец конуса привязывают к стаканчику с помощью нескольких оборотов капроновой веревки.

К металлическим кольцам (верхнему и нижнему) на равных расстояниях друг от друга прикрепляют три фала, свободные концы которых связывают петлей над входным отверстием сетки. Стропы фиксируются за счет манжет из плотного материала, охватывающих кольца. В манжетах делают три отверстия. После прикрепления строп к кольцам необходимо подогнать стакан к стропам так, чтобы при подвешивании груза фильтрующий конус имел небольшую слабину (провис). Если слабина окажется слишком большой, то при опускании сети конус будет вывертываться вовнутрь и резко увеличившееся сопротивление воды может оторвать конус от стакана. Чтобы избежать перекручивания фильтрующего конуса, необходимо проушины стаканчика и места креплений строп к кольцам совместить по одной прямой. После подгонки проушины прочно прикрепляют к фалу бечевкой. Нижние концы строп связывают петлей, к которой подвешивают груз [7].

Для планктонных сеток рекомендуется использовать стаканчики с краном, положение рукоятки которого в закрытом состоянии должно быть продольное, чтобы избежать открывания во время лова.

На мелководьях обычно применяется буксирование за лодкой, а на глубоких местах лучше проводить тотальный лов ото дна в поверхности. Сеть после каждого применения должна тщательно промываться и просушиваться.

### 6.3. МЕТОДЫ СГУЩЕНИЯ И КОНСЕРВАЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА

В практике гидробиологических исследований наиболее распространенными методами концентрирования фитопланктона являются седиментация и фильтрация через мелкопористые мембранные фильтры.

Сущность седиментационного метода заключается в том, что пробой воды, предназначенной для сгущения, заполняют пол-лит-



ровые бутылки или бутылки объемом в 1 литр (в зависимости от степени развития фитопланктона) и консервируют приведенным ниже фиксатором. Через 3—4 дня после отстаивания в темноте воду над осевшими водорослями можно осторожно отсосать сифоном, оставив приблизительно 100 см<sup>3</sup> пробы. За 2—3 дня до количественной обработки пробы разливаются по мерным цилиндрам и после отстаивания в темноте их объем доводится до 5—10 см<sup>3</sup>. Затем они переносятся без потерь в склянки из-под пенициллина и дополнительно консервируются одной-двумя каплями 40%-ного формалина [12].

При проведении гидробиологических работ в системе Госкомгидромета рекомендуется концентрировать пробы фитопланктона методом мембранной фильтрации. Основными достоинствами этого метода являются, прежде всего быстрота концентрирования, портативность и в связи с этим возможность использования в экспедиционных условиях, а также просматривать живой материал.

Способы фильтрации неоднократно приводились в литературе [5, 7, 11]. Мы же здесь остановимся на наиболее рационализированных методических приемах, предложенных Г. В. Кузьминым [12].

Фильтрация воды осуществляется под вакуумом в специальной воронке, укрепленной на колбе Бунзена, которая соединяется с насосом Камовского.

Отечественная промышленность выпускает мембранные фильтры шести номеров, из которых для сгущения фитопланктона пригодны два: № 5 и 6 с диаметром пор 1, 2 и 2—5 мкм соответственно. Для облегчения фильтрации необходимо из пор удалить имеющийся в них воздух. Для этого фильтры кипятят в дистиллированной воде в течение 20—30 мин. При этом вода должна нагреваться медленно, а кипячение должно быть спокойным.

В настоящее время в нашей стране получили распространение чешские фильтры марки «Сынпор-2» с диаметром пор 1,2 мкм. Они как нельзя лучше удовлетворяют целям количественного учета фитопланктона, так как имеют гладкую поверхность, с которой хорошо счищается осадок, а скорость фильтрации не меньше, чем у отечественных фильтров № 6.

Предназначенная для сгущения проба объемом 0,5 или 1,0 л не менее чем за 30 мин до фильтрации консервируется 5—10 каплями формалина или, что лучше, раствором Люголя или следующим фиксатором, состоящим из двух растворов, до слабо-желтого цвета:

#### Раствор I

KI . . . . . 10 г  
H<sub>2</sub>O . . . . . 50 см<sup>3</sup>  
I . . . . . 5 г

#### Раствор II

Хромовая кислота 1 %-ная . . . . . 5 см<sup>3</sup>  
Ледяная уксусная кислота . . . . . 10 см<sup>3</sup>  
Формалин 40 %-ный . . . . . 80 см<sup>3</sup>

Оба раствора сливаются и хранятся в темной склянке. Предварительная консервация объектов ведет к их меньшей деформации при фильтрации. Вставленный в воронку фильтр смачивается не-

сколькими каплями дистиллированной воды. Проба тщательно встряхивается и фильтруется через фильтр № 6. Фильтрация должна вестись медленно и при минимальном разрежении. Ее прекращают в тот момент, когда воды над осадком уже нет, но поверхность его еще влажная. Ни в коем случае нельзя допускать обсыхания фильтров. Фильтры помещают в склянки из-под пенициллина, куда добавляется 5 или 10 см<sup>3</sup> фильтрата. Фильтр осторожно очищают от осадка мягкой (лучше колонковой) кисточкой, и проба консервируется.

Поскольку при фильтрации пробы и особенно при ее консервации происходит неизбежная потеря некоторых нежных форм (особенно гимнодиниевых, охронадовых и др.), необходимо просматривать под микроскопом живой материал. Для этой цели через мембранный фильтр № 5 или «Сынпор-2» при минимальном разрежении профильтровывается 50—100 см<sup>3</sup> пробы. Фильтр с осадком помещается на часовое стекло и заливается 1 см<sup>3</sup> фильтрата. Осадок с фильтра осторожно счищается кисточкой, равномерно перемешивается и вносится в счетную камеру. В камере определяются, измеряются и подсчитываются все нужные формы: все «голые» формы из золотистых, желто-зеленых и пиррофитовых водорослей, все метаболирующие из эвгленовых, представители класса вольвоксовых (исключая сем. *Volvocaceae*) из зеленых. Если определение и подсчет затруднительны из-за обилия подвижных форм, проба консервируется осмиевой кислотой или раствором Люголя. Представители остальных таксономических групп обрабатываются в основной пробе в стационарных условиях.

После обработки живого фитопланктона проба консервируется. Наиболее распространенным консервантом является формалин, но действие его на клетку очень «жесткое», что приводит или к ее деформации, или, что нередко, к полному разрушению «голых» форм. Предлагаемый выше фиксатор не растворяет слизистой оболочки водорослей, сохраняет и оттеняет жгуты и пиреноиды и незначительно деформирует нежные формы. Для консервирования указанным фиксатором к пробе добавляют несколько капель его до цвета темного чая.

#### 6.4. ЭТИКЕТИРОВАНИЕ ПРОБ

Каждая проба снабжается этикеткой, на которой указывают дату отбора пробы, место работы, № станции, орудие лова. Этикетку, как показал опыт работы, лучше всего делать из медицинского лейкопластыря и запись вести мягким черным грифелем или шариковой ручкой. Необходимо также вести журнальную запись проб, куда, помимо перечисленных данных, вносятся сведения о состоянии погоды, данные о температуре и прозрачности воды, скорости течения, визуальной оценке качества воды (наличие на поверхности воды пленок нефти, мусора, плюшек водорослей и пр.).

## 6.5. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ФИТОПЛАНКТОНА

Для видовой идентификации следует пользоваться наиболее широко применяемыми определителями [3, 4, 8—10, 15, 16]. Необходимо отметить, что при проведении гидробиологического контроля за состоянием поверхностных вод суши в системе Госкомгидромета СССР определение качественного состава основной массы организмов фитопланктона нужно проводить до вида. Это необходимо для выявления организмов-индикаторов, развитие которых прежде всего позволяет судить о качестве исследуемых вод.

### 6.5.1. Количественные методы. Методы подсчета водорослей

Для подсчета численности водорослей используют счетные камеры Нажотта, «Учинская», Горяева. Перед счетом пробу тщательно перемешивают и одну каплю вносят в камеру. Очень важно хорошо перемешать пробу, так как этим достигается равномерное распределение водорослей. Это необходимо для уменьшения ошибки выборки, обусловленной тем, что просчитывается не вся проба, а часть ее. Камеру закрывают покровным стеклом и после оседания водорослей на дно проводят определение и подсчет всех встречаемых видов, кроме того, производят замеры необходимых параметров для последующего вычисления объема клеток. За счетную единицу в системе Госкомгидромета принята клетка.

В каждой пробе необходимо определить и просчитать все виды как минимум в трех камерах объемом  $0,9 \text{ мм}^3$  (Горяева) с последующим вычислением среднего арифметического. Каждую камеру следует просматривать при двух различных увеличениях — большим и малом — для учета крупных и мелких форм.

Для статистической достоверности подсчета и установления биомассы доминирующих видов необходимо, чтобы каждый из них был встречен не менее 100 раз [12]. Пересчет общей численности производится по формуле

$$N = \frac{nv_1}{v_2w},$$

где  $N$  — число клеток в  $1 \text{ см}^3$  воды,  $n$  — число клеток в камере объемом  $1 \text{ мм}^3$ ,  $v_1$  — объем концентрата пробы,  $v_2$  — объем камеры,  $w$  — объем профильтрованной воды, если объем профильтрованной воды и концентрата пробы постоянны ( $w = 500 \text{ см}^3$ ,  $v_1 = 5 \text{ см}^3$ ), то формула принимает вид

$$N = n \cdot 10.$$

*Пример.* В камере объемом  $1 \text{ мм}^3$  (к этому объему можно грубо приравнять объем камеры Горяева) было подсчитано 400 клеток. Объем  $v_1 = 5 \text{ см}^3$ ,  $w = 500 \text{ см}^3$ . Подставляя эти значения в формулу, имеем

$$N = \frac{400 \times 5}{0,001 \times 500} = 400 \times 10 = 4000 \text{ кл./мл},$$

или в переводе на литр 4 млн. кл./л.

Как показали исследования [2, 5], для достоверной оценки общей численности фитопланктона плотность его в пробе должна быть не менее 3 тыс. кл./мл. Степень концентраций исходной пробы необходимо устанавливать, принимая во внимание это условие.

### 6.5.2. Методы вычисления биомассы

Вычисление биомассы фитопланктона производится наиболее общепринятым в пресноводной гидробиологии методом суммирования биомасс отдельных популяций, для чего требуется установление средней массы (объема) клеток водорослей, составляющих популяции в пробе.

Определение объема отдельных клеток водорослей обычно осуществляется следующим образом. Каждую из встреченных особей измеряют, используя для этого окуляр-микрометр или специальную сеточку, вставленную в окуляр. Размер стороны квадрата окулярной сеточки находится сопоставлением сторон сеточки с делениями объект-микрометра, одно деление которого равно 10 мкм. Форма клеток приравнивается к близкому геометрическому телу. Поскольку большинство обильных видов водорослей имеет форму шара, цилиндра, эллипсоида или двух конусов, то каждый исследователь может составить себе таблицы объемов этих тел и постоянно пользоваться ими. На основании многочисленных промеров для дальнейшего вычисления биомассы, особенно доминирующих видов, получают средние значения всех необходимых параметров. Найденный для каждой клетки объем (в мкм<sup>3</sup>) умножается на ее численность, и получают значение биомассы в мг/л или г/м<sup>3</sup> с точностью до 0,01. Удельный вес водорослей условно принимается равным единице. Учитывая довольно большую вариабельность размеров клеток водорослей в зависимости от климатических зон, типов водоемов, сезонных факторов, необходимо в каждом конкретном случае проводить замеры клеток водорослей и определять значения биомассы для исследуемого материала.

В литературе существуют таблицы клеточных объемов для пресноводного планктона [13, 14, 17], однако ими можно пользоваться как ориентировочными для сравнения с результатами собственных исследований.

### 6.6. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПАНТЛЕ И БУККА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

Одним из методов оценки качества воды, рекомендуемым в системе Госкомгидромета, является метод индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладечека [19, 20] см. *Пример*). Этот метод дает возможность представить результаты биологического анализа численными значениями и обеспечивает тем самым возможность сравнения состояния водоемов различных районов.

Индекс сапробности вычисляется по формуле

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h},$$

где  $s$  — индикаторная значимость каждого вида (определяется по спискам сапробных организмов, данных в приложении 1 к работе [18],  $h$  — величина, которая находится из шестиступенчатой шкалы значений частоты и определяет относительное количество видов (см. табл. 5.4 главы 5).

Перевод ценных данных абсолютной численности в частоту встречаемости  $h$  обусловлен трудоемкостью вычислений. В тех же случаях, когда работа с большими числами не представляет затруднений (наличие калькуляторов) следует использовать данные абсолютной численности фитопланктона.

Таким образом, для определения индекса сапробности необходимо знать значение индикаторной значимости каждого встреченного в пробе вида фитопланктона и его количественное развитие в данной пробе. Индекс сапробности вычисляют с точностью до 0,01. Для ксеносапробной зоны он находится в пределах 0—0,50, олигосапробной — 0,51—1,50,  $\beta$ -мезосапробной — 1,51—2,50,  $\alpha$ -мезосапробной — 2,51—3,50, полисапробной — 3,51—4,00.

Пример расчета индекса сапробности по Пантле и Букку.

Название вида	Сапробность	$s$	$h$	$sh$
<i>Navicula radiosa</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,6	2	3,2
<i>Nitzschia linearis</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,5	2	3,0
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	$\beta$	2,0	2	4,0
<i>Pinnularia viridis</i>	$\beta$	2,1	1	2,1
<i>Stephanodiscus astraea</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,4	3	4,2
<i>St. dubius</i>	$\beta$	1,9	3	5,7
<i>St. hantzschii</i>	$\alpha$	2,7	5	13,5
<i>Synedra acus</i>	$\beta$	1,85	2	3,7
<i>Ceratium hirundinella</i>	$\alpha$	1,15	1	1,15
<i>Trachelomonas volvocina</i>	$\beta$	2,0	5	10,0
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	$\alpha$ - $\beta$	1,75	3	5,25
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	$\beta$	2,15	7	15,05
<i>Oocystis lacustris</i>	$\beta$ - $\alpha$	1,6	7	11,2
<i>Pediastrum duplex</i>	$\beta$	1,7	3	5,1
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	$\beta$	2,0	7	14,0
			53	90,45

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h} = \frac{90,45}{53} = 1,76.$$

## 6.7. ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБ УРОВНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Форма отчетности по фитопланктону включает 14 граф. В первых графах (1—3) дается характеристика створа и условий отбора пробы. В последующих графах (4—11) приводятся результаты обработки фитопланктонных проб с указанием общей чис-

ленности и биомассы, общего числа видов, численности водорослей основных систематических групп (диатомовых, сине-зеленых, зеленых и т. д.), числа видов в каждой из этих групп и биомассы.

На основании сведений о количественном развитии видового состава фитопланктона имеется возможность выявления массовых и индикаторных форм (графа 12). Определение до вида необходимо также для выявления связи между изменениями в структуре фитопланктонного сообщества и степенью загрязнения водоема [1]. Изменения структуры фитопланктона выражаются в нарушении соотношения в составе фитопланктона вплоть до необратимого выпадения отдельных видов, особенно чувствительных к воздействию тех или иных загрязняющих веществ.

Выявление массовых видов приобретает особую важность в случае распространения загрязнения на большую площадь, когда появление здесь индикаторных форм в небольших количествах и расселенных среди других организмов не имеет большого значения для характеристики водоема. При этом необходимо учитывать не только возможность загрязнения, но также и биологические сезоны, когда появление в массе отдельных видов может быть вызвано вегетационными особенностями и гидрологическим режимом.

Как указывалось выше, индикаторная роль фитопланктона определяется не только фактом нахождения или отсутствия определенных видов в водоеме, но и степенью их количественного развития. Вследствие этого характеристика водоема должна даваться с учетом не только видового состава, но также численности и биомассы водорослей. Эти материалы в свою очередь дадут возможность судить о тенденциях изменений состава фитопланктона, прогнозировать развитие сине-зеленых водорослей и т. д.

Заключение о состоянии водоема производится на основании всех полученных сведений о видовом составе, массовых формах, численности и биомассе основных групп организмов. Оценка степени загрязнения может быть достаточно хорошо отражена методом индикаторных организмов по Пантле и Букку.

## ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Батометр Рутнера.
2. Ведро эмалированное или полиэтиленовое.
3. Микроскоп типа «Ergaval», «Amplival», МБИ-3, Биолам Р-6, Д-3.
4. Объект-микрометр для проходящего света ОМП.
5. Окуляр-микрометр.
6. Мельничный газ или шелковое сито (№ 76, 77).
7. Стаканчик для планктонной сети.
8. Плотная ткань (типа брезента).
9. Литье капроновое.
10. Металлические обручи диаметром 25—30 см.

11. Камера для подсчета клеток типа Горяева, Нажотта.
12. Зажимы Мора или др.
13. Шланг резиновый (диаметр 5 мм).
14. Бутыли по 0,5—2 л.
15. Банки стеклянные с навинчивающимися крышками на 100 мл.
16. Слянки из-под пенициллина.
17. Мерный цилиндр на 0,1—0,5 л.
18. Покровные стекла (24×32 мм).
19. Предметные стекла.
20. Воронка (типа фильтра Зейтца).
21. Колба Бунзена на 1 л.
22. Насос Комовского или водоструйный насос.
23. Мембранные фильтры № 5 и 6 или фильтры типа «Сынпор».
24. Пипетки глазные.
25. Кисточка колонковая.
26. Медицинский лейкопластырь.

### РЕАКТИВЫ

1. Бальзам для приготовления постоянных препаратов.
2. Хромовая кислота 1 %-ная.
3. Ледяная уксусная кислота.
4. Формалин 40 %-ный.
5. KI.
6. Иод кристаллический.
7. Дистиллированная вода.
8. Раствор Люголя.

## Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ФИТОПЛАНКТОНА

Пигменты фитопланктона можно разделить на две основные группы: 1) хлорофиллы «а», «b», «с», 2) каротиноиды. Наибольший интерес представляет первая группа пигментов. Основным по количественному содержанию в клетках фитопланктона и лучшим показателем его фотосинтетической активности является хлорофилл «а». Содержание хлорофилла «а» в планктоне показывает хорошее соответствие с трофическим статусом водоемов. На основании ряда исследований были установлены концентрации хлорофилла «а», характерные для основных трофических типов водоемов [5]: 0,1—1,0 мкг хл. «а»/л для олиготрофных, 1,0—10 мкг хл. «а»/л для мезотрофных, 10 мкг хл. «а»/л для эвтрофных водоемов.

В настоящее время содержание хлорофилла широко используется для оценки степени эвтрофикации и интенсивности самоочищения вод.

Качественное распределение пигментов различно в разных таксономических группах фитопланктона. Если хлорофилл «а» содержится во всех растительных клетках, то хлорофилл «b» содержится только у зеленых и сине-зеленых водорослей, а хлорофилл «с» — у диатомей, перидиней и хризомонад. Поэтому количественные характеристики разных пигментов могут в определенной мере отражать соотношение таксономических групп в фитопланктонном сообществе.

О фотосинтетической активности фитопланктона можно судить также по соотношению хлорофиллов «а»/«с» [7]. Максимальные значения соотношения «а»/«с» наблюдаются при оптимальном фотосинтезе, и это соотношение тем выше, чем выше первичная продукция за световой день [2].

Важное экологическое значение имеет «пигментный индекс» — отношение поглощения ацетоновым экстрактом фитопланктона на длинах волн 430 и 663—665 нм. На длине волны 430 нм учитывается сумма поглощения хлорофиллами и каротиноидами, а на 665 нм — практически только хлорофиллом «а» и дериватами. Чем выше значение пигментного индекса, тем больше дополнительных пигментов содержит экстракт фитопланктона, а следовательно, тем больше их разнообразие. Было установлено, что значение пигментного индекса растет параллельно видовому разнообразию фитопланктонного сообщества [7]. Пигментный индекс может служить показателем старения фитопланктонного сообщества (значения пигментного индекса увеличиваются). Использование пигментного индекса может быть перспективным при изучении влияния различных загрязнений на фитопланктонное сообщество.

### 7.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛОВ «а», «b», и «с»

Наиболее распространенный метод определения хлорофиллов основан на концентрировании клеток фитопланктона на мембранном фильтре, последующей экстракции хлорофилла раствором ацетона и спектрофотометрировании на разных длинах волн [3, 4, 6, 9].

### 7.2. ОТБОР ПРОБ, ФИЛЬТРОВАНИЕ, ВЫСУШИВАНИЕ

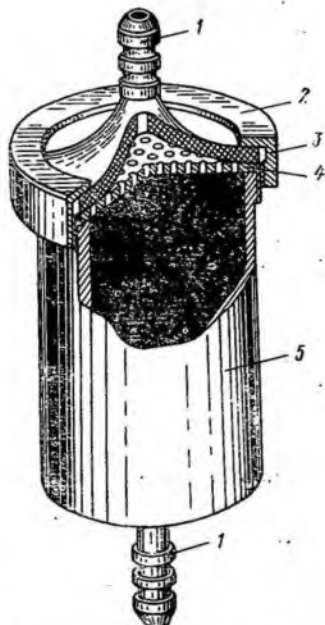
Для определения пигментов необходима большая их концентрация (до 20 мкг хл. «а»/л). Поэтому отбирают пробу объемом 5—10 л. Фильтруют пробу на фильтре Зейтца большого диаметра (рис. 7.1) с помощью вакуумного насоса или просто путем перепада высот между фильтром и канистрой (бутылкой) с пробой. Перед фильтрованием мембранные фильтры покрывают слоем  $MgCO_3$  (10 мг  $MgCO_3$  на 1 см<sup>2</sup> поверхности фильтра) для предотвращения разрушения пигментов.

Фильтрование проводят при вакууме не более 40—60 гПа, чтобы исключить потери хлорофилла. По окончании фильтрации



Рис. 7.1. Фильтр Зейтца для фильтрации проб на хлорофилл.

1 — отводы к вакууму и к пробе, 2 — крышка, 3 — прижимная шайба, 4 — подложка, 5 — основа фильтра.



рекомендуется немедленно провести экстрагирование осадка без подсушивания фильтра. В исключительных случаях, если нет возможности немедленной экстракции и спектрофотометрирования, фильтры с осадком сушат в эксикаторе с силикагелем, натронной известью и щелочью (1:1:1) и хранят в темном эксикаторе с силикагелем при температуре не выше 1 °С (обычно в холодильнике). Хранить фильтры не более 1—1,5 месяца.

### 7.3. ЭКСТРАКЦИЯ ПИГМЕНТОВ

Экстракцию пигментов проводят 90 %-ным раствором ацетона. Фильтр с осадком помещают в сосуд для гомогенизации, заливают 2—3 мл 90 %-ного раствора ацетона и растирают в гомогенизаторе 1—2 мин. Затем переносят в центрифужную пробирку, добавляют 90 %-ный раствор ацетона до объема 10 мл и выдерживают 10—15 мин в темном месте при комнатной температуре до полного экстрагирования. Затем центрифугируют экстракт в течение 10 мин при 4000 об/мин, после чего прозрачный раствор переносят в 1—2-сантиметровую кювету спектрофотометра. В кювету сравнения наливают 90 %-ный раствор ацетона и измеряют оптические плотности экстракта на длинах волн 750, 663, 645 и 630 нм, затем подкисляют пробу в кювете 2—3 каплями 0,5 %-ного HCl и снова измеряют оптические плотности на длинах волн 750 и 663 нм для последующего расчета содержания феофитина.

### 7.4. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИГМЕНТОВ

Концентрацию пигментов рассчитывают следующим образом.

1. Вводят поправку на мутность экстракта  $D_{750}$ , на длину кюветы  $l$ , на объем экстракта  $V_э$  и объем профильтрованной пробы  $V_{\Pi}$ . Истинная оптическая плотность  $E$  будет равна

$$E_{663} = \frac{D_{663} - D_{750}}{l} \cdot \frac{V_э}{V_{\Pi}},$$

где  $V_э$  — в мл,  $V_{\Pi}$  — в л.

2. Определяют истинную оптическую плотность после подкисления:

$$E_{663}^k = \frac{D_{663}^k - D_{750}^k}{l}$$

Концентрацию (С мкг/л) хлорофиллов «а», «б» и «с» вычисляют по формулам:

$$C_{\text{хл. а}} = 11,64E_{663} - 2,16E_{645} + 0,10E_{630},$$

$$C_{\text{хл. б}} = 20,97E_{645} - 3,94E_{663} - 3,66E_{630},$$

$$C_{\text{хл. с}} = 54,22E_{630} - 5,53E_{663} - 14,81E_{645}.$$

Содержание феофитина «а» (в %) рассчитывают по формуле

$$C_{\text{ф}} = \frac{1,7E_{663}^k - E_{663}}{0,7E_{663}} \cdot 100.$$

*Пример расчета.*

№ пробы	нм	D	D <sup>k</sup>	Примечание
1	430	0,6198		Длина кюветы 1 см
	630	0,0835		
	645	0,1163		
	663	0,2799	0,2273	
	750	0,0066	0,0050	

$$E_{663} = \frac{0,2799 - 0,0066}{1} \cdot \frac{4,2}{10} = 0,1148,$$

$$E_{645} = \frac{0,1163 - 0,0066}{1} \cdot \frac{4,2}{10} = 0,0460,$$

$$E_{630} = \frac{0,0835 - 0,0066}{1} \cdot \frac{4,2}{10} = 0,0323,$$

$$E_{663}^k = \frac{0,2273 - 0,005}{1} \cdot \frac{4,2}{10} = 0,0934.$$

Рассчитываем концентрации хлорофиллов, мкг/л:

$$C_{\text{хл. а}} = 11,64 \cdot 0,1148 - 2,16 \cdot 0,0460 + 0,10 \cdot 0,0323 = 1,2401,$$

$$C_{\text{хл. б}} = 20,97 \cdot 0,0460 - 3,94 \cdot 0,1148 - 3,66 \cdot 0,0323 = 0,3941,$$

$$C_{\text{хл. с}} = 54,22 \cdot 0,0323 - 5,53 \cdot 0,1148 - 14,81 \cdot 0,0460 = 0,4352.$$

$$C_{\text{ф}} = \frac{1,7 \cdot 0,0934 - 0,1148}{0,7 \cdot 0,1148} = 0,55 \cdot 100 = 55 \%.$$

Расчет пигментного индекса:

$$\frac{D_{432}}{D_{663}} = \frac{0,6198}{0,2799} = 2,21.$$

Полученные результаты записывают в таблицу (см. приложение 14).

### МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Батометры объемом 2 или 5 л неметаллические.
2. Фильтр Зейтца диаметром 60—100 мм.
3. Мембранные фильтры № 5, 4 типа «Сынпор».
4. Вакуумный насос.
5. Бутыли объемом 5 л, 7 шт.
6. Спектрофотометр СФ-4 или СФ-10, или СФ-16.
7. 90 %-ный раствор ацетона. Углекислый магний ( $MgCO_3$ ).
8. Силикагель, натронная известь, едкий натр ( $NaOH$ ).
9. 0,5 %-ный раствор соляной кислоты ( $HCl$ ).
10. Эксикатор.
11. Холодильник (для хранения фильтров).
12. Центрифуга с центрифужными пробирками.
13. Мерные пробирки объемом 10 мл.
14. Гомогенизатор.
15. Шланги полиэтиленовые (тайгоновые) или резиновые.

Примечания. 1. Фильтр Зейтца должен иметь большой рабочий диаметр (до 100 мм) (см. рис. 7.1) для фильтрования больших объемов воды. Фильтр и подложку изготавливают из органического стекла.

2.  $MgCO_3$  готовят в виде суспензии, добавляя 1 г истолченного карбоната магния к 100 мл дистиллированной воды.

## Глава 8. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Первичная продукция — это продукция органического вещества, образованного растительными клетками в процессе фотосинтеза. Именно в результате фотосинтеза с использованием солнечной энергии и биогенных элементов растительные клетки синтезируют органическое вещество в водоемах, которое становится органической пищей для животных организмов разных трофических уровней. Таким образом, уровень первичной продукции определяет уровень биологической продуктивности водоема в целом.

Первичная продукция и деструкция являются также важными характеристиками состояния водоема в плане оценки качества воды. Интенсивное продуцирование органического вещества при массовом развитии фитопланктона приводит к эвтрофированию

водоемов. В настоящее время в оценке качества вод начинает широко использоваться индекс самоочищения — отношение валовой первичной продукции к суммарной деструкции планктона [4, 7]. Все это показывает важность измерения первичной продукции в водоемах.

Методы измерения первичной продукции в водоемах начали разрабатываться в начале XX в. Был предложен ряд методических разработок — измерение первичной продукции по изменению биомассы за определенный период времени, по изменению концентрации кислорода в воде [1], активной реакции воды — рН [20], по изменению концентрации биогенных элементов [15, 16], потребляемых в процессе фотосинтеза и др.

В настоящее время для определения первичной продукции фитопланктона относительно хорошо разработан скляночный метод в кислородной и радиоуглеродной модификациях, а также хлорофильный метод [6, 8, 11, 12].

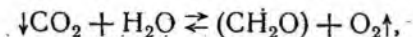
В настоящем руководстве дается описание именно этих трех методов определения первичной продукции.

## 8.1. СКЛЯНОЧНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДЕКТРУКЦИИ

### 8.1.1. Общие положения

Использование склянок для измерения фотосинтеза фитопланктона по разнице кислорода, образованного в результате фотосинтеза за определенный период времени, впервые было предложено Граном и Руудом [14] и детально разработано Г. Г. Винбергом [2]. Позже была разработана радиоуглеродная модификация скляночного метода [18], обладающая более высокой чувствительностью по сравнению с кислородной. Для измерения продукции макрофитобентоса был также использован принцип склянок — изолированные емкости большого объема (до 30—50 л), в которые помещали экземпляры крупных талломных водорослей и высших водных растений [21, 22].

Кислородная и радиоуглеродная модификация скляночного метода основаны на валовом уравнении фотосинтеза



в котором количество потребленной углекислоты или количество выделившегося при фотосинтезе кислорода пропорционально количеству образованного органического вещества. При отсутствии света реакция идет в обратном направлении — процесс дыхания (деструкции), разложения органического вещества с потреблением кислорода и выделением углекислоты.

### 8.1.2. Продукционные склянки

Для кислородной и радиоуглеродной модификаций используют одинаковые склянки из белого стекла с притертыми стеклянными пробками. Если имеется возможность, то лучше использовать склянки из кварцевого стекла, которое не влияет на проникающую солнечную радиацию. Удобно использовать в качестве продукционных склянок плоские микробиологические матрицы, а также стандартные химические склянки с притертыми пробками — кислотницы. Объем продукционных склянок составляет 100—500 мл в зависимости от продуктивности водоема. Обычно используют продукционные склянки следующих объемов: 100 мл для эвтрофных водоемов, 100—250 мл для мезотрофных водоемов, 250—500 мл для олиготрофных водоемов.

Перед измерением продукции все продукционные склянки должны быть точно оттарированы по объему. Для определения деструкции используются темные склянки. Для этого светлые склянки необходимо покрасить черной краской и обернуть фольгой. Можно также использовать черные мешочки.

### 8.1.3. Техника экспонирования склянок

Для измерения первичной продукции на различных горизонтах обычно ставят 2—3 светлых склянки и одну темную. Для крепления плоских склянок (например, микробиологических матриц) удобно использовать специальный плотик, изготовленный из прозрачного оргстекла (рис. 8.1). Для крепления круглых продукционных склянок используют металлическую крестовину, на которой склянки крепят за горлышки в вертикальном положении. Плотики и крестовины со склянками крепят на тросе и с помощью лебедки опускают на соответствующие горизонты. Экспонировать склянки можно и со специального буйа, к которому прикрепляется трос с плотиками или крестовинами.

### 8.1.4. Время экспозиции

Длительность экспонирования продукционных склянок с фитопланктоном является важным методическим моментом при измерении первичной

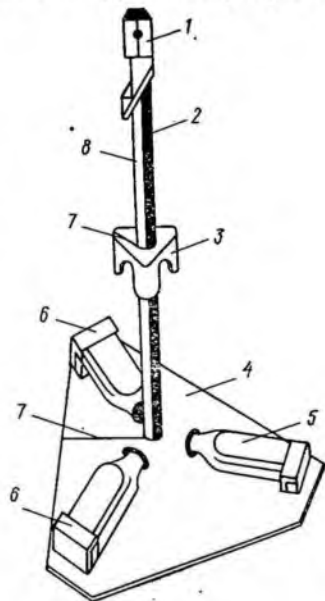


Рис. 8.1. Продукционный плот.

1 — крепежный замок, 2 — металлическая штанга, 3 — пенопластовый фиксатор, 4 — основа плота, 5 — продукционная склянка, 6 — гнезда, 7 — вырез для троса, 8 — трос.

продукции. Фитопланктон в склянках находится в «изолированных условиях и при длительном экспонировании происходят резкие изменения среды (повышение рН, пересыщение кислородом, потребление биогенных элементов и т. д.), которые будут существенно отличаться от естественной среды водоема. В этом случае может возникнуть большая ошибка в измерении первичной продукции и деструкции. В различных методических пособиях указывается разное время экспозиции — от нескольких часов до суток. Однако последние работы показывают, что оптимальное время экспонирования *должно составлять 2—6 ч!* Экспонировать склянки с пробами необходимо или в первую половину дня (до полудня) или во вторую половину дня (после полудня).

### 8.1.5. Выбор горизонтов экспонирования

Для расчета первичной продукции в столбе воды (под 1 м<sup>2</sup>) необходимо отбирать пробы и экспонировать их в продукционных склянках на нескольких глубинах фотического слоя. Нижняя граница фотического слоя, где первичная продукция равна деструкции (компенсационная точка), соответствует глубине, куда проникает 1 % поверхностной солнечной радиации. Наличие подводного пиранометра позволит определить границу фотического слоя. Горизонты измерения первичной продукции должны соответствовать глубинам, куда проникает 100, 75, 50, 25, 10 и 1 % поверхностной солнечной радиации. Если пиранометр отсутствует, то можно использовать белый диск. Граница фотического слоя соответствует утроенной глубине прозрачности по белому диску. Горизонты экспонирования в этом случае должны быть следующие: подповерхность, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 5,0, 7,0, 10,0 и 15,0 м. Если фотический слой небольшой (до 5 м), то склянки необходимо ставить через каждый метр (0,0, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0 м).

## 8.2. КИСЛОРОДНАЯ МОДИФИКАЦИЯ СКЛЯНОЧНОГО МЕТОДА

Кислородная модификация, или кислородный метод, позволяет измерить как первичную продукцию (светлые склянки), так и деструкцию (темные склянки) и таким образом рассчитать валовую и чистую продукцию.

Для измерения кислорода, растворенного в воде, используют титриметрический метод Винклера. В последние годы получили распространение электрохимические методы измерения с помощью датчиков кислорода. Однако до настоящего времени титриметрический метод Винклера является наиболее простым и распространенным методом определения кислорода [9].

### 8.2.1. Приготовление реактивов

1. Раствор хлористого марганца ( $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ): 420 г  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  растворить в 1 л свежепрокипяченной дистиллирован-

ной воды. Соль должна быть ч. д. а и не содержать примесей железа.

2. Щелочной раствор иодида калия (KI): а) растворить 500 г аналитически чистого NaOH в 500 мл дистиллированной воды, б) растворить 500 г KI в 500 мл дистиллированной воды, в) смешать растворы NaOH и KI. При образовании осадка раствор отстаивают в течение суток, а затем осторожно сливают в другую склянку.

3. Раствор тиосульфата натрия (гипосульфита) ( $0,01nNa_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ). Растворяют 248 г кристаллического тиосульфата натрия ч. д. а в 1 л свежeproкипяченной дистиллированной воды. Раствор готовят в количестве 3—5 л и хранят в хорошо закрытых темных склянках (закрашенных черной краской и обернутых в черную бумагу). Для сохранения нормальности к раствору тиосульфата добавляют небольшое количество хлороформа ( $CHCl_3$ ) (примерно 3 мл на 1 л раствора) или сероуглерода ( $CS_2$ ) (1 каплю на 1 л раствора).

4. Индикаторный раствор крахмала. 2 г крахмала суспендируют в 300—400 мл дистиллированной воды. Добавляют 20 %-ный раствор NaOH, осторожно перемешивая до тех пор, пока раствор не станет прозрачным. Отстаивают раствор 2 ч и добавляют концентрированную HCl до кислой реакции, 2 мл ледяной уксусной кислоты ( $CH_3COOH$ ) и доводят раствор до 1 л дистиллированной водой. Хороший раствор крахмала должен давать чистую синюю окраску.

5. Раствор иодистого калия (KI). Готовят 10 %-ный раствор KI из чистой соли, растворяя в свежeproкипяченной дистиллированной воде. Раствор KI хранят в склянке, обернутой черной бумагой или окрашенной черной краской.

6. Раствор двуххромовокислого калия ( $0,02nK_2Cr_2O_7$ ) · 0,09808 г точно отвешенного  $K_2Cr_2O_7$  растворяют в 1 л свежeproкипяченной дистиллированной воде в мерной колбе.

### 8.2.2. Подготовка к отбору проб

Перед измерением первичной продукции продукционные склянки, батометр и посуда для анализа должны быть тщательно вымыты (в стиральном порошке, стеклянная посуда — в хромпике) и высушены. Перед постановкой опыта продукционные склянки и реактивы для фиксации кислорода ( $MnCl_2$  и  $KI + NaOH$ ) должны быть помещены в специальные ящики. Склянки расставить в порядке отбора проб с горизонтов. На каждый горизонт необходимо четыре склянки — одну для определения начальной концентрации  $O_2$ , две светлые и одна темная для экспонирования проб.

### 8.2.3. Отбор, экспонирование и фиксация проб

а. В точке отбора проб измеряют прозрачность воды с помощью белого диска и определяют глубину фотического слоя (умножив глубину прозрачности на коэффициент 3) или производят

измерения количества проникающей солнечной радиации с помощью подводного пиранометра. При этом глубина, куда проникает 1% падающей солнечной радиации будет соответствовать нижней границе фотического слоя.

б. Отбор проб проводят с соответствующих горизонтов серией батометров объемом не менее 1 л. При этом из одного батометра одновременно отбирают пробы на гидрохимический анализ, а также на качественный и количественный анализ фитопланктона. При ограниченном количестве батометров можно отбирать пробы одним батометром поочередно от нижних горизонтов к верхним.

в. Непосредственно после отбора проб батометры устанавливают в специальные держатели и немедленно начинают заполнять продукционные склянки. Перед заполнением каждая склянка споласкивается исследуемой пробой. При заполнении склянок трубка-сифон должна быть опущена до дна. Склянки заполняют доверху, переливая часть пробы. Заполнять осторожно, чтобы исключить наличие пузырьков воздуха в склянках. Если пузырьки воздуха в склянке есть, то необходимо их удалить, оставив склянку открытой (1 мин) и постучать по стенкам, после чего склянку закрыть и поместить на соответствующий горизонт (две светлые и одну темную склянки) и отметить время начала экспозиции. При заполнении склянок необходимо избегать попадания на них прямых солнечных лучей.

г. После того как склянки поставлены на экспонирование, сразу фиксируют все пробы для определения начальной концентрации  $O_2$  на всех горизонтах. После экспозиции фиксируют остальные пробы. Кислород фиксируют, добавляя в склянки поочередно 1 мл  $MnCl_2$  и 1 мл щелочного раствора  $KI$ . Пипетки при этом следует держать под самой поверхностью воды. 2 мл потерянной при этом пробы учитываются при последующем расчете. После фиксации склянку закрывают и энергично переворачивают несколько раз до тех пор, пока осадок не будет равномерно распределен по всему объему склянки. После этого пробы помещают в темное место для отстаивания осадка (от 3 ч до 1 суток).

#### 8.2.4. Титрование проб и расчет содержания кислорода в пробе

После того как пробы отстоялись, осадок растворяют, добавляя 1—3 мл концентрированной  $H_2SO_4$  (кончик пипетки под поверхностью раствора!). Закрывают склянку пробкой и перемешивают пробу до полного растворения осадка. Затем отбирают часть пробы из склянки (50 или 100 мл) в зависимости от объема склянки или берут всю пробу и переливают ее в коническую колбу. Титруют стандартным раствором тиосульфата до соломенно-желтой окраски. Затем добавляют 1—2 мл крахмала (появляется синяя окраска) и титруют тиосульфатом до полного обесцвечивания.

Объем тиосульфата, пошедшего на титрование, записывают в соответствующую таблицу, (см. приложение 15). Из одной склянки необходимо оттитровать по 2—3 повторности.



Количество кислорода ( $\text{мгO}_2/\text{л}$ ), растворенного в воде, рассчитывают по формуле

$$\text{O}_2 = \frac{nN K \cdot 8 \cdot 1000}{V - 2},$$

где  $n$  — количество тиосульфата, пошедшего на титрование,  $N$  — нормальность тиосульфата,  $K$  — поправка на нормальность тиосульфата,  $8$  — эквивалентная масса кислорода,  $V$  — объем титрованной пробы,  $2$  — количество утерянной пробы (при титровании всего объема склянки)<sup>1</sup>,  $1000$  — пересчет на  $1$  л пробы.

### 8.2.5. Определение поправочного коэффициента нормальности $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

В коническую колбу объемом  $100$ — $150$  мл добавляют  $10$  мл  $10\%$  иодистого калия ( $\text{KI}$ ),  $35$ — $50$  мл дистиллированной воды,  $15$  мл  $0,02\text{н. K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и  $10$  мл  $\text{HCl}$  ( $2:1$ ). Тщательно перемешивают и дают постоять  $2$ — $3$  мин.

После этого раствор титруют тиосульфатом до соломенно-желтой окраски. Затем добавляют  $1$  мл раствора крахмала и титруют до полного обесцвечивания. Поправочный коэффициент на нормальность тиосульфата рассчитывают по формуле

$$K = \frac{V_1 \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{V_2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3},$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — объемы тиосульфата и двуххромовокислого калия соответственно. Определение поправочного коэффициента следует проводить перед каждой серией определений.

### 8.2.6. Расчет первичной продукции

Если  $V_c^{\text{н}}$  — начальное содержание  $\text{O}_2$  в склянке перед экспонированием,  $V_c$  — количество  $\text{O}_2$  в светлой склянке после экспонирования,  $V_{\text{т}}$  — количество  $\text{O}_2$  в темной склянке после экспонирования,  $t$  — время экспозиции (ч), то первичную продукцию [ $\text{мгO}_2(\text{л} \cdot \text{ч})$ ] вычисляют по следующим формулам:

1) валовая продукция

$$P_{\text{вал}} = \frac{V_c - V_{\text{т}}}{t},$$

2) чистая продукция

$$P_{\text{чис}} = \frac{V_c - V_c^{\text{н}}}{t},$$

3) деструкция

$$D = \frac{V_c^{\text{н}} - V_{\text{т}}}{t}.$$

<sup>1</sup> Если титруют часть пробы, то потерянный объем не учитывается.

## 8.3. РАДИОУГЛЕРОДНАЯ МОДИФИКАЦИЯ СКЛЯНОЧНОГО МЕТОДА

Определение первичной продукции радиоуглеродным методом основано на включении в растительную клетку в процессе фотосинтеза углекислоты, меченой по углероду  $^{14}\text{C}$ . Впервые для определения первичной продукции он был применен в морских исследованиях [18], а затем и на пресных водах [5, 10]. Радиоуглеродный метод обладает высокой чувствительностью (в 100 раз чувствительнее кислородного метода), поэтому широко используется для измерения первичной продукции в водах с низкой продуктивностью — в океанических водах и олиготрофных водоемах суши. Существенными недостатками метода являются его относительно низкая точность (ошибка до 40 %) и невозможность определения значений деструкции. Для определения первичной продукции радиоуглеродным методом используют светлые и темные склянки, как и для кислородного метода. Однако в отличие от кислородного метода, темные склянки в радиоуглеродном методе используют для определения нефотосинтетической фиксации изотопа  $^{14}\text{C}$  растительными клетками, которую вычитают из активности светлых склянок.

### 8.3.1. Общие положения

Радиоактивный углерод  $^{14}\text{C}$  обладает мягким  $\beta$ -излучением со средней энергией (0,155 МэВ). Период полураспада изотопа  $^{14}\text{C}$  составляет 5700 лет. Слабое  $\beta$ -излучение и длительный период полураспада являются преимуществами изотопа, позволяющими при сравнительной безопасности для здоровья работать с изотопом на водоемах и хранить изотоп и рабочие образцы долгое время.

В соответствии с санитарными правилами для работы с изотопом  $^{14}\text{C}$  необходимо лабораторное помещение 3-го класса и соответствующее разрешение санэпидстанции. Право работы с изотопом дают специальные курсы по подготовке специалистов для работы с радиоактивными веществами при химическом факультете МГУ.

Выбор горизонтов для экспонирования проб и время экспозиции аналогичны скляночному методу в кислородной модификации, поэтому в данном разделе не описаны.

### 8.3.2. Техника определения

**8.3.2.1. Приготовление раствора изотопа.** Заводская фасовка меченого углерода изготавливается в виде карбоната или бикарбоната натрия (реже калия). Раствор изотопа готовят в лаборатории непосредственно перед серией измерений первичной продукции в полевых условиях. Для растворения соли изотопа используют свежепрокипяченную и охлажденную дистиллированную воду. В мерную колбу непосредственно перед растворением изотопа до-

бавляют несколько крупинок сухой щелочи для предупреждения потери изотопа  $^{14}\text{CO}_2$  из раствора. Рекомендуется приготовить раствор изотопа концентрацией  $(1,85-3,7) \cdot 10^5$  Бк/мл. Приготовленный раствор изотопа разливают в стеклянные ампулы и запаивают с целью продолжительного хранения изотопа. Ампулы должны быть из мягкого стекла с достаточно толстыми стенками (удобны пробирки на 25—50 мл). Запаивание ампул удобно проводить на газовой горелке. Для последующего длительного хранения ампул с изотопом их необходимо простерилизовать. Одновременно при стерилизации выявляют бракованные ампулы (плохо запаиваемые). Для стерилизации ампулы помещают в сосуд с сильно окрашенным раствором метиленовой сини и автоклавировывают при 50,5 кПа в течение 1 ч. При автоклавировании плохо запаиваемые ампулы окрашиваются в синий цвет. Хранить ампулы

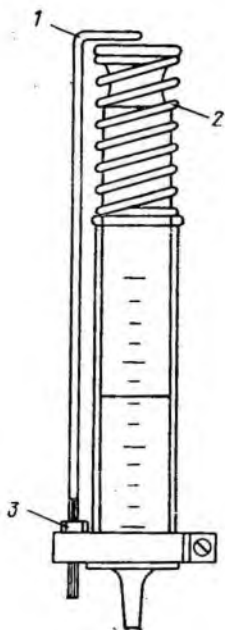


Рис. 8.2. Дозатор.

1 — ограничитель, 2 — пружина, 3 — гайка, регулирующая объем пробы.

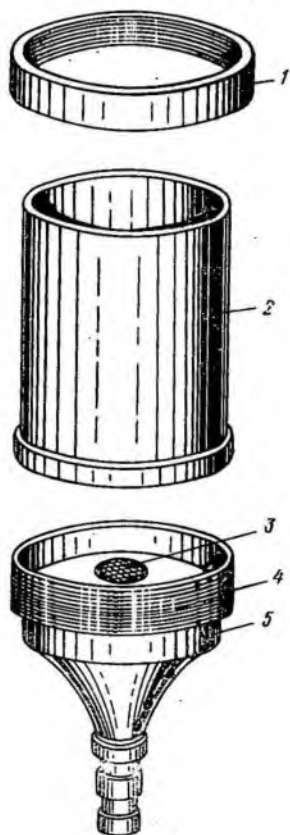


Рис. 8.3. Фильтр Зейтца.

1 — прижимная шайба, 2 — стакан, 3 — подложка из металлической сетки, 4 — резьба для прижимной шайбы, 5 — основа фильтра.

с изотопом следует в отдельном ящике (лучше металлическом) в темноте.

**8.3.2.2. Добавление изотопа в производционные склянки, экспонирование, фиксация.** Для измерения первичной продукции на одном горизонте используют обычно две светлые и одну темную склянки. Перед экспонированием производционные склянки моют в стиральном порошке или в хромовой смеси (хромпик), после чего десятикратно споласкивают простой и дистиллированной водой, а затем высушивают.

Изотоп добавляют в склянки перед заполнением их пробами с фитопланктоном с помощью дозатора (рис. 8.2) или шприцем с пипеткой. Эту операцию следует проводить тщательно, поскольку на этом этапе возможна наибольшая ошибка. Количество добавляемого в склянки изотопа должно соответствовать концентрации изотопа в склянке, равной  $(1,85 - 7,4) \times 10^5$  Бк/л.

По окончании экспозиции пробы фиксируют 40 %-ным формалином (0,5—1 мл на 100—250 мл пробы). Затем пробы отфильтровывают на мембранные фильтры.

**8.3.2.3. Фильтрация проб, обработка и хранение фильтров.** Оборудование и реактивы для обработки фильтров готовят предварительно.

**Фильтры.** а. Фильтр Зейтца изготовляют из стойкого к окислению материала — пластмассы, латуни. В отличие от заводского фильтра, данная конструкция фильтра Зейтца (рис. 8.3) более удобна для работы и его легко изготовить в токарной мастерской. Опорную подложку лучше изготовить из крупнопористого стеклянного фильтра, можно также использовать металлическую сеточку. Для одновременного фильтрования нескольких проб удобно смонтировать вакуумную фильтровальную установку (рис. 8.4), кото-

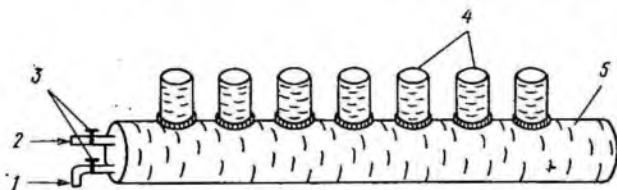


Рис. 8.4. Фильтровальная установка.

1 — слив, 2 — к вакууму, 3 — вакуумные краны, 4 — фильтры Зейтца, 5 — цилиндр-приемник (5—8 л).

рая состоит из цилиндра (емкостью 5—8 л), на котором установлено 5—10 фильтров Зейтца. Цилиндр может быть изготовлен из текстолитовой трубы или другого материала, лучше пластмассового. В стационарных условиях установка может работать с помощью водоструйного вакуумного или электрического вакуумного насоса. В полевых условиях рабочий вакуум создается с помощью ручного насоса Камовского.

б. Мембранные фильтры для фильтрования фитопланктона должны быть с определенным размером пор. Удобно использовать мембранные фильтры производства ЧССР (тип «Сынпор») или ультрафильтры Мытищинской фабрики. Для определения первичной продукции фильтрование проб проводят на фильтрах с размерами пор 0,5—1,0 мк, что соответствует № 4 и 5 фильтров типа «Сынпор» и Мытищинским ультрафильтрам (табл. 8.1). Перед использованием мембранные фильтры необходимо прокипятить в дистиллированной воде.

Таблица 8.1

Техническая характеристика мембранных фильтров

СССР		ЧССР (тип „Сынпор“)			Франция, США, Канада (тип „Миллипор“)	
№	размер пор	№	размер пор	старое обозначение	обозначение	размер пор
6	3—5	1	4+1	(PUFS)	SM	5,0
5	1,2	2	2,5±0,5	(RUFF)	SS	3,0
4	0,9	3	1,5±0,4	(AUFS)	RA	1,2
3	0,7	4	0,85±0,15		HA	0,45
2	0,5	5	0,60±0,1		GS	0,22
1	0,35	6	0,40±0,06	(HUFS)	AA	0,80
—	—	7	0,30±0,04		DA	0,65
—	—	8	0,23±0,04	(VUFS)	VC	0,10
—	—	9	0,17±0,03		VM	0,05
—	—	10	0,12±0,02		VF	0,01

Примечание. Мембранные ультрафильтры типа «Миллипор» изготавливаются несколькими фирмами США, Канады, Франции, ультрафильтры типа «Сынпор» изготавливает фирма «Синтезия» (ЧССР).

**Фильтрование.** Перед фильтрованием мембранные фильтры маркируют соответствующим номером шариковой ручкой или карандашом, затем взвешивают на аналитических весах с точностью до сотых миллиграмма. Фильтрование пробы ведут при вакууме (20—30 кПа).

**Обработка фильтров соляной кислотой (HCl).** После фильтрования влажный осадок с фитопланктоном содержит частицы раствора изотопа, сорбированного на поверхности клеток, который может внести большую ошибку в счет активности фильтров. Поэтому после фильтрования фильтры помещают в эксикатор с концентрированной соляной кислотой и чашки Петри, проложенные фильтровальной бумагой. Время обработки соляной кислотой 1—4 мин.

**Высушивание фильтров.** После обработки кислотой фильтры помещают в эксикатор с высушивающей смесью следующего состава: нетронная известь+силикагель+щелочь (1:1:1). Щелочь помещают в эксикатор в чашке Петри и заменяют по мере ее оплывания. Время высушивания фильтров составляет, как правило, 24 ч. После высушивания фильтры повторно взвешивают.

До просчета активности фильтров на счетчике их необходимо хранить в металлических или пластмассовых планшетах или коробках, чтобы избежать потери активности вследствие изотопного обмена с атмосферной  $\text{CO}_2$ .

### 8.3.3. Определение активности осадка на фильтрах

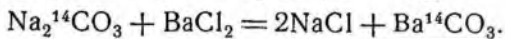
При определении активности фильтров с осадком фитопланктона используют, как правило, два типа счетчиков — торцовые счетчики Гейгера — Мюллера и жидкостные сцинтилляционные счетчики. Торцовые счетчики обладают низкой эффективностью (10—30 %), в сцинтилляционных счетчиках эффективность счета в среднем составляет 70 %, в отдельных случаях ее можно довести до 90 %. В практике измерения активности осадков на фильтрах наиболее распространенным пока остается торцовый счетчик.

**8.3.3.1. Определение рабочей характеристики торцового счетчика.** Если напряжение, подаваемое на счетчик, мало, то регистрируются не все попадающие в объем счетчика частицы. С увеличением напряжения число зафиксированных частиц растет до момента, когда дальнейшее увеличение напряжения не приводит к увеличению числа импульсов. Этот отрезок называется областью плато счетчика и является его рабочим напряжением. Дальнейшее увеличение напряжения ведет к лавинному увеличению скорости счета, так как в этом случае в счетчике возникает ионизационный ток вне зависимости от числа частиц, попадающих в него. Рабочие характеристики счетчика снимаются с интервалом напряжения в 50 В (от 1000 до 1600 В).

Поскольку рабочие характеристики разных типов счетчиков отличаются, для каждого счетчика необходимо снимать характеристику. О конце срока службы торцового счетчика судят по уменьшению плато. Если плато рабочего напряжения менее 150—200 В, то счетчик необходимо заменить.

Активность фильтров просчитывают под счетчиком и значения заносят в таблицу. Записывают также значения фонового счета, которое вычитают из активности фильтров.

**8.3.3.2. Определение исходной активности и построение кривой самопоглощения бариевым методом.** Определение исходной активности рабочего раствора изотопа основано на осаждении карбонатов в виде осадка углекислого бария ( $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ )



↓

Активность осадков  $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$  на мембранных фильтрах просчитывают на торцовом счетчике.

Осадки  $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$  готовят разной толщины, но с одинаковой активностью, поэтому с увеличением осадка будет проявляться эффект самопоглощения. При малых осадках активность будет приближаться к исходной активности изотопа. Обычно осадок на мембранном фильтре не превышает нескольких миллиграммов на

1 см<sup>2</sup> поверхности фильтра, поэтому кривую самопоглощения строят в интервале 0,1—8,0 мг/см<sup>2</sup>.

Берут 30 штук пробирок с притертыми пробками объемом 20 мл каждая. Раствор изотопа разбавляют в 1000 раз. Готовят 200 мл 0,1 н раствора NaOH, к которому добавляют 5 мл 2 н. BaCl<sub>2</sub> для удаления карбонатов из щелочи. Образующийся осадок карбоната декантируют в течение 10 ч. Готовят раствор K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> из расчета получения осадков BaCO<sub>3</sub> в 0,1—8 мг/см<sup>2</sup>. Для лучшей коагуляции осадка готовят раствор 1 %-ного хлористого аммония (NH<sub>4</sub>Cl). Мембранные фильтры предварительно сушат в эксикаторе (см. п. «Обработка фильтров соляной кислотой») в течение 5—6 ч, затем взвешивают с точностью до 0,01 мг. В каждую пробирку добавляют 1 мл раствора изотопа, а затем раствор K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, делая весовой ряд. Для лучшей коагуляции осадка в каждую пробирку добавляют 0,1 мл 1 %-ного раствора NH<sub>4</sub>Cl и по 3 мл раствора NaOH. Пробирки закрывают и помещают в водяную баню, нагревая ее в течение 30 мин при 80 °С. После этого пробирки охлаждают и осадок фильтруют на мембранные фильтры, после чего фильтры с осадком сушат в эксикаторе в течение суток, доводя до постоянного веса. Значение массы (веса) заносят в таблицу и получают массу осадка по разности. Рассчитывают массу осадка на рабочую (фильтрующую) поверхность мембранного фильтра, выражая ее в миллиграммах на 1 см<sup>2</sup>. После этого просчитывают активность осадков и строят график кривой самопоглощения, экстраполируют кривую самопоглощения в область малых осадков до пересечения с ординатой. Точка пересечения и будет являться исходной активностью рабочего раствора изотопа (рис. 8.5).

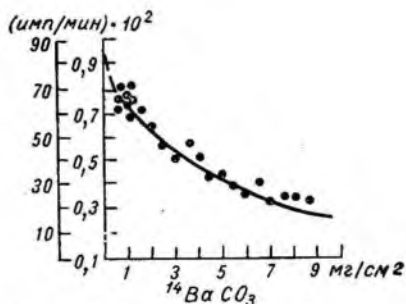


Рис. 8.5. Пример кривой самопоглощения <sup>14</sup>BaCO<sub>3</sub> ( $R = 9000$  имп/мин).

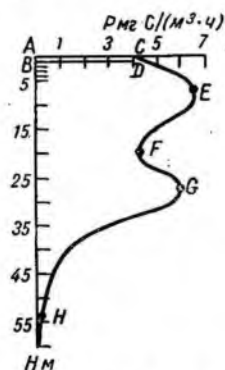


Рис. 8.6. Вертикальное распределение первичной продукции.

Для получения истинной активности необходимо также знать эффективность счета счетчика ( $K_{эф}$ ), т. е. отношение количества импульсов, регистрируемых счетчиком  $I_c$  к истинному количеству импульсов, испускаемых препаратом  $I_a$ :

$$K_{\text{эф}} = \frac{I_c}{I_s}$$

Для определения эффективности счетчика используют стандартный препарат — эталон изотопа  $^{14}\text{C}$  (тонкая пленка полиметилметакрилата), поставляемый Всесоюзным объединением «Изотоп».

### 8.3.4. Определение общего содержания углекислоты в воде

Для расчета первичной продукции необходимо знать общее содержание минерального углерода во всех формах углекислоты. Существует несколько методов определения общего содержания углерода в воде. Наиболее простые из них — титриметрический метод и метод расчета по концентрации водородных ионов (pH), температуре и карбонатной щелочности.

**8.3.4.1. Титриметрический метод определения общего содержания углекислоты в воде.** Принцип метода. Углекислота в воде присутствует в трех формах: свободной ( $\text{CO}_2$ ), карбонатной ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) и бикарбонатной ( $\text{HCO}_3^-$ ). Соотношение этих трех форм в воде зависит от pH (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Зависимость содержания различных форм производных угольной кислоты (%) от pH (при 25 °C)

Форма	pH								
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,3	9,0	10,0	11,0
$\text{CO}_2$	99,5	95,4	67,7	17,3	2,0	1,0	0,2	—	—
$\text{HCO}_3^-$	0,5	4,6	32,3	82,7	97,4	94,1	62,5	62,5	14,3
$\text{CO}_3^{2-}$	—	—	—	—	0,6	1,2	5,7	37,5	85,7

Как видно из табл. 8.2, pH=8,3 является границей существования свободной углекислоты и карбонатов, поэтому при доведении пробы воды до pH=8,3 все формы углекислоты переходят в бикарбонаты, которые и определяют прямым титрованием соляной кислотой.

**Приготовление растворов.** 0,1 н. раствор NaOH готовят на свежeproкипяченной и охлажденной дистиллированной воде. Так как щелочь содержит некоторое количество карбонатов, то после растворения необходимо ее декантировать в склянке с притертой пробкой в течение суток. После этого раствор осторожно перелить в другую склянку, не взмучивая осадок. Готовят 200—400 мл раствора NaOH.

0,05 н. раствор HCl готовят на 1 л свежeproкипяченной дистиллированной воды.

Раствор фенолфталеина готовят на свежeproкипяченной дистиллированной воде и хранят в колбочке с пипеткой.



Смешанный индикатор получают (метилрот, метилоранж и метиленблау), приготавливая каждый индикатор отдельно, а затем сливают в пропорции 1 : 1 : 1. Применение только двух индикаторов — метилрот и метилоранж — часто не дает отчетливого цветового перехода в ярко-розовую окраску при титровании соляной кислотой.

**Ход определения.** В коническую колбу отбирают 100 мл исследуемой пробы и добавляют 2—3 капли фенолфталеина. Затем осторожно по капле добавляют 0,1 н. NaOH до появления розовой окраски. Если рН исследуемой пробы 8,3, то розовая окраска появляется непосредственно после добавления фенолфталеина. В этом случае щелочь в пробу не добавляют. После появления розовой окраски добавляют по каплям 0,05 н. HCl до исчезновения окраски, а затем 5—10 капель смешанного индикатора и оттитровывают с помощью бюретки 0,05 н. HCl до появления ярко-розовой устойчивой окраски. Расчет общего содержания углекислоты в пробе (мгС/л) проводят по формуле

$$C_k = \frac{a \cdot 0,6 \cdot 1000}{V},$$

где  $a$  — объем 0,05 н. HCl, пошедший на титрование, мл; 0,6 — эквивалент углерода (при титровании 1 мл 0,05 н. HCl соответствует 0,6 мгС/л);  $V$  — объем титруемой пробы, мл; 1000 — пересчет на 1 л.

**8.3.4.2. Определение общего содержания углерода в воде по рН, температуре и карбонатной щелочности.** Необходимыми характеристиками анализа вод являются рН, температура и щелочность, в частности карбонатная щелочность. Наличие таких данных позволяет расчетным путем определить содержание карбонатного углерода ( $C_k$ ), растворенного в воде, по следующей формуле:

$$C_k = \frac{A \cdot 12}{1 + \frac{2K_2}{a_H}} \left( 1 + \frac{K_2}{a_H} \right),$$

где  $A$  — карбонатная щелочность, мг-экв/л;  $a_H$  — концентрация активных ионов водорода;  $K_2$  — вторая кажущаяся константа диссоциации углекислоты в воде при данной температуре [9] (8.3).

Таблица 8.3

$t$ воды, °С	$K_2 \cdot 10^{-9}$	$t$ воды, °С	$K_2 \cdot 10^{-9}$
0	0,023	16	0,038
2	0,025	18	0,040
4	0,027	20	0,042
6	0,029	22	0,044
8	0,030	24	0,046
10	0,032	26	0,048
12	0,034	28	0,050
14	0,036	30	0,051

*Пример расчета.* Определить значение  $C_k$  при  $pH = 8,85$ ,  $t = 21,0$  °C,  $A = 1,60$ . Находим по табл. 8.3 значение  $K_2$ :

$$K_2 = \frac{0,042 + 0,044}{2} = 0,043 \cdot 10^{-9},$$

а по приложению 16 находим значение  $a_H = 0,141 \cdot 10^{-8}$ . Отсюда

$$C_k = \frac{1,60 \cdot 12}{1 + \frac{2 \cdot 0,043 \cdot 10^{-9}}{0,141 \cdot 10^{-8}}} \left( 1 + \frac{0,043 \cdot 10^{-9}}{0,141 \cdot 10^{-8}} \right) = 18,65 \text{ мг С/л.}$$

### 8.3.5. Расчет первичной продукции

Расчет первичной продукции [мг С/(л·ч)] проводят по формуле

$$P = \frac{(r_c - r_t) \cdot C_k}{Rt} \cdot K_{эф} K_c \cdot 1,05,$$

где  $r_c$  — активность в светлых склянках за вычетом фона, имп/мин;  $r_t$  — активность в темных склянках за вычетом фона, имп/мин;  $C_k$  — концентрация минерального углерода, мг С/л;  $R$  — исходная активность раствора изотопа, имп/мин;  $t$  — время экспозиции, ч;  $K_{эф}$  — коэффициент эффективности счетчика;  $K_c$  — коэффициент самопоглощения; 1,05 — дискриминационный коэффициент (изотоп  $^{14}\text{C}$  проникает в клетку при фотосинтезе по сравнению с изотопом  $^{12}\text{C}$  на 5 % медленнее).

### 8.4. РАСЧЕТ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЗА ДЕНЬ И ПОД 1 м<sup>2</sup> ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Имея значения первичной продукции в мг  $\text{O}_2$ /(л·ч), в мг/С (л·ч) или под 1 м<sup>2</sup> водной поверхности и зная длину светового дня для исследуемого района (по актинометрическим таблицам Госкомгидромета, можно рассчитать величину первичной продукции за световой день:

$$P_{\text{мг С/день}} = P_{\text{мг С/ч}} (T - 2),$$

где  $T$  — длина светового дня, из которой вычитают 2 ч (исходя из положения, что в течение часа после восхода солнца и за 1 ч до захода солнца угол падения солнечных лучей на водную поверхность очень мал и количество проникающей в водную толщу солнечной радиации практически равно нулю и фотосинтез не происходит).

Первичная продукция под 1 м<sup>2</sup> водной поверхности служит характеристикой продуктивности всего столба воды в исследуемом районе водоема.

Рассматриваемую величину получают построением кривой вертикального распределения первичной продукции (рис. 8.6). Затем определяют площадь, которую очерчивает эта кривая и площадь, соответствующую продукции в 1 м<sup>3</sup> столба воды. Находят отношение всей площади к площади 1 м<sup>3</sup>. Умножив продукцию, содержа-

щуюся в 1 м<sup>3</sup> столба воды, на полученное отношение, получим значение первичной продукции во всем исследованном столбе воды, т. е. под 1 м<sup>2</sup> водной поверхности.

*Пример.* В опытах были получены следующие результаты.

Глубина, м	Продукция, мг С/(м <sup>3</sup> ·ч) или мг С/(м <sup>2</sup> ·день)	Глубина, м	Продукция, мг С/(м <sup>3</sup> ·ч) или мг С/(м <sup>2</sup> ·день)
0 (поверхность)	4,00	25	5,73
5	6,40	30	5,70
10	6,55	40	1,42
15	4,94	50	0,30
20	4,30	75	0,00

На основании полученных результатов строим график (рис. 8.6). Площадь  $ABCD$  «очерчивает» значение первичной продукции в 1 м<sup>3</sup> столба воды. Площадь  $ACEFGH$  очерчивает значение первичной продукции (мг) всего столба воды. Отношение этих площадей можно найти по их размерам или путем взвешивания площадей на аналитических весах. Находим это отношение

$$K = \frac{ACEFGH}{ABCD} = \frac{200,00}{3,77} = 53,0.$$

Значение первичной продукции под 1 м<sup>2</sup> водной поверхности [мг С/(м<sup>2</sup>·ч)] равно

$$P = P_{0,5} K = 4,00 \cdot 53,0 = 212,0.$$

Другой способ расчета представляет аналог графического интегрирования. Кривая, проведенная по ограниченному числу точек, практически не отличается от ломаной линии, соединяющей эти точки (рис. 8.7).

Чтобы определить первичную продукцию (мгС/м<sup>2</sup>) площади  $ABCDEF$  можно использовать формулу

$$P = K_1 P_1 + K_2 P_2 + \dots + K_n P_n,$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_n$  — продукция на горизонтах 1, 2 и т. д., мг С/м<sup>3</sup>;  $K_1, K_2, \dots, K_n$  — коэффициенты, зависящие только от выбора горизонта. Коэффициенты  $K$  легко рассчитать, разбив площадь ломаной линии на ряд трапеций. Площади трапеций есть произведение высоты на полусумму оснований. Высотой каждой трапеции является расстояние (в метрах)

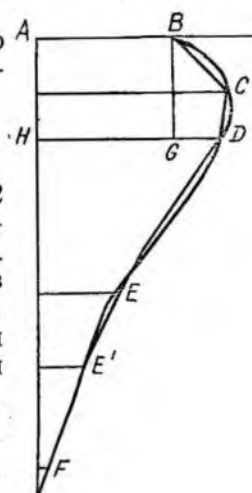


Рис. 8.7. Расчет первичной продукции под 1 м<sup>2</sup> способом численного интегрирования.

Таблица 8.4

Взаимозвешивающие величины, рассчитанные по балансовому уравнению фотосинтеза [3]

Характеристика	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		С мг	Глюкоза, мг	Энергия, Дж
	мг	мл	мг	мл			
1 мг O <sub>2</sub>	—	0,6997	1,375**	0,6997**	0,3750**	0,9375	14,71
1 мл O <sub>2</sub>	1,4292	—	1,9652**	1,0000**	0,5359**	1,3399	21,02
1 мг CO <sub>2</sub>	0,7273*	0,5089*	—	0,5089	0,2727	0,6818	10,70
1 мл CO <sub>2</sub>	1,4292*	1,0000*	1,9652	—	0,5359	1,3399	21,02
1 мг С	2,6667*	1,8660*	3,6667	1,8660	—	2,5000	39,22
1 мг глюкозы	1,0667	0,9464	1,4667	0,7464	0,4000	—	15,69
1 Дж энергии	0,0680	0,0475	0,0934	0,0475	0,0255	0,0637	—

Примечание. 1. Когда коэффициенты — дыхательный (ДК) и ассимиляционный (АК) — не равны единице, значения, помеченные звездочкой (\*), следует помножить на АК или разделить на ДК, а значения, помеченные двумя звездочками (\*\*), разделить на АК или помножить на ДК.

2. Обычно принимают АК = 1,25, а ДК ≈ 0,8 [13, 19].

между соседними горизонтами, а основаниями — значения продукции на этих горизонтах. Сумма площадей трапеций дает значение продукции под 1 м<sup>2</sup> водной поверхности.

*Пример.* По данным таблицы, помещенной в предыдущем примере, интегрированием рассчитываем первичную продукцию под 1 м<sup>2</sup> водной поверхности:

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot 5 + \frac{P_2 + P_3}{2} \cdot 5 + \frac{P_3 + P_4}{2} \cdot 5 + \frac{P_4 + P_5}{2} \cdot 5 + \frac{P_6 + P_7}{2} \cdot 5 + \\ + \frac{P_7 + P_8}{2} \cdot 10 + \frac{P_8 + P_9}{2} \cdot 10 + \frac{P_9 + P_{10}}{2} \cdot 25 = 26 + 32,38 + 28,72 + 23,10 + \\ + 25,08 + 28,58 + 36,6 + 8,6 + 3,75 = 211,81 \text{ мг С/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

Полученное значение первичной продукции практически совпадает со значением, полученным графическим (весовым) способом.

### 8.5. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КИСЛОРОДНОГО И РАДИОУГЛЕРОДНОГО МЕТОДОВ

Первичная продукция может быть выражена различными единицами, в частности единицами O<sub>2</sub> или С. Для сопоставления значений первичной продукции, измеренной разными методами, например количество O<sub>2</sub> в единицах углерода, используют следующее выражение: 1 мг связанного С/м<sup>3</sup> = 1 мг освобожденного O<sub>2</sub>/л ×  $\frac{12}{32} \cdot 1000 = 0,375$  мг O<sub>2</sub>/л. Для перевода в другие единицы, например в джоули, необходимо пользоваться табл. 8.4.

### 8.6. ХЛОРОФИЛЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И БИОМАССЫ ФИТОПЛАНКТОНА

Наличие хлорофилла в клетках является необходимым условием фотосинтеза. Большое число работ показывает закономерную связь между количеством хлорофилла растительных клеток и их продукцией и биомассой [3].

Следует отметить, что хлорофильный метод измерения первичной продукции и определения биомассы фитопланктона является весьма приближенным. Поэтому его использование для определения первичной продукции рекомендуется только в том случае, если по каким-либо причинам невозможно измерение скляночным методом.

#### 8.6.1. Расчет первичной продукции

Для расчета первичной продукции хлорофильным методом необходимо знать следующие величины:

1)  $Z - C_z$  — концентрация хлорофилла «а» на определенной глубине;

2) зависимость интенсивности фотосинтеза от световых условий (относительный фотосинтез) ( $R_2$ );

3) распределение солнечной радиации по глубине (коэффициент экстинкции)<sup>1</sup> $K$ ;

4) ассимиляционное число (АЧ);

5)  $I$  — количество дневной солнечной радиации, падающей на водную поверхность в течение светового дня.

Значение  $R_z$  находится из графика (рис. 8.8), рассчитанного Райтером и Енчем [17].

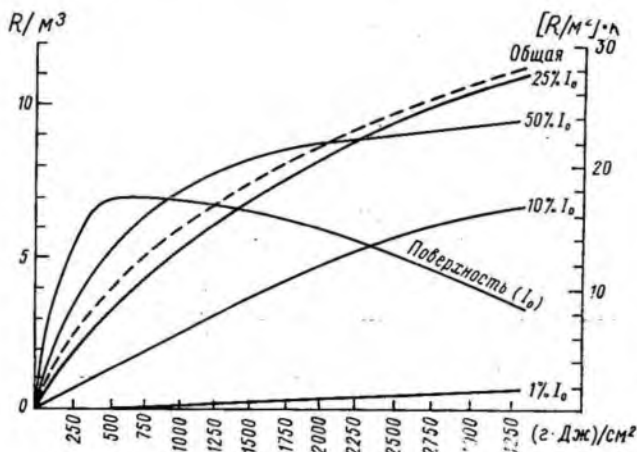


Рис. 8.8. Соотношение между общей дневной радиацией ( $I$ ), падающей на поверхность, и дневным относительным фотосинтезом  $R$  на поверхности и на глубинах, где интенсивность света составляет соответствующий процент падающей радиации (см. текст).

АЧ — это количество углекислоты, ассимилируемой в единицу времени (в час, в сутки и т. д.) в процессе фотосинтеза при световом насыщении одной весовой единицей хлорофилла, иначе говоря, АЧ — это отношение фотосинтеза при световом насыщении к количеству хлорофилла «а». Обычно АЧ выражают в г С/ч хлорофилла «а». Если нет возможности определить АЧ для исследуемого водоема, то можно использовать среднее значение  $АЧ = 3,7$  г С/ч [23, 24].

Первая продукция [мг С/(м³·день)] на каждом отдельном горизонте рассчитывается по формуле

$$P = R_z C_z \cdot 3,7.$$

<sup>1</sup>  $K = \ln \frac{I_0}{I_z}$ , где  $I_0$  — солнечная радиация, падающая на водную поверхность,  $I_z$  — солнечная радиация, проникающая на глубину  $z$ .

### 8.6.2. Расчет биомассы фитопланктона

Ориентировочный расчет биомассы фитопланктона по концентрации хлорофилла «а» проводят исходя из того, что, согласно Г. Г. Винберга, [3] хлорофилл «а» составляет 2,5 % сухой биомассы или 6,75 % содержания органического углерода. Поэтому при пересчете хлорофилла «а» в биомассу, выраженную в единицах углерода (мкг С/л), используют формулу

$$B_{\phi} = 15C_{\text{хл. .a.}}$$

Принимая, что сухая биомасса составляет примерно 0,1 сырой массы фитопланктона, можно рассчитать по хлорофиллу «а» сырую массу фитопланктона (мкг/л) по формуле

$$B_{\phi} = \frac{C_{\text{хл. .a.}} \cdot 1000}{2,5}$$

#### ОБОРУДОВАНИЕ

1. Счетчики Гейгера — Мюллера типа БФЛ-25, МСТ-17, Т-25.
2. Пересчетные установки П-100 (Волна), Д-100 (Тобол) или сцинтилляционный счетчик.
3. Батометр (неметаллический).
4. Продукционные склянки, ампулы для раствора изотопа (объемом 10—20 мл).
5. Держатели продукционных склянок или продукционные плитки.
6. Фильтр Зейтца или фильтровальная установка.
7. Насос Камовского вакуумный.
8. Мембранные фильтры.
9. Белый Диск.
10. Пинцет глазной.
11. Чашки Петри, 3—5 шт.
12. Дозатор или шприц с пипеткой.
13. Эмалированная кювета, 1 шт.
14. Эксикаторы, 2 шт.
15. Бюретка на 25 мл, колбы конические на 250 мл (3 шт.), стакан химический термостойкий объемом 0,5—1,0 л, 1 шт.
16. Электроплитка, 1 шт.
17. Коробка металлическая для хранения рабочих фильтров.
18. Газовая горелка, автоклав, стеклянные бюбировки на 25—50 мл.

#### РЕАКТИВЫ

1. Раствор изотопа  $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$  или  $\text{NaN}^{14}\text{CO}_3$ .
2. 40 %-ный нейтральный формалин
3. Концентрированный  $\text{HCl}$
4. Натронная известь, хлористый кальций безводный, сухая щелочь.
5. Хлористый барий ( $\text{BaCl}_2$ ).

6. 0,1 н NaOH, 0,5 н. HCl, раствор фенолфталеина, смешанный индикатор — метилрот + метилоранж + метиленблау (1:1:1).
7. Сцинтилляционная жидкость (при наличии сцинтилляционного счетчика).

## Глава 9. МЕТОДЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОД ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ

Важнейшим процессом, протекающим в водоеме, является круговорот органического вещества и отдельных элементов (азота, серы, фосфора, железа, марганца и др.), обусловленный в значительной мере жизнедеятельностью микроорганизмов. Органическое вещество в водсемах имеет двоякое происхождение. Часть его — аллохтонное органическое вещество — попадает извне с водотоками, а часть — автохтонное органическое вещество — образуется в самом водоеме в результате биосинтеза биомассы водными организмами, в первую очередь фотосинтезирующими и хемоавтотрофами. Состав микробного населения и характер микробиологических процессов в водоемах тесно связаны с экологическими факторами среды (температурным и газовым режимом, солевым составом, поступлением биогенных элементов).

Развитие и активность микрофлоры водоема зависит от степени его трофии и динамического равновесия органического вещества между иловым раствором и водной толщей. В природной обстановке микроорганизмы способны разрушать соединения естественного происхождения (целлюлозу, хитин, лигнин, гумус, фенолы и т. п.), а также искусственно созданные человеком вещества (ксенобиотики разного химического строения, ПАВ, полимеры и продукты их частичной деструкции). В ряде случаев вода обогащается специфическими группами микроорганизмов, использующими неприродные соединения. На этом основаны приемы биондикации загрязнений водной среды. Для оценки роли микроорганизмов водных сред обитания в поддержании гомеостаза в биосфере, индикации антропогенных загрязнений и детоксикации вредных веществ необходимо иметь сведения о качественном и количественном составе микрофлоры водоема и ее функциональной активности в среде обитания.

В отличие от почв и илов прямое микроскопирование воды позволяет обнаружить лишь одиночные клетки бактерий. Определение общего числа клеток и морфологического многообразия микрофлоры возможно лишь при концентрировании микроорганизмов с помощью фильтрационной техники. Это позволяет применить современную микроскопию (световую и электронную) для количественного учета микрофлоры. Использование питательных сред разного состава и степени обогащения энергетическими источниками дает возможность выявления соотношения между



специфическими и экологотрофическими группами микроорганизмов в водоемах. Важными элементами оценки активности микробного компонента биоценоза водоема являются: продукция бактериальной массы, сопоставление продукции гетеротрофных бактерий с первичной продукцией и скорость минерализации органического вещества.

### 9.1. ОТБОР ПРОБ ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Пробы для микробиологических анализов берут в тех точках и в те же сроки, которые намечены для общего гидробиологического исследования.

Обязательным условием микробиологических анализов водоемов является соблюдение стерильности. Стерильность отбора необходима при всех работах, связанных с посевами микроорганизмов на питательные среды. Поэтому с поверхности проба воды отбирается стерильной бутылкой, предварительно вымытой хромовой смесью для устранения со стенок органических веществ и бактериальных клеток, в горлышко бутылки вставляется ватная пробка с марлевой салфеткой, поверх них накладывается салфетка из жесткой бумаги и завязывается ниткой.

Вода из поверхностного горизонта реки или озера может быть отобрана с лодки. Для этого бутылка берется одной рукой у горлышка, другой рукой с нее снимается салфетка и вытаскивается пробка. Протянув руку на некоторое расстояние от лодки, бутылку погружают в воду на глубину 5—10 см. Отбор производят от носа лодки при ее слабом перемещении, чтобы в бутылку не попала вода, которая соприкасалась с бортами лодки. После наполнения часть воды выливается и сосуд затыкается той же стерильной пробкой.

Для отбора проб воды с глубины от 0 до 30 м используют бутылочный батометр (рис. 9.1). Перед отбором пробы в поддонье ставится стерильная бутылка, на плечи которой надвигается и закрепляется винтами хомутик. Из бутылки вынимается ватная пробка и на ее место вставляется резиновая с таким усилием, чтобы батометр висел на маленькой веревочке и в то же время пробка не выскакивала. Предварительно резиновая пробка тщательно обтирается и обжигается. В таком виде батометр опускается на нужную глубину, резким рывком основной веревки пробка выдергивается

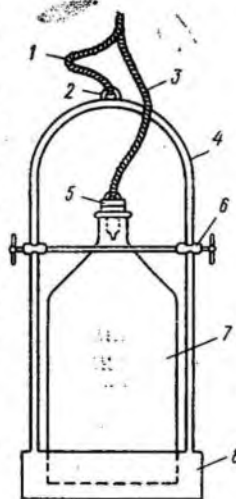


Рис. 9.1. Бутылочный батометр.

1 — трос для опускания бутылки; 2 — кольцо, к которому прикрепляется трос; 3 — бечевка, на которой прикрепляется пробка 5 к тросу; 4 — рама батометра; 6 — зажим для закрепления стерильного сосуда при отборе проб воды; 7 — стерильная бутылка емкостью 0,25—0,5 л; 8 — гнездо утяжеленной рамы батометра.

из бутылки и через полминуты батометр поднимается на поверхность. Бутылка снимается из поддонья, верхний слой воды сливается из горлышка, и бутылка закрывается той же ватной пробкой.

Посевы необходимо провести не позже 1 ч после взятия образцов воды или же через несколько часов при условии хранения проб при температуре 3—5 °С.

## 9.2. ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ УЧЕТА МИКРООРГАНИЗМОВ

При прямом микроскопировании образцов воды (особенно морской) обычно обнаруживают очень небольшое количество бактерий. Фильтрационная методика позволяет сконцентрировать организмы для определения их общего числа в единице объема, а также для визуализации морфологического многообразия. Может быть рекомендована следующая процедура фильтрации.

Мембранные фильтры диаметром 25 или 30 мм (в зависимости от размеров имеющегося в лаборатории прибора) с размером пор 0,2 мкм стерилизуют кипячением в течение 20—30 мин в дистиллированной воде в химическом стакане, закрытом крышкой чашки Петри. Затем влажные фильтры накладывают на стерильные бумажные кружки того же диаметра, вырезанные из фильтровальной бумаги и помещают их на сетки стерилизованных в автоклаве фильтров Зейтца или мембранные фильтры непосредственно в разъем стеклянного держателя на пластинку крупнопористого стеклянного фильтра. Образцы воды могут быть фиксированы добавлением нейтрализованного  $\text{BaCO}_3$  глутаральдегида в концентрации 0,1 % (по объему).

### 9.2.1. Учет микроорганизмов с применением световой микроскопии

В фиксированные образцы воды добавляют акридин-оранж (исходная концентрация рабочего раствора составляет 40 %) в концентрации 0,1 % (вес к объему) в 0,02 м трис-буфере ( $\text{pH} = 7,2$  при 20 °С). Конечная концентрация не должна превышать 0,01 % (вес к объему). После окрашивания в течение 3 мин образец воды фильтруют через мембранный фильтр под вакуумом (166,6 гПа). Мембранные фильтры извлекают из фильтрующего аппарата, помещают на каплю иммерсионного масла на предметном стекле. Вторую каплю масла наносят на мембранный фильтр сверху и прикрывают покровным стеклом. Фильтры следует беречь от высыхания. Препараты просматривают в люминисцентной микроскопе серии МЛ (МЛ-2 или МЛ-4), снабженном осветительной системой, включающей 100-ваттную ртутно-кварцевую лампу.

В работе используют фильтры ФС-1—2, ЖЗС-19, ЖС-18 и эпиобъективы, формирующие изображение в отраженных лучах. Бактерии на фильтре люминесцируют зеленым светом [1].

Другой вариант метода учета микроорганизмов в люминесцентном микроскопе предусматривает смыв стерильным буферным раствором или стерильной водой из анализируемого водоема биомассы микроорганизмов, осевшей на мембранных фильтрах, и последующий анализ суспензии. Смыв биомассы с одного фильтра производят в небольшом объеме воды (до 0,5 мл), либо в большом количестве воды (до 5 мл) при обработке нескольких фильтров. Полученные суспензии микроорганизмов могут быть с успехом исследованы в соответствии с методом, разработанным для почвенной микробиологии. Для изготовления препаратов на тщательно обезжиренное предметное стекло наносят микропипеткой 0,01 мл суспензии и равномерно распределяют микробиологической петлей на площади 4 см<sup>2</sup> (квадрат 2 × 2 см), на одном стекле можно изготовить 3 препарата. Целесообразно начертить на бумаге расположение квадратов в натуральную величину и потом накладывать на них предметные стекла для приготовления препаратов. Препараты высушивают на воздухе и после фиксации легким нагреванием пламени горелки окрашивают водным раствором акридина оранжевого в разведении 1 : 10000 2—4 мин. Избыток краски удаляют промывкой, погружая стекла на 10 мин в кювету или в стакан с водопроводной водой. Окрашенные препараты высушивают при комнатной температуре. Для микроскопирования на препарат наносят каплю воды и покрывают обезжиренным покровным стеклом. Препарат не должен содержать пузырьков воздуха. Лишнюю воду удаляют фильтровальной бумагой. Препараты просматривают в люминесцентном микроскопе МЛ-2 или МЛ-4 (фильтры ФС-1—2; ЖЗС-19; ЖС-18, объектив × 90 л, окуляры × 4, × 5). Для подсчета рекомендуется готовить два препарата (можно больше), и на каждом препарате подсчитывать светящиеся клетки микроорганизмов в пяти полях зрения. При использовании иммерсионного объектива используется не люминесцирующее иммерсионное масло. Его можно заменить аптечным парафиновым или вазелиновым маслом [4].

Количество микробных клеток, содержащихся в 1 мл суспензии, вычисляют по формуле

$$M = \frac{4aH}{p},$$

где  $M$  — количество клеток в 1 мл суспензии;  $a$  — среднее количество клеток в 1 поле зрения;  $p$  — площадь поля зрения, МКМ<sup>2</sup>;  $H$  — показатель разведения.

При подсчете бактерий важно не выбирать визуально поля для подсчета, а переходить к новому полю зрения, поворачивая микрометр столика на определенную величину. Следует избегать подсчитывать микроорганизмы в близко расположенных полях зрения. Следует также иметь в виду, что по мере эксплуатации источника света снижается яркость свечения. Поэтому желательно периодически проводить контрольный подсчет на другом микроскопе. Рекомендуется также пользоваться в течение всей серии

опытов сразу приготовленным раствором 0,1 %-ного акридина оранжевого в дистиллированной воде.

Третьим способом прямого светомикроскопического исследования микрофлоры воды и донных осадков является метод Виноградского обычно в модификации О. Г. Шульгиной. Суть метода заключается в том, что на предметное стекло одновременно с каплей суспензии (смытой с мембранного фильтра) наносят каплю 0,1 %-ного водного агара, очищенного от микробных клеток. Эту смесь распределяют при помощи покровного стекла на площади, равной 8 см<sup>2</sup>, препарат подсушивают, фиксируют над пламенем газовой горелки 95 %-ным этанолом или парами осмиевой кислоты. Затем окрашивают карболовым эритрозином (5 г карболовой кислоты и 5 г эритрозина на 100 мл воды). В зависимости от качества красителей окрашивание продолжается от 1 ч до суток. Во время окрашивания препараты следует беречь от высыхания. Поэтому их погружают в стаканчики с краской. Краску смывают, проводя препарат последовательно через 4—5 стаканов с водой. Препараты подсушивают и просматривают при использовании иммерсионного объектива. Количество клеток учитывается, как указано выше [4]. Расчет количества клеток проводят по формуле

$$M = \frac{A \cdot 8}{B \cdot V \cdot \Gamma},$$

где  $M$  — количество микроорганизмов в 1 мл суспензии;  $A$  — общее количество учтенных на стекле клеток;  $B$  — площадь поля зрения (МКМ<sup>2</sup>), определяемая при помощи объект-микрометра;  $V$  — объем нанесенной суспензии, мл;  $\Gamma$  — количество просчитанных полей зрения.

При наличии соответствующего оборудования и квалифицированных исполнителей дополнительно могут быть рекомендованы следующие методические приемы.

### 9.2.2. Учет микроорганизмов с применением электронной микроскопии<sup>1</sup>

Преимущество электронной микроскопии по сравнению со световой микроскопией связано прежде всего с высоким разрешением (до 2—5·10<sup>-6</sup> мкм). Разрешение световых микроскопов примерно в 2000 раз слабее (0,2 мкм). Достигается также очень большое увеличение (более 100 000 раз). Обычно работают при увеличениях в интервале от 5000 до 20 000. Это позволяет уверенно идентифицировать любые биологические структуры: от клеток микроорганизмов до фагов. Одним из основных недостатков электронной микроскопии является неотличимость живых и мертвых клеток микроорганизмов. Следует отметить, что в настоящее время от-

<sup>1</sup> Использование методов электронной микроскопии рекомендуется для исследовательских работ.

сутствуют какие-либо иные методы (включая часто упоминаемую люминесцентную микроскопию), позволяющие уверенно отличать живые клетки от мертвых.

Для качественного анализа микрофлоры, в частности выявления морфологического многообразия клеток в суспензиях, полученных при смыве фильтров (см. выше), в образцах нестойкой клетки мелких водоемов, в илистых отложениях может быть использован метод «теплового прикрепления» (рис. 9.2). Для этого

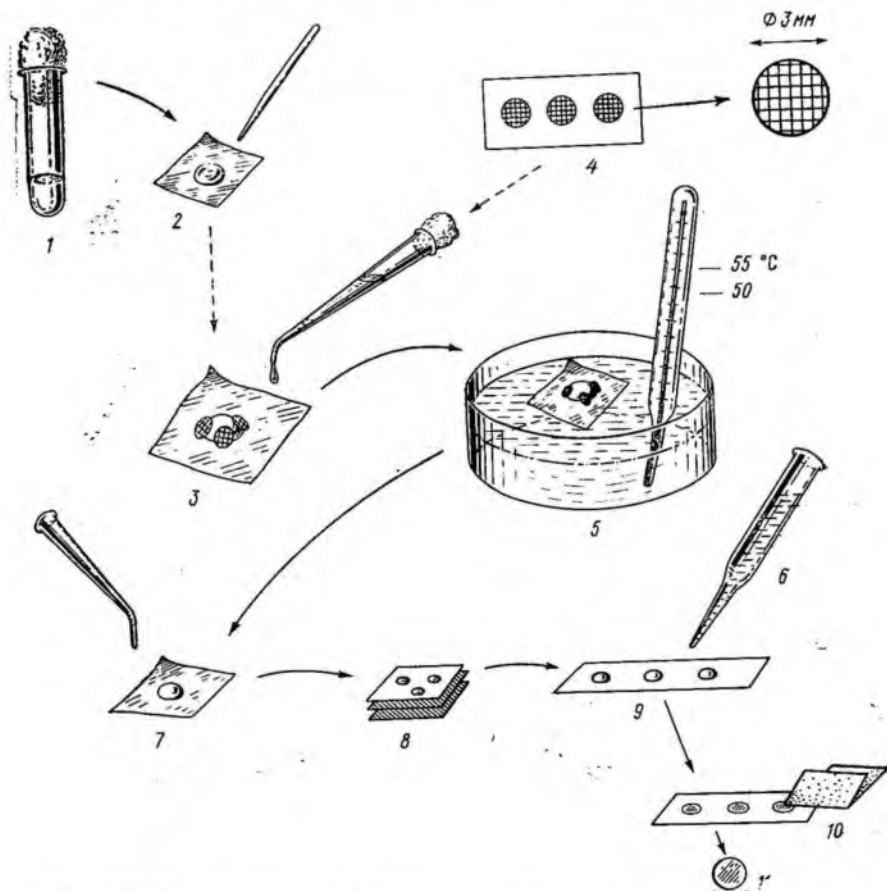


Рис. 9.2. Метод теплового прикрепления для анализа качественного состава микрофлоры в электронном микроскопе.

1 — суспензия клеток; 2 — нанесение на фольгу; 3 — сетки на капле суспензии; 4 — предметные сетки; 5 — водяная баня, нагревание 3—5 минут; 6 — ФВК; 7 и 8 — удаление избытка суспензии; 9 — окраска; 10 — удаление ФВК; 11 — электронный микроскоп.

изготовления препаратов каплю суспензии микроорганизмов наносят на пластинку из алюминия (толщина 0,2—0,3 мм) размером 3×3 см (см. рис. 1). Нижнюю часть пластинки смазывают вазе-

линовым маслом. Один угол пластинки загибают. На каплю суспензии лицевой стороной накладывают 2—3 предметные сетки (обычно диаметр сетки равен 3 мм) с ранее нанесенной формваровой или коллодиевой пленкой (рис. 2). Пластинку с каплей и сетками помещают на поверхность воды, нагретой до 60—65 °С, и выдерживают в течение 3—6 мин. Затем снимают пластинку. Пинцетом с острыми концами снимают сеточки и снова лицевой частью их кладут на стопку фильтровальной бумаги для удаления избытка суспензии. Затем препарат окрашивают 1 %-ным водным раствором (рН = 6,9...7,0, доводят КОН) фосфорновольфрамовой кислоты (ФВК) и наносят микропипеткой капли ФВК на лицевую сторону предметных стекол. Окрашивание длится 3—6 мин., после чего избыток ФВК оттягивают с краев фильтровальной бумагой. Готовые препараты просматривают в том электронном микроскопе, который доступен исследователю. Фотографирование более целесообразно производить при аппаратурном увеличении в интервале  $\times 5000$  —  $\times 15000$ .

Количественный учет микроорганизмов в электронном микроскопе требует большей точности, чем качественный. Капли водной суспензии микроорганизмов наносят на предметные сетки с формваровой или коллодиевой (перлодиевой) пленкой-подложкой (см. выше). Для нанесения капель используют стерильные микропипетки объемом 0,1 мл с оттянутым в капилляр концом. Перед отбором суспензии концы пипеток покрывают очень тонким слоем стерильного вазелина с помощью стерильной фильтровальной или папиросной бумаги. Жировой слой препятствует затеканию на нижнюю часть пипетки и образованию капли избыточного объема. Для изготовления препаратов отбирают сетки с одинаковыми площадями полей зрения (диаметр сетки — 3000—3400 мкм; сторона квадрата одного окошка — 30 мкм) при просмотре в бинокулярной лупе (МБС-1).

На сетку наносят капли объемом 3—8 мкл. При нанесении капли пипетку следует держать под углом 30—40° к плоскости. Капля, сформированная на кончике пипетки не переливается, а падает на сетку, образуя небольшую сферу, не выходящую за край сетки (см. рис. 9.2). Нестандартные препараты выбрасывают. После полного высыхания капель препараты окрашивают ФВК (см. выше) и анализируют в электронном микроскопе. Для каждого варианта опыта подготавливают 10—20 сеток. Рекомендуется сетки с препаратами помещать либо в специальные боксы с гнездышками для сеток, либо на фильтр с пронумерованными квадратами в чашку Петри, что облегчает заполнение паспорта на каждую сетку, где указан номер, диаметр сетки, размер окошек и объем нанесенной капли. На каждой сетке производят подсчет количества микробных клеток в возможно большем числе полей зрения. Просмотр и подсчет следует производить по определенному порядку. Например, окошки и объекты в каждом поле следует просматривать с левого края сетки (или с левой стороны квадрата) и далее по часовой стрелке (точнее по спирали) до

центра сетки. Количество микробных сеток удается без особых затруднений учесть в среднем в 10—30 окошках (из 100) на каждой сетке. Трудности для учета возникают в тех случаях, когда скопление почвенных частиц оказывается значительным по размеру (3—4 мкм и более) и может маскировать клетки.

Число клеток, обнаруженных в каждом окошке, при учете площадей полей зрения, сетки в целом и объема капли, нанесенной на сетку, позволяют рассчитать количество клеток в 1 мл суспензии. Для расчета количества микробных клеток предложена следующая формула

$$M = \frac{nR^2}{a^2Vp},$$

где  $M$  — количество клеток микроорганизмов в 1 мл суспензии;  $n$  — количество микроорганизмов в одном квадрате (среднее арифметическое);  $R$  — радиус сетки, МКМ;  $a$  — сторона квадрата, МКМ;  $V$  — объем капли, мл;  $p$  — разведение суспензии, когда это необходимо.

Для получения достоверных данных необходима вариационно-статистическая обработка материала, позволяющая установить ошибку средней арифметической, разброс рассчитанных величин, точность и надежность опытов.

### 9.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ БАКТЕРИЙ

Эта задача, представляющаяся обычно простой, по мере совершенствования методов и расширения знаний о микробном мире становится все более труднорешаемой. Это связано прежде всего с двумя обстоятельствами: во-первых, морфология клеток не ограничивается формой шара и палочки, клетки имеют вид звезд, многоугольников, нитей, гирлянд и т. д.; во-вторых, традиционно используемое понятие «общее число микроорганизмов» стало синонимом всей суммы реально обитающих в исследуемом образце воды бактерий и вообще микроорганизмов, что неверно. Поэтому в практической работе следует учитывать ограниченность существующих методов учета состава и особенно числа микроорганизмов в природных субстратах. Так называемое «общее число микроорганизмов» следует понимать лишь как «максимально анализируемое количество» (МАК) микроорганизмов, учтенных и рассчитанных при использовании конкретного комплекса приборов, например, применение электронного микроскопа.

#### 9.3.1. Учет микроорганизмов с применением питательных сред

**9.3.1.1. Методы стерилизации.** Посуда, используемая для микробиологических анализов, должна быть очищенной от загрязняющих веществ и стерильной.

Моют посуду горячей водой ершами с мылом, содой или стиральным порошком. Наиболее надежным является удаление за-

грязнения с помощью хромовой смеси (50 г двуххромовокислого калия на 1 л воды и 100 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты; смесь готовят в фарфоровой кружке; следует одевать защитные очки и резиновые перчатки и фартук). Пользоваться хромовой смесью надо осторожно. Для очистки посуды ее заполняют хромовой смесью или погружают в смесь, налитую в толстостенный стеклянный кристаллизатор и оставляют на небольшое время (15—30 мин и более).

Затем посуду вынимают из хромовой смеси или выливают последнюю и промывают водопроводной водой очень тщательно. Для полного удаления следов хромовой смеси посуду (пробирки, колбы) отмывают водой, наполняя ее и сливая полный объем сосуда не менее 15 раз. Затем споласкивают посуду дистиллированной водой (2—3 раза) и сушат в сушильном шкафу.

Сухую чистую посуду подготавливают к стерилизации следующим образом: колбы и пробирки закрывают ватными пробками; пипетки с широкого конца закрывают маленьким комочком ваты, проталкивая его внутрь на глубину 3—5 мм от края, и заворачивают в полоски папиросной бумаги, закручивая ее спирально, закрывают бумажным колпачком и завязывают ниткой; чашки Петри заворачивают в оберточную бумагу по 2—3 штуки; стеклянные шпатели тоже помещают в бумажные пакеты. Чашки Петри и пипетки можно для стерилизации помещать в специальные металлические пеналы и банки, а также стерилизовать в медицинских бюксах.

Для приготовления ватных пробок для колб и пробирок берут длинный плоский кусок ваты, загибают края и скатывают валиком, а затем прокатывают между ладонями, вносят пробку в небольшой квадратик марли и завязывают ее углы на верхней части пробки. Колбы с пробками и пакеты пробирок (по 20—50 шт.) с пробками покрывают бумажными колпачками и обвязывают шпагатом.

Посуду стерилизуют сухим жаром при температуре 140 °С в течение 2 ч (при 160 °С — 1 ч) в специальных стерилизаторах или в сушильных шкафах.

Металлические шпатели, иглы, петли, предметные и покровные стекла стерилизуют прокаливанием или проведением (стекла) через пламя спиртовки или газовой горелки.

#### 9.3.1.2. Стерилизация посуды и сред. Стерилизация паром.

Питательные среды, используемые при работе по данным методикам, стерилизуют в автоклаве при 120 °С 20 мин. В автоклаве стерилизуют также воду для разведений, резиновые предметы (пробки, трубки), металлические инструменты, при необходимости и посуду. Среда стерилизуют в небольших сосудах (склянках или колбах объемом не больше 1 л), и заполняются они средой не больше чем на 1/3 объема. На колпаках, закрывающих колбы, простым карандашом пишут название среды. Пробирки с приготовленной водопроводной водой для разведений (или физиологическим раствором — на 1 л дистиллированной воды 6,5 г NaCl)



помещают по 10—15 штук в металлические банки с ватной прокладкой на дне и обертывают сверху плотной бумагой. Резиновые пробки заворачивают в плотную бумагу.

Поставив приготовленные для стерилизации предметы в автоклав на подставку, закрывают герметически его крышку. При этом трубку, выводящую пар, оставляют открытой и начинают нагревать котел. Вода через некоторое время начинает кипеть, пар вытесняет воздух из котла через свободное отверстие. Когда весь воздух вытеснится паром, закрывают выходное отверстие. Чтобы узнать, весь ли воздух вытеснен, следует пропускать выходящую струю пара и воздуха через холодную воду. Пока в котле есть воздух, струя с сильным треском проходит через воду, один пар не дает такого звука. Как только выход пара прекращен, манометр начинает показывать увеличение давления, которое доводят до 101 кПа. Затем уменьшают нагревание прибора настолько, чтобы давление оставалось на одном уровне и сохраняют его 20 мин. После этого прекращают нагревание, давление постепенно падает и, когда оно дойдет по манометру до 0, открывают кран, выводящий пар. Как только пар выпущен, отвинчивают крышку. (Если не дожидаться падения давления, а раньше этого открыть крышку, то пробирки в сосудах с жидкими средствами становятся мокрыми). Предметы вынимают через некоторое время после окончания стерилизации, дождавшись подсушивания бумаги и пробок.

Для обеззараживания воздуха в помещении, где производится микробиологические анализы, пользуются бактерицидными лампами, облучая помещение в течение 20—30 мин. Перед работой стол, на котором размещаются чашки, среды и производится посев, необходимо тщательно протереть ваткой, смоченной спиртом. Руки протереть также спиртом и дать высохнуть.

### 9.3.2. Техника посева и культивирование микроорганизмов

Выделение микроорганизмов и их учет в водоемах производится высевом проб в жидкие и агаризованные питательные среды разного состава (см. приложение 18).

При посеве культур, пассивировании их, пробирки со средой следует держать наклонно, почти горизонтально. Посев в жидкие среды производят пипетками с суспензией микроорганизмов или пробами воды.

В чашки Петри с агаризованными средами посевы производят глубинным способом или рассевом по поверхности. Агаризованные среды нужного состава разливают предварительно по чашкам (примерно по 20 см<sup>3</sup> на 1 чашку) и оставляют до остывания. При применении глубинного способа в чашку вносят 0,1 см<sup>3</sup> пробы воды или пробы, предварительно разбавленной стерильной водой в 10, 100 и 1000 раз и заливают теплым агаром (температурой примерно 40 °С), перемешивая пробу с агаром круговыми вращениями чашки по столу. При рассеве по поверхности агара на

слой застывшей среды наносят  $0,1 \text{ см}^3$  пробы в соответствующем разбавлении и растирают шпателем, равномерно распределяя суспензию по агаровой пластинке. Обычно для каждого разведения используют 3—4 параллельных чашки. Высевы дублируют 2—3 раза (повторности). Следует помнить, что при разбавлении проб, разливке сред пробки из пробирок и колб следует вынимать и вновь закрывать ими колбы и пробирки, проводя их и горлышки колб и пробирок через огонь горелок. При разливке сред в чашки и отсеиве проб надо как можно меньше открывать крышки.

Засеянные чашки, колбы и пробирки выдерживают в термостате при температуре в пределах от  $30$  до  $35^\circ\text{C}$ . Реже для анализа микрофлоры водоемов необходима более высокая или низ-

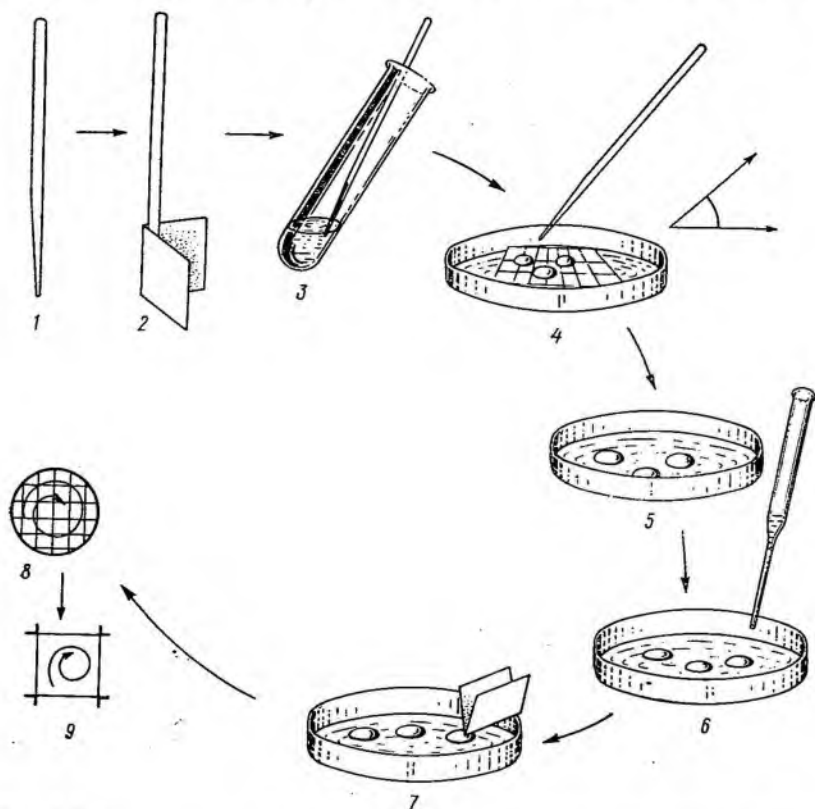


Рис. 9.3. Последовательность операций для количественного учета микроорганизмов в электронном микроскопе.

1 — микропипетка, 2 — смазывание вазелином, 3 — суспензия, 4 — нанесение суспензии на клетку, 5 — подсушивание препарата, 6 — окраска препарата, 7 — удаление ФВК, 8 и 9 — учет в электронном микроскопе, 9 — отдельное окошко.

кая температура инкубации. После прорастания колоний микроорганизмов производится их подсчет. Время инкубации для учета разных групп микроорганизмов оказывается разным.

**9.3.2.1. Учет эвтрофных (сапрофитных) бактерий.** Для учета используется питательный агар МПА (см. рецепты).

Перед посевом восковым карандашом или фломастером на крышках стерильных чашек Петри делается надпись с указанием номера станции, количества высеянной воды (в миллилитрах) и даты (см. приложение 19).

Из каждой пробы воды для посевов должно быть использовано не менее двух различных разведений (заранее намеченных). Из каждого разведения посеvy должны быть произведены не менее чем в две чашки. Разведение подбирается с таким расчетом, чтобы на чашке росло не меньше 40 и не больше 100 колоний бактерий. Из чистых водоемов для посевов можно брать 0,1—1 мл воды. Для посевов из загрязненных участков ее берется от 0,01 до 0,0001 и 0,00001 мл, для чего необходимо применять разведение согласно схеме рис. 9.3. Например, если в водоеме ожидается несколько тысяч сапрофитных бактерий в 1 мл воды, необходимо посеять 0,01 мл воды, для чего использовать I (0,1 мл воды) или II разведения (1 мл). При количестве сапрофитных бактерий, доходящих до сотен тысяч в 1 мл воды, следует посеять 0,0001 мл ее, для чего использовать III (0,1 мл) или IV разведение (1 мл) и т. д. Подсчет числа колоний производится на 5—7-й день инкубации.

**9.3.2.2. Учет олиготрофных бактерий.** Производится как указано в п. 9.3.2.1. В качестве питательной среды рекомендуется использовать агаризованную воду из анализируемого водоема. В среду вносить 1,5—2 % агара. Учет следует производить после 7—10 дней инкубации засеянных чашек при температуре 30 °С. Подсчет колоний надо проводить под лупой при увеличении в 8—16 раз.

## 9.4. УЧЕТ ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ

### 9.4.1. Углеводородокисляющие бактерии

При наличии резко выраженного нефтяного загрязнения или сбросе сточных вод, содержащих в большом количестве нефтепродукты, целлюлозу, фенолы, серусодержащие соединения, делают посеvy на специализированные среды, позволяющие судить о развитии микроорганизмов, разрушающих эти соединения.

Учет углеводород- и нефтеокисляющих бактерий производят следующим образом. Простерилизованную минеральную среду Диановой — Ворошиловой (см. приложение 20) разливают на  $\frac{1}{3}$  в стерильные склянки из-под пенициллина<sup>1</sup> (примерно 4—5 мл) и добавляют 4—5 капель нефтепродукта (0,05 мл), прости-

<sup>1</sup> Для посевов возможно также употребление биологических пробирок. В обоих случаях используются ватные пробки.

рилизированного в запаянных ампулах<sup>1</sup>. Обычно используют нефть, мазут, соляровое или машинное масло, дизельное топливо. На склянках надписывают номер станции, объем засеваемой воды и дату. Затем производят посев обычно от 0,1 до 0,0000001 мл воды (т. е.  $10^{-7}$ ).

Склянки ставят в термостат при температуре 30 °С и наблюдают за изменениями среды на 3, 7 и 14-й день. Отмечают помутнение, образование пленки, осадка, окрашивание среды.

Запись ведут по форме, изложенной в приложении 21.

В качестве конечного результата записывают максимальный титр бактерий, при котором наблюдаются изменения среды. Например, если при посеве от 0,1 до 0,0000001 мл воды развитие бактерий отмечено до разведения 0,00001 мл воды, то в качестве конечного результата записывают титр  $10^{-5}$ , что соответствует примерному содержанию нефтеокисляющих бактерий в 100000 клеток в 1 мл. воды.

#### 9.4.2. Сульфатредуцирующие бактерии

Посев производят из придонной воды или ила на твердую среду Кравцова — Сорокина (см. приложение 22). В стерильные пробирки в зависимости от ожидаемого количества бактерий разливают от 1 до 0,001 мл испытуемой воды, заливают подготовленной средой, закрывают стерильными резиновыми пробками и ставят в стакан с холодной водой. После затвердения помещают в термостат при температуре 30 °С и через 3—4 недели считают выросшие темные колонии. Пересчет производится на 1 мл воды. Запись результатов ведут по форме, показанной в приложении 23.

#### 9.4.3. Фенолокисляющие бактерии

Посев производят на среду Егоровой (см. приложение 24), заранее разлитую в пенициллиновые склянки. Объем засеваемой воды от 1 до 0,0001 мл. Форма записи и просмотр посевов, как при учете нефтеокисляющих микроорганизмов (см. приложение 20).

#### 9.4.4. Липолитические бактерии

Эта группа микроорганизмов характеризует интенсивность разрушения промежуточных продуктов распада нефти.

Для их определения применяется двуслойная агаризованная индикаторная среда следующего состава:

<sup>1</sup> Ампулы можно приготовить из биологических пробирок, оттянув с перетяжкой на пламени газовой горелки их концы. Ампулы заполняют на  $\frac{1}{2}$  имеющимся нефтепродуктом и запаивают в месте перетяжки. Подготовленные таким образом ампулы стерилизуют 20 мин в автоклаве при давлении 101 кПа или кипятят в водяной бане 3 дня подряд по 1 ч.

Дистиллированная вода . . . . .	1 л	$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ . . . . .	2,0 г
$\text{K}_2\text{HPO}_4$ . . . . .	1 г	$\text{NaCl}$ . . . . .	0,1 г
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	0,3 г	pH среды . . . . .	7,6
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	0,1 г		

В качестве органического вещества используют оливковое масло. Масло и среду стерилизуют отдельно и затем приливают в каждую пробирку каплю оливкового масла. Пробы воды (объемы указывались ранее) выливают на агаризованную двуслойную среду, и после вырастания колоний количество липолитических бактерий учитывают по числу колоний с измененной окраской под ними: с голубой и зеленой на желтую.

Нижний слой среды состоит из 1 л воды из водоема, мясо-пептонного агара (30 г) и 0,1 индикатора. Индикатор (бромкрезоловый зеленый, бромкрезоловый красный или нильский голубой) растирают в ступке с МПА до получения однородной массы. Затем компоненты смешивают, стерилизуют в автоклаве при давлении 101 кПа и стерильно разливают по чашкам.

Верхним слоем может служить любая среда, пригодная для роста липолитических бактерий. Верхний слой стерилизуют в автоклаве при давлении 101 кПа и стерильно выливают на застывший нижний слой агара. Затем сеют суспензии микроорганизмов, содержащихся в разбавленных пробах воды.

#### 9.5. УЧЕТ МИКРООРГАНИЗМОВ МЕТОДОМ ПРОРАЩИВАНИЯ МЕМБРАННЫХ ФИЛЬТРОВ НА АГАРИЗОВАННЫХ СРЕДАХ

Сущность метода заключается в том, что пробы воды (объем зависит от типа водоема и степени его эвтрофикации) фильтруют через прокипяченные в дистиллированной воде мембранные фильтры № 1 или 3. Затем фильтры стерильно раскладывают на поверхности агаризованных сред для проращивания осевших на фильтрах микроорганизмов. После инкубации в течение 3—5 дней подсчитывают общее количество колоний, выросших на поверхности мембранного фильтра.

Перед употреблением мембранные фильтры кипятят в воде в течение 5—10 мин. Фильтры с дефектами отбрасывают. Металлические детали фильтра Зейтца стерилизуют обжиганием, обтеков предварительно 96 %-ным спиртом.

Порядок операций при стерилизации аппарата Зейтца:

- 1) разобрать аппарат,
- 2) протереть ватой со спиртом и обжечь подставку и цилиндрический корпус,
- 3) протереть ватой со спиртом и обжечь воронку, держа ее за резиновую пробку,
- 4) прокалить сетку-подложку, удерживая ее пинцетом,
- 5) вставить основание прибора в колбу Бунзена, вложить прокаленную сетку, быстро положить на сеточку пинцетом мембранный фильтр, установить цилиндрический корпус и завинтить соединительную гайку.

Все операции выполнять быстро вблизи или под пламенем горелки.

Затем прибор закрывают крышкой. Отросток колбы Бунзена присоединяют вакуумным шлангом к вакуумному насосу (или насосу Камовского) и отфильтровывают пробу воды до полного удаления последней. Прибор разбирают, фильтр с осевшими клетками и детритом вынимают прокаленным пинцетом и тыльной частью кладут на агаризованную пластинку в чашку Петри на среду нужного состава. В каждую чашку укладывают по 3—4 фильтра. После инкубации при температуре 27—30 °С в течение 3—5 суток учитывают число проросших колоний. Лучше это делать с помощью настольной лупы типа МБС-1.

#### 9.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ГЕНЕРАЦИИ БАКТЕРИЙ И ПРОДУКЦИИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ БИОМАССЫ

Для представления об истинной продукции биомассы микроорганизмов и их роли в превращении веществ в водоеме надо знать скорость их нарастания, отмирания и выедания зоопланктоном.

Определение времени удвоения численности бактерий (времени генерации) производится при использовании метода, предложенного А. С. Разумовым для бактерий, растущих на МПА (группа эвтрофов, или «сапрофитных» бактерий), и метода М. В. Иванова для учета общего количества бактерий в водоемах [2.6]. Сущность метода состоит в следующем.

Пробу воды, отобранную батометром (1 л), переносят в стерильную колбу. От нее отбирают 10 мл в стерильную пробирку и проводят учет количества бактерий прямым методом на мембранных фильтрах (по Разумову, см. п. 4.3). 500 мл пробы воды фильтруют в стерильную колбу через прокипяченный мембранный фильтр № 6 (размеры пор равны 7 мкм) для удаления фитопланктона. 250 мл отфильтрованной воды вносят в стерильную склянку с притертой пробкой вместимостью около 300 мл и помещают ее в водоем на 8 ч так, чтобы условия освещения и температуры были близки к природным. По окончании опыта из склянки отбирают пипеткой воду (по 10—20 мл) в две пробирки. В одну добавляют формалин. Затем воду фильтруют через мембранный фильтр и определяют число бактерий прямым методом. Из второй пипетки делают высев на МПА в чашки Петри.

Время генерации бактерий  $g$  (в часах) рассчитывают по формуле

$$g = \frac{t \lg 1,8}{\lg B - \lg b},$$

где  $b$  — исходное число бактерий,  $B$  — количество бактерий в конце опыта,  $t$  — продолжительность опыта, ч.

Одновременно определяется продукция бактерий. Для этого 250 мл нефильтрованной воды из того же батометра выдерживают

в течение времени  $t$  в идентичных условиях и затем определяют исходное  $b'$  и конечное  $B'$  количество бактерий в естественной нефльтрованной воде во время опыта методом прямого счета. Расчет часовой продукции бактериальной массы производят по формуле Иванова

$$y = \frac{b'}{g} + \frac{b' - B'}{t},$$

где  $g$  — время генерации, ч;  $t$  — продолжительность опыта, ч.

## 9.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА КИСЛОРОДНЫМ МЕТОДОМ

### 9.7.1. Ход определения деструкции органического вещества кислородным методом

1. Воду для анализа с того или иного горизонта отбирают батометром, и из каждого батометра заполняют четыре склянки с притертыми пробками (пикнометры) (объемом от 50 до 500 мл в зависимости от торфистости водоема). Заполнение склянок производят через сифон. При этом резиновые трубки опускают до дна склянки и начинают заполнять склянку, избегая попадания в пробу пузырьков воздуха. Перед закрыванием склянки пробкой сливают  $\frac{2}{3}$  объема воды.

2. В двух пикнометрах сразу после заполнения пробой исследуемой воды зафиксировать кислород. Для этого открыть пробку и добавить по 1 мл 40 %-ного  $MnCl_2$  и 32 %-ного  $NaOH$  + 10 %-ного  $KI$  растворов, закрыть пробку и тщательно перемешать содержимое (путем переворачивания склянки). После этого поместить склянку в темноту на 1 ч для отстаивания осадка (в случае необходимости зафиксированную пробу можно хранить в темноте 24—28 ч).

3. Оставшиеся две склянки помещают в темный мешок и инкубируют в водоеме (на той же глубине, с которой были отобраны пробы воды, в случае большой разницы температур или в поверхностном горизонте при гомотермии). Время инкубирования выбирается исходя из температуры воды и содержания органического вещества в ней. Например, в эвтрофных водоемах время инкубирования может быть 6—12 ч, а в мезотрофных 12—24 часа. В том случае, если температура воды очень низкая, время инкубирования может быть значительно увеличено.

4. После экспозиции в склянках фиксируют кислород способом, описанным в п. 2.

5. Для определения концентрации кислорода в каждую склянку добавить 2 мл 20 %-ной  $H_2SO_4$  и взболтать осадок. После полного растворения осадка отобрать пипеткой 50 мл пробы воды и оттитровать 0,02 %-ным раствором гипосульфита  $Na_2S_2O_3$  в присутствии 1 мл свежеприготовленного раствора крахмала.

6. Так как титр гипосульфита с течением времени изменяется, вводят поправку  $K$  к раствору гипосульфита, применяя точно приготовленный 0,02 %-ный раствор  $K_2Cr_2O_7$ . Для определения поправки в отдельную колбу добавляют 2 мл  $KI$ , 3 мл  $H_2SO_4$ , затем 20 мл 0,02 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$  и оттитровывают гипосульфитом в присутствии крахмала в качестве индикатора. Поправку рассчитывают по формуле

$$K = \frac{20K_2Cr_2O_7}{m Na_2S_2O_3},$$

где  $m$  — количество (мл) гипосульфита, пошедшее на титрование, 20 — в мм.

7. Расчет концентрации кислорода (мг/л) проводят по формуле

$$O_2 = \frac{n \cdot K \cdot 0,08 \cdot 1000}{V},$$

где  $K$  — поправка к титру гипосульфита,  $n$  — количество (мл) тиосульфата, пошедшего на титрование,  $n$  — нормальность тиосульфата, 8 — эквивалентная масса кислорода,  $V$  — объем титрованной пробы, 1000 — пересчет на 1 л пробы.

### 9.7.2. Оформление результатов

Потребление кислорода на деструкционные процессы рассчитывается по формуле

$$O_d = O_n - O_t,$$

где  $O_d$  — деструкция органического вещества, мг  $O_2/(л \cdot сут)$ ;  $O_n$  — исходное содержание кислорода в пробе  $H_2O$ , мг  $O_2/л$ ;  $O_t$  — содержание кислорода в пробе воды после инкубирования в расчете на сутки, мг  $O_2/л$ .

Результаты могут быть пересчитаны на единицы углерода, если учесть, что на каждый миллиграмм потребленного в процессе фотосинтеза углерода выделяется 2,7 мг  $O_2$ .

### ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Автоклав.
2. Сушильный шкаф на температуру 200 °С.
3. Весы технические.
4. Сумка-холодильник.
5. Микроскоп с иммерсионным объективом и осветителем.
6. Бутылочный батометр.
7. Термометры для температуры до 300 °С.
8. Термометры для температуры до 50 °С в оправе.
9. Фильтровальная установка.
10. Спиртовая или газовая горелка.
11. Штативы для пробирок.



12. Бутылки для отбора проб объемом 100—200 мл.
13. Чашки Петри.
14. Пробирки средние.
15. Колбы объемом 0,2, 0,5, 1 и 2 л.
16. Пипетки градуированные объемом 1 и 2 мл.
17. Пипетки градуированные объемом 5 и 10 мл.
18. Предметные стекла.
19. Мембранные фильтры.
20. Кюветы эмалированные.
21. Ведра эмалированные объемом 2—5 л.
22. Кастрюли эмалированные объемом 2—5 л.
23. Тазы.
24. Пинцет, скальпель, ножницы.
25. Вата.
26. Марля.
27. Фильтровальная бумага.
28. Оберточная бумага.
29. Папиросная бумага для пипеток.
30. Шпагат.
31. Карандаши по стеклу.
32. Иммерсионное масло.
33. Мясо-пептонный агар (готовый).
34. Агар-агар.
35. Мясные бульонные кубики (при отсутствии МПА).
36. Мясо без жира (при отсутствии готового МПА).
37. Пептон.
38. Эритрозин.
39. Дистиллированная вода.
40. Спирт.

## **Глава 10. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

Важное место в контроле качества вод занимают наблюдения за состоянием высшей водной растительности, которая чутко реагирует на изменение окружающей среды; так, при загрязнении водоемов изменяется видовой состав, биомасса и продукция фитопланктона, возникают морфологические аномалии, происходит смена эдификаторов. Отсюда при контроле качества воды и донных отложений особое внимание уделяется видовому составу высшей водной растительности, ее обилию, фитомассе, жизнеспособности, аномалиям, продолжительности фазов, фитомассе, жизнеспособности, аномалиям, продолжительности фазов и проективному покрытию [1]. Значение высшей водной растительности очень велико при рекогносцировочном гидробиологическом осмотре водных объектов, проводимом с целью экологически обоснованного размещения постоянных пунктов контроля загрязнения [2].

Приступая к рекогносцировочному и гидробиологическому обследованию водоема или водотока исследователь прежде всего должен обращать внимание на водные растения, которые либо возвышаются над водой, оконтуривая берега непрерывной или прерывистой полосой различной ширины, либо пронизывают толщу воды. Видимые глазом зеленые растения получили название «макрофиты». Нередко этот термин отождествляется с понятием «высшие водные растения». Но это не совсем точно, так как к макрофитам, наряду с цветковыми и высшими споровыми растениями, относятся и харовые водоросли.

Водные растения и образованные ими группировки в настоящее время привлекают к себе повышенное внимание широкого круга исследователей в связи с усиливающимся процессом эвтрофирования водоемов в качестве источника органического вещества для сельского и рыбного хозяйства и для промышленных целей.

Своеобразие условий развития макрофитов в водной среде затрудняет их изучение. По этой причине краткой характеристике основных особенностей развития водных растений и строения их сообществ и описанию основных методов изучения водной растительности и посвящена настоящая глава. Кроме того, в приложении 28 дана характеристика наиболее распространенных водных растений. Более подробно с методикой полевого изучения водных растений и обобщения собранных материалов можно познакомиться в книге В. М. Катанской [18].

## 10.1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

### 10.1.1. Эколого-биологические группы (биоморфы)

При изучении растительности водоемов исследователь имеет дело с растениями, разными по экологии по отношению к водному фактору: гидрофитами — настоящими водными растениями, полностью или большей частью погруженными в воду, гигрофитами — растениями избыточного увлажнения — и мезофитами — растениями достаточного (среднего) увлажнения. Переходной группой между ними являются гидрогигрофиты — водно-болотные (земноводные) растения, или гелофиты. Они занимают как водные, так и увлажненные местообитания на берегах.

Влаголюбивые растения — гигрофиты, а часто и мезогигрофиты — являются обычными компонентами растительных сообществ прибрежной зоны. Они широко развиты на озерных сплавинах, на заболоченных и сильно увлажненных (мокрых) низменных участках берегов, где линия уреза воды часто бывает неясна, на кочках или в воде на небольшой глубине среди зарослей растительности у берега. Некоторые из гигрофитов, как, например: омежник водяной (*Oenanthe aquatica*), щавель морской (*Rumex maritimus*), некоторые осоки (*Carex rostrata*, *C. vesicaria*), клуб-

некамыш морской (*Sagittaria maritima*) образуют в водных условиях хорошо выраженные устойчивые ценозы, существующие долговременно в воде.

Во флоре водоемов и водотоков Советского Союза насчитывается более 200 видов высших водных растений. К флоре водоемов следует относить настоящие водные растения — гидрофиты, водно-болотные (земноводные) растения, гелофиты, постоянно растущие в воде, и те из влаголюбивых растений — гигрофитов, которые обитают среди зарослей гелофитов, в приурезовой полосе водоемов, на сплавинах, мокрых и заболоченных берегах водоемов или в воде. К собственно водной флоре какого-либо водоема относятся только гидрофиты, гелофиты и те из гигрофитов, которые в воде дают устойчивые длительно существующие группировки.

В общем списке флоры водоема необходимо иметь два раздела (списка): список водной флоры водоема и список его гигрофильной флоры.

Водные растения являются вторичноводными организмами — приспособившимися к жизни в водной среде наземными растениями. Виды их относятся к самым разнообразным и отдаленным друг от друга семействам. Большинство из них широко распространены, а некоторые почти космополиты или космополиты. В основном это корневищные многолетники, отличающиеся достаточно широкой экологической амплитудой, могущие расти в самых разнообразных и крайних условиях, способные жить как в пресных, так и в солоноватых водах, в водной среде и в виде наземных форм, более или менее длительное время существовать на суше, на сырых местах. Однолетних видов среди водных растений сравнительно небольшое число. Большинство водных растений цветет и плодоносит над водой. Растений, у которых цветы и плоды развиваются под водой, немного. Кроме генеративного способа размножения, часто подавленного, у них широко развито вегетативное размножение при помощи корневищ, частей стеблей, почек и т. д. Некоторые из них размножаются только вегетативным путем.

Водные растения по морфологическим (формам роста) и эколого-биологическим особенностям, выработавшимся у них в процессе приспособления к жизни в водной среде, объединяются в следующие экологические типы [39, 40, 44].

### Гидрофиты — настоящие водные растения

1. Погруженные в воду растения — гидрофиты погруженные.

А. Полностью погруженные в воду (истинно водные) растения. Весь цикл развития они проходят в воде. К ним относятся:

а) полностью погруженные неукореняющиеся, взвешенные (плавающие) в толще воды — виды роголистников (*Ceratophyllum*) и другие;

б) полностью погруженные укореняющиеся — виды наяд (*Najas*), полушников (*Isoetes*) и другие.

Б. Погруженные в воду с воздушными генеративными органами (почти погруженные) растения:

а) погруженные неукореняющиеся, взвешенные (плавающие) в толще воды — виды пузырчаток (*Utricularia*) и другие;

б) погруженные укореняющиеся с различной мощностью корневой системы (у некоторых иногда не развивающейся) — виды рдестов (*Potamogeton*), урутей (*Myriophyllum*), лобелия Дортманна (*Lobelia dortmanna*) и другие.

2. Плавающие на поверхности воды растения — гидрофиты плавающие.

А. Свободно плавающие неукореняющиеся — водокрас (*Hydrocharis morsus-ranae*), ряска маленькая (*Lemna minor*), сальвиния плавающая (*Salvinia natans*) и другие.

Б. С плавающими листьями, укореняющиеся — виды кубышек (*Nuphar*), кувшинок (*Nymphaea*), рдест плавающий (*Potamogeton natans*), стрелолист плавающий (*Sagittaria natans*) и другие.

Погруженные и плавающие неукореняющиеся растения бывают прикреплены к субстрату в тех случаях, когда нижние части стеблей или водных корней опускаются в рыхлую иловую толщу дна водоема.

#### Гелофиты (гидрогигрофиты) — водно-болотные, земноводные растения

Надводные растения с поднимающимися (возвышающимися, выставляющимися) над поверхностью воды стеблями и листьями, укореняющиеся — тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), тростянка овсяницевая (*Scolochloa festucacea*), хвощ речной (*Equisetum fluviatile*), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*), виды рогозов (*Typha*), камыша (*Scirpus*), ежеголовника (*Spartanium*), стрелолиста (*Sagittaria*), частухи (*Alisma*) и другие. Они успешно существуют и проходят полный цикл развития как в воде, так и на влажных местообитаниях на берегах водоемов.

Резкой границы между гигрофитами и гидрофитами, а также между погруженными, плавающими и возвышающимися растениями нет. Существует много переходных форм.

В работах, связанных с практическими задачами — мелиорацией, рыбоводством, охотничьим хозяйством и т. д., довольно часто встречается разделение водных растений на жесткие и мягкие (жесткая и мягкая растительность). К жестким растениям относят главным образом надводные виды, имеющие большей частью грубые стебли, такие, как тростник (*Phragmites*), рогозы (*Typha*), камыш (*Scirpus*) и др., а к мягким — плавающие, с плавающими листьями и погруженные растения с мягкими легко гнущимися стеблями: виды рдестов (*Potamogeton*), урутей (*Myriophyllum*), кувшинок (*Nymphaea*), кубышек (*Nuphar*) и другие.

При названии экологических групп водных растений иногда

употребляются термины: подводные, наводные, надводные. Термины эти короткие, выразительные, но будучи близкими по созвучию, при описании, перепечатке и печати часто путаются. Например, в наводные попадают надводные, и наоборот. Такие случаи в литературе отмечены.

### 10.1.2. Распределение растительности в водоемах

Состав, степень развития и размещение растительности в водоеме обуславливаются неоднородностью экологических условий различных его частей и подчиняются определенным закономерностям. Наиболее важными условиями (факторами), определяющими наличие, состав и существование растительности в естественных и искусственных озеровидных водоемах разных географических зон, можно считать следующие: морфологические особенности водоемов (размеры, глубина, в водохранилищах — размеры и глубину озеровидной части, изрезанность берегов — наличие заливов и защищенных мест, наличие мелководных участков с глубиной 2,5—3 м, крутизна уклонов дна), оптические свойства водных масс (прозрачность и цвет воды), динамические факторы (колебания уровня, волноприбойная деятельность, течения), химические факторы (химический состав воды, содержание биогенных элементов, концентрация водородных ионов (рН), газовый режим), донные отложения (механический и химический составы), температура воды, степень проточности водоема, затененность (облесенность) берегов и другие. Для формирования растительности водохранилищ важное значение имеет наличие зачатков водной растительности на залитой водой территории, колебание его уровня и время сработки. Большое влияние на растительность водоемов оказывает также деятельность человека, в особенности загрязнение стоками различного рода производств, химизация лесной промышленности и сельского хозяйства, строительство животноводческих комплексов вблизи водоемов и на их берегах. На указанное обстоятельство в настоящее время необходимо обращать самое пристальное внимание при исследованиях, и стремиться выявлять растения-индикаторы и сообщества-индикаторы, указывающие на ту или иную степень загрязнения или антропогенного эвтрофирования водоема.

Ниже кратко рассматривается влияние, оказываемое некоторыми из вышеперечисленных факторов на распределение и формирование растительности в водоемах.

Степень зарастания водоемов во многом зависит от их морфологии. Достаточно благоприятные условия для развития водной растительности создаются почти всегда в небольших мелководных водоемах и в крупных, которые обладают сильно изрезанными берегами с заливами и затишными местами, широкой полосой защищенных от ветра и волнения мелководной и отлогой литоралью с постепенным нарастанием глубины от берега. Водной растительности в них обычно бывает много. Неблагоприятны

условия для поселения и существования растений в крупных, а также и в небольших глубоких водоемах, которые имеют открытые слабоизрезанные берега, узкую полосу литорали и крутые уклоны дна от берега.

На морфологию водоемов необходимо всегда обращать особое внимание при прогнозировании зарастания существующих и вновь сооружаемых водоемов — водохранилищ, прудов, каналов и других водных объектов. Такие прогнозы строятся прежде всего на анализе морфологических особенностей водоема.

От прозрачности и цвета воды зависит количество и качество проникающих в глубь водной массы световых лучей, необходимых для нормальной жизнедеятельности растений. Глубина, на которую распространяются растения, зависит от глубины проникновения света. Такие виды гелофитов, как тростник, рогоз узколистный (*Typha angustifolia*), тростянка овсяницевая в водоемах обычно растут не глубже 2—2,5 м, иногда 3 м. Растения, невысоко поднимающиеся над водой, — стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia*), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), виды ежеголовника (*Sparganium*) — обитают, как правило, у берегов на глубинах до 1 м. Коренящиеся растения, имеющие плавающие на поверхности воды листья — кувшинка чистобелая (*Nymphaea candida*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), рдест плавающий, горец земноводный (*Polygonum amphibium* f. *aquaticus*) — и погруженные в воду, цветущие над водой — рдест блестящий (*Potamogeton lucens*), рдест стеблеобъемлющий (*P. perfoliatus*)<sup>1</sup>, уруть колосовая (*Myriophyllum spicatum*) — в водоемах с достаточно высокой прозрачностью воды в массе заходят в воду не глубже 3—4 м, в особенности первые. То же относится и к растениям, цветущим и плодоносящим под водой — роголистнику погруженному (*Ceratophyllum demersum*), полушнику озерному (*Isoetes lacustris*) — и размножающимся только вегетативным путем — элодее канадской (*Elodea canadensis*). В отдельных случаях полушник и элодея спускаются на глубины до 8—12 м, а харовые водоросли — до 30 м. В водоемах с низкой прозрачностью воды погруженные растения почти отсутствуют. С прозрачностью воды в сильной степени связано флористическое разнообразие макрофитов в водоеме, состав видов по экологическим группам и в первую очередь состав группы погруженных в воду растений. Чем прозрачнее в водоемах вода, тем богаче их флора и разнообразнее растительные сообщества.

Увеличение трофии водных масс и антропогенного эвтрофирования водоемов приводит к появлению в них ряда отсутствовавших ранее видов плавающих растений, а в некоторых случаях и к их обильному развитию.

У берегов глубоких водоемов в зависимости от крутизны уклонов дна (с быстрым или постепенным нарастанием глубины от

<sup>1</sup> Часто называется «рдест пронзеннолистный».

берега) и состава донных отложений растения распределяются в экологическом ряду в определенной последовательности — зонально или поясами, по степени приспособленности к жизни на разных глубинах при разных условиях освещенности и на разных донных отложениях.

У берегов водоемов при благоприятных для жизни растений условиях в зависимости от глубины различаются пять зон (поясов) растительности. Каждая из них сложена сообществами (и отдельными особями) характерных для нее рядов. Зоны (пояса) растительности располагаются в водоемах ниже уреза воды в направлении от берега в следующем порядке (рис. 10.1).

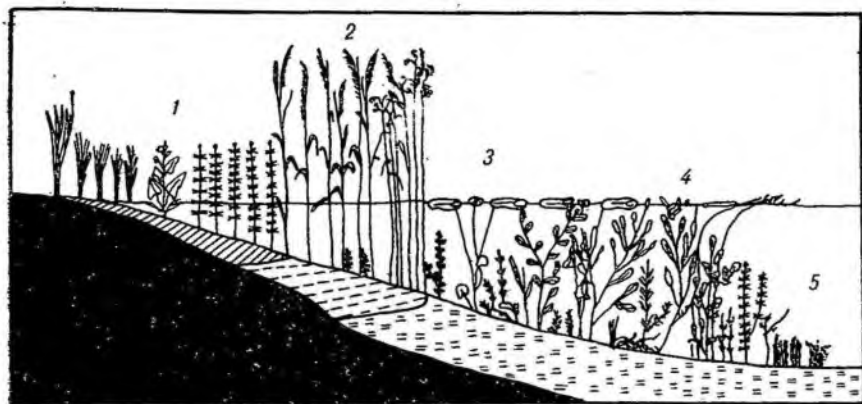


Рис. 10.1. Схема зонального распределения водной растительности у берега водоема.

Зоны (пояса): 1 — низких надводных растений (осоки, хвощ); 2 — высоких надводных растений (тростник, камыш); 3 — растений с плавающими листьями (кувшинки, кубышки); 4 — высоких погруженных растений (широколистные рдесты, уруть); 5 — низких погруженных растений.

Зона (пояс) сообществ низких и средневысоких надводных растений занимает пространство от уреза воды до глубин 0,5—0,75 м. В сложении ее участвуют сообщества (заросли) хвоща речного, различных видов осок, ежеголовников, стрелолиста, частухи, сусака и других водно-болотных растений второй и третьей величины. В этой зоне нередко присутствуют гигрофиты.

Зона сообществ высоких надводных растений распространяется до глубины 1,5—2 м. Для нее типичны сообщества (заросли) тростника, рогозов, камыша озерного (*Scirpus lacustris*), тростянки овсяницевой и других гелофитов первой величины.

Зона сообществ плавающих растений располагается у края зоны высоких надводных растений (со стороны открытого зеркала водоема) до глубины около 2,5—3 м. Для нее характерны сообщества кубышек, кувшинок, рдеста плавающего и другие.

Зона сообществ высоких погруженных растений располагается вслед за предыдущей до глубины 3—3,5 м. Эта зона складывается сообществами крупных рдестов — рдеста блестящего, р. стебле-

объемлющего, а также урути колосовой (*Myriophyllum spicatum*) и других погруженных растений.

Зона низких (придонных) погруженных растений простирается до нижней границы распространения растительности. Она бывает наиболее отчетливо выражена в озерах с прозрачной водой и представлена сообществами полушника озерного, лобелии Дортманна, болотницы игольчатой (*Eleocharis acicularis*), элодеи канадской, харовых водорослей и некоторыми другими. В водоемах с невысокой прозрачностью воды она чаще всего отсутствует.

Однако надо отметить, что такого рода последовательность зон (поясов) растительности в водоемах в природе наблюдается далеко не всегда. В большинстве случаев в зависимости от прозрачности воды, крутизны уклонов дна, донных отложений и других факторов, в совокупности обуславливающих те или иные условия местообитания в различных участках водоемов, некоторые зоны не развиты совсем или выражены очень плохо и практически отсутствуют. Чередование зон очень хорошо прослеживается у берегов небольших, но глубоких пойменных водоемов, в некоторых заливах больших озер.

В водоемах с заболоченными берегами или расположенных среди болот можно встретить сплавины надвигающиеся на их поверхность с берега. Эти сплавины состоят из переплетающихся стеблей болотных растений, покрытых мхами, поросших осоками, пушицей, вахтой и сабельником и другими видами растений. У края сплавины встречаются растения с плавающими листьями, а нередко и погруженные растения (рис. 10.2).

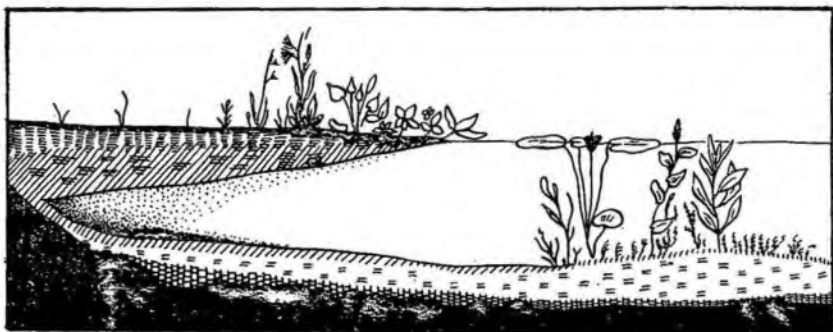


Рис. 10.2. Надвигание сплавины на озеро.

На распределение и степень развития растительности в реках влияют почти те же самые факторы, что и в озеровидных водоемах. Определяющими ее развитие в реках являются скорость течения, мутность воды и степень подвижности грунта. В реках, обладающих сильным течением и легко размываемым подвижным грунтом, растительность поселяется в заводях, наиболее затишных местах плёсов и проток с ослабленным течением и в какой-то



степени закрепленным грунтом. Обычно очень хорошие условия для развития растительности создаются в старицах, речках и ручьях со слабым течением и в дельтах рек.

Ветровое волнение и течение оказывают отрицательное механическое действие на укрепление и дальнейшую жизнь растений.

Влияние на растительность минерального и биогенного составов воды и других химических ингредиентов остается еще недостаточно освещенным в литературе. Установлено, что с увеличением солености воды в водоемах значительно обедняется состав видов растений, их населяющих. Почти полностью выпадают виды плавающих растений.

О приуроченности видов и групп видов водных растений к определенному составу донных отложений известно немного. Известно, что мягкие, но вязкие илистые отложения, богатые органическими веществами, обычно бывают обильно покрыты растительностью. Песчаные и глинистые, в различной степени заиленные донные отложения также достаточно благоприятны для поселения некоторых видов растений и обычно интенсивно зарастают. На рыхлых органических илистых донных отложениях поселяются преимущественно растения с плавающими листьями. Гравийные, галечные, крупнопесчаные легко подвижные грунты мало благоприятны для развития растительности.

Из физических факторов среды на развитие и состав растительности прибрежной зоны водоемов засушливых областей и водохранилищ гидроэлектростанций оказывают определенное влияние сезонные и годовые колебания уровня воды. Высокие амплитуды колебания уровня воды отрицательно сказываются на развитии растений, особенно погруженных в воду видов.

### **10.1.3. Состав и строение растительных сообществ водных растений**

Фитоценоз, или растительное сообщество, является основной единицей растительности. Советские геоботаники под фитоценозом понимают, по определению В. Н. Сукачева [37], «... всякую группировку растений, на известном протяжении однородную по составу, структуре и сложению, характеризующуюся также однородным характером взаимоотношений как между растениями, так между ними и средой. Фитоценоз может быть по своей структуре, по систематическому и экологическому характеру слагающих его растений очень сложным, но он остается в пространстве одним и тем же до тех пор, пока его сложение и взаимоотношения всех структурных частей сохраняются такими же». Компоненты фитоценоза по степени их участия в фитоценозе, главным образом по созданию фитомассы и проективного покрытия разделяются на главные и второстепенные виды. Они подразделяются на эдификаторы — строители сообщества, определяющие его фитоценозическую среду, и спутники, сопутствующие виды (ассектаторы), мало влияющие на создание среды внутри сообщества. До-

минантами называются виды, преобладающие (господствующие) в фитоценозе, в его ярусах. Доминантов в фитоценозе может быть несколько видов. Второстепенные доминанты и эдификаторы называются субдоминантами и субэдификаторами.

В вертикальном расчленении водных растительных сообществ различаются три основных яруса:

1) надводный с подъярусами (или ярусами) по высоте: высоких, средневысоких и низких надводных растений (трав) первой, второй и третьей величины;

2) плавающий из плавающих и с плавающими листьями растений;

3) подводный с подъярусами (или ярусами) по высоте: высоких, средневысоких и маленьких придонных растений (трав).

Для наглядности можно ярус плавающих растений обозначать цифрой 0 (ноль), подъярусы надводного яруса обозначать цифрами 1, 2 и т. д., а подъярусы подводного яруса — цифрами со знаком минус (—), например, —1, —2 и т. д.

Растительные сообщества водных растений обычно слагаются небольшим числом видов, особенно в водоемах с низкой прозрачностью воды. Часто они строятся только одним видом или с небольшим участием других видов, это чистые или почти чистые одноярусные фитоценозы данного вида зарослевого характера или, как их часто называют, заросли.

Маловидовые сообщества, просто устроенные, достаточно широко представлены среди всех групп водных растений, а в водоемах с низкой прозрачностью воды они преобладают над другими, более сложно устроенными сообществами. В водоемах с высокой прозрачностью воды, кроме одновидовых одноярусных ценозов, встречаются ценозы с одним или несколькими доминирующими видами, к которым примешивается большое количество сопутствующих видов, расчлененные на несколько ярусов.

В основу большинства эколого-фитоценологических классификаций, применяемых советскими исследователями водной растительности, положены принципы, разработанные А. П. Шенниковым для классификации лугов, т. е. для сообществ, наиболее близких к группировкам макрофитов. А. П. Шенников [42, 43] предложил следующий классификационный ряд: ассоциация — группа ассоциаций — формация — группа формаций — класс формаций — тип растительности. Из них ассоциация, формация и тип растительности являются основными классификационными единицами растительности.

Ассоциация — это тип фитоценоза. Она является низшей таксономической единицей растительности. В ассоциацию объединяются фитоценозы, сходные по составу доминантов и сопутствующих видов, строению и другим признакам, а также и по взаимоотношениям между растениями и между ними и средой. Названия ассоциаций составляются на русском и согласно международным правилам обязательно на латинском языках. Ассоциация именуется по господствующим в ней видам одного или нескольких ярусов.

В русских названиях прилагательное ставится на первое место, а существительное на второе: асс. тростниково-рогозовая = асс. рогоза с участием тростника.

Имеются два способа составления латинских названий ассоциаций. Тем и другим широко пользуются. При первом способе название ассоциации состоит из существительного (названия основного вида — на первом месте) и прилагательного (названия второстепенного вида — на втором). К корню родового названия главного вида прибавляется суффикс *etum*, а к корню родового названия второстепенного вида (стоит на втором месте) — суффикс *osum* (например, *Typhaetum phragmitosum*). Если ассоциация слагается только одним видом, то при составлении ее названия берется его родовое название (корень) с окончанием *etum* и к нему обычно прибавляется еще видовое название (например, асс. *Phragmitetum australis* — асс. тростника обыкновенного или асс. *Phragmitetum australis purum* — асс. тростника обыкновенного чистая). При втором способе название ассоциации составляется из наименований (родового и видового) доминирующих растений. При этом эдификаторы и доминанты одного яруса соединяются знаком плюс (+), а разных ярусов знаком минус (—). Этому правила никогда не надо забывать и не соединять доминантов разных ярусов знаком плюс (например, асс. *Phragmites australis* + *Typha angustifolia*, асс. *Typha angustifolia* — *Nuphar lutea* — *Potamogeton lucens*). О составлении названий ассоциаций можно познакомиться в работах В. В. Алехина [3], Б. А. Быкова (1957), А. П. Шенникова [45].

## 10.2. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ СБОРА И КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

### 10.2.1. Инструменты качественного сбора

Для доставания растений со дна при глубине воды не превышающей 2—3 м используются:

Водяные грабельки трех- и шестизубовые (рис. 10.3). Первые из них имеют поперечную планку длиной 13 см, длину зубца 16 см, длину загиба зубца 6 см и втулку для шеста. Можно их делать и произвольных размеров. Вторые имеют поперечную планку 0,5 см толщиной, 1,5 см шириной и примерно 15 см длиной. Вместо планки может употребляться железная трубка до 1 см в диаметре. К планке на расстоянии друг от друга 2,5 см прочно привариваются (во избежание разбалтывания и потери во время работы) зубцы и втулка для шеста. Шест для гра-

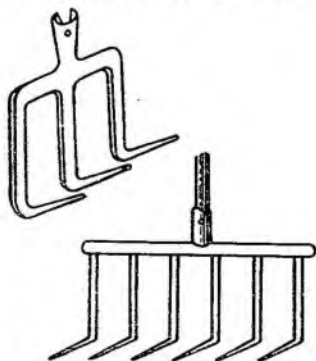


Рис. 10.3. Водяные грабельки.

белек должен быть ровный и гладко обструган, иначе можно сильно поранить руки. Длина шеста выбирается в зависимости от предельной глубины распространения растений, но не более 3,5—4 м. Одеваются грабельки обязательно на толстый конец шеста.

Грабельки удобны для добывания некоторых видов возвышающихся над водой и всех погруженных в воду растений, а также растений с плавающими листьями. Приемы обращения с ними просты, но требуют некоторой сноровки, особенно при работе на больших глубинах. Работа грабельками с лодки производится или при неподвижном ее состоянии, или на очень тихом ходу. Удобнее работать с кормы лодки. Полезно разметить шест с интервалом 0,20—0,25 м, в таком случае можно измерить и глубину.

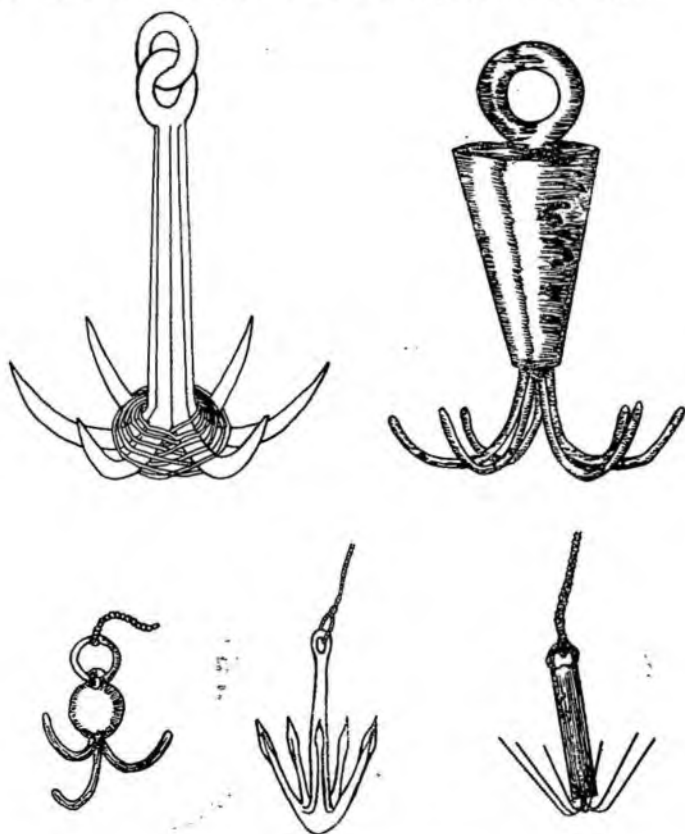


Рис. 10.4. Якорьки-кошки.

Для добывания донной растительности с глубин, превышающих 2,5—3 м, применяются инструменты привязывающиеся к длинной веревке, с помощью которой их можно волочить по дну. Длина веревки при этом должна в несколько раз превышать глубину, на которой производится работа (не менее 5—6 раз).

Якорьки-кошки — это небольшого размера якорьки (10—15 см в высоту вместе с петлей) с различным числом зубцов (3—10) и весом около 0,5—1 кг (рис. 10.4). Зубцы у них могут быть разной длины. Длинные зубцы должны чередоваться с короткими. Для лучшего удерживания растений на якорьке рекомендуют на зубцы наматывать проволоку или веревку.

Двусторонние водяные грабли состоят из железной планки длиной 30—35 см (рис. 10.5), толщиной 1—1,5 см с петлями на:

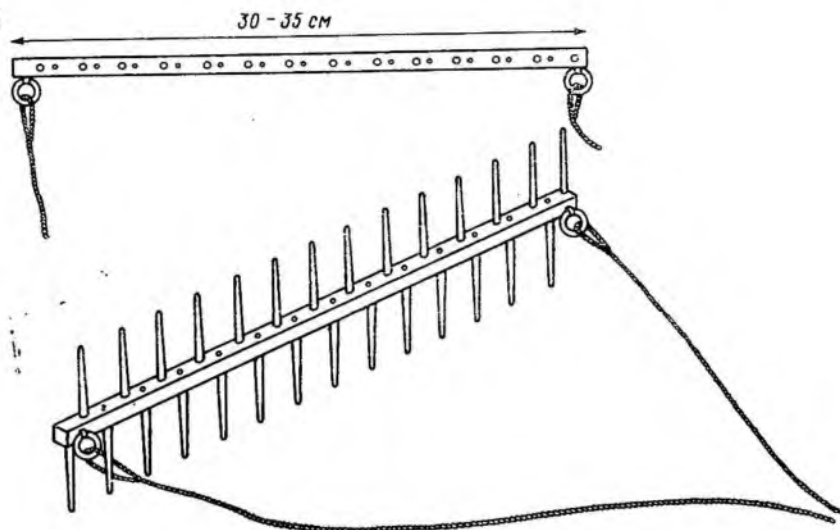
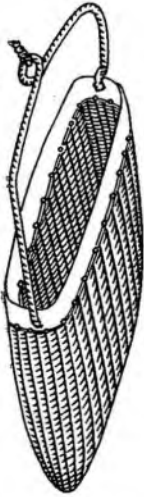


Рис. 10.5. Двусторонние водяные грабли.

концах для привязывания веревки. К обеим сторонам планки привариваются зубцы длиной 3,5—4 см. Можно использовать обыкновенные железные грабли (лучше с витыми зубцами), связав по двое со стороны планок.

Для добывания растений со дна на больших глубинах можно также воспользоваться мотком колючей проволоки с грузом, который волочат по дну на веревке, а также драгами различных конструкций.

Драга Раменского имеет овальной формы раму с мешком (рис. 10.6). Рама изготавливается из железной полосы шириной 5—7 см. Длина рамы 35 см, ширина в средней части 20 см. Ручка высотой около 15 см с петлей для привязывания веревки прикрепляется к раме подвижно на ее узких концах. Около места прикрепления ручки к раме приделываются специальные стерженьки-упоры, позволяющие ручке колебаться лишь в пределах 45°. На нижней стороне рамы имеются отверстия для прикрепления мешка из редкой ткани. К раме (на верхней стороне) можно приварить зубцы длиной 3—3,5 см, несколько отогнутые наружу.



Четырехугольная драга с зубцами (первая модель драги Лепиловой) имеет прямоугольную раму, сделанную из полосы железа шириной 2—3 см и толщиной около 1—1,5 см (рис. 10.7). На одной стороне рамы имеются отверстия для прикрепления мешка из редкой ткани. На длинных сторонах рамы прочно привариваются загнутые зубцы, длины зубца и его загиба 2 см. В средней части рамы имеется планка, к которой приваривается штырь с петлей (ручкой) для привязывания веревки. К штырю по мере надобности прикрепляется груз.

Для добывания растений с глубин вполне применимы, хотя менее удобны, также драги, использующиеся при гидробиологических работах: небольшого размера прямоугольная, треугольная (или закидная) драги и некоторые другие.

При просматривании дна и подводных зарослей при беспокойной водной поверхности или малой прозрачности воды применяется смотровая труба. Дно при помощи этой трубы хорошо просматривается на вдвое большую глубину, чем простым глазом, при любом состоянии водной поверхности. Смотровая труба изготавливается из металла, дерева и любого другого материала (можно использовать рупор) в форме конуса (рис. 10.8) с малым отвер-

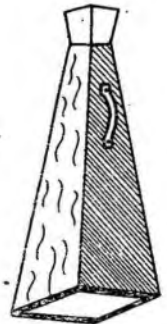
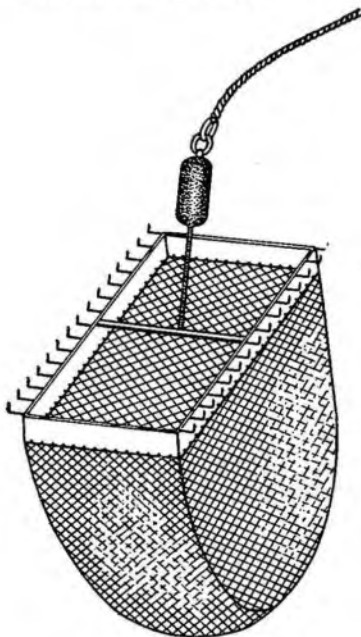


Рис. 10.7. Четырехугольная драга с зубцами.

Рис. 10.8. Смотровая труба.  
1 — металлическая; 2 — деревянная.

стием сверху и большим внизу. По бокам трубы приделаны ручки для удерживания ее в воде. Низ трубы утяжеляется и в него плотно вмазывается и прищаклевывается стекло. Этим концом прибор опускается в воду. Утяжеление нижнего конца надо сделать с таким расчетом, чтобы прибор при опускании в воду не выдавливался обратно. Осмотр дна производится через верхнее отверстие. Размеры прибора произвольны. Для осмотра подводных зарослей удобно использовать маску для аквалангистов, продающуюся в спортивных магазинах.

### 10.2.2. Инструменты и приборы для количественного учета водных растений

Для количественного учета растений на единице площади используется ряд конструкций, не являющихся вполне совершенными для работы во всех типах водных растительных сообществ, в особенности в тех, которые развиваются на песчано-каменистых и каменных грунтах.

Большинство из них довольно успешно применимы только в сообществах погруженных растений, невысоко поднимающихся от дна, хуже — в сообществах высоких погруженных растений и плохо или совсем не работают в зарослях растений с плавающими листьями и возвышающихся над водой растений.

Для количественного учета растительности, для подсчета количества стеблей, определения проективного покрытия и взятия укосов в сообществах всех групп растений широко используются различного типа рамы площадью в 1, 0,5 и 0,25 м<sup>2</sup> и других размеров, квадратные, прямоугольные, круглые. Они изготавливаются из дерева, легких металлических (алюминиевых) и синтетических труб и других материалов с расчетом на их плавучесть.

Деревянные рамы (рис. 10.9) делаются из реек шириной 2—5 см и толщиной 1,5—2 см (можно произвольно). Длина реек с внутренней стороны рамы при площади 1 м<sup>2</sup> у квадратной рамы соответствует 1 м, у прямоугольной по длинной стороне — 2 и 0,5 м по короткой, у рамы площадью 0,5 м<sup>2</sup> (прямоугольной) по длинной стороне — 1 м, по короткой — 0,5 м, а при площади в 0,25 м<sup>2</sup> (квадратной) — 0,5 м. При изготовлении реек надо к их длине прибавить размер сочленений друг с другом в углах. Рейки окрашиваются белой масляной краской и размечаются черной краской через 5 или 10 см. Кроме того на рейках в местах меток можно приделать маленькие скобочки для натягивания веревок масштабной сетки.

Для удобства транспортировки рамы делаются разборными полностью или частично (скреплены твердо только два противоположных угла) или складными. Удобна разборная рама из гимнастических палок, сделанных из плавучих синтетических материалов (длина 105 см). Соединяют палки путем продевания их в хомутики, скрепленные под углом, или другим способом. Такая

рама не разбухает от частого употребления в воде, как деревянная, хорошо держится на плаву и легкая при переноске.

При всех видах количественного учета — выборке и срезании растений для учета фитомассы, подсчете численности, зарисовках, определении проективного покрытия и т. д. — в различных типах растительных сообществ приходится пользоваться разными приемами установки рамы.

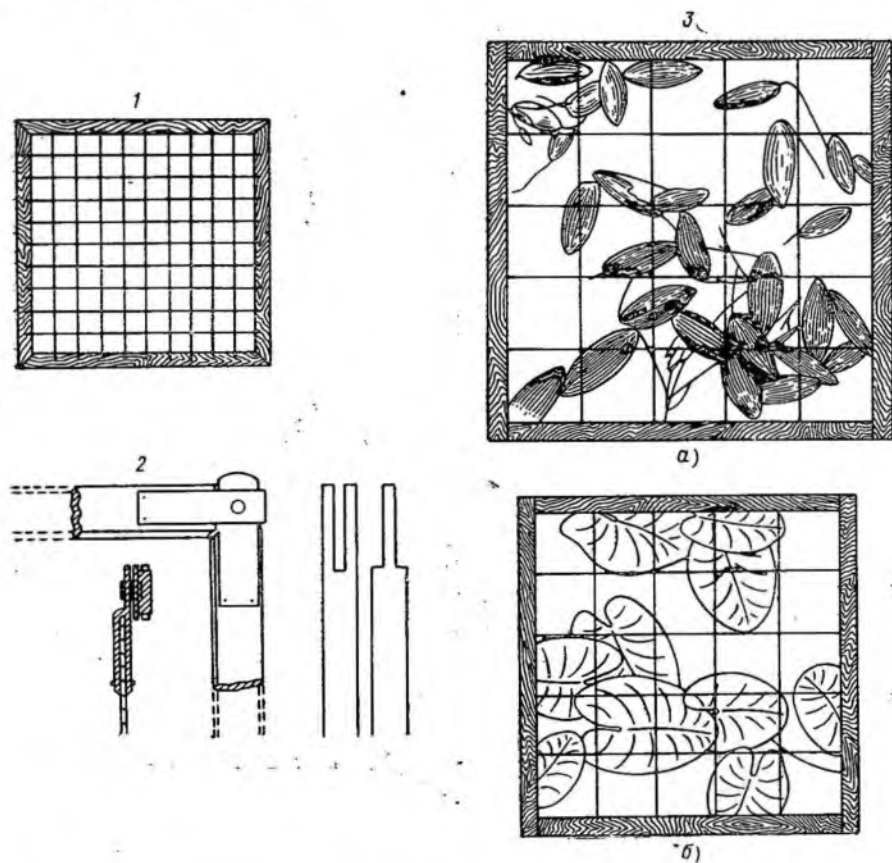


Рис. 10.9. Деревянная рама с натянутой масштабной сеткой (1), способы сочленения реек в углах (2). Зарисовки покрытия поверхности воды листьями (3): а — рдеста плавающего, б — кубышки желтой.

При работе в сообществах мелких придонных растений на небольших глубинах (до 0,2—0,3 м) при ручном сборе рама опускается на дно и накладывается на сообщество. В сообществах, погруженных, плавающих и невысоко поднимающихся над водой (до 1 м) растений рама также накладывается сверху и в плавающем состоянии на поверхности воды прочно укрепляется с двух противоположных углов (по диагонали) специально для этого



предназначенными шестами, вбитыми с внутренних сторон углов (рис. 10.10).

В сообществах высоко поднимающихся над водой растений раму (особенно с масштабной сеткой) сверху накладывать нельзя. Нужно брать разборную раму и «вкладывать» или «вставлять» ее в травостой сбоку. Делается это таким образом. Две стороны рамы (рейки) скрепляются под углом. Затем одна из них просовывается между стеблями растений примерно на расстояние несколько меньше ее длины. После этого рейку начинают поворачивать, пропуская ее между стеблями и как бы окружая растения. Когда один угольник встанет на место, ограничивая две стороны площадки, к нему приставляется второй угольник, ограничиваю-

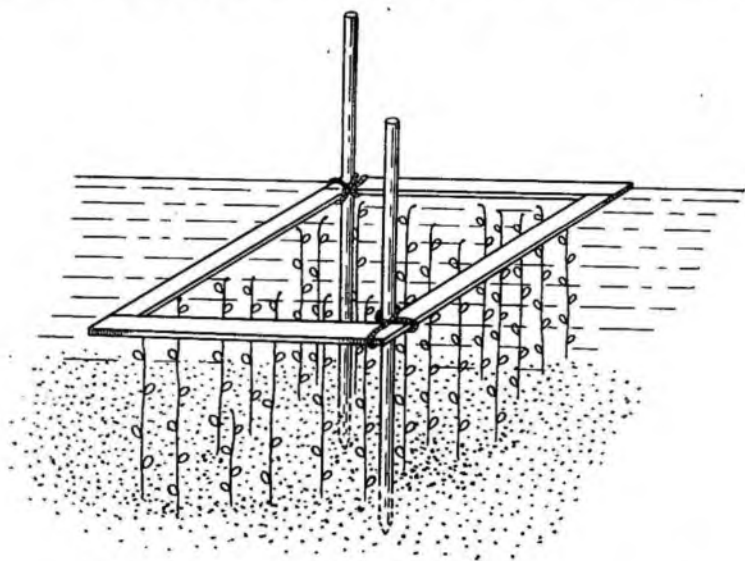


Рис. 10.10. Укрепление рамы перед выкашиванием растительности.

щий уже полностью площадку. Вариантов вставления рамы в высокие травостой может быть несколько. Укреплять раму шестами в сообществах надводных растений часто нет необходимости.

В водоемах с прозрачной водой, в зарослях погруженных, но невысоко поднимающихся от дна растений, раму можно опускать и под воду, устанавливая ее в несколько приподнятом состоянии над зарослью, на твердых грунтах на дне. На илистых донных отложениях и в очень густых зарослях с массой переплетающихся стеблей опускать раму на дно не рекомендуется: она не будет видна. Способы и приемы извлечения растений с площадки описаны на стр. 164—166.

Все виды работ с рамой возможны до глубин, не превышающих 2 м. На более глубоких местах учет растительности с по-

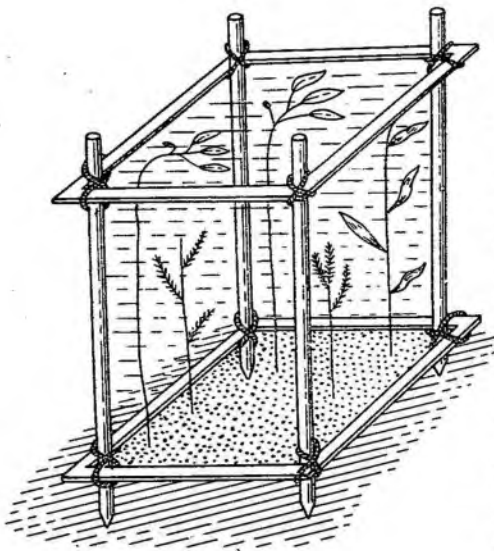


Рис. 10.11. Двойная прямоугольная рама для учета растительности на малых глубинах.

мощью рамы ненадежен. Учет и выкашивание растительности на открытых местах водоема нужно делать во время тихой погоды. При ветре и волнении работать на таких местах с рамой очень трудно, а иногда и невозможно.

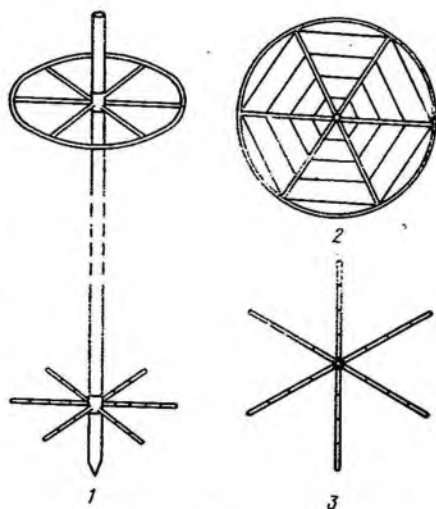
При работе на малых глубинах в зарослях, которые слагаются растениями, принадлежащими к разным биологическим группам, удобна двойная прямоугольная

рама (рис. 10.11), сделанная по типу рамы, предложенной В. И. Жадиным [11]. При помощи этой рамы можно одновременно вести учет подводных, плавающих и надводных растений.

Двойная круглая рама для определения покрытия, встречаемости и численности водных растений [16] состоит из шеста (или металлической штанги) с заостренным концом и двух подвижных муфт, укрепляющихся на нем винтами (рис. 10.12). По окружности муфты делается шесть гнезд с винтовыми нарезками, в которые ввинчиваются металлические стержни диаметром 5 мм, ограничивающие площадку (раму) круглой формы. При размере площади учета  $1 \text{ м}^2$  длина стержня (радиуса) вместе с радиусом муфты составляет 564 мм, при размере  $0,5 \text{ м}^2$  — 399 мм, а  $0,1 \text{ м}^2$  — 178 мм. К концам стержней верхней муфты приделывается металлический круг. Для удобства перевозки круг этот можно сделать съемным. Для лучшей видимости в воде устройство-рама окрашивается белой масляной краской. Порядок работы следующий. На нижнем конце штанги укрепляется рама без наружного круга и устройство погружается в растительное сообщество, при этом необходимо слегка пошевеливать для того, чтобы стержни не приминали растения. После того как штанга достигнет дна, она вдавливается в него. Муфта должна несколько возвышаться над дном. Верхнюю муфту с кругом укрепляют у поверхности воды. Благодаря тому, что белые стержни у нижней рамы хорошо видны в воде, можно легко подсчитать количество растений в каждом секторе круга, учесть их распределение на площадке у дна и произвести учет встречаемости отдельных видов. С помощью верхнего круга можно зарисовать покрытие поверхности воды листьями растений над тем же самым участком дна. Учет

Рис. 10.12. Двойная круглая рама для определения покрытия и встречаемости водных растений.

1 — общий вид рамы; 2 — верхняя муфта с кругом и шнурками, натянутыми между стержней; 3 — нижняя муфта.



растений при высокой прозрачности воды может производиться на глубинах до 2—3 м.

Вилка-рама [50] состоит из трех металлических стержней, насаженных на планку с ручкой. Длина стержня и расстояние между крайними стержнями равно 0,5 м. Площадь, ограничиваемая вилкой, равна 0,25 м<sup>2</sup> (рис. 10.13). Эта вилка-рама рекомендуется для

отбора проб фитомассы. Работа при этом производится двумя лицами: один накладывает вилку-раму на поверхность воды, удерживает ее одной рукой, а другой рукой собирает все растущие в ее пределах растения, второй человек скашивает собранные растения.

Такая вилка (лучше плавучая) может заменить раму при работе в сообществах надводных и погруженных растений с простым травостоем. В сообществах с очень высоким и сложным травостоем, с ярусами плавающих и подводных растений способ взятия укосов при помощи вилки-рамы мало пригоден.

На практике наиболее удобны и употребительны плавучие разборные четырехугольные рамы из синтетических трубок.

Рама-ящик с сетками К. В. Доброхотовой [10]. Его площадь составляет 0,25 м<sup>2</sup>. Стенки рамы сделаны из реек и обтянуты сеткой длиной 0,5 м и высотой 0,7 м. Они скреплены подвижно попарно. На свободных сторонах стенок имеются крючки и петли. На нижней стороне каждой стенки, по углам, прибиты металлические угольники для вдавливания рамы-ящика в грунт. Рама-ящик этой конструкции приспособлена для количественного учета растений и отбора укосов в растительных сообществах водных растений, развивающихся на мелких местах и на течении (в реках, протоках и т. п.). При выборке растений вода и взмученные со дна частицы ила свободно проходят через сетки, которыми затянуты стенки, а растения остаются внутри рамы. При установке рамы каждая пара скрепленных подвижно стенок опускается отдельно, а затем уже они скрепляются крючками. Верхняя часть стенок должна быть выше поверхности воды. Из рамы растения выбираются руками, а всплывшие — собираются сачком.

Для отбора проб на фитомассу используются следующие приборы и инструменты.

Коса с коротким лезвием изготавливается из обыкновенной косы среднего размера, у которой под углом срезается конец лезвия и от всего лезвия остается кусок длиной от пятки до конца 20—25 см (рис. 10.14). Около пятки лезвие косы скрепляется планкой со втулкой, в которую вставляется шест. Использовать для срезания растений с площадок косу большего размера и осо-

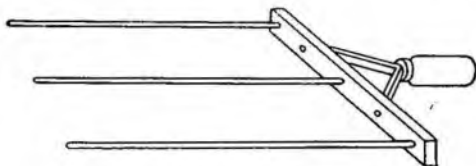


Рис. 10.13. Вилка-рама для взятия укосов.



Рис. 10.14. Коса с коротким лезвием.

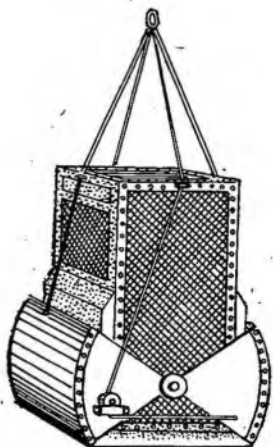


Рис. 10.15. Зарослечерпатель А. Н. и Н. Н. Липиных.

бенно с необрезанным концом лезвия не стоит. Ею трудно хорошо выкосить площадку и, кроме того, приподнятый конец лезвия высоко подрезает растения. Скрепление лезвия около пятки со втулкой шеста особой планкой обязательно, иначе при косьбе попавшие в существующий здесь промежуток растения сильно мнутся и рвутся, но не срезаются, а при выкашивании грубых стеблей (особенно тростника) коса в этом месте может обломиться. Шест берется длинный, гладкий и размечается через 0,25 м. Для удобства работы с лодки на глубоких местах необходимо, чтобы свободный конец шеста, при поставленной на дно косе, возвышался над водой не менее чем на 1—1,5 м. Выкашивание производится мелкими рывками.

Коса предназначена для срезания растений при определении фитомассы методом площадок. Срезать растения косой с

учетных площадок можно примерно до глубин 1,5—2,5 м, на более глубоких местах косить очень трудно. Работу на открытых участках водоема необходимо производить, как уже указывалось выше, только при безветренной погоде. Коса — самый простой и надежный прибор для срезания растений.

Зарослечерпатели (зарослевыврезыватели) приспособлены для вырезания определенных площадей и объемов в растительных сообществах. Многие из них используются при гидробиологических исследованиях для количественного учета макрофауны, но пригодны и для ботанических работ. Среди них имеются также приспособления, сконструированные специально для вырезания проб на фитомассу. Обзор различных систем этих приборов имеется в работе В. Т. Эдмонсона и Г. Г. Винберга [51], а последних их конструкций в работе В. И. Митропольского и Ф. Д. Мордухай-Болтовского [31].

Приведем описание некоторых конструкций зарослечерпателей. Зарослечерпатель А. Н. Липина и Н. Н. Липина [25] устроен по принципу дночерпателя с некоторыми конструктивными изменениями. Это — металлическая коробка (рис. 10.15), стенки и верх которой обтянуты крупной ячейистой сеткой. На нижней стороне коробки подвижно прикреплены ковши, подобные ковшам дночерпателя. Нижние и боковые стороны ковшей, сходящиеся при закрывании прибора, зазубрены и заострены, благодаря чему увеличивается режущая линия и более прочно захватывается несрезанная растительность. Тросики, при помощи которых закрывается прибор, находятся снаружи, на его боковых стенках. Площадь захвата зарослечерпателя 0,1 м<sup>2</sup>, вес 15 кг. Спуск прибора производится или на веревке, или, что легче, со стрелы, установленной на лодке. Зарослечерпатель может использоваться для учета фитомассы зарослей, преимущественно погруженных растений как на малых, так и на больших глубинах.

Зарослечерпатель С. Бернатовича [49, 50] состоит из двух металлических рамок, подвижно посаженных на опорной оси с пружиной. В открытом положении (рис. 10.16) они представляют квадрат со стороной 40 см. Каждая рамка снабжена зубцами, вырезанными из целого толстого листа металла. На длинных сторонах рамы длина зуба равна 8 см, на коротких сторонах зубья по направлению к опорной оси постепенно укорачиваются. При замыкании прибора зубья одной рамки входят в промежутки между зубьями другой. На оси, соединяющей обе рамки, расположены три сильные пружины, замыкающие зарослечерпатель. На каждой рамке имеется ручка для открывания прибора. К углам ее прикреплены цепочки, которые одеваются на болтики спускового механизма, как у дночерпателя Экмана — Берджа. Они удерживают прибор в открытом состоянии. Спуск прибора производится на веревке в открытом виде. Замыкается он при помощи посыльного груза. Вес прибора 6,5 кг. Площадь квадрата  $\frac{1}{6}$  м<sup>2</sup>. Автор советует, после вынимания прибора, обрезать растения, висящие с боков. Прибор рекомендуется для отбора проб

на фитомассу в сообществах главным образом погруженных растений и растений с плавающими небольшими листьями. При работе с растениями, имеющими упругие плохо разрывающиеся корневища, результаты получаются ненадежные. Для того чтобы взять пробу фитомассы с 1 м<sup>2</sup> надо сделать шесть опусканий прибора. Этот прибор наиболее широко применяется при исследовании водной растительности.

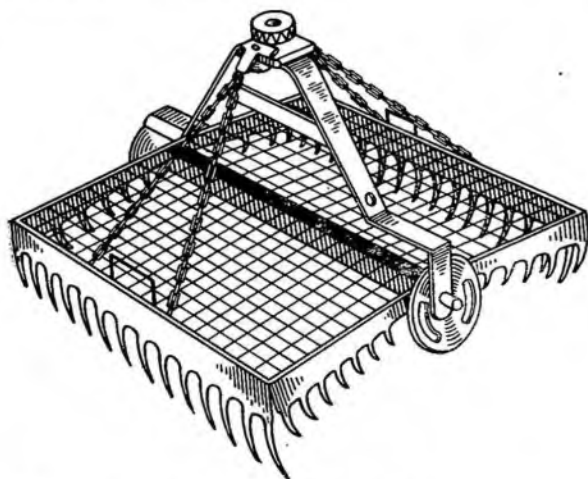


Рис. 10.16. Зарослечерпатель С. Бернатовича.

Устройство для сбора водных фитоценозов (зарослечерпатель В. И. Бут и Н. В. Бут) [4]. Устройство состоит (рис. 10.17) из установочной рейки с опорной пластиной, к которой хомутами крепится штанга, размеченная по длине на отрезки для определения глубины погружения. К штанге в двух местах жестко крепятся держатели. Верхний держатель образован двумя установленными под прямым углом рейками. К верхнему держателю прикреплен дном вверх сетчатый мешок, сшитый из конгресс-канвы, имеющий вид трехгранной призмы. Открытой частью мешок крепится к нижнему держателю, который представляет сочетание неподвижной рейки, прикрепленной к штанге, и подвижной, прикрепленной на кронштейне к внешнему концу неподвижной рейки, снабженной возвратной пластинчатой пружиной и ножом для срезания водных растений. К свободному концу подвижной рейки прикреплен трос, потянув за который производится притягивание нижних реек друг к другу и срезание растений с определенной площади. Затем затянутый снизу рейками и тросом мешок вместе с растениями и находящейся на них фитофильной фауной извлекается из воды.

Прибор для количественного сбора погруженных водных макрофитов Говарда — Вильямса и Лонгмана [52] имеет следующий

вид. На металлической разъемной штанге с упорным штырем внизу и поворотной ручкой вверху, укреплены: над штырем серповидные (пропеллерообразные) ножи и выше по штанге на некотором расстоянии от ножей и друг от друга изогнутые (также серповидные) металлические стержни по три в гнезде. При работе прибор опускается в растительное сообщество, несколько вдавли-

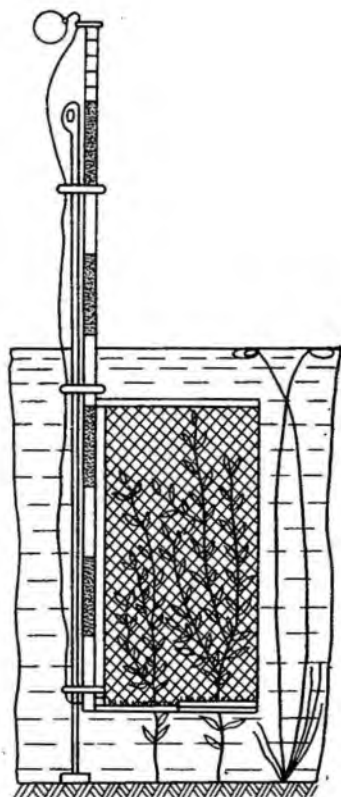


Рис. 10.17. Зарослечерпатель В. И. Бут и Н. В. Бут.

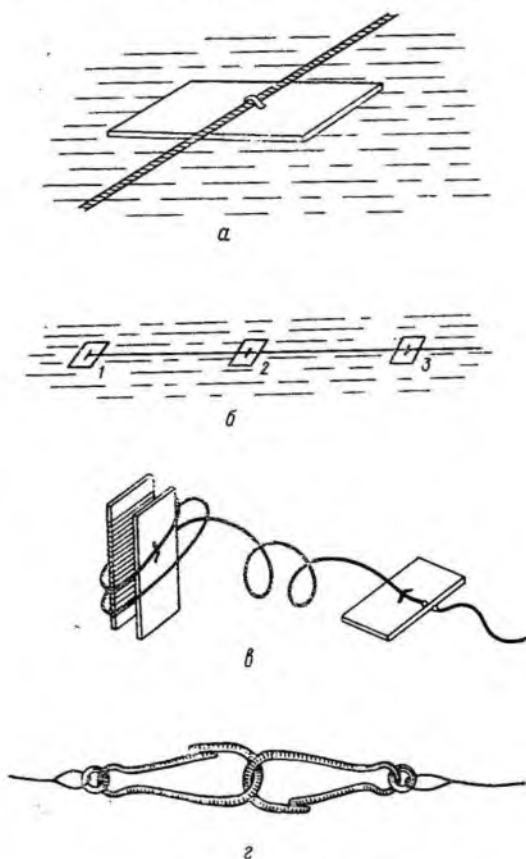


Рис. 10.18. Мерный шнур.

*а* — поплавок с металлической скобкой для прикрепления к шнуру, *б* — общий вид 40-метрового отрезка шнура (1, 2 и 3 — поплавки), *в* — способ намотки шнура на поплавок, *г* — карабины для скрепления отрезков мерного шнура.

вается в грунт и ручкой поворачивается на упорном штыре вокруг своей оси. Ножами стебли растений подрезаются у дна и наматываются на боковые стержни. Площадь сечения прибора произвольна, зависит от длины ножей. Прибор простой, широко используется гидробиотаниками за рубежом. Его можно рекомендовать для использования на сети Госкомгидромета.

Для отбора проб фитомассы и учета количества растений на единицу площади могут быть использованы также зарослечерпатели Т. Д. Слепухиной [34] и Н. И. Кашкина [19].

Определенный слой в заросли можно вырезать при помощи «тростниковых ножиц» системы Ф. И. Вовка [9].

Из зарослечерпателей капканного типа для вырезания проб фитомассы на различных горизонтах растительного сообщества, для учета количества стеблей и объемного обилия на этих же горизонтах применимы зарослечерпатели, предложенные И. В. Старостиным [36] и Н. Н. Жгаревой [12].

### 10.2.3. Измерение расстояний и прокладка профилей и трансект на воде

Мерный шнур (рис. 10.18) изготавливается из тонких веревок и шнуров из различных материалов или крученого пенькового шпагата. При правильном способе изготовления (с вымачиванием, растягиванием и выхаживанием) шнур из пенькового шпагата при работе на воде не путается, не садится, не растягивается и метки на нем как в сухом, так и мокром виде имеют постоянные расстояния.

Разметку шнура удобно делать тряпочками или флажками черного, белого, синего и красного цветов. Черными обозначают нечетные деления, белыми — четные, синими — каждую пятую, красными — каждую десятую отметки.

После употребления, пеньковый мерный шнур и шнуры из веревок, изготовленных не из синтетических материалов, требуют большого ухода: их обязательно надо разматывать и просушивать в свободно растянута или раскинутом виде, иначе они сгниют. Вертки и шнуры из синтетических материалов (крученые и плетеные) требуют меньшего ухода, они не гниют и после употребления их не требуется каждый раз разматывать. Их большим недостатком является то, что при намокании они очень сильно растягиваются. Это надо учитывать при измерении расстояний. Для изготовления мерного шнура из синтетических материалов лучше употреблять тонкий литой шнур (похож на тонкий провод и продается как «бельевая веревка»).

Мерный шнур должен быть длиной около 250—300 м и состоять из нескольких кусков (отрезков) по 40—50 м каждый, которые на концах сцепляются карабинами.

При растягивании шнура на водоеме во время прокладки профилей к нему через каждые 20 м прикрепляются (карабинами или привязываются) поплавки из пенопласта или любого другого легкого материала, или деревянные дощечки выкрашенные белой или красной масляными красками со скобкой, приделанной на одной из сторон поплавок для прикрепления шнура. Поплавки можно не отцеплять от шнура в продолжение всей работы, наматывая 40 или 50-метровые куски шнура на эти же поплавки. Способ намотки шнура на поплавки показан на рис. 10.18.



На маленьких водоемах (прудах, небольших озерах, речках) растяжка шнура производится с берега на берег и больших затруднений не вызывает. На крупных водоемах шнур растягивается на зарастающем мелководье несколько далее границы распространения растений. Растяжку шнура лучше производить в направлении с воды на берег.

Установив с помощью грабелек или драги границу распространения растений и отъехав от нее к середине водоема метров на 15—20, укрепляют на двух якорях или на крупных угловатых камнях конечный поплавок-буй. Конечный поплавок можно сделать из сухого соснового, а лучше елового круглого полена, к которому с двух сторон приделано по кольцу для прикрепления веревки и шнура, или из толстой сухой доски длиной до 1,5 м, шириной — 0,25 м, у которой на концах вырезаны пазы для привязывания якорных веревок, а по середине одной из плоскостей — скоба для привязывания шнура. Для конечного поплавка можно использовать камеры от колес автомобиля и другие материалы.

После того как установлен конечный поплавок, к нему прицепляют шнур, берут нужное направление на берег и при тихом движении лодки начинают разматывать шнур. В то время когда на воду опускается очередной поплавок или сцепляются шнуры, лодка обязательно затормаживается. В ветреную погоду и на течении во время растягивания шнура на большое расстояние получается дуга, направленная в сторону движения воды или ветра, поэтому время от времени следует прекращать роспуск шнура и, не останавливая лодки, подтягиванием шнура выровнять поплавки. На берегу шнур прочно привязывают. Он должен лежать на поплавках сверху и к конечному поплавку прикрепляется тоже сверху (рис. 10.19).

Если мелководье обширное и ширина полосы растительности простирается более чем на 250 м, делается несколько перекидок шнура. Оба конца шнура в этом случае укрепляются на буях. Также перекидками шнура проводится профиль через широкий мелководный водоем, на котором растительность распространена по всей акватории. Натягивание шнура на водоеме, особенно во время ветра, требует много времени, но дает хорошие результаты по измерению протяженности зарослей.

Кроме необходимых приборов, при разных видах ботанических работ на водоеме, нужно иметь: сачок с толстым ободом диаметром не менее 25 см с мешком из редкой ткани — он служит для вылавливания мелких плавающих растений и всплывших мелких растений или кусков растений при выкашивании или ручной выборке учетных площадок, решето для промывки растений, ножницы, секатор или серп для срезания растений на малых глубинах, весы для взвешивания отобранных укосов. В. Д. Утехин [38] рекомендует для быстрого взвешивания укосов в поле употреблять гидрометеорологический прибор снегомер весовой, или плотномер марки ВС-43. Его точность взвешивания составляет 5 г, предельная нагрузка 1,5 кг. Вес прибора 3,7 кг. Для измере-

ния высоты растений, ширины зарослей на мелких местах и других работ, связанных с размерными характеристиками растений и их сообществ, надо иметь мерную вилку или штангенциркуль, портновские сантиметры, рулетки (лучше тесмяные).

Для завертывания срезанных с учетных площадок растений (до доставки их к месту обработки и хранения) необходимо иметь матерчатые (лучше хлопчатобумажные) или марлевые (двойные) простыни, полиэтиленовую пленку или клеенку. Для сушки укосов необходимы мешки из редкой ткани или из марли. Простыни, мешки, пленку или клеенку надо иметь в достаточном количе-

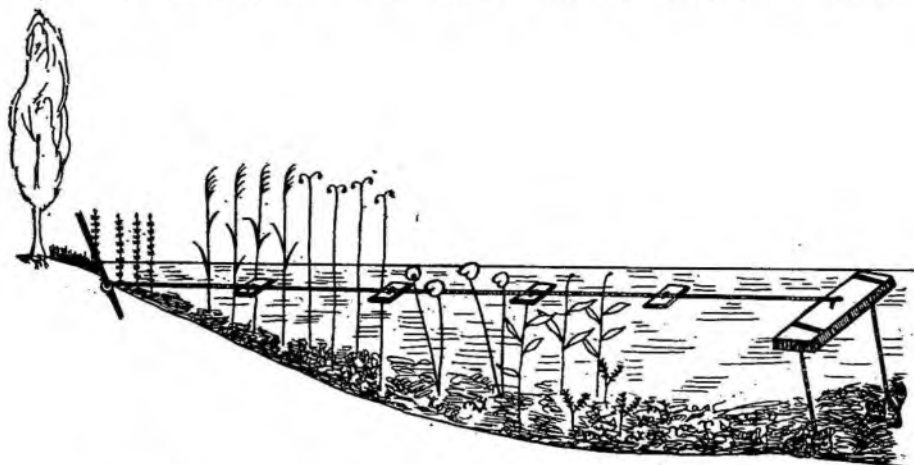


Рис. 10.19. Общий вид мерного шнура в натянутом состоянии.

стве и различных размеров. При ширине марли для мешков наиболее употребительна длина в 1, 0,75 и 0,5 м, но желательно иметь и некоторое количество маленьких мешков. Полиэтиленовая пленка или клеенка нарезаются кусками не менее 1,5—2 м длиной. Простыни из марли изготавливаются двойными, длиной не менее 1,5—2 м. Бóльший или меньший размер как пленки и клеенки, так и простыней при пользовании неудобен.

Для сбора растений при описаниях и гербаризации нужно иметь стандартные мешочки из полиэтиленовой пленки и примерно такого же размера мешки из легко моющейся материи, непромокаемую большую сумку с плоским дном для сбора растений, ботанические прессы (гербарные сетки) и непроклеенную оберточную или газетную бумагу для сушки растений.

### 10.3. ОПИСАНИЕ И КАРТИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

#### 10.3.1. Работа на водоемах

При исследовании растительности водоемов прежде всего нужна не особенно большая (однопарная), устойчивая и хорошо

идушая под веслами гребная лодка, в которой можно вставить, ходить, легко двигаться в зарослях растительности и по мелким местам. Моторная лодка или катер необходимы при работе на больших водоемах и для переброски в разные их части. Если в распоряжении исследователя имеется только моторная лодка, то при въезде в заросли надо останавливаться и поднимать мотор и продвигаться далее шестом или на веслах, что бывает трудно, если лодка большая, а заросли густые. Для работы на мелких местах и в зарослях можно иметь надувную лодку или автомобильную надутую камеру с приклеенным дном и лопаточками для гребли (такими пользуются рыболовы-любители). Ее можно привязывать на длинной веревке к лодке — гребной или моторной.

При работе на гребной лодке, особенно одному, включения для весел необходимо иметь такие, при которых в любой момент можно бросить весла, не заботясь о том, что они могут уплыть от лодки. Для облегчения продвижения лодки в зарослях, у берегов и по узким рекам и протокам полезно, кроме весел, иметь шест длиной 2—3 м с раздвоенным концом. Он же может служить для укрепления лодки вместо якоря при описании пробных площадей и других работах.

В гребной лодке лучше работать вдвоем, причем занимающемуся описанием растительности необходимо сидеть на корме.

Прежде чем начинать с разной степенью детальности описание и картирование растительности, рекомендуется сделать рекогносцировочный объезд водоема (или его части) на лодке, обход или объезд на автомобиле его с берега для того, чтобы познакомиться с характером растительности и с основными чертами распределения ее сообществ. При таком объезде или обходе необходимо вести полевой дневник, наметить характерные участки для дальнейшего более подробного их исследования. Нередко приходится начинать работу и без предварительного объезда и обхода, но в таком случае исследователь, незнакомый с характером распределения растительности, рискует провести лишнюю работу по детализации участков, которые не представляют особого интереса.

Большую помощь при геоботанических работах на водоемах могут оказать аэровизуальные наблюдения с самолетов и вертолетов над растительными сообществами и их распределением, а также при картировании растительности и данные аэрофото съемки. При глазомерном картировании с воздуха четко видны границы растительных сообществ. Полезны спуски под воду в легких водолазных костюмах и с аквалангами. Данные качественных и количественных сборов получают при этом более точные, чем при сборах сверху.

Описание и картирование растительности могут производиться одновременно и быть различной степени подробности. Они осуществляются путем объезда побережья водоема (если водоем глубокий) и целиком всего водоема (если он мелководный) на

лодке (рис. 10.20) с заездами к берегу, в самые глухие заливчики и за пределы распространения растительности (к центру). При таком объезде время от времени в тех местах, где возможно, необходимо выходить на берег для знакомства с типом зарастания его приуезовой, низменной части, которая может затопляться в половодье. При объезде с целью выявления растений и

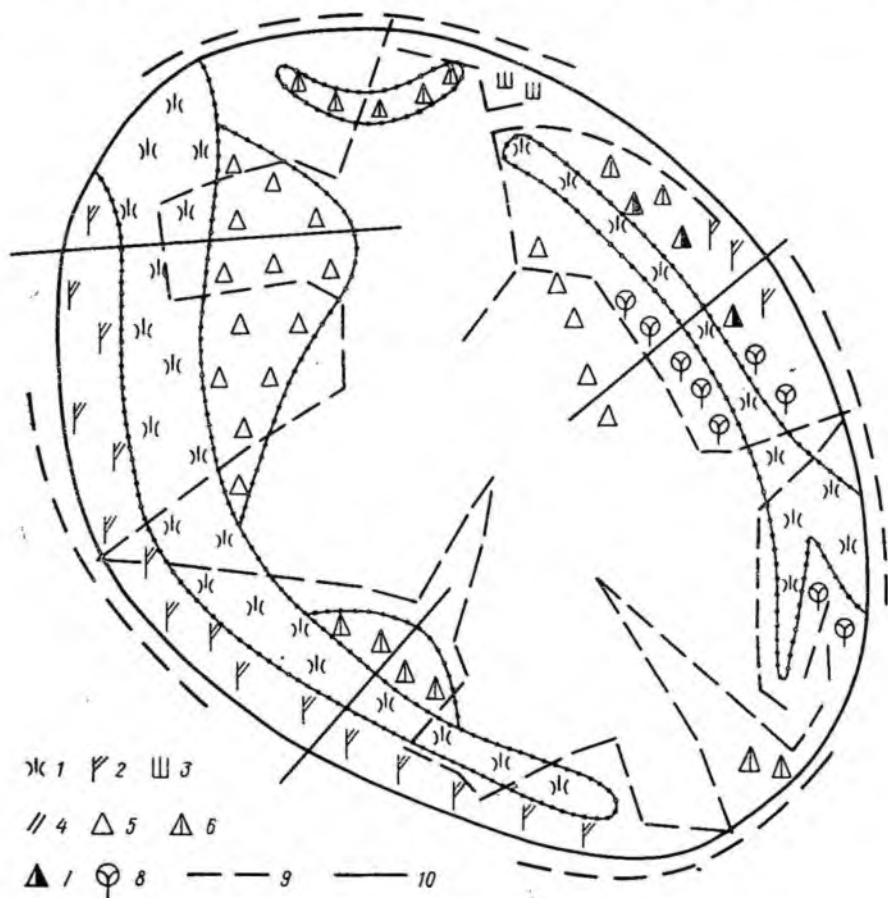


Рис. 10.20. Передвижение на лодке при обследовании водоема.

1 — тростник, 2 — тростянка, 3 — болотница, 4 — частуха, 5 — рдест блестящий, 6 — рдест гребенчатый, 7 — рдест стеблеобъемлющий, 8 — горец земноводный, 9 — ход лодки и ходовая линия на берегу, 10 — линия профиля.

установления границы их распространения по глубине нужно все время пользоваться водяными грабельками, якорьками, драгами или мотком колючей проволоки на веревке. В некоторых случаях для подробного осмотра дна можно использовать смотровую трубу.

Во время этого объезда ведется полевой дневник и делаются остановки для описания растительных сообществ и определения факторов среды. В полевой дневник вносятся замечания о закономерностях распределения растительных сообществ на том или ином участке побережья, их составе и состоянии (физиологическом и жизненном), экологических условиях, в которых они находятся, влиянии на них человека и животных и другие данные о растительности и водоеме в целом — делаются глазомерные зарисовки распределения сообществ на отдельных участках водоема. В различных местах водоема, в наиболее характерных по зарастанию его частях прокладываются профили, трансекты, на которых производится описание и различного рода учет растительности, устанавливается ширина (по линии профиля) отдельных фитоценозов и зон, или поясов растительности. Эти материалы используются при составлении картосхемы распределения растительности в водоеме.

Описание по профилю начинают с краткой характеристики прибрежной растительности, затем уже переходят к описанию поясов водной растительности, выделяя в их пределах отдельные фитоценозы. От уреза воды ширину поясов растительности, а также и фитоценозов определяют по меткам на шнуре. Счет метров ведется последовательно, начиная с первого до конечного.

Количество профилей, которые нужно проложить в том или другом водоеме для описания, количественного учета и картирования растительности, зависит прежде всего от характера зарастания водоема и его величины.

В водоемах с малоизрезанной береговой линией, в маленьких и даже достаточно крупных, но мелководных, не отличающихся большим разнообразием биотопов и растительности, можно ограничиться прокладкой 1—2 профилей.

При картировании для измерения ширины сообществ, слагающих прибрежную полосу растительности, профилей прокладывается больше и количество их зависит от постоянства ширины и извилистости прибрежной полосы растительности. В водоемах со сложной береговой линией и в крупных водоемах с большим разнообразием биотопов профили проводятся в наиболее характерных по растительности и биотопам частях. Профили прокладываются при помощи мерного шнура, который натягивается в направлении от границы распространения растений к берегу или наоборот, обычно под прямым углом в отношении берега. Направление профиля устанавливается по компасу или другим приборам. Если полоса растительности у берега узкая (20—50 м ширины), то протянуть шнур на такое расстояние не составит труда и не займет много времени. При широкой полосе растительности, особенно при густых зарослях высоких надводных растений, а также при ветреной погоде, это трудоемкая работа. Прокладывать профили для картирования или описания растительности можно и без шнура, что, конечно, дает менее точные

данные. В таком случае, если профиль начинают от берега, то вначале устанавливают границу распространения растительности к центру озера и немного далее ее ставят хорошо видимый знак (бук, шест) и гребут на лодке от берега на него, стараясь соблюдать прямую линию. В местах смены зарослей или через равные промежутки времени делают остановку (укрепляясь каждый раз на якорь или шест) для измерения глубины и ставят буйки. Расстояние отсчитывается по числу гребков. Грести надо равномерно всегда одному человеку, предварительно определив расстояние между гребками. По буйкам при возвращении всегда можно проверить правильность первого измерения. Когда профиль проводится в направлении от открытой части водоема в сторону берега, то вначале нужно поставить хорошо видимый знак на берегу и грести на него. Описание и учет растительности на профиле делается после его прокладки.

### 10.3.2. Описание растительности и изучение элементов структуры фитоценозов

Описание сообществ растительности производится на пробных площадях (площадях выявления) размером около 100 м<sup>2</sup> обычно в форме квадрата со сторонами 10×10 м. Пробные площади выбираются в наиболее характерных местах выделенного растительного сообщества с более или менее однородными экологическими условиями. Границы пробных площадей обычно устанавливают на глаз, намечая их по каким-либо выделяющимся растениям или торчащим из воды предметам. Фрагменты сообществ небольшого размера (меньше площади выявления) описываются целиком. Описание фитоценозов на пробных площадях следует делать на специальных бланках для этого предназначенных (в виде книжечек) или, если нет бланков, то в отдельной тетради, в которой для каждого описания отводится несколько страниц; они разграфляются заранее по форме бланка. Вместо бланков описание можно делать на перфорационных картах. Применение карт облегчает последующую обработку материала.

При геоботаническом описании фитоценоза на пробной площади характеризуются: общее состояние фитоценоза, его физиономичность, флористический состав, обилие видов; размещение их по площади (равномерно, пятнами, группами и т. д.), ярусность, высота растений и ярусов, а для возвышающихся над водой видов высота их надводной части, проективное покрытие (общее для всего травостоя и для каждого яруса в отдельности, а если возможно и для вида), жизненность и фенологическое состояние (обозначение фенофаз: вегетации — в, бутонизации — б, цветения — ц, а плодоношения: созревания плодов — с, разбрасывания плодов — п, отмирания — о).

В бланке описания приводится также характеристика условий произрастания фитоценоза: глубина (у верхней и нижней границы, если она не одинакова), температура воды у дна и поверхности,

свойства донных отложений по глазомерной оценке (желательно в некоторых случаях с отбором проб для лабораторного анализа) и других ингредиентов (по потребности) (см. приложение 25).

Для определения флористического состава создается полный список растений, образующих фитоценоз. В бланк описания заносятся все виды, встреченные на пробной площади. Тем растениям, названия которых работающий не знает, присваивается какое-либо условное произвольное название. Это название и сохраняется за ним весь период работы. Такие виды обязательно берутся в гербарий, и на этикетках пишется данное им условное наименование, которое после определения, всюду заменяется на правильное. С особенностями гербаризации водных растений можно познакомиться в работах В. М. Катанской [16, 18].

Собирающему водные растения надо знать, что ряд видов гидрофитов находится под охраной и внесены в «Красную книгу СССР» [23]. Следует познакомиться с ней перед началом работы, а также с Красными книгами, посвященными только растениям [22, 23], в том числе тех областей, в которых производятся исследования. Необходимо познакомиться со списками охраняемых растений этой же местности.

Выявление видов растений с последующей записью их в бланк лучше делать по ярусам, начиная всегда с верхнего — надводного. При такой системе учет растений в водных сообществах производится быстрее и точнее. Для уверенности, что видовой состав фитоценоза выявлен полностью, при учете растений в подводном ярусе, нужно пользоваться водяными грабельками, якорьком, а иногда полезно и смотровой трубой. В фитоценозах, в которых передвигаться на лодке легко, нужно осмотреть площадку полностью, а в тех, где передвижение невозможно, например в сообществах высоких растений, приходится ограничиваться осмотром площадки с лодки.

Под обилием (численным обилием) понимается степень участия особей вида в фитоценозе (по числу особей, массе, проективному покрытию и т. д.).

Для глазомерной оценки обилия видов в фитоценозе используются различные шкалы и чаще всего шкалы Друде (табл. 10.1) в ней баллами (словами) обозначены ступени обилия того или иного вида.

Таблица 10.1

**Шкала оценок обилия видов по Друде**

Soc. (sociales)	. . . . .	6 (обильно, образует фон, смыкается)
Cop. <sup>3</sup> (copiosae)	. . . . .	5 (очень много)
Cop. <sup>2</sup>	. . . . .	4 (много)
Cop. <sup>1</sup>	. . . . .	3 (довольно много)
Sp. (sparsae)	. . . . .	2 (мало, в небольших количествах, вкраплено в основной фон других растений)
Sol. (solitariae)	. . . . .	1 (единично)
Un. (unicum)	. . . . .	+ (встречается единственный экземпляр)
Gr. (gregarius)	. . . . .	гр. (встречается группами). Это обозначение ставится рядом с категорией обилия

Список растений с отметками обилия видов по Друде называется квалифицированным списком.

Площадь покрытия или проективное покрытие — площадь горизонтальных проекций растений на поверхность грунта (дно) — выражается в процентах поверхности пробной площади, которая принимается за 100 %. Различаются общее проективное покрытие, или проективная полнота, ярусное покрытие, проективное обилие (проективное покрытие отдельных видов) и истинное покрытие (площадь дна, занятая основаниями растений).

Определение проективного покрытия производится при помощи квадратной рамы или двойной круглой рамы размерами 0,5 или 1 м<sup>2</sup> с натянутой масштабной сеткой через 10 см. Делается зарисовка проекций растений и оснований их стеблей. В водных условиях такой способ учета проективного покрытия применяется рядом исследователей в основном в сообществах плавающих растений, а именно, для определения покрытия поверхности воды их плавающими листьями. Проективное покрытие определяется также с помощью простейших приспособлений: сеточки, зеркальной сеточки и масштабной вилочки (с описанием их можно ознакомиться в руководствах по геоботанике) или глазомерно. При натренированном глазомере ошибка бывает небольшой. Для этого надо сначала поупражняться в определении проективного покрытия на небольших площадках в различных травостоях с последующей проверкой определений, сделанных глазомерно. При маршрутных исследованиях этот способ находит широкое применение.

Жизненность (приспособленность растений к условиям местобитания) различается на следующие ступени:

3 — виды с полным циклом развития, нормального роста, цветут и плодоносят,

2 — вегетативное развитие ниже нормального, способность цвести и плодоносить не утрачена,

1 — виды явно угнетенные.

Ступени 5 и 4 обозначают чрезмерное развитие и развитие выше нормального.

### 10.3.3. Картирование

Для того чтобы иметь возможность показать хотя бы примерно распределение растительности в водоеме и определить площади, занимаемые отдельными растительными сообществами, необходимы крупномасштабные карты или планы, желательно такие, на которых были бы нанесены и глубины. Но, к сожалению, они являются редкостью даже для крупных водоемов.

На картах далеко не всегда удается воспроизвести более или менее правильную картину распределения отдельных единиц растительности и определить в дальнейшем занимаемые ими площади. Поэтому кроме общей картосхемы для некоторых наиболее интересных, густо заросших участков водоемов, по тем или иным причинам, важных для обследования, составляются планы круп-



ного масштаба (вплоть до 10 м в 1 см). На эти планы уже можно нанести и фрагменты фитоценозов, занимающих совсем небольшие площади. При составлении картосхемы и планов нельзя ограничиваться нанесением границы только хорошо видимой растительности. Необходимо нанести также границы находящихся под водой и плохо видимых сверху сообществ, погруженных и мелких придонных растений. Для установления их надо пользоваться соответствующими инструментами.

Составлять картосхемы распределения растительности можно глазомерно с лодки, измеряя расстояния и протяженность различных типов растительности гребками, мерным шнуром, а у берегов и на берегах — рулеткой, мерной лентой и т. д. или с воз-

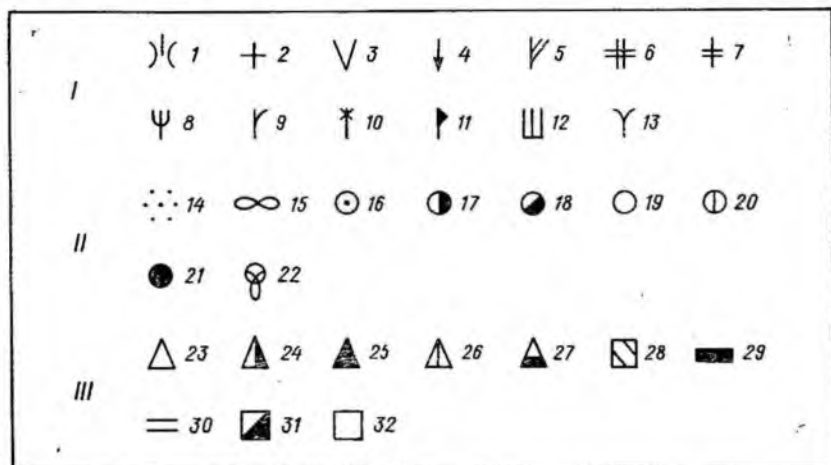


Рис. 10.21. Условные обозначения основных видов водных растений на картосхемах.

Гелофиты: (I): 1 — тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), 2 — камыш озерный (*Scirpus lacustris*), 3 — рогоз узколистный (*Typha angustifolia*), 4 — рогоз широколистный (*T. latifolia*), 5 — тростянка овсяницевая (*Scolochloa festucaceae*), 6 — манник большой (*Glyceria maxima*), 7 — хвощ речной *Equisetum fluviatile*, 8 — сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*), 9 — ежеголовник прямой (*Sparganium erectum*), 10 — частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), 11 — стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia*), 12 — болотница болотная (*Eleocharis palustris*), 13 — осоки (*Carex*), Гидрофиты плавающие (II): 14 — ряска маленькая (*Lemna minor*); 15 — водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsur-ranae*), 16 — сальвиния плавающая (*Salvinia natans*), 17 — кувшинка белая (*Nymphaea alba*), 18 — кувшинка чистобелая (*Nymphaea candida*); 19 — кубышка желтая (*Nuphar lutea*); 20 — кубышка малая (*N. pumila*), 21 — рдест плавающий (*Potamogeton natans*), 22 — горец земноводный (*Polygonum amphibium f. aquaticum*). Гидрофиты погруженные (III): 23 — рдест блестящий (*Potamogeton lucens*), 24 — рдест курчавый (*P. perfoliatus*), 26 — рдест гребенчатый (*P. pectinatus*), 27 — рдест маленький (*P. pusillus*), 28 — валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis*), 29 — элодея канадская (*Elodea canadensis*), 30 — ряска тройчатая (*Lemna trisulca*), 31 — роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), 32 — уруть колосовая (*Myriophyllum spicatum*).

духа. В последнем случае очень хорошо иметь при себе планшеты аэрофотосъемки. При картировании растительности на отдельных участках водоема можно использовать приемы пикетажной съемки. При помощи буйков или вех участок водоема:

разбивается на пикеты-квадраты, в пределах которых потом и наносятся границы растительных сообществ. Для более точного нанесения контуров различных растительных сообществ на картосхему требуется инструментальная съемка или специальная аэрофотосъемка с последующим дешифрированием. К сожалению, еще далеко не все сообщества настоящей водной растительности (погруженной и плавающей) дешифрируются. При оформлении картосхем распределения растительности в водоеме для обозначения наносимых на нее различных единиц растительности (ассоциаций формаций и т. д., в зависимости от того, что требуется по задачам исследования), пользуются условными знаками — разными типами штриховок или значками (рис. 10.21).

Выработать условные обозначения абсолютно для всех видов водных растений конечно невозможно, да и не нужно. Редко встречающиеся виды на картах, если это необходимо, можно обозначить начальными буквами их родового или видового названия или произвольными условными значками.

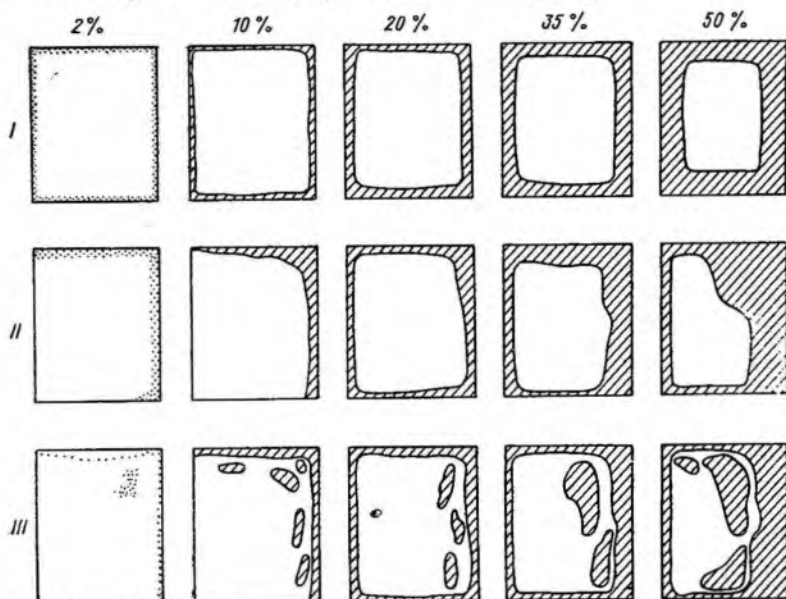


Рис. 10.22. Схематическое изображение распределения растительности в прудах при разном типе их зарастания (по Starmach, 1954). Распределение растительности: I — равномерное, II — неравномерное, III — неравномерное и островное. Цифры — степень зарастания прудов, % площади.

При обозначениях штриховкой для формаций надводных растений предлагается наклонная вправо штриховка, для плавающих — извилистая горизонтальная или в косую клеточку, для погруженных — вертикальная. Штриховки должны быть редкими для того чтобы иметь возможность вписать в них буквы, обозначающие виды растений.

Для глазомерной оценки зарастания водоема можно воспользоваться схемой [53] для определения степени зарастания прудов при разном размещении растительности в прибрежье (рис. 10.22). Для определения состояния зарастания прудов используются следующие обозначения:

- +5 — зарастание чрезмерное, растительностью покрыто более 50 % поверхности пруда,
- 5 — очень большое (от  $1/3$  до  $1/2$  поверхности, 36—50 %),
- 4 — большое (от  $1/5$  до  $1/3$  поверхности, 21—35 %),
- 3 — среднее (от  $1/10$  до  $1/5$  поверхности, 11—20 %),
- 2 — небольшое (от  $1/50$  до  $1/10$  поверхности, 3—10 %),
- 1 — ничтожное (от  $1/100$  до  $1/50$  поверхности, 1—2 %).

По картам определяется площадь, занятая растительностью в водоеме, а также площадь отдельных ее сообществ.

#### 10.4. ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

Изучение продуктивности водных растительных сообществ в настоящее время строится в основном на определении зеленой (надземной) растительной массы фитоценозов весовым методом в период их максимального развития, под которым условно принимается время массового цветения растений. Максимальная фитомасса (за нее принимается фитомасса в этот период) растений условно приравнивается к их годовой продукции. Эти величины, как показали исследования, не всегда совпадают, так как годовая продукция может или превышать, или быть меньше максимальной фитомассы и разница между ними иногда значительна. При вычислении продукции водной растительности по максимальной фитомассе для водоемов средних широт предлагается вводить поправку — надбавку к фитомассе, обычно в размере 10—20 %. Краткий обзор литературы по этому вопросу имеется в работах И. М. Распопова [33] и А. П. Белавской [4].

##### 10.4.1. Определение надземной растительной массы (фитомассы)

Определение фитомассы производится на учетных площадках квадратной или прямоугольной формы обычно размером от 0,25 до 1 м<sup>2</sup>, иногда большего размера во время массового цветения вида-строителя сообщества. Учетная площадка, отграниченная рамой, веревкой или другим способом, закладывается в фитоценозе. С нее срезаются у поверхности грунта все растения и взвешиваются. В зависимости от специфики исследований определяются сырая, воздушно-сухая и абсолютно сухая (т. е. масса (вес) растений, высушенных в сушильном шкафу) массы, зольность, химический состав растений. Необходимая повторность и размеры площадок в каждом конкретном случае определяются сложностью строения травостоя сообщества, особенностями его сложения, густотой стояния и размещением компонентов и т. д.

Учетные площадки небольшого размера (0,5, 0,25 м<sup>2</sup>) берутся в большем количестве, чем площадью в 1 м<sup>2</sup> и крупнее. В сообществах с однородным и густым травостоем и в одновидовых чистых зарослях учетных площадок закладывается меньше, чем в сообществах с неоднородным различной степени сложности сообществом (см. например, работу [35]). В сообществах тростника и хвоща зарослевого типа сложения закладывалось 5—10 площадок размером 0,5 и 1 м<sup>2</sup>, а травостоях с неоднородно-групповым сложением — по 15—20 таких площадок. В сообществах с изреженным травостоем рекомендуется брать несколько учетных площадок в 1 м<sup>2</sup> и больших размеров в различных его частях. В сообществах кувшинок и кубышек размер учетных площадок должен быть не менее 2—4 м<sup>2</sup>.

Если для взятия проб на фитомассу используются некоторые из вышеописанных приборов — зарослечерпатели, дночерпатели, драги и пр., площадь захвата которых очень мала, необходимо так рассчитать количество опусканий, чтобы ими была покрыта площадь хотя бы в 0,25 или 0,5 м<sup>2</sup>. Одно опускание прибора с небольшой площадью захвата не может дать надежных результатов. При взятии укусов должны обязательно учитываться размеры массивов сообщества и сложение его травостоя. Полученные средние значения надземной фитомассы сообщества затем пересчитываются на всю площадь, занятую им в водоеме. Не рекомендуется распространять значение фитомассы только одного так называемого «среднего укуса» на всю площадь, занятую данным сообществом в водоеме.

Для характеристики продуктивности растительного покрова всего небольшого водоема с относительно однородной растительностью можно ограничиться взятием небольшого количества укусов. В крупных водоемах, даже при сравнительно однотипной растительности, укусов в целом с водоема всегда набирается много. Это обстоятельство надо учитывать при планировании летних полевых работ на таких водоемах.

Взятие укусов — это наиболее трудоемкая часть работы при определении надземной фитомассы. При взятии укусов обычно, как было указано выше, употребляются различного типа рамы. О способах установки рам в фитоценозах гидрофитов и гелофитов рассказано при их описании. Раму во всех случаях рекомендуется оставлять на плаву, укрепляя по углам кольями (см. рис. 10.10). Такое положение рамы удобно потому, что поднимающиеся вверх во время ручной выборки и выкашивания растения или их части не расплываются вокруг, а задерживаются внутри рамы и их легко собрать. На мелких местах (до глубины 0,6 м) растения выбираются (стоя в воде или из лодки) руками, срезаются ножом, ножницами, серпом, секатором и т. д. При ручной выборке удобно употреблять прямоугольную раму, поскольку из нее можно доставать растения, находясь все время на одной ее стороне. Передвижение вокруг рамы всегда нежелательно, особенно в местах с рыхлым илом на дне, так как при этом поднимается много

мути, что затрудняет работу. Для уничтожения мути хорошо при себе иметь лопаточку или ковшик, которыми время от времени надо осторожно проводить над дном по краю площадки (в одну сторону), создавая течение. Муть при этом постепенно сгоняется, но нужно следить, чтобы вместе с ней не уплыли и срезанные растения или их части. Выборку растений лучше начинать с центральной части площадки, за исключением ценозов гелофитов с густым травостоем, в которых срезать растения начинают с одной из сторон площадки.

Взятие укосов на глубинах, превышающих 1—1,5 м, с выкашиванием растений косой, осуществляется с лодки. При срезании растений косой надо работать вдвоем: один косит (он должен находиться в кормовой части лодки), а второй выбирает скошенные растения, находясь примерно посередине лодки. В первую очередь срезаются растения, растущие посередине площадки, а затем растения, растущие по краям. После каждого одного-двух срезов косой следует некоторое время подождать, не вынимая косы из воды, пока скошенные растения не всплывут на поверхность воды, а затем выбрать их в лодку. Перед обкосом площадки крупные взвешенные в толще воды и свободно плавающие на ее поверхности растения вытаскиваются руками или водяными грабельками, а мелкие вылавливаются сачком или решетом. Заросле-черпатели, скребки, драги и другие инструменты для выборки растений с площадок, отграниченных рамой, не годятся. Только в некоторых случаях на илистых, очень мягких донных отложениях для доставания растений можно воспользоваться водяными грабельками.

В тех случаях, когда на глубоких местах берется площадка размером более 1 м<sup>2</sup> (например, в ценозах кувшинки и кубышки), она оконтуривается шнуром. Для этого в фитоценозе намечается квадрат или прямоугольник площадью 2, 4 м<sup>2</sup> и т. д., по углам которого, как уже говорилось, устанавливаются колья. Далее, между тремя из кольев натягивается и закрепляется шнур, отмечающий границы площадки с трех сторон. Одна ее сторона остается свободной (без натянутого шнура) для въезда лодки. Шнур на этой стороне натягивается только тогда, когда здесь производится скашивание растений. Лодка во время скашивания укрепляется или удерживается только при помощи специального шеста — якоря опускать нельзя.

Скашивание всегда лучше начинать с центральной части площадки. Положение работающих в лодке такое же, как и при работе с рамой, только выбирающий растения должен удерживать и передвигать лодку.

Во время взятия укосов как на малых, так и на больших глубинах с лодки полиэтиленовые пленки с влажными простынями, на которые складываются растения, расстилаются вдоль борта, противоположного тому, с которого производится ручная выборка или скашивание. Длина простыни должна немного превышать высоту растений (можно положить две простыни подряд). Срезан-

ные надводные растения укладываются целиком на простыни все в одном и том же порядке — нижними концами стеблей в одну сторону, верхушками в другие. Ломать растения и класть в беспорядке нельзя — это очень затруднит их дальнейшую разборку и обработку.

При взятии укусов в фитоценозах погруженных растений, на поверхности листьев и стеблей которых задерживается много воды (урути, роголистника, мхов, харовых водорослей и др.), полиэтиленовая пленка расстилается на дне лодки так, чтобы в ней могла собираться вода, не выливаясь в лодку. На пленку кладут сухую марлевую простыню, в которую и складываются растения. По мере извлечения растений накапливающаяся на пленке вода периодически с нее сливается. Если укус большой, воды набирается много, то сидеть и работать в лодке с водой неудобно и неприятно.

В процессе ручной выборки и выкашивания растения насколько возможно отмываются от грязи, очищаются от обрастаний, предварительно сортируются по группам. Укус снабжается этикеткой и регистрируется в дневнике. В этикетке указывается номер укуса, название водоема и фитоценоза, место и дата сбора, глубина, донные отложения (по визуальной оценке), способ взятия, площадь с которой взят укус. Если при этом берутся пробы донных отложений или других компонентов, то указывается их номер. Далее укус завертывается во влажные простыни и пленку, перевязывается веревками (надо иметь запас коротких тонких веревок). Стебли очень высоких надводных растений при завертывании укуса можно согнуть вверху (в тонкой части укуса) все вместе, когда они уже завернуты в простыню. Это предохранит их от перелома. Укусы доставляются на базу или в лабораторию для обработки. Завернутые во влажную материю и пленку, они удобны для транспортировки. Растения при этом 1—2 дня сохраняются свежими (в прохладном месте в тени). Погруженные виды за это время отдают значительную часть поверхности влаги — обсыхают, но не подсыхают, что облегчает обработку. В ряде случаев, особенно начинающими исследователями, растения складываются в емкости с водой, в которых и доставляются к месту обработки. Это очень громоздко и неудобно. Кроме того, в лодке одновременно трудно иметь несколько таких емкостей.

На больших глубинах укусы можно брать, погружаясь в воду в легких водолазных костюмах или с аквалангами. При этом применяется окрашенная в белый цвет металлическая рама. Растения выбираются руками и складываются в мешок. Помехой при сборе растений является легкая взмучиваемость донных отложений. Несмотря на то, что этот способ взятия укусов на глубинах дает более надежные данные по сравнению с другими способами отбора, он не получил широкого распространения, очевидно, в силу того, что требует значительных затрат времени, и потому, что не всякий работающий может его использовать сам, опускаясь в воду.

Обработку доставленных в лабораторию или на базу укосов желательно производить в этот же или на следующий день. На более поздние сроки она может быть отложена только при исключительных обстоятельствах.

Для регистрации укосов и записей результатов их обработки заводится журнал (конторская книга). На каждый укос в ней отводится две (иногда более) страницы, которые разграфляются по форме, изложенной в приложении 26.

Укосы обрабатываются в следующей последовательности: очистка, разборка, взвешивание в сыром виде (биометрическая обработка по необходимости), сушка, взвешивание в воздушно-сухом и абсолютно-сухом состояниях. Дальнейшая обработка проводится в соответствии с задачами исследований.

1. Укос очищается от оставшейся грязи и посторонних примесей, у растений отрезаются остатки корней. У возвышающихся над водой растений приходится отмывать (или вытирать) от обрастаний и грязи в основном только нижние части стеблей. Верхние, воздушные части стеблей мочить не следует. Погруженные и плавающие растения, если они грязные, промываются целиком и обсушиваются, для чего они раскладываются на сухой простыне тонким слоем. Края простыни подгибаются, и растения заворачиваются валиком. Иногда подобную операцию приходится продельвать несколько раз. То же надо сделать с хорошо отмытыми во время выборки, но мокрыми растениями. Можно поверхностную воду с растений удалять фильтровальной бумагой, простым их встряхиванием. Для обсушивания растения раскладываются в помещении на сетках, бумаге, подвешиваются на веревках, но при этом неизбежно подсыхают и сами растения.

2. Укосы разбираются в тени на влажных простынях. Во время длительной разборки их следует покрывать влажными простынями. Растения раскладываются по видам или группам — погруженные, плавающие, надводные и т. д. Для укосов из одновидовых ценозов такой разборки не требуется.

3. После разборки укос в целом, составляющие его группы и виды растений взвешиваются в сыром виде с точностью до 5 г (во избежание ошибки взвешивать укос или группы и виды растений рекомендуется одним весом, а не по частям). Масса (вес) укоса и дата взвешивания записываются в журнале. Взвешивание производится на любого типа весах. При подборе весов необходимо учесть возможный предельный вес укосов и высоту растений. В южных районах масса одного укоса (с 1 м<sup>2</sup>) достигает 7—10 кг и более, а высота растений (например, тростника) 4—6 м. Взвешивать укосы удобно на «детских весах», предназначенных для взвешивания детей грудного возраста, с предельным весом 20 кг. Надводные высокие растения перед взвешиванием связываются в снопок (ломать их нельзя), а погруженные и плавающие, если их много, приходится взвешивать в мешках для просушки, которые перед этим взвешиваются пустыми. В журнале проставляется чистая масса укоса.

После взвешивания сырых укосов при необходимости изменяются высота и диаметр стеблей у корня, подсчитывается их количество (при этом желательны генеративные и вегетативные особи), обводятся контуры листьев для определения их площади, подсчитывается количество листьев и т. д. в зависимости от того, какие данные хочет получить исследователь.

Измерение высоты растений в укосе производится после раскладки их на ростовые группы с интервалом в 5 или 10 см, например, 50—55, 55—60, 60—65 см и т. д. Подсчет стеблей и измерение их диаметра делается после раскладки растений на ростовые группы.

4. Сушка (до воздушно-сухого состояния) производится в помещении или на улице (в этом случае укосы надо предохранять от дождя). Для просушивания укосы в целом или частями помещаются в матерчатые или марлевые мешки (в помещении можно сушить растения в разложенном виде), в каждый мешок вкладывается этикетка. Мешок завязывается. Растения в нем должны лежать свободно. Растения набивать в мешки нельзя. Это сильно замедляет высыхание и, кроме того, растения в таких мешках преют и гниют. На этикетках пишется номер укоса, название фитоценоза (группы, вида части растений), дата отбора и взвешивания, указывается сырая масса. Если один укос закладывается в несколько мешков, то это указывается в этикетке. Этикетки нужно делать большого формата, на цветной, яркой бумаге, тогда они легко находятся в массе растений.

Перед закладкой в мешки длинные стебли растений переламываются примерно по размеру мешка, а мясистые и толстые, например стебли рогоза, камыша, ежеголовника и др., разрезаются внизу вдоль на несколько частей, для более быстрого высыхания. То же продельвается с толстыми мясистыми корневищами, если достается корневая система. В процессе сушки необходимо переворачивать мешки и ворошить в них растения. Укосы с погруженными и плавающими растениями не рекомендуется сушить в подвешенном виде.

5. Взвешивание в воздушно-сухом виде производится после полного высыхания растений, которое можно определить по их состоянию визуально (листья ломаются при сгибании) или путем неоднократного взвешивания (до постоянного веса) в процессе сушки. Возвышающиеся над водой растения (крупные) сохнут очень долго (до 1 месяца), погруженные и плавающие — значительно быстрее. Воздушно-сухая масса укоса и дата взвешивания регистрируются в журнале.

Для определения абсолютно сухой массы из крупных укосов берется средняя проба — несколько растений или определенной величины навеска из измельченного укоса, которые помещаются в сушильный шкаф, где высушиваются при температуре 105 °С. В последнее время рекомендуют сушить при температуре 80 °С. Абсолютно сухая масса навески в дальнейшем пересчитывается на вес всего укоса. Фитомасса выражается в сырой (живом), воз-



душно-сухой и абсолютно сухой массе на единицу площади (соответственно в  $г/м^2$ ,  $кг/м^2$ ,  $ц/га$ ,  $т/км^2$ ). Наиболее надежным показателем является абсолютно сухая масса. Массу во избежание написания длинных названий в таблицах и в тексте предлагается обозначать только начальными буквами: СВ — сырая масса, ВСВ — воздушно-сухая масса, АСВ — абсолютно сухая масса. В тексте, например, можно писать так (в любых единицах измерения):  $215 г/м^2$  СВ,  $40 г/м^2$  ВСВ,  $37 г/м^2$  АСВ.

#### 10.4.2. Расчет годовой продукции

Расчет годовой продукции выражается в единицах массы воздушно-сухого, абсолютно сухого органического вещества, углерода С с единицы площади и в энергетических единицах — по системе единиц СИ в джоулях (ДЖ). ( $1 ДЖ = 0,24 кал$ ,  $1 кал = 4,19 ДЖ$ ).

Годовая продукция Р летнезеленых водных растений умеренного пояса вычисляется по следующим формулам:

1) сообщество надводных и погруженных растений:

$$P = 1,2B_{\text{макс}}$$

где  $B_{\text{макс}}$  — максимальная надземная фитомасса (условно, в период массового цветения).

2) сообщества растений с плавающими на поверхности воды листьями

$$P = 1,2B + \overline{W}n,$$

здесь  $\overline{W}$  — средняя масса листа,  $n$  — число мутовок, лишенных листьев. За средний вес разрушающегося листа (поврежденного, гниющего) принимается средний вес неповрежденного листа, срезанного во время взятия укоса.

Вычисление годовой продукции высшей водной растительности проводится в следующей последовательности [4], при которой устанавливаются:

1) средняя фитомасса в СВ, ВСВ и АСВ растительных сообществ,  $г/м^2$ ; 2) площадь, занимаемая растительными сообществами в водоеме, га,  $км^2$ ; 3) общая фитомасса (В) СВ, ВСВ и АСВ, кг, ц, т; 4) общая фитопродукция Р СВ, ВСВ, АСВ кг, ц, т; 5) общая продукция органического вещества, кг, ц, т; 6) продукция на единицу площади водоема: а) воздушно-сухого вещества, б) абсолютно-сухого вещества, в) органического вещества, г) углерода С,  $г/м^2$ , д) энергия,  $кДж/м^2$ ; 7) то же, на единицу площади мелководий; 8) то же, на единицу площади зарослей; 9 — то же, на единицу объема водоема,  $мг/л$ ,  $г/м^3$ ,  $Дж/л$ ,  $кДж/м^3$ .

Переводные коэффициенты: органического вещества в надводной растительности — 92 % АСВ, растительности с плавающими листьями — 90 %, погруженной растительности — 85 % [21]; 1 г органического вещества равен 46,4 % С, или в среднем 40 % С АСВ [33].

## 10.5. ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЕМОВ

### 10.5.1. Динамика фитомассы

Материалы о динамике фитомассы можно получить путем отбора укосов из растительных сообществ в разные сроки вегетационного сезона и наблюдений фенологического развития растений в течение одного года или ряда лет. Последнее очень важно при использовании растительных группировок в качестве индикаторов качества воды. Для этих наблюдений в сообществе растений выбирается типичный для него участок (можно в виде площадки больших размеров), на котором в установленные сроки отбираются укосы на фитомассу, причем в весеннее время чаще, чем в последующие периоды. Размер, форма и повторность учетных площадок устанавливаются в зависимости от характерных черт состава и строения сообщества. Методика обработки укосов указана выше. Для простоты можно ограничиться определением только абсолютно сухого веса и не делать биометрических измерений.

### 10.5.2. Динамика численности и темп роста растений

Изучение динамики численности и темпа роста проводится на постоянных учетных площадках разного размера и в разной степени повторности, заложенных в типичных местах сообществ. При определении размера и количества учетных площадок, как и в других подобных случаях, принимаются во внимание состав и морфологические особенности сообщества. Наблюдения производятся в установленные сроки (через несколько дней, еженедельно, один или два раза в месяц и т. д.). На учетных площадках подсчитывается количество растений и измеряется их высота (всех или только определенного числа модельных). Измерение диаметра стеблей (у корня) возможно только тогда, когда сообщество находится на глубине, на которой до дна можно достать руками. В сообществах на больших глубинах этих измерений делать не приходится.

Изучение темпа роста растений можно проводить и на модельных растениях (на 5—10 особях), выбранных для этих целей в различных частях сообщества или одиноко растущих. Выбранные растения помечаются легкими материалами: фольгой, тряпочками, нитками, краской. Около погруженных и плавающих растений ставится буюк (но не вешка). Для измерения высоты растений можно воспользоваться водомерной рейкой. При большой высоте надводных растений (3—6 м) ее нужно привинтить к шести или к дюралюминиевой легкой штанге. Диаметры стеблей измеряются штангенциркулем или мерной вилкой.

С более подробной методикой изучения динамики фитомассы, численности и темпа роста водных растений можно подробно познакомиться в работах Е. Ц. Боруцкого [6, 7].

### 10.5.3. Динамика растительного покрова водоемов

Огромную ценность для суждения об изменении качества воды и трансформации экосистемы могут дать наблюдения над динамикой растительного покрова водоемов.

Материалы о сменах растительности могут быть получены путем натуральных наблюдений за растительностью всего водоема или его участка в различные зоны одного года, в разные годы, десятилетия путем повторных описаний, зарисовок, картирования с привлечением литературных материалов и опросных данных.

Этим методом наблюдений за сменами растительности пользуются очень широко. При описании растительности необходимо учитывать антропогенное влияние, обращать внимание на изучение факторов среды и количественное изучение растительности. При изучении динамики растительности большое значение могут иметь аэровизуальные наблюдения с самолета и вертолета.

Изучение динамики водной растительности проводится также на постоянных площадках или трансектах, границы которых точно фиксируются вешками или буйками или по ориентирам на местности (желательна привязка к местности) с тем, чтобы они могли быть точно восстановлены в другие годы, так как наблюдения на них могут продолжаться в течение ряда лет.

Форма площадок, их размеры, длина и ширина трансект произвольны. Закладывать их нужно в местах контактов фитоценозов в разных по типу зарастания участках водоемов. Трансекты могут проводиться от берега к центру водоема немного далее границ растительности. Трансекты и площадки в определенные сроки, ежегодно или несколько раз в сезон, картируются с точным нанесением границ фитоценозов, описываются, учитываются факторы среды и т. д.

Примерами долговременных наблюдений за динамикой водной растительности могут служить наблюдения за сменами растительности в озерах Белом в Косине и Глубоком в течение 50 лет [6, 47], на постоянных площадках в Рыбинском водохранилище (Дарвинский заповедник), проводящиеся с 1946 г. и по настоящее время [14].

Говоря о сезонной динамике растительности водоемов, необходимо отметить, что фенологические наблюдения приводятся в стационарных условиях по той же методике и программе, что и наблюдения за сезонной динамикой наземной растительности. Наблюдения могут быть поставлены как над отдельными видами растений, так и над растительными сообществами. Выбор объектов для наблюдений лучше сделать осенью предыдущего года. По возможности наметить и закрепить участки.

В случае, если наблюдения проводятся над отдельными видами растений, для каждого из намеченных видов надо взять особи, произрастающие в различных условиях местообитания. Брать под наблюдение одиночно растущие особи рискованно, поскольку мож-

но потерять их в середине наблюдений, особенно в тех местах водоема, которые часто посещаются. Из растительных сообществ в первую очередь выбираются наиболее характерные для всего водоема или для его части (если водоем большой), а также и те из них, которые по тем или иным причинам интересны для наблюдений. Нужно взять одни и те же сообщества в разнообразных условиях местообитания с учетом антропогенного воздействия.

После того как будут определены растения и растительные сообщества, над которыми будут проводиться наблюдения, около них следует поставить отметки. В растительных сообществах наблюдения проводятся на постоянных площадках, заложенных в типичном месте сообщества. Для фенологических наблюдений над водными растительными сообществами удобны прямоугольные, постоянные площадки (размером 100 м<sup>2</sup> или другим) или постоянные трансекты шириной 0,5 м. Такие площадки и трансекты легко просматриваются с лодки без заезда внутрь их. В тех случаях когда площадь сообщества невелика, оно целиком берется под наблюдение. Постоянные площадки и трансекты, на которых проводятся наблюдения, отграничиваются кольями с зарубками внизу.

Во время наблюдений внутрь площадки лучше не заезжать — можно выдернуть и поломать растения. Все наблюдения надо проводить находясь у ее края, преимущественно с длинной стороны. Если требуется достать погруженные виды, произвести выкос и т. д., нужно это сделать с внешней стороны площадки. Заезжать на лодке внутрь площадки можно только в тех случаях, когда травостой очень сильно изрежен и нет риска его испортить. Если во время наблюдений лодку сильно сносит при ветре и волнении, она должна быть закреплена у края площадки так, чтобы она не попадала на площадку. Лодка в этом случае привязывается к специально для этого поставленным в стороне от площадки кольям или буйам. Якоря или предметы, употребляющиеся вместо них (камни и пр.), непригодны для закрепления лодки каждый раз, так как они очень сильно портят растительность вокруг. Привязывать лодку к отметкам площадки (кольям, буйкам) нельзя.

Наблюдения на фенологических площадках или над растениями проводятся путем объезда выбранных объектов на лодке через определенные промежутки времени в течение всего вегетационного периода. В некоторых случаях они могут проводиться в течение всего года с посещением объектов поздней осенью, зимой и ранней весной. Регулярные наблюдения желательно начинать с ранней весны вскоре после таяния льда. Сроки посещения площадок в это время надо устанавливать применительно к метеорологическим условиям с учетом широты местности. В южных районах они в это время должны быть более частыми, чем в северных. В поздневесеннее время, когда растения появляются, и летом в апогей их развития наблюдения проводятся через 2—3 дня (а то и ежедневно), осенью — через 4—5 дней. Зимой если есть возможность, интересно посетить некоторые объекты 1—3 раза.

Фенологические наблюдения должны сопровождаться наблюдениями за факторами среды, определяющими из которых будут температура воды, воздуха и донных отложений. О влиянии последней на развитие водных растений не имеется сведений.

В сезонном развитии растений установлено (для всех типов растительности) пять фенологических фаз (с подфазами): вегетации, бутонизации, цветения, плодоношения, отмирания. Период относительно зимнего покоя выделяется в качестве шестой фазы.

Об особенностях фенофаз водных растений известно очень мало [15, 17]. Вопрос требует специальной детальной разработки. Поэтому при наблюдениях надо ориентироваться на признаки, характеризующие состояние наземных травянистых растений в отдельные фазы [30].

Фенологические фазы у водных растений, цветущих над водой, устанавливаются без особого затруднения, по тем же признакам, как и у наземных растений. Трудно бывает проследить за наступлением фенофаз у растений, проходящих полный цикл развития под водой. Их время от времени приходится извлекать водяными грабельками по соседству с площадкой, а некоторые (например, некоторые виды полушника) брать с собой для дальнейшего изучения.

Для фенологических наблюдений заводится специальный журнал, в котором для каждого вида растений или растительного сообщества отводится определенное количество страниц. Они заранее разграфляются на примерное количество дней наблюдений (с небольшим запасом). Числа, в которые будут проводиться наблюдения, не проставляются сразу — они могут меняться по тем или иным обстоятельствам (сильный ветер, волнение и пр.), а ставятся в день наблюдений (см. приложение 27).

Запись фенологических фаз в дневнике может производиться значками или буквами (см. приложение 27).

Результаты фенологических наблюдений сводятся в фенологические спектры. Способов составления феноспектров несколько. С ними можно познакомиться в соответствующей литературе.

По сводному фенологическому спектру легко устанавливаются стадии сезонного развития растительности в данном водоеме: предвесенняя, весенняя, летняя с апогеем развития растительности, характеризующаяся небольшим количеством цветущих особей, осенняя.

## **10.6. ЗНАЧЕНИЕ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ**

Роль высшей водной растительности в формировании качества воды континентальных водоемов огромно. С каждым годом возрастает количество исследований, посвященных этой проблеме и выявлению индикационных свойств отдельных видов макрофитов и их сообществ [13, 26, 27, 29, 32, 48]. Высшая водная растительность, образующая зеленый пояс вдоль берегов, является первым

звеном «обороны» водоемов от поступающих с водосбора обогащенных биогенными элементами и загрязненных вод.

Макрофиты интенсивно поглощают биогенные элементы, минеральные и органические вещества, накапливают ионы тяжелых металлов и радионуклиды, выступают в роли минерализаторов и детоксикантов пестицидов и нефтепродуктов. В зарослях водных растений осаждается значительное количество приносимых с водой минеральных и органических взвесей. Таким образом, макрофиты являются прекрасным естественным биофильтром [28, 41], предохраняющим центральные водные массы от загрязнений и биогенных элементов, ограничивая чрезмерное развитие фитопланктона. Тростник, камыш, рогоз и некоторые другие виды водных растений используются для очистки и доочистки бытовых и технических сбросов вод. Благоприятные для качества воды в водоеме при хорошем водообмене считается зарастание акватории на 15—20 % при фитомассе растений до 1,5 кг/м<sup>2</sup> АСВ. В то же время чрезмерное развитие водной растительности неблагоприятно для водоема и может быть причиной вторичного загрязнения. Разложение отмерших растительных остатков требует значительного количества растворенного кислорода и может вызвать заморы.

В списках организмов-индикаторов загрязнения видов высших водных растений встречается мало. Трудности выявления видов-индикаторов у данной группы растений в значительной мере связаны, во-первых, с тем, что многие ее представители обладают, как уже указывалось ранее, весьма широкими географическими и экологическими ареалами. При этом в различных физико-географических условиях они встречаются в водоемах неодинакового трофического уровня и могут иметь разное индикаторное значение. Во-вторых, трудность выявления видов-индикаторов у водных растений связана также с весьма скудными сведениями об экологии и физиологии большинства этих видов.

При ботанической индикации трофности условий среды для отдельных видов растений с успехом могут быть использованы признаки жизненного состояния растения (жизненность) — развитие нормальное, выше и ниже нормального и общий облик растения. Чрезмерное развитие и угнетенное состояние растений говорит об изменении качества вод.

Достаточно хорошими и признанными индикаторами чистых олиготрофных вод являются лобелия Дортманна и полушник озерный, а также уруть очередноцветковая. Расселение по водоему растений с плавающими листьями, таких видов, как кувшинка чистобелая, кубышки желтая и малая, рдест плавающий часто может свидетельствовать о начавшемся процессе эвтрофирования и должно настораживать исследователей. Массовое развитие рясок (маленькой и тройчатой) и многокоренника свидетельствует об избытке биогенных веществ, а их локальное интенсивное размножение может указывать на места поступления этих веществ в водоемы с водосбора.

Некоторые виды высших водных растений могут быть использованы для определения сапробности. К олигосапробам относятся рдест блестящий, уруть очередноцветковая, к олиго- $\beta$ -мезосапробам — мох *Fontinalis antipyretica* L.  $\beta$ -мезосапробами являются элодея канадская, ряски, рдесты плавающий и гребенчатый, кубышка желтая, роголистник погруженный, водяной лютик. Рдест гребенчатый указывает на  $\alpha$ -мезосапробность.

Работы по слежению за качеством воды на основании признаков развития высшей водной растительности по методам их проведения близки к наблюдениям за динамикой растительности водоемов, при которых учитывается флора, строение основных растительных сообществ и фитомасса.

Огромным преимуществом проведения таких работ в системе Госкомгидромета является их массовость (сеть обсерваторий и станций, которые проводят гидробиологические наблюдения, все время расширяется) регулярность, т. е. наблюдения проводятся постоянно через определенные интервалы времени, и, что особенно важно, долговременность (наблюдения ведутся в течение ряда лет). Высшая водная растительность — более консервативный показатель качества воды по сравнению с сообществами фито- и зоопланктона и бентоса, но изменения в видовом составе, проективном покрытии зарослей макрофитов и в их фитомассе за ряд лет говорит о протекании процесса трансформации экосистемы водоема и изменения качества воды, на что должно быть обращено самое серьезное внимание.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**ФОРМА ЭТИКЕТКИ НА ПРОБЕ С ИСКУССТВЕННЫМ  
СУБСТРАТОМ ЗООБЕНТОСА**

Водоем \_\_\_\_\_

№ створа (станции) \_\_\_\_\_

Местонахождение створа (станции) \_\_\_\_\_

Глубина \_\_\_\_\_

Биотоп \_\_\_\_\_

Дата экспозиции (число, месяц, год) \_\_\_\_\_

Фамилия производившего сбор \_\_\_\_\_

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ПРОБ ЗООБЕНТОСА,  
ПОЛУЧЕННЫХ С ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ**

Станция	Дата начала и окончания экспозиции субстрата	Характеристика места экспозиции субстрата			Время экспозиции, сут	Общая численность, экз.	Присутствующие виды, "группы" - разборы для определения биотического индекса, % общей численности	Биотический индекс
		Расстояние от берега, м	глубина, м	биотоп				

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**ФОРМА ЭТИКЕТКИ НА БЕНТОСНОЙ ПРОБЕ**

Водоем \_\_\_\_\_, число, месяц, год (арабскими цифрами) \_\_\_\_\_

№ створа (станции), для пунктов ОГСНК указать категорию \_\_\_\_\_

Глубина \_\_\_\_\_

Биотоп \_\_\_\_\_

Орудие лова (для искусственно введенных в воду субстратов  
указать их разновидность) \_\_\_\_\_

Время экспозиции в водоеме (только для субстратов) \_\_\_\_\_



**ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ  
КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРОБ БЕНТОСА**

Характеристика станции (по этикетке с банки с пробой)

Синтетические группы по стандартной разработке	Название рода, вида	Сапробность	Биомасса, г	Численность экз/м <sup>2</sup>
			в пробе на 1 м <sup>2</sup>	в пробе на 1 м <sup>2</sup>

**ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ  
КАЧЕСТВЕННЫХ ПРОБ БЕНТОСА**

Характеристика станции (по этикетке с банки с пробой)

Таксономические группы по стандартной разработке	Название рода, вида	Сапробность вида	Число групп* для определения биотического индекса

Сумма «групп» в пробе: \_\_\_\_\_

Показательные организмы \_\_\_\_\_

Биотический индекс \_\_\_\_\_

**ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ  
ПРОБ ПЕРИФИТОНА В РАБОЧЕМ ЖУРНАЛЕ**

Номер пробы \_\_\_\_\_

Название водоема \_\_\_\_\_ Номер створа \_\_\_\_\_

Местоположение створа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Субстрат \_\_\_\_\_

Глубина расположения субстрата (м) \_\_\_\_\_

Расстояние от берега (м) \_\_\_\_\_ Температура воды \_\_\_\_\_

Скорость течения \_\_\_\_\_

№	Видовой состав	Зона сапробности	$h$	$s$	$sh$

Индекс сапробности \_\_\_\_\_

Заключение об уровне \_\_\_\_\_

загрязнения \_\_\_\_\_

Примечание.  $s$  — сапробная валентность вида,  $h$  — частота встречаемости вида.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 7

#### ФОРМА ЗАПИСИ В ПОЛЕВОЙ ДНЕВНИК ПРОБЫ ПЛАНКТОННЫХ ПРОСТЕЙШИХ

1. Дата \_\_\_\_\_
2. Водоем \_\_\_\_\_
3. № пробы \_\_\_\_\_
4. № створа (станции) \_\_\_\_\_
5. Глубина ( $\perp$ ) \_\_\_\_\_
6. Общая глубина ( $\perp$ ) \_\_\_\_\_
7. Температура воды (соответствующего слоя)

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 8

#### ФОРМА ЗАПИСИ В ПОЛЕВОЙ ДНЕВНИК ПРОБЫ, ВЗЯТОЙ МИКРОБЕНГОМЕТРАМИ МБ-ТЕ и С-1

1. Дата \_\_\_\_\_
2. Водоем \_\_\_\_\_
3. № пробы \_\_\_\_\_
4. № створа (станции) \_\_\_\_\_
5. Глубина ( $\perp$ ) \_\_\_\_\_
6. Температура воды придонного слоя \_\_\_\_\_
7. Прозрачность воды \_\_\_\_\_
8. Зарастаемость (высшая водная растительность) \_\_\_\_\_
9. Скорость течения (в реках) \_\_\_\_\_

**ПРОТОКОЛЬНАЯ КАРТОЧКА  
ОБРАБОТКИ ПРОБ ПРОТОЗОЙНОГО ПЛАНКТОНА**

Дата \_\_\_\_\_ 19\_\_ г.  
 Водоем \_\_\_\_\_ Створ (станция) \_\_\_\_\_  
 Температура \_\_\_\_\_ Прозрачность \_\_\_\_\_  
 Глубина взятия пробы \_\_\_\_\_  
 Объем профильтрованной воды \_\_\_\_\_

№ п/п	Виды	Численность в пробе	Численность в 1 л (1 м <sup>3</sup> )	Биомасса в 1 л (1 м <sup>3</sup> )	Степень сапробности

**ПРОТОКОЛЬНАЯ КАРТОЧКА  
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОБ ПРОТОЗОЙНОГО БЕНТОСА**

Дата \_\_\_\_\_ 19\_\_ г.  
 Водоем \_\_\_\_\_ Створ (станция) № \_\_\_\_\_  
 Температура \_\_\_\_\_ Прозрачность \_\_\_\_\_  
 Тип грунта \_\_\_\_\_ Глубина \_\_\_\_\_

№ п/п	Виды	Численность в пробе	Численность на 1 м <sup>2</sup>	Биомасса на 1 м <sup>2</sup>	Степень сапробности

**ФОРМА ЗАПИСИ ПРОБЫ ЗООПЛАНКТОНА  
В РАБОЧЕМ ЖУРНАЛЕ**

Учреждение \_\_\_\_\_  
 Водоем \_\_\_\_\_ № створа (станции) \_\_\_\_\_  
 Местонахождение створа (станции) \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_ Время \_\_\_\_\_  
 Общая глубина \_\_\_\_\_

№ пробы	Система сети	№ газа	Диам. входн. отверстия	Горизонт или облавливаемый слой	Объем профильтр. воды	Температура	Прозрачность	Визуальная оценка лова

**Форма этикетки пробы зоопланктона**

Водоем \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

№ створа (станции) \_\_\_\_\_

Местонахождение створа (станции) \_\_\_\_\_

Глубина \_\_\_\_\_

Горизонт (облавливаемый слой) или объем профильтрованной (отстойной) воды \_\_\_\_\_

Орудие лова \_\_\_\_\_

**ПРИЛОЖЕНИЕ 12**

**ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ  
КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРОБ ЗООПЛАНКТОНА**

Учреждение \_\_\_\_\_

Водоем \_\_\_\_\_ № створа (станции) \_\_\_\_\_

Местонахождение створа (станции) \_\_\_\_\_

Горизонт \_\_\_\_\_ Количество профильтрованной воды \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Орудие лова \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Прозрачность \_\_\_\_\_ Температура \_\_\_\_\_

Глубина \_\_\_\_\_ Множитель перевода на 1 м<sup>3</sup> \_\_\_\_\_

№ п/п	Вид	В порционной пипетке		Число экземпляров в пробе	Размер, мм	В 1 м <sup>3</sup>		Самробрность	Примечания
		I	II			численность	биомасса		

ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ «ЗООПЛАНКТОН»

№ створа на схеме	Характеристика места отбора проб			Горизонт или облавляемый слой, м	Общая численность, тыс. экз./м <sup>3</sup> Общее число видов	Общая биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Численность основных групп, экз./м <sup>3</sup> , число видов				Массовые виды и виды индикаторы (название, % общей численности, сапробность видов)	Индекс сапробности по Ланге и Бюкку	Оценка качества воды на створе
	Дата, время отбора	R км					Ковартки	ветвистые	веслоногие				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Примечание. В графе 3 R — расстояние в десятых долях ширины реки от левого берега до места отбора проб.



ПЕРЕВОД ЗНАЧЕНИЙ рН В ЗНАЧЕНИЯ  $a_{\text{H}}$  И ОБРАТНО ( $\text{pH} = \lg \frac{1}{a_{\text{H}}}$ )

рН	$a_{\text{H}} \cdot 10^{-Q}$	рН	$a_{\text{H}} \cdot 10^{-Q}$	рН	$a_{\text{H}} \cdot 10^{-Q}$
0,00	1,000	0,34	0,457	0,67	0,214
0,01	0,977	0,35	0,447	0,68	0,209
0,02	0,955	0,36	0,437	0,69	0,204
0,03	0,933	0,37	0,427	0,70	0,200
0,04	0,912	0,38	0,417	0,71	0,195
0,05	0,891	0,39	0,407	0,72	0,191
0,06	0,871	0,40	0,398	0,73	0,186
0,07	0,851	0,41	0,389	0,74	0,182
0,08	0,832	0,42	0,380	0,75	0,178
0,09	0,813	0,43	0,372	0,76	0,174
0,10	0,794	0,44	0,363	0,77	0,170
0,11	0,776	0,45	0,355	0,78	0,166
0,12	0,759	0,46	0,347	0,79	0,162
0,13	0,741	0,47	0,339	0,80	0,158
0,14	0,725	0,48	0,331	0,81	0,155
0,15	0,709	0,49	0,324	0,82	0,151
0,16	0,692	0,50	0,316	0,83	0,148
0,17	0,676	0,51	0,309	0,84	0,144
0,18	0,661	0,52	0,302	0,85	0,141
0,19	0,646	0,53	0,295	0,86	0,138
0,20	0,631	0,54	0,288	0,87	0,135
0,21	0,617	0,55	0,282	0,88	0,132
0,22	0,603	0,56	0,275	0,89	0,129
0,23	0,589	0,57	0,269	0,90	0,126
0,24	0,575	0,58	0,263	0,91	0,123
0,25	0,562	0,59	0,257	0,92	0,120
0,26	0,549	0,60	0,251	0,93	0,117
0,27	0,537	0,61	0,245	0,94	0,115
0,28	0,525	0,62	0,240	0,95	0,112
0,29	0,513	0,63	0,234	0,96	0,110
0,30	0,501	0,64	0,229	0,97	0,107
0,31	0,490	0,65	0,224	0,98	0,105
0,32	0,479	0,66	0,219	0,99	0,102
0,33	0,468				

Примечание.  $Q$  — характеристика логарифма, т. е. число целых единиц рН.

Пример пользования таблицей. рН=8,30. По мантиссе 0,30 находим в графе  $a_{\text{H}}$  коэффициент 0,501, который множим на 10 со степенью, равной характеристике рН, но с обратным знаком. Отсюда  $a_{\text{H}}=0,501 \cdot 10^{-8}$ .

**ПРИЛОЖЕНИЕ 17**  
**ФОРМА ЗАПИСИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ РАДИОУГЛЕРОДНЫМ МЕТОДОМ**

Исходная активность \_\_\_\_\_ ИМП/МИН

Фон \_\_\_\_\_ ИМП/МИН

Дата отбора пробы	№ станции	Место пооч-желне	прозрач-ность по белому диску, м	Горн-зопга отбора пробы	№ склянки	Время экспозиции, ч мин		Активность фильтров ( $T_C$ и $T_D$ ) ИМП/МИН — фон	Активность $T_C - T_D$	Карбонатный углерод $C_K$ мг С/л	Первичная продукция Р вал		Длина светового дня, ч	Примечание
						начало	конец				мг С / (л·ч)	мг С / (м <sup>2</sup> ·день)		



**РЕЦЕПТЫ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД**

**1. Мясо-пептонный агар (МПА) готовый**

МПА сухой . . . . .	50 г
Вода дистиллированная . . . . .	1 л

**2. Мясо-пептонный агар на мясных кубиках (МПА)**

Вода водопроводная . . . . .	1 л
Мясной кубик . . . . .	1 шт.
Пептон . . . . .	10 г
NaCl . . . . .	2 г
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . .	1 г
Агар-агар . . . . .	20 г

**3. Мясо-пептонный агар из мясной воды (МПА)**

Мясная вода . . . . .	1 л
Пептон . . . . .	10 г
NaCl . . . . .	2 г
Агар-агар . . . . .	20 г

**Рецепт приготовления мясной воды**

500 г мясного фарша (без жира и сухожилий) заливают 1 л водопроводной воды и оставляют при температуре 50—55 °С на 1 ч или при температуре 0..6 °С на 12 ч. Экстракт процеживают через марлю с ватой, которую потом отжимают. Полученную жидкость кипятят, затем дважды фильтруют сначала через марлю с ватой, а затем через фильтровальную бумагу. Фильтрат доливают водой до 1 л, разливают по колбам, закрывают ватными пробками и стерилизуют при температуре 120 °С 20 мин.

pH приготовленных сред должно быть равно 7,0. Стерилизация при давлении 101 кПа должна продолжаться 20 мин.

**ПРИМЕР ЗАПИСИ НА ЧАШКЕ ПЕТРИ  
ПРИ ПОСЕВЕ МИКРООРГАНИЗМОВ**

№ 2

0,001

20/V

**СРЕДА ДИАНОВОЙ — ВОРОШИЛОВОЙ ДЛЯ БАКТЕРИЙ,  
ОКИСЛЯЮЩИХ НЕФТЬ**

Вода дистиллированная . . . . .	1 л
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> . . . . .	1 л
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . .	1 г
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	1 г
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O . . . . .	0,2 г
CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O . . . . .	0,2 г
FeCl <sub>2</sub> . . . . .	Две капли концентрированного раствора

pH = 7,2

**ФОРМА ЗАПИСИ ПРИ УЧЕТЕ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИХ  
МИКРООРГАНИЗМОВ**

№ п/п	Дата	№ станции	Местонахождение	Вид использованного нефтепродукта	Объем посеянной воды, 1·10 <sup>-4</sup> мл	Развитие <sup>1</sup> бактерий на			Титр бактерий, окисляющих нефть-продукты, 1:10 <sup>-4</sup> (п)
						3-й день	7-й день	14-й день	

<sup>1</sup> Условные обозначения: + — легкое помутнение среды; ++ — небольшая муть; +++ — муть средней интенсивности; ++++ — сильная муть; п — пленка; о — осадок.

Примечание. п составляет 1—7.

**СРЕДА КРАВЦОВА — СОРОКИНА**

K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . .	0,5 г
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	0,3 г
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	0,5 г
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O . . . . .	0,1 г
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	0,2 г
Соль Мора [(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O] . . . . .	1 г
Молочнокислый кальций . . . . .	2 г
Водопроводная вода . . . . .	50 мл

<sup>1</sup> Соль Мора стерилизуют отдельно в пробирке под резиновой пробкой и вносят в среду перед посевом, после чего по каплям вносят 1 %-ный стерильный раствор Na<sub>2</sub>S·9H<sub>2</sub>O в 1 %-ном углекислом натрии до слабого потемнения среды. pH доводят до 7,2.

**ФОРМА ЗАПИСИ ПРИ УЧЕТЕ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ  
БАКТЕРИЙ**

№ п/п	Дата	№ станции	Местоположение	Объем посеянной воды, мл	Количество выросших колоний	Количество сульфатредуцирующих бактерий в 1 мл	Примечания

**СРЕДА ЕГОРОВОЙ ДЛЯ БАКТЕРИЙ, РАЗРУШАЮЩИХ ФЕНОЛЫ**

Вода дистиллированная	1 л
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1 л
MgSO <sub>4</sub>	0,2 г
NaCl	0,2 г
CaCl <sub>2</sub>	0,1 г
FeCl <sub>3</sub>	0,02 г
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,1 г
MnSO <sub>4</sub>	0,01 г
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5 г
Фенол	1 г

**ФОРМА БЛАНКА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

Название и географическое положение водоема \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ 19\_\_ г.

№ описания \_\_\_\_\_ Автор \_\_\_\_\_ № профиля \_\_\_\_\_

Зона (или пояс) \_\_\_\_\_ ширина пояса (асс.) \_\_\_\_\_

Расстояние от берега \_\_\_\_\_

Название ассоциации \_\_\_\_\_

Местонахождение (положение берега в отношении стран света) \_\_\_\_\_

Степень защищенности от ветра и волнения \_\_\_\_\_

---

Местообитание: глубина \_\_\_\_\_ Вода: прозрачность \_\_\_\_\_

цвет \_\_\_\_\_, скорость течения \_\_\_\_\_ Грунт \_\_\_\_\_

Наличие размыва и аллювиального процесса \_\_\_\_\_

Распространение ассоциации в данном участке прибрежной зоны (протяженность вдоль берега) \_\_\_\_\_

Характер берега и его растительность \_\_\_\_\_

Растительность

Размер описываемой площади \_\_\_\_\_  
 Общий характер и облик (однородность состава, строение, сомкнутость и т. д.) \_\_\_\_\_

Характер распределения растений \_\_\_\_\_  
 Степень задерненности грунта \_\_\_\_\_ Покрытие надводной части \_\_\_\_\_, плавающих \_\_\_\_\_, подводной части \_\_\_\_\_  
 Характеристика травостоя \_\_\_\_\_

Ярус (подярус)	Высота	Проектное покрытие, %	Преобладающие растения

Характеристика видового состава \_\_\_\_\_

Растения	Ярус (подярус)	Высота	Обилие (по Друде)	Проективное покрытие, %	Фенофаза	Жизненность	Характер распространения

Общее количество видов в описании \_\_\_\_\_  
 Влияние человека и животных \_\_\_\_\_  
 Данные химических анализов воды \_\_\_\_\_  
 Чертежи и рисунки \_\_\_\_\_

ПРИЛОЖЕНИЕ 26

**ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ УКОСОВ И ЗАПИСЕЙ  
 ИХ ОБРАБОТКИ**

Ассоциация \_\_\_\_\_ № укоса \_\_\_\_\_  
 Водоем (название и географическое положение) \_\_\_\_\_

Год \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
 Положение в водоеме \_\_\_\_\_  
 Размер учетной площадки \_\_\_\_\_ Глубина \_\_\_\_\_  
 Донные отложения визуальнo (№ образца) \_\_\_\_\_  
 Способ отбора (ручная выборка, выкашивание, сбор прибором и каким)

Растения, их части	Количество экземпляров	Масса						Количество мешков
		сырая		воздушно-сухая		абсолютно-сухая		
		г	дата взвешивания	г сухой	дата взвешивания	г	дата взвешивания	

**ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ  
ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Водоем (название, географическое положение) \_\_\_\_\_  
 № площадки \_\_\_\_\_ Размер \_\_\_\_\_ Ассоциация \_\_\_\_\_  
 Местоположение (часть водоема) \_\_\_\_\_  
 Глубина (от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_)  
 Донные отложения (визуальная оценка и результаты анализов) \_\_\_\_\_

Растение	Дата					и т. д.	Примечание
	июнь		июль				
	25	30	5	8	12		
<i>Potamogeton lucens</i>	в	в	вб	бц	ц		

Буквенные обозначения фенологических фаз

в — растение только вегетирует (фаза вегетации), б — наличие бутонов (фаза бутонизации), ц — наличие цветков (фаза цветения), с — созревание плодов (фаза плодоношения), п — наличие зрелых плодов и обсеменение (фаза обсеменения), о — отмирание.

**ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ  
ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ**

Из большого числа сосудистых водных растений — цветковых и высших споровых — выбраны и кратко характеризуются лишь виды, которые являются наиболее постоянными компонентами растительного покрова озер, водохранилищ, рек всех природных зон. Многие из них в ряде водоемов имеют массовое распространение. Этот список не является всеобъемлющим и предназначен только для первой начальной ориентировки в растительности на водоеме в полевых условиях. Растения нужно собирать в гербарий и при камеральной обработке следует определить по специальным определителям этого края или области, в которых производились исследования.

При диагнозе вида приводится его русское и латинское названия, принадлежность к семейству, основные отличительные морфологические признаки, некоторые общие сведения по экологии и рисунки.

Растения в списках расположены в порядке принадлежности их к эколого-биологическому типу, а в пределах типов сгруппиро-

ваны по чисто внешним морфологическим признакам — величине листьев (крупно- или широколистные, узколистные и мелколистные растения). Первыми характеризуются виды собственно водных растений — гидрофитов, погруженных в воду (см. с. 190) и плавающих на ее поверхности (см. с. 199), затем водно-болотных (земноводных) растений — гелофитов — с поднимающимися над водой стеблями и листьями (см. с. 207). В конце дан список видов гидрофитов, растущих на берегах и в прибрежной зоне на мелководье у берегов.

В диагнозах видов употребляются принятые при этом сокращения: кр. — корень; крщ. — корневище, л. — лист, листья; пл. — плод; р. — растение; ст. — стебель; сцв. — соцветие; цв. — цветок; цвн. — цветоножка; чрш. — черешок; выс. — высота; дл. — длина; шир. — ширина; мн. — многолетник; одн. — однолетник; сем. — семейство. Римскими цифрами обозначены месяцы, в которые наблюдается цветение растений.

### Гидрофиты погруженные

Крупнолистные и широколистные погруженные растения

Широколистные рдесты (сем. Рдестовые — *Potamogetonaceae*).

Рдест блестящий *Potamogeton lucens* L. Крупный мн. с длинным толстым крщ. Ст. прямой, округлый, вверху разветвленный. Л. до 30 см дл. и 4,5 см шир., все подводные на коротких чрш., крупные, ланцетовидные, на верхушке острые или с остроконечием, по краю волнистые, лоснящиеся, желтовато-зеленые, просвечивающие с выдающейся средней жилкой и сеткой тонких боковых жилок. Сцв, зеленые, плотные, на цветоносах кверху утолщенных, во время цветения поднимаются над водой; VI—VIII (рис. П. 1.).

Р. стеблеобъемлющий — *P. perfoliatus* L. (то же, что и р. пронзеннолистный). Крупный мн. с коленчатоизогнутым крщ., с длинными ползучими побегам. Ст. прямой, округлый, простой или кверху ветвистый. Л. до 6—12 см дл. и 3,5—6 см шир., все подводные темно-оливково-зеленые, округлые или продолговато яйцевидные, слегка вогнутые со стеблеобъемлющим основанием, на верхушке тупые с 5—9 главными жилками и неясной сеточкой боковых жилок. Сцв. многоцветковые, зеленые на цветоносах, во время цветения поднимаются над водой; VII—VIII (рис. П. 2). Растет в различного типа водоемах, реках (может на сильном течении) на разных донных отложениях до глубины 2—3 м (и до 6 м). Образует огромные густые заросли.

Р. курчавый — *P. crispus* L. Довольно крупный мн. с тонким сильно ветвистым крщ. Ст. тонкий, сплюснуто-четырёхгранный, кверху ветвистый. Л. все подводные 4—9 см дл. и 0.7—1.3 см шир., линейно-ланцетные с округленным основанием, темно-зеленые, иногда с коричневатым оттенком, по краю мелкоостропильчатые волнистые или курчавые, очень редко плоские. Сцв. мало-

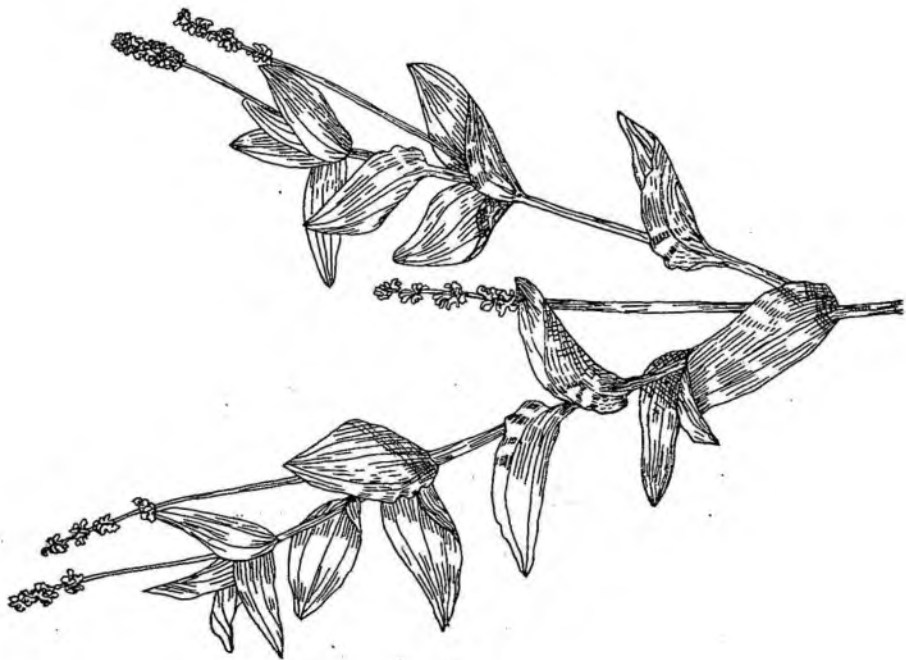


Рис. П.1. Рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.).

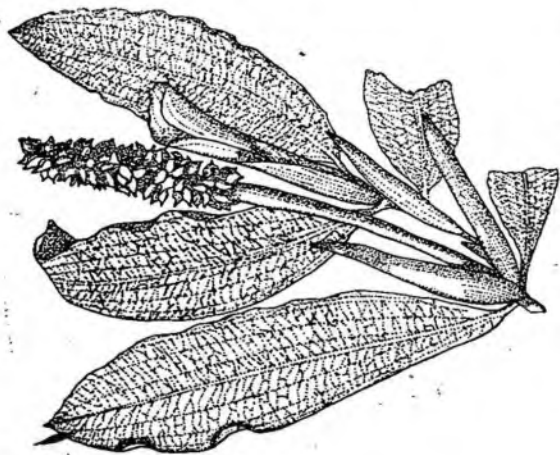


Рис. П.2. Рдест стеблеобъемлющий (*Potamogeton perfoliatus* L.).

цветковые на коротком слегка изогнутом цветоносе, во время цветения поднимаются над водой; с VI до осени (рис. П. 3).

В озерах, водохранилищах, реках, речных заводях на илистых донных отложениях до глубины около 2 м.



Рис. П.3. Рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.).  
а — зимующие почки, б — отделившаяся зимующая почка.

### Узколистные погруженные растения

Узколистные рдесты (сем. Рдестовые — *Potamogetonaceae*)

Рдест гребенчатый — *Potamogeton pectinatus* L. Крупный мн. с длинным, ползучим сильно ветвящимся корневищем, на котором осенью развиваются клубнеобразные утолщения. Ст. тонкий, прямой кверху сильноветвистый. Ветви нитевидные, густо усажены л. Л. темно-зеленые или коричневатые, нижние узколинейные длинные, верхние короче, щетиновидные. Сцв. прерывистое из нескольких малоцветковых мутовок, коричневатозеленые, на длинном тонком цветоносе, во время цветения находятся над водой; VI—VIII (рис. П. 4).

Растет в разного типа водоемах с пресной и солоноватой водой, на разных донных отложениях — от песчаных и каменистых до илистых до глубин 2—3 м. В солоноватых озерах южных районов образует огромные и густые заросли.

Р. маленький — *P. pusillus* L. Мн. невысокое, р. с тонким, иногда не развивающимся крщ. Ст. прямой, тонкий, светлый, округлый, простой или ветвистый. Л. узкие, линейные на верхушке тупые и с остроконечием, темно-зеленые с тремя жилками, из которых средняя большей частью слегка коричневатая, снизу листа выдающаяся. Сцв. прерывистое из нескольких сближенных малоцветковых мутовок на тонком цветоносе, во время цветения поднимается над водой; VI—VII (рис. П. 5).



Растет на небольших глубинах и преимущественно на илистых донных отложениях у берегов в небольших озерах, заливах больших озер и водохранилищ, реках с тихим течением, прудах. Часто в массе развивается на прибрежьях у селений.

Валлиснерия спиральная — *Vallisneria spiralis* L. (сем. Водокрасовые — *Hydrocharitaceae*). Мн. Обычно невысокое р. с коротким ползучим корневищем. Ст. укороченные. Л. тонкие, линейные (лентовидные) до 12 мм шир., внизу цельнокрайние, вверх



Рис. П.4. Рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.).

мелкопильчатые, собраны в прикорневую розетку. Цв. мелкие; мужские на короткой цвн. скучены в виде головки у основания листьев, во время цветения открываются и всплывают на поверхность воды; женские цв. на очень длинных цвн. поднимаются на поверхность воды.

Распространен в стоячих и проточных неглубоких водоемах до глубины 1 м. Хорошо развивается и образует густые большие заросли в теплых водах водохранилищ — охладителей. Культивируется в аквариумах (рис. П.6) Встречается на юге Европейской части СССР, в Средней Азии, на Дальнем Востоке.



Рис. П. 5. Рдест маленький (*Potamogeton pusillus* L.).



Рис. П. 6. Валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.).

### Мелколистные погруженные растения

Элодея канадская — *Elodea canadensis* Michx. (сем. Водокрасовые — *Hydrocharitaceae*). Мн., ст. длинный, облиственный, сильноветвистый, ломкий, стелется по дну (укореняется) или плавает (взвешен) в толще воды. Л. мелкие, яйцевидные, темно-зеленые, обычно по три в мутовке. Цветки мелкие на очень длинных тонких цвн., плавают на поверхности воды; цветет редко; VI—VIII (рис. П. 7). Размножается очень быстро частями стеблей.

Осенью побеги густо покрываются мелкими листьями и зимуют на дне водоемов.

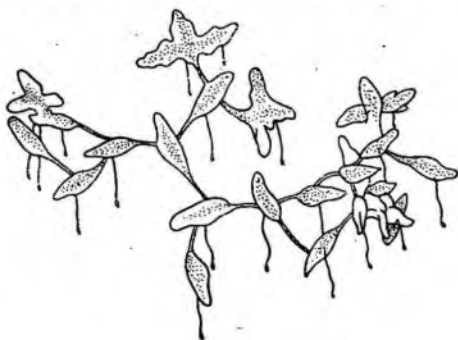
Растет в разного типа водоемах, на мелких местах и на значительных глубинах. Часто встречается у поселков, рыболовецких стоянок.

Ряска тройчатая — *Lemna trisulca* L. (сем. Рясковые — *Lemnaceae*). Мн. Маленькое свободно плавающее в толще воды растение, состоящее из плоских тонких ланцетовидных небольшого



Рис. П.7. Элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.).  
а — цветок.

Рис. П.8. Ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.).



размера пластинок — листочков (видоизмененных стеблей), с зубчатой верхушкой, округлым основанием и маленьким свисающим водным корешком. Взрослые особи соединены с двумя дочерними ножками, образуют группы, иногда из значительного числа листочков. Цв. очень мелкие, незаметные. Во время цветения р. всплывает к поверхности воды; цветет крайне редко; VI—VII (рис. П. 8).

Распространен в разного типа водоемах, особенно прудах, канавах, заводях рек, у поселков и рыболовецких стоянок. Образует огромные скопления, часто заполняющие толщу воды. Легко выносятся течением.

Погруженные растения с рассеченными на мелкие доли листьями.

Роголистники — виды рода *Ceratophyllum* (сем. Роголистниковые — *Ceratophyllaceae*). Мн. без кр., с тонкими, членистыми и ломкими ст., в верхней части сильно ветвистыми. Л. вильчато разделены на линейные по краю шиповато-зубчатые доли, расположены на стебле в мутовках; у роголистника погруженного (*C. demersum* L.) — темно-зеленые, грубые, у р. полупогруженного (*C. submersum* L.) — светло-зеленые, мягкие и нежные. Цветки очень мелкие, находятся в пазухах листьев.

Плоды продолговато-овальные, у р. погруженного с тремя колючками, у р. полупогруженного с одной верхушечной колючкой. Цветут VI—VIII и плодоносят под водой (рис. П. 9).

Осенью на концах стеблей роголистников образуются плотные клубочки — почки перезимовывания, сохраняющиеся зимой на дне, из которых весной вырастают новые растения.

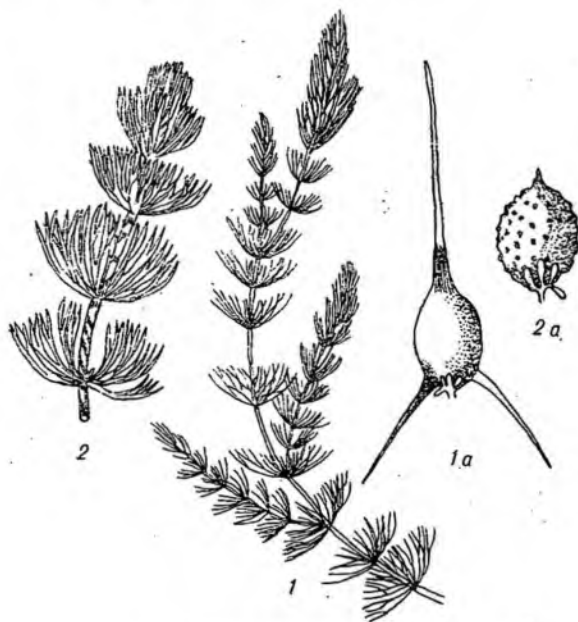


Рис. П.9. Роголистник.

1 — погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), 2 — полупогруженный (*C. submersum* L.), а — плод.

У роголистников очень часто нижние части стеблей бывают погружены в ил и тем самым удерживают растения. Поэтому иногда их относят к прикрепленным растениям.

Растут преимущественно в небольших зарастающих водоемах или заливах крупных водоемов с илистым дном до глубины 1,5—2 м, иногда глубже. Встречаются в реках и протоках с тихим течением. Роголистник погруженный может расти на сильном течении. Образует очень крупные заросли.

Урути — виды рода *Myriophyllum* (сем. Сланоягодниковые — *Haloragaceae*). Крупные мн. с ползучим корневищем и тонкими многочисленными кр. Ст. прямые, округлые у у. колосовой (*M. spicatum* L.) ветвистые, беловатые или светло-зеленые, кверху густо облиственные, у у. мутовчатой (*M. verticillatum* L.) — ломкие, простые или кверху слабо ветвистые. Л. перисто-раздельные на нитевидные доли, расположены на стебле в мутовках: у у. колосовой по четыре, у у. мутовчатой по 5—6 в мутовке. Цв. мелкие, в прерывистых колосках, у у. мутовчатой с перисто-раздельными прицветниками, превышающими цв. Во время цветения торчат над водой; VI—IX (рис. П. 10).



Рис. П.10. Уруть.

1 — колосовая (*Myriophyllum spicatum* L.), 2 — мутовчатая (*M. verticillatum* L.). а — прицветники.

Растут в разного типа озерах и водохранилищах, прудах, заводях рек, мочажинах болот до глубины 1,5—2 м. Образуют большие и густые заросли. При обсыхании, на влажных местах, могут давать наземные формы.

Водяные лютики — виды рода *Ranunculus* (сем. Лютиковые — *Ranunculaceae*). Мн. Укореняющиеся разной высоты растения с подводными мелкорассеченными на нитевидные доли листьями, у некоторых видов жестковатыми при вынимании из воды, слипающимися или не слипающимися. У некоторых видов имеются плавающие листья. Цветки белые на цветоножках, торчат над водой; V—VIII (рис. П. 11).

Растут в разного типа водоемах, реках, старицах, канавах, мочажинах низинных болот, на глубинах до 1,5—2 м. Часто образуют крупные и очень густые заросли. При обсыхании, на влажных местах, могут давать наземные формы.

Пузырчатка обыкновенная — *Utricularia vulgaris* L. (сем. Пузырчатковые — *Lentibulariaceae*). Мн. Ст. плавающий (взвешенный) в толще воды длинный ветвистый, густо усажен л. Л. многократно перисто раздельные на волосовидные доли с многочисленными ловчими пузырьками. Цв. желтые, на цвн. при плодах, загнутых книзу, собраны в редкую кисть и во время цветения на длинных цветоносах высоко поднимаются над водой; VI—VII (рис. П. 12).



Рис. П.11. Водяной лютик жестколистный (*Ranunculus circinatus* Sibth.).



Рис. П.12. Пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris* L.).

Растет в зарастающих озерах, заливах крупных озер и водохранилищ, в заводях рек, в мочажинах низинных болот. Может образовывать очень большие скопления.

Осенью на концах стеблей пузырчатки образуют плотные клубочки, почки перезимовывания, которые опадают на дно водоема и в таком состоянии переносят зиму. Весной из них развиваются молодые растения.

## Приземистые погруженные растения с прикорневыми короткими шиловидными или линейными листьями

Полушник озерный — *Isoetes lacustris* L. (сем. Полушниковые — *Isoetaceae*). Мн. Невысокое (5—20 см) споровое р. с укороченным клубневидным крщ. с многочисленными кр., от которых вверх пучком отходят прямые шиловидные темно-зеленые л. В середине пучка находятся бесплодные л.; за ними к наруже л. с микроспорами и в наружной части располагаются л. с макроспорангиями. Макроспоры тонкоскладчатые, морщинистые; VII—IX (рис. П. 13).

Лобелия Дортманна — *Lobelia dortmanna* L. (сем. Лобелиевые — *Lobeliaceae*). Мн. с многочисленными белыми тонкими мочковатыми кр. Л. прикорневые, собраны в розетку, линейные, вальковатые внутри с двумя лопастями, гладкие тупые, в верхней части отогнутые книзу. Цветочный ст. высокий, простой, прямой с редкими линейными листьями, во время цветения выставляется над водой. Цв. голубые немногочисленные, одиночные, на поникающих цвн. (рис. П. 14).

В озерах растут преимущественно на песчаном дне до глубины 1,5—2 м, иногда глубже. На больших глубинах только вегетируют.

В некоторых водоемах и в реках встречаются, часто обильно, харовые водоросли и мхи.

## Гидрофиты, плавающие на поверхности воды (свободно плавающие и с плавающими листьями)

### Крупнолистные плавающие растения

Кувшинки — виды рода *Nymphaea* (сем. Кувшинковые — *Nymphaeaceae*). Мн. Крупные с горизонтальным или прямым с остатками чрш. спавших л., крщ. Л. подводные и плавающие, собраны в прикорневую розетку. Подводные л. в небольшом числе, на коротких чрш., тонкие, прозрачные, волнистые. Плавающие — на длинных круглых чрш., крупные, округло-овальные, толстые, сверху темно-зеленые, снизу большей частью красноватые. Цв. белые на длинных круглых цветоносах, плавают на поверхности воды. Плоды покрыты рубцами опавших тычинок, при созревании опускаются под воду на винтообразно скручивающихся цветоносах; VII—VIII.

Кувшинка белая — *Nymphaea alba* L. Л. очень крупные (10—30 см в поперечнике) сердцевидно-овальные, жилки их лопастей расходящиеся. Цв. слабоароматные, очень крупные, основание цв. круглое. Пл. шарообразные (рис. П. 15).

К. чистобелая — *N. candida* J. Presl. Л. очень крупные (12—30 см в поперечнике), округло-овальные; жилки их лопастей дугообразно сходящиеся. Цв. почти без запаха, крупные, основание их четырехугольное. Пл. яйцевидные.

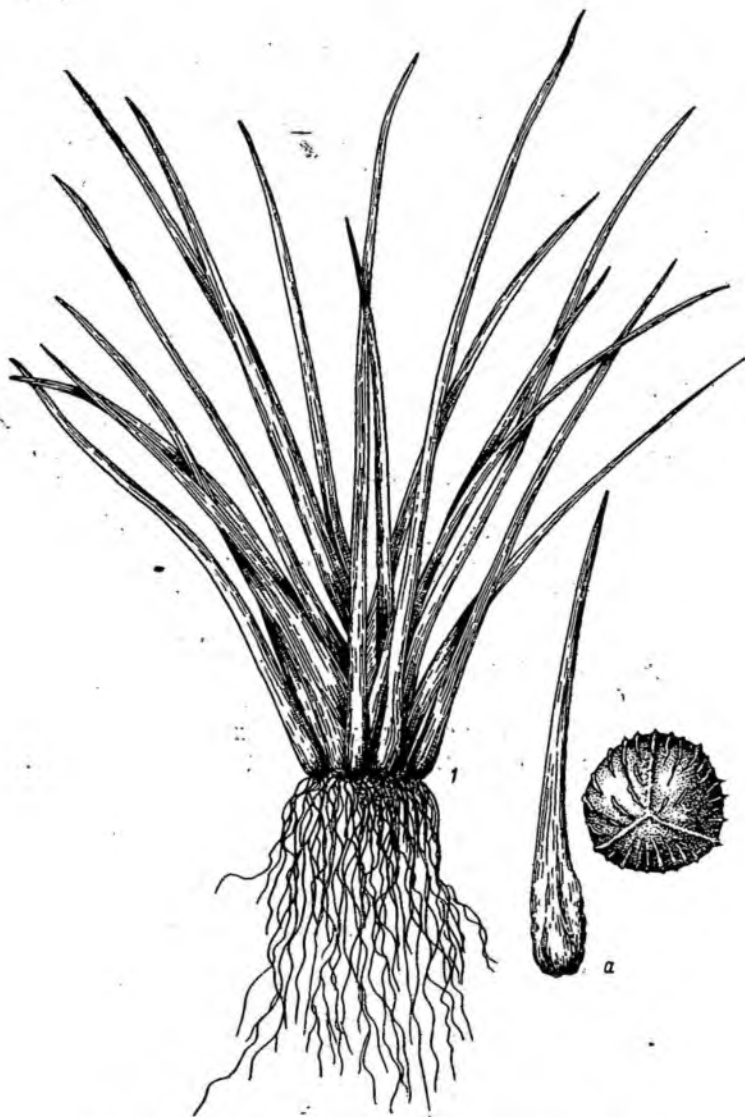


Рис. П.13. Полушник озерный (*Isoetes lacustris* L.).

1 — общий вид, а — спорангий, б — макроспора.

Растут в небольших озерах, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, протоках и речках с тихим течением, заводях рек, преимущественно на илистых донных отложениях до глубин 2—2,5 м, редко глубже. Характерны для пойменных озер. Образуют очень большие заросли с плотным покрытием поверхности воды плавающими листьями.



Рис. П.14. Лобелия Дортманна (*Lobelia dortmanna* L.).

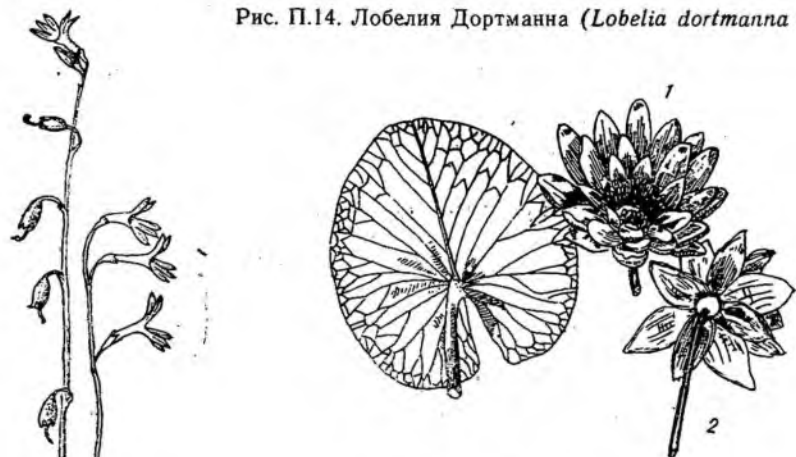


Рис. П.15. Кувшинка.

1 — чистобелая (*Nymphaea candida* J. Presl),  
2 — белая (*N. alba* L.).

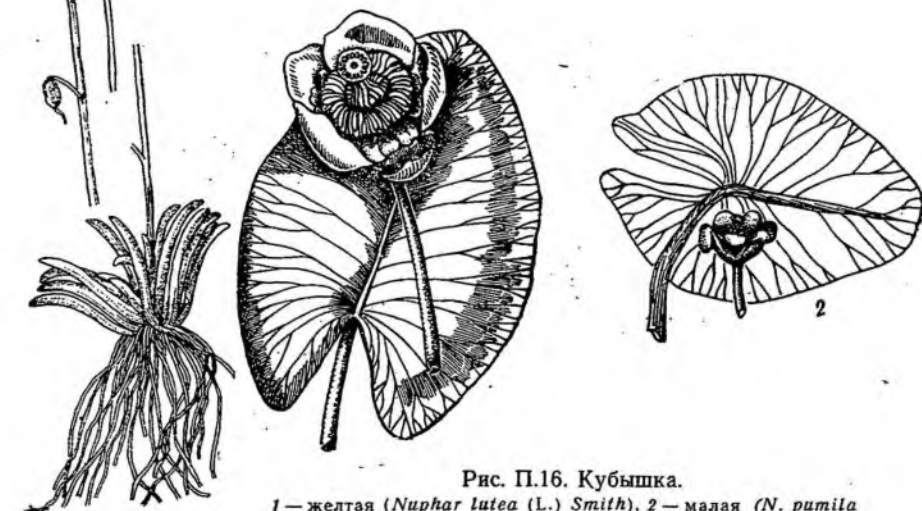


Рис. П.16. Кубышка.

1 — желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith), 2 — малая (*N. pumila* (Timm.) D. C.).

Кубышки — виды рода *Nuphar* (сем. Кувшинковые — *Nymphaeaceae*). К. желтая — *N. lutea* (L.) Smith. Мн. Крупное растение с толстым, мясистым, покрытым рубцами от опавших листьев, часто сильно разветвленным крш. и толстыми мясистыми длинными кр. Л. в прикорневой розетке, подводные и плавающие. Нижние подводные л. многочисленные на сравнительно коротких чрш., полупрозрачные, тонкие с волнистыми краями. Верхние плавающие л.

на длинных, толстых, сверху трехгранных чрш., крупные с сердцевидно-овальной,верху закругленной, в основании глубоко надрезной плотной, почти кожистой зеленой пластинкой. Цв. на длинных, круглых, толстых цветоносах крупные, одиночные, темно-желтые с мясистыми долями, невысоко поднимаются над водой. Пл. прямые гладкие,верху узкие, книзу расширенные, зеленые (рис. П. 16).

К. малая — *N. pumila* (Timm) DC. Отличается от к. желтой меньшими размерами всего растения, тонкими и плоскими чрш. л., тонким коротким крщ. и небольшими снизу опущенными пластинками л. Пл. у к. малой согнуты вбок; VI—IX (рис. П.16).



Рис. П.17. Рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.).



Рис. П.18. Горец земноводный (*Polygonum amphibium* f. *aquaticum* Leyss.).

Растет в озерах, старицах, речках и ручьях со слабым течением, заводях, прудах, преимущественно на илистых донных отложениях до глубины 1,5—2 м.

К. желтая часто образует очень большие заросли. Особенно характерны для пойменных озер.

Рдест плавающий — *Potamogeton natans* L. (сем. Рдестовые — *Potamogetonaceae*). Крупный мн., крщ. длинное ползучее, крепкое, сильно ветвистое, осенью с клубнеобразно утолщенными междоузлиями. Ст. толстые, простые или сверху слабоветвистые. Подводные л. малочисленные, полуцилиндрические, толстоватые, черешкообразные без листовой пластинки. Плавающие л. на длинных

черешках, довольно крупные, зеленые или чаще коричневатые, кожистые, эллиптические или продолговатые, у основания округлые или слабо сердцевидные. Цв. многоцветковые, цилиндрические, густые, большей частью коричневатые на цветоносах, во время цветения поднимаются над водой; VI—VIII (рис. П. 17).

Растет в небольших озерах, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, речках и ручьях со слабым течением, преимущественно на илистых донных отложениях до глубины 2—2,5 м, редко глубже.

Горец земноводный — *Polygonum amphibium* L. (сем. Гречишные — *Polygonaceae*). То же, что и водная гречиха. Водная экологическая форма — *f. aquaticus* Leys. Крупный мн. с ползучим длинным, ветвистым крщ. Ст. прямой, простой, реже слабо ветвящийся, в верхней части плавает, на мелких местах в узлах укореняется. Л. плавающие, на длинных черешках, удлинненно-треугольные, гладкие, зеленые, толстоватые, цельнокрайние, на конце тупые, у основания закругленные или слегка сердцевидные. Цв. мелкие, розовые, в плотных колосовидных цв. возвышаются над водой; с VI до осени (рис. П. 18).

В разного типа водоемах, заводях рек до глубины 1—2 м и глубже. Нередко образует очень большие заросли. Является пионером зарастания. При обмелении и высыхании дает наземную форму с прямостоячим стеблем и шершавыми листьями (*f. terrestre* Leys.).

### Мелколистные плавающие растения

Сальвиния плавающая — *Salvinia natans* (L.) All. (сем. Сальвиниевые — *Salviniaceae*). Одн. Небольшое свободно плавающее на поверхности воды, споровое р. с тонким разветвленным горизонтальным стеблем без кр. Подводные л. рассечены на нитевидные доли (с волосками), спускаются от стебля вниз и напоминают корешки. Плавающие л. с овальной, зеленой, сверху бородавчатой, снизу густо волосистой (с бурыми волосками) пластинкой сидят по два в узлах стебля. Спорокарпии по 4—8 на ножках находятся у основания подводных л.; VIII—IX (рис. П. 19).

Растет в небольших озерах, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, заводях рек преимущественно у берега и среди зарослей высоких растений. При большом скоплении очень плотно покрывает поверхность воды. Хорошо развивается в теплых водах. Распространена в южных районах.

Ряски — виды рода *Lemna* и многокоренник — *Spirodela* (сем. Рясковые — *Lemnaceae*). Мн., маленькие р., свободно плавающие на поверхности воды, состоят из округлых или округло-яйцевидных, сверху зеленых, снизу белесовато-зеленых, толстоватых маленьких пластинок — листочков видоизмененных безлистных стеблей, несущих вниз спускающийся один или несколько белых проз-

рачных водных корешков. Цветут редко. Размножаются делением (рис. П. 20).

Р. маленькая — *Lemna minor* L. Пластинки эллиптические и обратнойцевидные, цельнокрайние, сверху слабовыпуклые или слегка килеватые с выдающимся шипиком, зеленые, снизу плоские, желтовато- или беловато-зеленые, образуют обычно группы из 3—6 пластинок. Водный корешок один.

Р. горбатая — *L. gibba* L. Пластинки округло- или обратнойцевидные, сверху слабокилеватые с очень незначительным шипиком или без него, плоские, снизу шарообразно-выпуклые, с одним водным корешком.

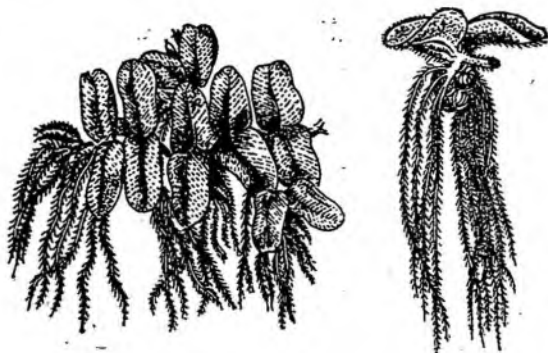


Рис. П.19. Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All.).

Многокоренник обыкновенный — *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. Пластинки округлые или обратнойцевидные, цельнокрайние, толстоватые, плоские, сверху зеленые, снизу красновато-фиолетовые с пучком водных корешков. Образуют группы в числе 3—5 пластинок.

Растут в небольших илистых озерах, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, речках и ручьях с тихим течением, в пойменных озерах, прудах, канавах, преимущественно у берегов и среди зарослей высоких растений. При большом скоплении могут целиком покрыть поверхность воды. Легко выносятся течением.

Водокрас обыкновенный — *Hydrocharis morsus-ranae* L. (сем. Водокрасовые — *Hydrocharitaceae*). Мн. Ст. плавающим у поверхности воды, шнуровидный с сильно развитыми побегами, в узлах и с розетками л. и с пучками длинных мясистых беловато-зеленоватых водных кр. Кр. иногда на мелких местах нижними концами бывают погружены в ил. Л. плавающие на длинных черешках, небольшие, зеленые, округлые, цельнокрайние, с сердцевидными основаниями. Цв. довольно крупные, белые нежные на цветоносах выставляются над водой; VII—VIII (рис. П. 21).

Осенью на концах стеблей образуются зимующие почки, опадающие на дно водоема. Весной из них развиваются молодые растения.

Растет в мелководных водоемах и заливах, прудах, речках со слабым течением, у берегов и среди зарослей высоких растений. Образует большие скопления и листьями очень плотно покрывает поверхность воды.

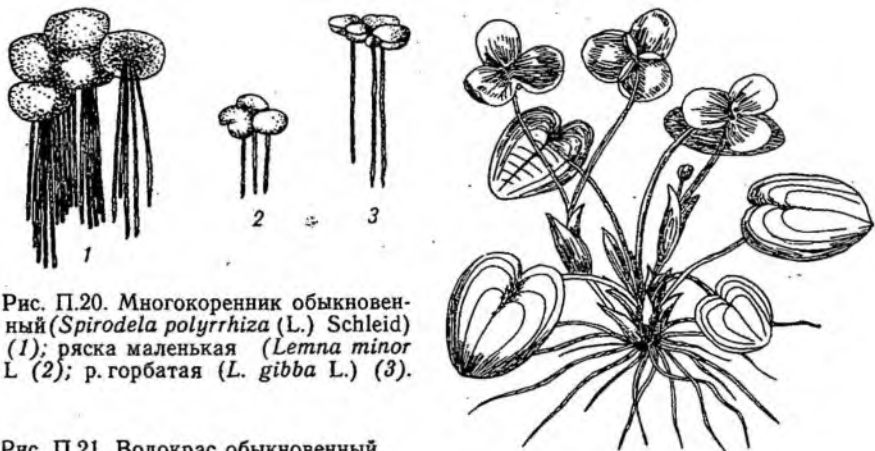


Рис. П.20. Многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid (1); ряска маленькая (*Lemna minor* L (2); р. горбатая (*L. gibba* L.) (3).

Рис. П.21. Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.).

### Разнолистные плавающие растения с плавающими и подводными листьями

Рдест травяной — *Potamogeton gramineus* L., то же, что и рдест разнолистный — *P. heterophyllus* Schreb. (сем. Рдестовые — *Potamogetonaceae*). Мн. Довольно крупное р. с тонким ползучим и вильчато-ветвящимся крщ. Ст. тонкие, сверху сильно ветвистые. Л. подводные и плавающие. Подводные л. многочисленные, тонкие, прозрачные, светло-зеленые, ланцетовидные или линейно-ланцетовидные, плоские или желобчатосложенные и серповидноизогнутые. Плавающие л. на чрш., зеленые, эллиптические, тонкокожистые, при основании почти округлые. Иногда они отсутствуют. Соцветия многоцветковые, плотные зеленые на длинных; сверху утолщенных цветоносах, во время цветения поднимаются над водой; VI (рис. П. 22).

Растет в озерах до глубины 1—1,5 м, редко глубже. При обмелении и высыхании прибрежий водоемов дает наземную форму, у которой имеются только кожистые л. (подводные почти не сохраняются), распластанные по поверхности влажного грунта (*f. terrestris* Fr.). На глубоких местах встречается в форме (*f. graminifolius* Fr.) только с подводными листьями.



Рис. П.22. Рдест травяной (*Potamogeton gramineus* L.).  
а — водная форма, б — наземная форма.

**Плавающие растения с мясистыми возвышающимися над водой листьями**

Телорез обыкновенный — *Stratiotes aloides* L. (сем. Водокрасовые — *Hydrocharitaceae*). Мн. Крупное р., в теплое время года во время цветения плавает у поверхности воды с торчащими над ней л., в холодное — погружается в воду. Крщ. горизонтальное с длинными побегами и свисающими в воду светлыми шнуровидными кр.; на мелких местах и сенью кр. могут быть погружены в ил. Ст. укороченный, толстый, мясистый. Л. в большинстве слу-

чаев узкие, вверх торчащие, удлиненные, вогнутые и саблевидно-изогнутые, собраны в воронковидную розетку, темно-зеленые, жесткие, ломкие, мясистые, по средней жилке снизу и по краям с вверх направленными зубцами с колючками, режущие. Цв. довольно крупные белые, очень нежные, на сплюснутых цвн. выставляются над водой; VII—VIII (рис. П. 23).

Растет в небольших озерах, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, пойменных озерах, речках с тихим течением. Предпочитает неглубокие илистые озера. Может произрастать на глубинах до 2—3 м в постоянно погруженном состоянии. Нередко образует заросли, покрывающие водоем целиком.



Рис. П.23. Телорез обыкновенный (*Stratiotes aloides* L.).

## Гелофиты

### Надводные растения с безлистным или почти безлистным стеблем

Хвощ речной — *Equisetum fluvatile* L. (сем. Хвощевые — *Equisetaceae*). Мн. Невысокое споровое р. с довольно толстым желтоватым или черно-бурым матовым или слаболознящимся сильноветвистым крщ. Ст. прямостоячие или позднее вверху в разной степени ветвистые, с широкой срединной полостью, членистые, серовато-зеленые, светлые, с гладкими плоскими ребрами. У сочленений стебля находятся спаянные между собой зубцы — видоизмененные листья, внизу черные или красноватые, кверху — бледно-зеленые, охватывающие стебель и прижатые к нему. Спорносный колос (стробил) на конце стебля, яйцевидный или овальный; споры VI—VII (рис. П. 24).

Растет у берегов водоемов, на илистых, песчаных и каменистых донных отложениях до глубины 0,75 м, редко глубже. Образует очень большие и густые заросли.

Камыш озерный — *Scirpus lacustris* L. (сем. Осоковые — *Cyperaceae*). Мн. Крупное высокое р. с ползучим толстым черно-бурым крщ. с многочисленными густыми и длинными кр. Ст. прямые, гладкие, безлистные (иногда бывают подводные недолго сохраняющиеся л.), довольно упругие, густо темно-зеленые, при основании одеты буроватыми, бурными или красно-бурыми влагалищами, часто полуразрушенными. Соцветие расположено на верхушке стебля, раскидистое или сжатое, при основании с прицвет-

ными листьями. Колоски мелкие, продолговато-яйцевидные, заостренные, красновато-бурые. Колосковые чешуи без бородавочек; VI—VIII (рис. П. 25).

Растет у берегов озер, водохранилищ, рек, на болотах до глубины 1,5—2 м, редко глубже и на влажных берегах. Образует очень большие заросли.

Болотница болотная — *Eleocharis palustris* (L.) R. Вг. (сем. Осоковые — *Cyperaceae*). Мн. Крщ. ползучее. Ст. тонкие прямые невысокие, одиночно или небольшими пучками вверх торчащие, без-

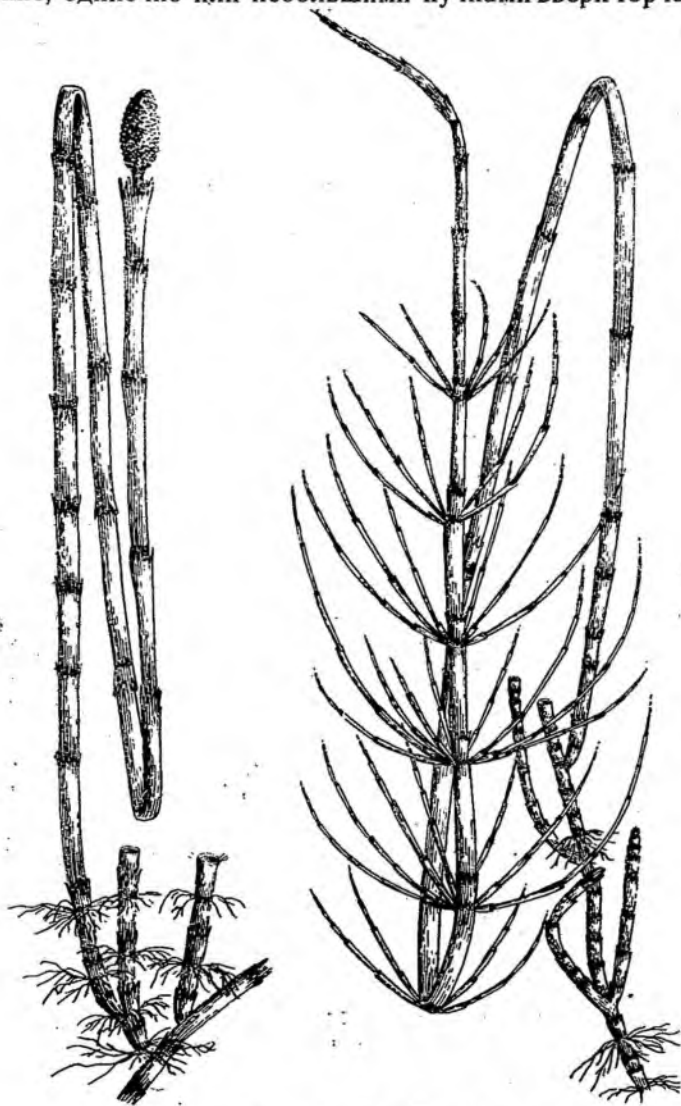


Рис. П.24. Хвощ речной (*Equisetum fluviatile* L.).





Рис. П.25. Камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.).

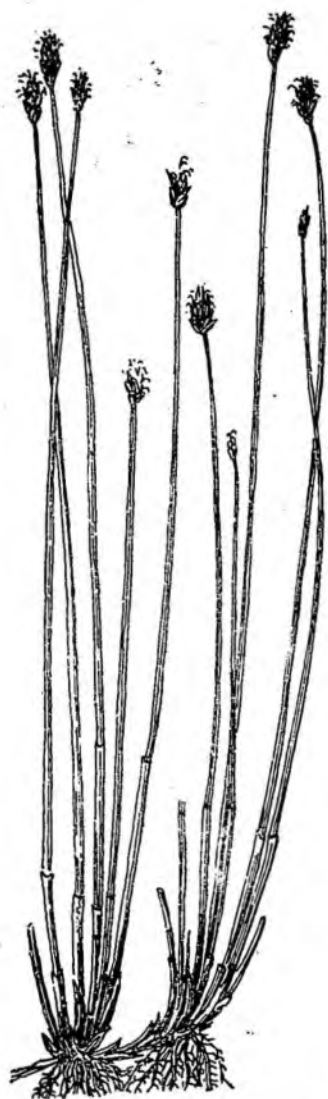


Рис. П.26. Болотница болотная (*Eleocharis palustris* (L.) R. Br.).

листные, не ветвистые, зеленые или сизо-зеленые, слабосныщающиеся, борозчатые или почти гладкие с пурпурным основанием. Колоски на верхушке стебля маленькие, цилиндрические или яйцевидно-цилиндрические, темно-бурые; VI—VIII (рис. П. 26).

Растет у берегов водоемов на мелких местах до глубин 0,5 м, иногда и выше. Предпочитает илисто-песчаные и илисто-глинистые донные отложения.

#### Крупнолистные и широколистные надводные растения

Частуха подорожниковая — *Alisma plantago-aquatica* L. (сем. Частуховые — *Alismataceae*). Мн. Довольно крупное р. с толстым коротким крщ. Ст. прямой, безлистный, цилиндрический или неяснотрехгранный, гладкий, на всем протяжении или только в верхней части полый, внизу утолщенный. Л. подводные (иногда их нет) и воздушные, прикорневые. Подводные л. лентовидные, тонкие. Воздушные л. на длинных крщ., длинные пластинки, округ-



Рис. П.27. Частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.).



Рис. П.28. Стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia* L.).

лые или эллиптические, сверху тусклые, матовые, с сероватым оттенком, в основании сердцевидные или закругленные с вдавленными, кроме средней, продольными жилками. Соцветие на конце ст. пирамидальное, выше л. Цв. мелкие, многочисленные розоватые. Пл. расположены кольцом; VI—VIII (рис. П. 27).

Стрелолист стрелолистный — *Sagittaria sagittifolia* L. (сем. Частуховые — *Alismataceae*). Мн. невысокое р. с мочковатыми кр. и длинными шнуровидными побегами, на которых осенью развива-

ются клубневидные зимующие почки. Ст. простой, безлистный, гладкий, несколько утолщенный, трехгранный. Л. прикорневые, неоднородные, воздушные на длинных черешках со стреловидно-треугольной пластинкой и расходящимися лопастями, из которых нижние короче верхушечной. Плавающие л. — длинночерешковые с ланцетной пластинкой. Подводные л. сидячие, линейные, тупые, прозрачные с параллельными жилками. Часто подводные и плавающие л. отсутствуют. Сцв. ветвистое. Цв. белые, небольшие с темно-фиолетовым основанием и фиолетовыми тычинками. Пл. в крупных шаровидных головках; VI—VIII (рис. П. 28).

С. трилистный — *S. trifolia* L. Мн. Отличается от предыдущего вида тем, что у воздушных л. нижние лопасти много длиннее верхушечной. Тычинки желтые.

Частуха и стрелолисты растут на влажных берегах и в воде у берега небольших зарастающих озер, заливах больших озер и водохранилищ, стариц, пойменных озер, речек, ручьев, заводей рек до глубины 0,3—0,5 м, редко глубже. Ч. подорожниковая иногда образует большие и густые заросли.

#### Узколистные надводные травы с лентовидными или линейно-ланцетными листьями

Рогозы — виды рода *Typha* (сем. Рогозовые — *Typhaceae*). Мн. Крупные, высокие р. с толстым ползучим крщ., с многочисленными кр. Ст. прямые, крепкие цилиндрические с несколькими л. Л. в большом числе отходят от основания ст., ремневидные, длинные, зеленые, к основанию несколько желобчатые, в остальной части плоские, иногда немного закрученные. Соцветия крупные, длинно цилиндрические, в верхней части тонкие с мужскими цв., после цветения быстро опадающими, в нижней части утолщенные с женским цв., бархатистые, после отцветания с долго сохраняющимися плодами (рис. П. 29).

Рогоз узколистный — *Typha angustifolia* L. Л. узколинейные с полого заостренной верхушкой (4—6 и до 10 мм шир.). Соцветия коричневые; женские и мужские соцветия отделены друг от друга небольшим промежутком; VI—VIII.

Р. широколистный — *T. latifolia* L. Л. более широкие, чем у предыдущего вида, широколинейные (до 20 мм шир.), с более круто заостренной верхушкой. Соцветия толстые, почти черного цвета; женские и мужские соцветия соприкасаются; VI—VII.

Растет у берегов озер, водохранилищ, стариц, в заводях рек, канавах, карьерах, на болотах и болотистых берегах рек, заболачивающихся водоемах, на сплавинах до глубины 1,5—2 м, иногда глубже. Образуют крупные заросли.

Ежеголовники — виды рода *Sparganium* (сем. Ежеголовниковые — *Sparganiaceae*). Ежеголовник прямой — *Sparganium erectum* L., то же, что е. ветвистый — *Sparganium ramosum* Huds. Мн. Довольно крупное р. с ползучим крщ. Ст. прямые, крепкие, в соцветии ветвистые. Л. трехгранные, острые, длинные, мечевидные,

густо-зеленые, тусклые, довольно крепкие, снизу с крылатым килем и вогнутыми гранями. Соцветие крупное, разветвленное. Цв. мелкие, собраны в шаровидные головки, сидят на ветках соцветия; VII—VIII (рис. П. 30).

Растет у берегов озер и водохранилищ, стариц, пойменных озер, заводей, рек, прудов, на сырых лугах, болотах у воды и в воде на небольших глубинах до 0,75 м, редко глубже.

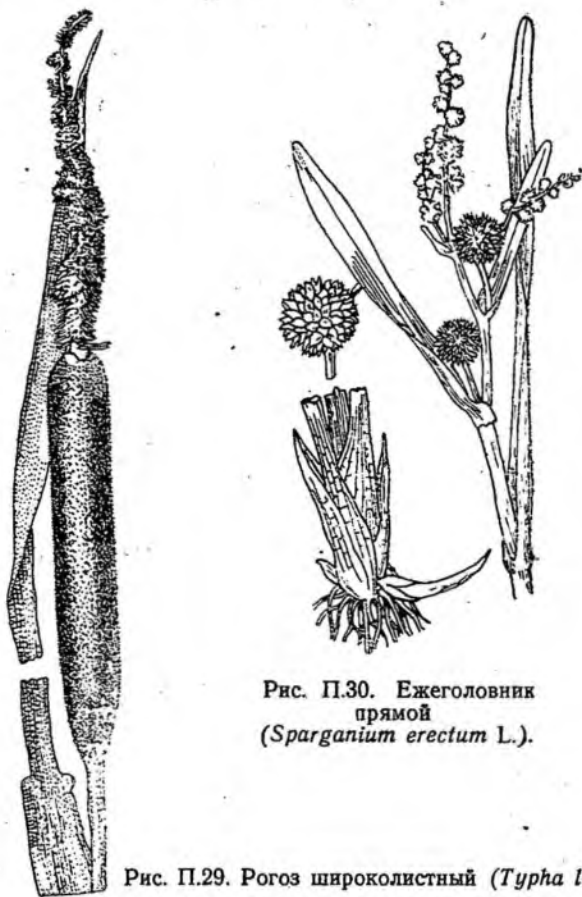


Рис. П.30. Ежеголовник  
прямой  
(*Sparganium erectum* L.).

Рис. П.29. Рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.)

Е. простой — *S. simplex* Huds. Мн. Р. невысокое с ползучим крщ. Ст. прямые, простые, довольно крепкие, иногда вверху плавающие. Л. ремневидные, тупотрехгранные, снизу без продольного киля, мягкие, светло-зеленые, нижние обычно плавающие. Соцветие простое, не ветвистое, цветки мелкие, собраны в шаровидные головки; VII—IX.

Растет в тех же местах, что и предыдущий вид, но на глубинах до 0,5 м, редко глубже. Большие заросли образует редко.



Рис. П.31. Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.).

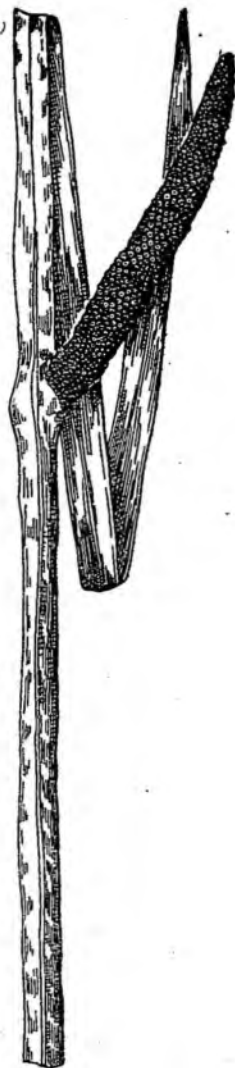


Рис. П.32. Аир, ирный корень (*Acorus calamus* L.).

Сусак зонтичный — *Butomus umbellatus* L. (сем. Сусаковые — *Butomaceae*). Мн. Довольно крупное р. с толстым мясистым крщ. Ст. безлистые, крепкие, цилиндрические, гладкие, длиннее л. Л. все прикорневые, прямостоячие, при основании трехгранные, желобчатые, кверху линейные. Соцветие на верхушке ст. зонтиковидное. Цв. розовые; VI—VII (рис. П. 31):

Растет в воде и на влажных берегах небольших озер, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, заводях рек, пойменных озерах до глубины 0,5—0,7 м, редко глубже.

Аир. Ирный корень — *Acorus calamus* L. (сем. Аронниковые — *Araceae*). Мн. Крупное невысокое р. с толстым ползучим, сильно разветвленным крщ. с довольно толстыми корневыми мочками. Ст. с желобком со стороны соцветия и острым ребром с противоположной стороны. Л. Длинные, линейные, мечевидные. Соцветие по-



Рис. П.33. Различные виды осок (*Carex*).

1 — острая (*C. acuta* L.), 2 — водяная (*C. aquatilis* Wahl.), 3 — бутылчатая (*C. rostrata* Stokes).

чаток цилиндрическое, к концу несколько суженное, отклоненное. Цв. зеленовато-желтые; V—VI (рис. П. 32).

Растет на берегах водоемов и в воде на небольшой глубине. Осоки — виды рсда *Carex* (сем. Осоковые — *Cyperaceae*).

Осока бутыльчатая — *C. rostrata* Stokes. Мн. Невысокое с ползучим корневищем р. Ст. прямые, тупотрехгранные, гладкие, только в соцветии шероховатые, часто короче листьев, с блестящим серо-бурым или красновато-бурым основанием. Л. сизо-зеленые, сверху белесые, сетчатые, длиннозаостренные, желобчатосложенные или свернутые, или частично плоские, жестковатые, по краям и снизу по килю шероховатые. Соцветие прямостоячее, удлиненное из 3—6 расставленных колосков, из которых нижние на коротких, прямостоячих или слабоотклоненных ножках; V—VI (рис. П. 33).

Растет на травяно-осоковых болотах, болотистых лугах, сырых берегах рек, озер, в канавах и воде у берегов до глубины 0,5—0,6 м, редко глубже.

О. острая — *C. acuta* L. Мн. Крупное, рыхлодерновинное р., образующее большие почки. Крщ. укороченное, дугообразно ползучее. Ст. крепкие, остротрехгранные по ребрам сильношероховатые (зазубренные), прямые, наверху несколько согнутые, поникающие, у основания блестящие, красно-бурые или черно-пурпурные, длинные или немного короче л. Л. довольно узкие, длинные, двухцветные с нижней стороны сизоватые или сероватые, лоснящиеся, с верхней темно-зеленые, жестковатые с острым килем, по краям острошероховатые (режущие) с длинной трехгранной верхушкой. Соцветие удлиненное, редковатое из 4—6 колосков, из которых нижний на ножках, иногда длинных, отклоненные или поникшие; V—VI (рис. П. 33).

Растет на травяно-осоковых болотах в воде и на сырых берегах озер, рек, ручьев, особенно лесных, на небольших глубинах.

### Злаки (сем. Злаки — *Poaceae*)

Тростник обыкновенный, Т. южный — *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (то же, что *P. communis* Trin.). Мн. Крупное высокое р. с длинным толстым ползучим сильноветвистым крщ. с подземными и реже надземными (столонами) побегами. Ст. прямые, очень редко лежачие, полые, толстые, крепкие гладкие, доверху облиственные. Л. серо- или сизо-зеленые, широкие, линейноланцетные, длиннозаостренные, плоские, жесткие по краям острошероховатые. У основания л. имеется валик с жесткими, прямыми волосками. Метелка густая, реже рыхлая, крупная, поникающая с шероховатыми веточками. Колоски темно- и буро-фиолетовые, реже желтоватые; VII—X (рис. П. 34).

Растет у берегов на сырых берегах разного типа озер, водохранилищ, рек, на болотах, на сплавинах до глубин 2—3 м и глубже.

Тростянка овсяницевая — *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link. Мн. Крупное р. с толстым ползучим крщ., образующим ветвистые побеги. Ст. прямые, простые, иногда ветвистые, довольно толстые, слегка шершавые, в нижних узлах с корешками. Л. линейные, длиннозаостренные, гладкие с острошероховатыми краями. Ме-

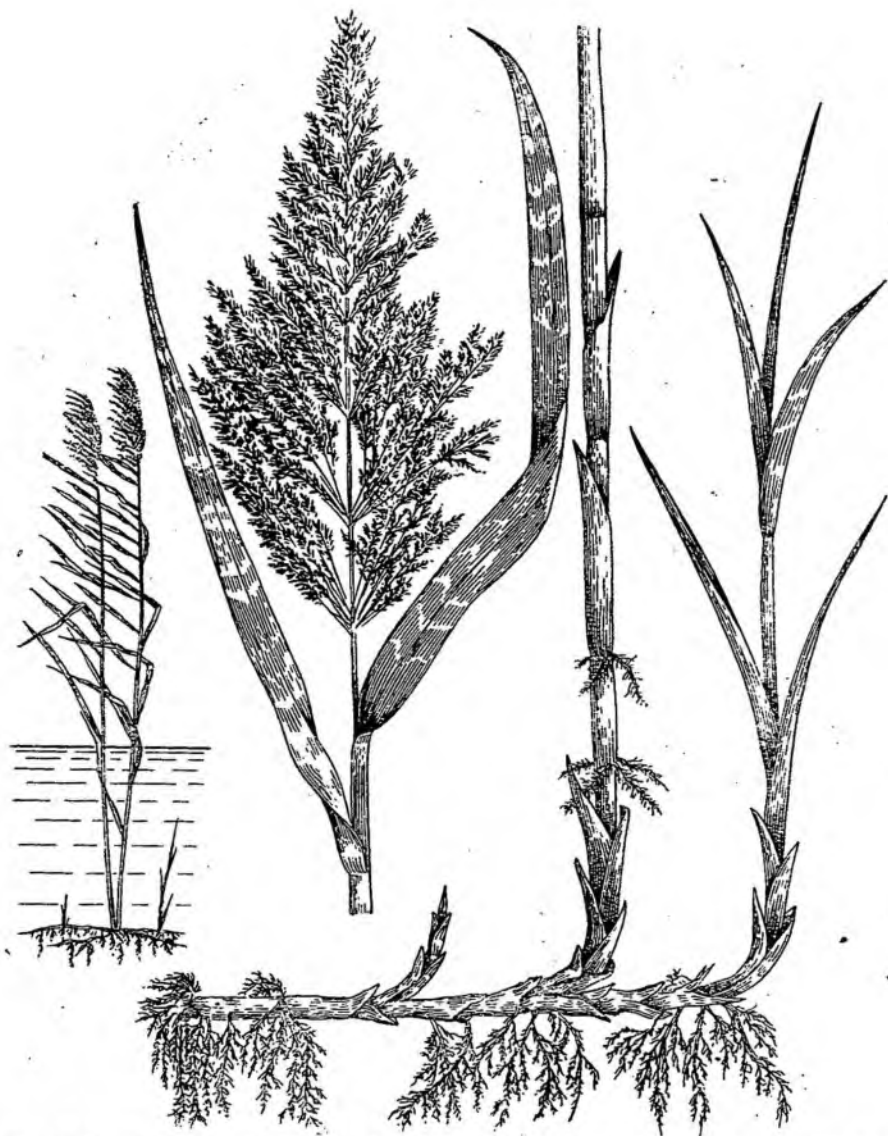


Рис. П.34. Тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.).

телка рыхлая с прижатыми кверху ветвями, серебристо-белая, позднее раскидистая, темнеющая; VI—VII (рис. П. 35).

Растет на сырых берегах и по побережьям разного типа водоемов до глубины около 1 м и глубже.

Манник большой — *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. Крупный высокий мн: с длинным ползучим крщ. и многочисленными



корнями с массой мелких корешков. Ст. прямой, довольно толстый и крепкий, слегка сплюснутый, гладкий. Л. светло-зеленые, ленто-виднолинейные, широкие, плоские, на верхушке заостренные и стянутые в колпачок, снизу по средней жилке килеватые. Метелка крупная, густая с шероховатыми, обращенными во все стороны



Рис. П.35. Тростянка овсянице-  
вая (*Scolochloa festucacea* (Willd.).



Рис. П.36. Манник большой  
(*Glyceria maxima* (C. Hartm.)  
Holmb.).

ветвями, многоколосковая. Колоски зеленоватые позднее буроватые или фиолетовые; VI—VIII (рис. П. 36).

Растет в ручьях и речках со слабым течением, у берегов озер и водохранилищ, по крупным канавам и заливным травяным болотам до глубины 1—1,5 м, редко глубже.

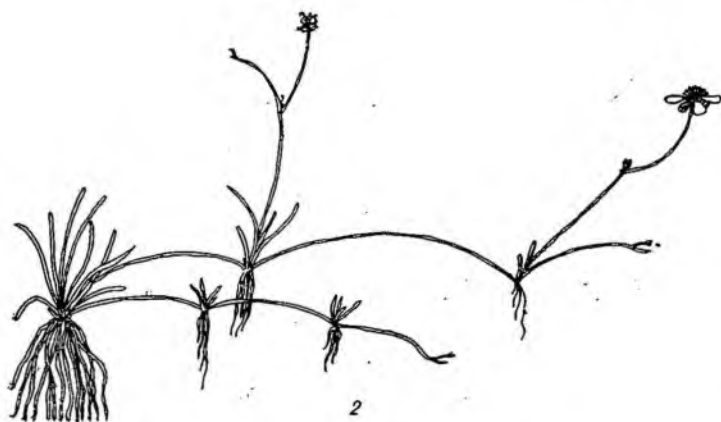
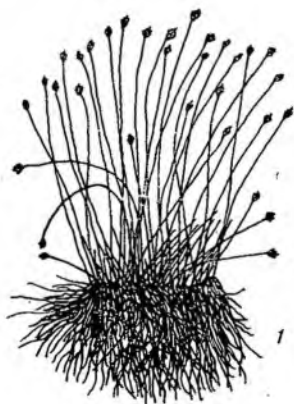
## Приземистые растения

Это — маленькие растения, большинство из них стелется по поверхности субстрата на берегах или в воде и едва приподнимается над ним. В водах с высокой прозрачностью спускаются на значительные глубины.

Болотница игольчатая — *Eleocharis acicularis* R. Br. (сем. *Cyperaceae*). Мн. Крщ. ползучее, нитевидное, образует густые дерновины. Ст. многочисленные, простые, безлистные, очень тонкие, до 10 см высотой, прямостоячие или восходящие четырехгранные, реже трехгранные. Колоски очень маленькие, на верхушке стебля (рис. П. 37).

Рис. П.37. Приземистые растения.

1 — болотница игольчатая (*Eleocharis acicularis* (L.) R. Br.), 2 — лютик стелющийся (*Ranunculus reptans* L.).



Лютик стелющийся — *Ranunculus reptans* L. (сем. *Ranunculaceae*). Мн. Ст. лежачий или приподнимающийся, дуговидно изогнутый, в узлах укореняющийся, нитевидный, ветвистый, опушенный (реже голый). Л. узколинейные или ланцетные, постепенно переходящие в черешок. Цв. маленькие, желтые (рис. П. 37).

Растений (гигрофитов), обитающих на увлажненных берегах водоемов, на прибрежных или плавающих сплавинах, на кочках и в воде у берегов или в мелких заболачивающихся озерах очень много. В большинстве это — болотные виды. Они, хотя и не являются типично водными растениями, весьма характерны для растительного покрова прибрежий озер. Наиболее обычными представителями этой группы растений почти во всех географических зонах являются (в порядке алфавита без указания семейств): белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.), вахта трилистная (*Nepenthes trifoliata* L.), веж ядовитый (*Cicuta virosa* L.), дербенник иволистный (*Lythrum salicaria* L.), зюзник европейский (*Lycopus europaeus* L.), калужница болотная (*Caltha palustris* L.), касатик желтый (*Iris pseudacorus* L.), лютик длиннолистный (*Ranunculus lingua* L.), л. ядовитый (*R. sceleratus* L.), омежник водяной (*Oenanthe aquatica* (L.) Poir.), полевица побегообразующая (*Agrostis stolonifera* L.), поручейник широколистный (*Sium latifolium* L.), сабельник болотный (*Comarum palustre* L.), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.), чистец болотный (*Stachys palustris* L.), щавель водяной (*Rumex aquaticus* L.) и многие другие.

**ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

№ п/п	Наименование	О СТ, шифр, ТУ, нормаль	Количество, необходимое для лаборатории
-------	--------------	-------------------------	---

**Мебель лабораторная**

1	Стол лабораторный		1 шт.
2	Стол для весов		1 шт.
3	Шкаф вытяжной		1 шт.
4	Шкаф для посуды и реактивов		3 шт.
5	Стол канцелярский		5 шт.

**Приборы и оборудование, выпускаемые промышленностью**

1	Термостат для работы при повышенной температуре окружающей среды	Ц-1241м	1 шт.
2	Весы лабораторные с комплектом разновесов	ВЛТ-1	1 шт.
3	Весы лабораторные аналитические с комплектом разновесов	ВЛА-200М	1 шт.
4	pH-метр лабораторный	G2-210 pH-340	1 шт.
5	Спектрофотометр	СФ-16, СФ-18, СФ-20	1 шт.
6	Качалка для встряхивания жидкостей в колбах	АВУ-1 или КДМ-1	2 шт.
7	Дистиллятор	Д-4	1 шт.
8	Водяная баня		5 шт.
9	Шкаф сушильный	СНОЛ-3,5	2 шт.
10	Штатив для пробирок		30 шт.
11	Центрифуга лабораторная настольная на 6000 об/мин.	ЦЛН-3	1 шт.
12	Холодильник емкостью 240 л		1 шт.
13	Микроскоп биологический	БИОЛАМ или МБИ	4 шт.
14	Препаратоводитель	СТ-12	3 шт.
15	Микрометр винтовой окулярный с внутренним отсчетом	МОВ-6-5	1 шт.
16	Микробатометр	БНС	30 шт.
17	Автоклав	АВ-5 или АГ-2	1 шт.
18	Центрифуга угловая малогабаритная	ЦУМ-1	1 шт.
19	Трансформатор лабораторный	ЛАТР	2 шт.
20	Счетчик одиннадцатиклавишный (для счета элементов крови)	Код 16-108 Каталог Союзглав--прибора	1 шт.
21	Насос Комовского вакуумный ручной		2 шт.
22	Прибор для уравнивания центрифужных пробирок	МРТУ 42388-63 Минмедпром	1 шт.
23	Машина для изготовления ватных пробок	МРТУ 42 2309-63 Минмедпром	1 шт.
24	Лампа ртутно-кварцевая бактерицидная	БУФ-3-220	2 шт.

**Лабораторная посуда и другое оборудование**

1	Эксикатор с краном вакуумный	ГОСТ 6371—64	2 шт.
2	Эксикатор Э-250	ГОСТ 6371—64	3 шт.

№ п/п	Наименование	ГОСТ, шифр, ТУ нормаль	Количество, необходимое для лабора- тории
3	Цилиндр измерительный с носиком объемом, мл		
	10	ГОСТ 1770-64	10 шт.
	50	ГОСТ 1770-64	10 шт.
	100	ГОСТ 1770-64	10 шт.
	250	ГОСТ 1770-64	10 шт.
	500	ГОСТ 1770-64	10 шт.
	1000	ГОСТ 1770-64	6 шт.
4	Бюретка		
	1 а 25	ГОСТ 1770-64	5 шт.
	1 а 50	ГОСТ 1770-64	5 шт.
5	Микробюретка	ГОСТ 1770-64	3 шт.
6	Пипетка		
	1 а 1	ГОСТ 1770-64	1000 шт.
	1 а 2	ГОСТ 1770-64	500 шт.
	1 а 5	ГОСТ 1770-64	300 шт.
	1 а 10	ГОСТ 1770-64	400 шт.
7	Микропипетка 111 0,1	ГОСТ 1770-64	20 шт.
8	Капельница 11 25	ГОСТ 9876-61	20 шт.
9	Колба для фильтрования под вакуу- мом объемом, мл		
	250	ГОСТ 10394-63	2 шт.
	500	ГОСТ 10394-63	2 шт.
	1000	ГОСТ 10394-63	2 шт.
10	Колба коническая плоскодонная		
	100	ГОСТ 10394-72	50 шт.
	250	ГОСТ 10394-72	100 шт.
	500	ГОСТ 10394-72	50 шт.
	1000	ГОСТ 10394-72	30 шт.
	2000	ГОСТ 10394-72	10 шт.
11	Воронка стеклянная УП		
	50	ГОСТ 8613-64	10 шт.
	100	ГОСТ 8613-64	10 шт.
	500	ГОСТ 8613-64	10 шт.
	1000	ГОСТ 8613-64	10 шт.
12	Стакан ВН		
	50	ГОСТ 10394-63	20 шт.
	100	ГОСТ 10394-63	20 шт.
	500	ГОСТ 10394-63	10 шт.
	2000	ГОСТ 10394-63	20 шт.
13	Воронка Бюхнера		
	№ 2	ГОСТ 9147-59	2 шт.
	№ 3	ГОСТ 9147-59	2 шт.
14	Палки из химически устойчивого стекла (3—10 мм, длина до 1500 мм)	ТУ 35-011-6-64	0,5 кг
15	Канистры полиэтиленовые объемом, л		
	10		5 шт.
	20		3 шт.
16	Термометр Б-1 марки ТЛ-1 № 1	ГОСТ 215-57	5 шт.
17	Термометр Б-1 марки ТЛ-2 № 4	ГОСТ 215-57	5 шт.
18	Термометр Б-1 марки ТЛ-2 № 5	ГОСТ 215-57	5 шт.
19	Сосуд четырехугольный СЧ емкостью 1,5	ГОСТ 10565-63	10 шт.

№ п/п	Наименование	ГОСТ, шифр, ТУ, нормаль	Количество, необходимое для лаборатории
20	Сосуд СЧ-4	ГОСТ 10565-63	10 шт.
21	Сосуд СЧ-9	ГОСТ 10565-63	2 шт.
22	Сосуд СЧ-20	ГОСТ 10565-63	2 шт.
23	Стаканы высокие без носика В 250 600	ГОСТ 10394-72 ГОСТ 10394-72	10 шт. 10 шт.
24	Стаканы низкие с носиком НН 250 600	ГОСТ 10394-72 ГОСТ 10394-72	10 шт. 10 шт.
25	Стаканы низкие Н 100 Н 400 Н 1000	ГОСТ 10394-72 ГОСТ 10394-72 ГОСТ 10394-72	20 шт. 10 шт. 25 шт.
26	Стаканчик низкий для взвешивания (бюкс) СН 34/12	ГОСТ 8682-70	40 шт.
27	Стаканчик низкий для взвешивания (бюкс) СН 60/14	ГОСТ 8682-70	20 шт.
28	Колбы мерные 100 250 500 1000	ГОСТ 8682-70 ГОСТ 8682-70 ГОСТ 8682-70 ГОСТ 8682-70	5 шт. 5 шт. 5 шт. 5 шт.
29	Пробирки ПХ-14 ПХ-21	ГОСТ 10515-63 ГОСТ 10515-63	2000 шт. 100 шт.
30	Пробирки центрифужные	ГОСТ 10515-63	50 шт.
31	Чашки Петри низкие ЧН	ГОСТ 11232-65	500 шт.
32	Чашки Коха высокие ЧВ	ГОСТ 11232-65	50 шт.
33	Чашки кристаллизационные с носиком диаметром, мм 112 180 350	ТУ 25-11-431-70 25-11-654-71 25-11-654-71 25-11-654-71	20 шт. 3 шт. 3 шт.
34	Чашки конические с обручем (ЧКО диаметром 250 мм)	ТУ 25-11-427-69	20 шт.
35	Капельницы с колпачком 25 мл 50 мл	ГОСТ 9876-73 ГОСТ 9876-73	20 шт. 50 шт.
36	Стеклянные покровные 18 × 18 24 × 24	ГОСТ 6672-59 ГОСТ 6672-59 ГОСТ 6672-59	2000 шт. 3000 шт.
37	Спиртовка лабораторная	ГОСТ 10090-62	10 шт.
38	Тигли низкие и высокие № 3 с крышкой (43 × 35)	ГОСТ 9147-73	50 шт.
39	Чаша выпарительная № 3	ГОСТ 9147-73	20 шт.
40	Ступка с пестиком № 2-1	ГОСТ 9147-73	3 шт.
41	Шпатели № 1-3	ГОСТ 9147-73	10 шт.
42	Трубка тонкостенная обычная 3-20	ТУ 11-327-69	5 кг
43	Стеклянные предметные		2000 шт.
44	Банка полиэтиленовая с навинчивающейся пробкой квадратная 250 1000		60 шт. 30 шт.
45	Склянки пенициллиновые 8—12 мл		1000 шт.

№ п/п	Наименование	ГОСТ, шифр, ТУ, нормаль	Количество, необходимое для лаборатории
46	Склянки с притертой пробкой объемом, мл узкогорлые 100 250 широкогорлые 250		200 шт. 200 шт. 200 шт. 300 шт.
47	Бутылки объемом 500 мл		по 5 шт.
48	Бутылки узкогорлые темного стекла объемом 1 и 0,5 л		
49	Бутылки узкогорлые светлые объемом 10 и 5 л		

**Материалы, медицинские инструменты,  
хозяйственный инвентарь**

1	Газ мельничный капроновый, № 8—78		20 м
2	Газ мельничный шелковый, № 8—20		10 м
3	Вата медицинская		20 кг
4	Марля		50 м
5	Бумага фильтровальная листовая		100 листов
6	Бумага пергаментная		20 кг
7	Бумага папиросная для стерилизации		10 кг
8	Бумага оберточная листовая		100 листов
9	Бумага крафт листовая		100 листов
10	Бумага писчая канцелярская		1000 лист.
11	Полиэтиленовый рукав		50 м
12	Полиэтиленовые пакеты размером 300 × 200 мм		100 шт.
13	Шнур капроновый диаметр 0,5—1 см		100 м
14	Веревка пеньковая диаметром до 1,5 см		100 м
15	Шланг вакуумный диаметром 8—10 мм		15 м
16	Шланг резиновый мягкий диаметром 10—12 мм		20 м
17	Шланг резиновый диаметром 5—7 мм		20 м
18	Лист резиновый для прокладок, толщина 2 мм		5 м <sup>2</sup>
19	Ведро эмалированное		5 шт.
20	Ведро полиэтиленовое объемом 5—10 л		3 шт.
21	Кювета эмалированная белая размером 200 × 300 мм		10 шт.
22	Таз эмалированный или полиэтиленовый		5 шт.
23	Воронка полиэтиленовая		5 шт.
24	Лейкопластырь		15 кор.
25	Карандаши восковые по стеклу		90 шт.
26	Ножницы прямые	04-337	5 шт.
27	Ножницы изогнутые	04-334	10 шт.
28	Скальпель хирургический	04-423	10 шт.

№ п/п	Наименование	ГОСТ, шифр, ТУ, нормаль	Количество, необходимое для лаборатории
29	Пинцет хирургический глазной	06-120	10 шт.
		06-121	10 шт.
		06-122	10 шт.
30	Пипетки глазные		30 шт.
31	Иглы препаровальные		50 шт.
32	Зажимы пружинные		50 шт.
33	Баллончик резиновый № 1		10 шт.
34	Баллончик резиновый № 3—5		30 шт.
35	Фильтры мембранные № 3, 5, 6		по 500 шт.
36	Шприц «Рекорд» объемом 10 мл		1 шт.
37	Шприц «Рекорд» объемом 5 мл		2 шт.
38	Иглы для шприца «Рекорд» № 0625, 0840		10 шт.
39	Петли для микробиологических работ		5 шт.
40	Камера Горяева для счета элементов крови (или камера Нажотта или камера Фукс-Розенталя)		4 шт.

**СПЕЦИАЛЬНОЕ (НЕСТАНДАРТНОЕ) ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ**

1	Трал, малая модель		
2	Драга прямоугольная, 55—25 см		
3	Дночерпатель Петерсена		
4	Дночерпатель Экмана-Берджа		
5	Батометр Руттнера объемом 1,2—3 л		
6	Газовые сита с ячеей (газ № 23, 38, 49, 52, 55, 58, 61, 64, 70, 77)		
7	Качественная сеть Апштейна Сеть Джеди, газ № 38, 49, 58, 64, 77		
8	Ящик-штатив для банок		
9	Кристаллизатор Цееба		
10	Камера Богорова		
11	Замыкатели для планктонных сетей		
12	Штемпель-пипетки объемом 0,1, 0,2, 2 л, 4 и 5 мл		
13	Посыльный груз		



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### К главе 1

1. Абакумов В. А. Временная структура популяций и методика прогноза ее численности. — Труды ВНИРО, 1973, т. 91, с. 68—86.
2. Абакумов В. А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе Гидрометеорологической службы СССР. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1977, с. 93—99.
3. Абакумов В. А. О наблюдениях и сравнительных оценках состояния экологических систем. — В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеиздат, 1978, т. 1, с. 64—69.
4. Абакумов В. А. Основные направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения окружающей среды. — В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеиздат, 1980, т. 2, с. 37—47.
5. Абакумов В. А. Прокариоты и облигатно агамные простейшие как индикаторы состояния природной среды и особенности их популяций. — В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеиздат, 1980, т. 2, с. 37—50.
6. Абакумов В. А., Бубнова Н. П. Контроль качества поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям. — М.: Гидрометеиздат, 1979. — 5 с.
7. Абакумов В. А., Качалова О. Л. Зообентос в системе контроля качества вод. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюзной конференции. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 167—174.
8. Абакумов В. А., Полищук В. В. Сопоставление систем биологической индикации качества вод на базе Института гидробиологии АН УССР. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды II Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 81—116.
9. Абакумов В. А., Свирская Н. Л. Аprobация систем биологической индикации качества вод на базе Водного управления рек Северн и Трент Великобритании. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды II Советско-английского семинара по научным основам качества вод. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 71—80.
10. Алимов А. Ф. Донная фауна р. Невы. — В кн.: Загрязнение и самоочищение р. Невы. Л., 1968, Наука, с. 211—232.
11. Болохонцев Е. Н. Ботанико-биологические исследования Ладожского озера. — В кн.: Ладожское озеро как источник водоснабжения. г. С.-Петербурга. Часть санитарная. СПб, 1911, с. 512—514.
12. Браун В. М. Рыбы как индикаторы качества воды. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1977, с. 194—208.
13. Винберг Г. Г. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод в СССР. — В кн.: Влияние загрязняющих веществ на гидробионтов и экосистемы водоемов. Материалы советско-американского симпозиума: «Методы контроля загрязнения водоемов». Л., Наука, 1979, с. 285—292.
14. Винберг Г. Г. Успехи лимнологии и гидробиологические методы контроля качества внутренних вод. В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюзной конференции. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 16—45.

15. Вислоух С. М. Краткий отчет о биологических исследованиях Невской губы. Материалы по исследованию вод Невской губы в санитарном отношении за период с ноября 1911 по август 1912 г. — СПб., 1913, кн. 2, т. Б, с. 215—312.

16. Вислоух С. М. К вопросу о применимости показательных организмов Кольквитца и Марссона в России. — Журнал микробиол., 1916, т. 3, № 3—4, с. 377—386.

17. Вудивисс Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1977, с. 132—161.

18. Вудивисс Ф. Совместные англо-советские биологические исследования в Ноттингеме в 1977 г. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды II Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 117—189.

19. Дзюбан Н. А., Кузнецова С. П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюзной конференции. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 160—167.

20. Долгов Г. И. Биологические исследования водоемов. — В кн.: Гидробиологические основы самоочищения вод. Л., Изд. ЗИН АН СССР, 1976, с. 112—123.

21. Никитинский Я. Я. Биологическое обследование р. Москвы на протяжении от дер. Рублево до села Коловец осенью 1907 г. — В кн.: Результаты микробиологических исследований, проведенных на опытной биологической станции на полях орошения г. Москвы в 1905—7 г. М., 1909, с. 133.

22. Никитинский Я. Я. Биологические исследования р. Дона в районе г. Ростова-на-Дону. 1912, с. 101.

23. Никитинский Я. Я. Биологическое обследование р. Москвы и ее притоков между городом Звенигородом и Рублевской насосной станцией. — М.: 1912, с. 216.

24. Никитинский Я. Я. Биологическое обследование рек Тезы и Сехи в районе гор. Шуи. — В кн.: О загрязнении рек Тезы и Сехи в районе г. Шуи и о мерах к предупреждению их загрязнения фабриками. М., 1913, с. 1—39.

25. Николаев И. И. Определение качества вод озер по гидробиологическим показателям. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды II Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 43—58.

26. Николаев И. И., Петрова Н. А. Признаки эвтрофикации Ладожского озера. — Гидробиол. журнал, 1978, т. 11, № 5, с. 11—17.

27. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязненных вод/Винберг Г. Г., Алимов А. Ф., Балущкина Е. В., Никулина В. Н., Финогонова В. П., Цалолихин С. Я. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1977, с. 124—131.

28. Скориков А. С. Биологическая оценка воды Ладожского озера в санитарном отношении. — В кн.: Зоологические исследования, 1909, с. 9.

29. Скориков А. С. Зоологические исследования ладожской воды как питьевой. — В кн.: Ладожское озеро как источник водоснабжения г. С.-Петербурга. Часть санитарная. — СПб, 1911, с. 611—613.

30. Строганов С. Н. Планктонные исследования в применении к наблюдениям на р. Москве (по данным 1911—1912 гг.). — В кн.: Отчет Комиссии по очистке сточных вод, состоящей при канализационном отделе Московской городской управы. Приложения к отчету. 1913, кн. 2, т. 3, с. 103—117.

31. Туманов А. А., Осипова Н. И. Микробиологический метод определения очень малых количеств вещества. — Труды по химии и химической технологии, 1965, вып. 3(14), с. 180—184.

32. Федоров В. Д. Проблема оценки нормы и патологии состояния экосистем. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 6—12.

33. Хокс Х. А. Биологический контроль качества речной воды. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1977, с. 172—188.

#### К главе 2

1. Абакумов В. А., Бубнова Н. П. Контроль качества поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям. — Обнинск: Гидрометеиздат, 1979. — 5 с.

2. Вудивисс Ф. Совместные англо-советские биологические исследования в Ноттингеме в 1977 г. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 132—161.

3. Гидробионты — показатели степени загрязнения водотоков/ Г. П. Андрушайтис, А. К. Зандмане, О. Л. Качалова и др. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. — Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 162—175.

4. Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. — Л.: Изд. ЗИН АН СССР, ВГБО, 1974. — 60 с.

5. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод/ Г. Г. Винберг, А. Ф. Алимов, Е. В. Балужкина и др. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. — Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 124—131.

6. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Часть III. — М.: Изд. СЭВ, 1976. — 186 с.

7. Финогенова Н. П., Алимов А. Ф. Оценка степени загрязнения вод по составу донных животных. — В кн.: Методы биологического анализа пресных вод. Л., Наука, 1976, с. 95—106.

8. Goodnight C. J., Whitley L. S. Oligochaetes as indicators of pollution. — Proc. 15th Int. Waste Conf., Purdue Univ. Eht. Ser., 1961, vol. 106, p. 139—142.

9. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse. — Gas-und Wasserfach, 1955, Bd 96, N 8, S. 604.

10. Slădescu V. Water quality system. — Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 1966, vol. 16, p. 809—816.

11. Tümling W. Statistische Probleme der biologischen Gewässerüberwachung. — Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 1962, 12, S. 353—357.

12. Tümling W. Ermittlung des Saprobitätsgrades. — Ausg. Meth. der Wasseuntersuchung, 1970, Bd 11, S. 1—10.

#### Книги-определители бентосных беспозвоночных

Жадин В. И. Жизнь пресных вод. Т. 1. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1940. — 460 с.

Жадин В. И. Жизнь пресных вод. Т. 2. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1949. — 537 с.

Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1962. — 376 с.

Липин А. Н. Пресные воды и их жизнь. — М.: Учпедгиз, 1950. — 347 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон, бентос). — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 510 с.

Чекановская О. В. Водные малоцетинковые черви фауны СССР. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1962. — 411 с.

Черновский А. А. Определитель личинок комаров семейства *Tendipedidae*. — М. — Л.: Из-во АН СССР, 1949. — 185 с.

1. Абакумов В. А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе гидрометеорологической службы СССР. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. — Л.: Гидрометеоздат, 1977, с. 93—100.
2. Бенниг А. Л. К изучению придонной жизни р. Волги. — Монографии Волжской биологической станции, 1924, № 1. — 440 с.
3. Горидченко Т. П. Опыт применения перифитона для оценки качества речных вод. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюзной конференции. Л., Гидрометеоздат, 1981, с. 194—200.
4. Девяткин В. Г. Динамика развития альгофлоры обрастаний в Рыбинском водохранилище. — Труды ИБВВ АН СССР. Рыбинск, 1979, № 42/45, с. 78—108.
5. Долгов Г. И. Биологические исследования водоемов. — В кн.: Гидробиологические основы самоочищения вод. Л., Изд. ЗИН АН СССР, 1976, с. 112—123.
6. Дуплаков С. Н. Исследование процесса обрастания в Глубоком озере. — Труды гидробиол. станций на Глубоком озере. 1925, т. 6, вып. 2, 3, с. 20—35.
7. Дуплаков С. Н. Некоторые наблюдения над вертикальным распределением обрастания в Глубоком озере. — Труды гидробиол. станции на Глубоком озере, 1928, т. 6, вып. 4, с. 20—40.
8. Дуплаков С. Н. Материалы к изучению перифитона. — Труды Лимнологической станции в Косине, 1933, вып. 16. — 160 с.
9. Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей УРСР. — Киев: Изд. АН УССР, 1953, т. 5. — 437 с.
10. Косинская Е. К. Десмидиевые водоросли. — В кн.: Флора споровых растений СССР. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1960, вып. 1. — 706 с.
11. Кузьмин Г. В. Фитопланктон. — В кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., Наука, 1975, с. 73—87.
12. Курсанов Л. И., Наумов Н. А. Определитель низших растений. М.: Изд. АН СССР, 1953, т. 1. — 396 с.; т. 2. — 310 с.
13. Кутикова Л. А. Коловратка фауны СССР (L.) *Rotatoria*. — Л.: Наука, 1970. — 744 с.
14. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 510 с.
15. Определитель пресноводных водорослей СССР. /Под ред. М. М. Голербаха, В. М. Полянского. — М. — Л.: Советская наука, 1951, вып. 1. — 200 с.
16. Попова Т. Г., Сафонова Т. А. Эвгленовые водоросли. — В кн.: Флора споровых растений СССР. Л., Наука, 1976, т. 9. — 287 с.
17. Родина А. Г. Методы микробиологического исследования водоемов. — В кн.: Жизнь пресных вод СССР. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1956, т. 4, с. 28—32.
18. Унифицированные методы исследования качества вод. — М.: Изд. СЭВ, 1976, ч. 3. — 189 с.; 1977, ч. 1. — 91 с.
19. Чекановская О. В. Водные малощетинковые черви фауны СССР. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1962. — 411 с.
20. Черновский А. А. Определитель личинок комаров сем. *Tendipedidae*. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1949. — 187 с.
21. Чорик Ф. П. Свободноживущие инфузории водоемов Молдавии. — Кишинев: Изд. АН МССР, 1968, 251 с.
22. Эльяшев А. А. О простом способе приготовления высокопреломляемой среды для диатомового анализа. — Труды научно-исследовательского института геологии Арктики. — Л.: Отпеч. на множит. аппарате. ВИТР, 1957, т. 4, с. 74—75.
23. Cleve-Euler A. Die Diatomeen von Schweden und Finland. Stockholm, I—Y. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. 1951, Bd I.—163 S; 1952, Bd II.—158 S; 1953, Bd III.—254 S; 1955, Bd IV.—232 S; 1952, Bd V.—153 S.

24. Hentschel A. Biologische Untersuchungen über den tierischen und pflanzlichen Bewuchs in Hamburger Hafen. — Mitt. aus dem Zoologischen Museum. Hamburg, 1916 Bd 30, S. 111.

25. Kahl A. Die Tierwelt Deutschlands. Urtiere oder *Protozoa*. — Jena, 1930—1935.—886 S.

26. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserfach, 1955, Bd. 96, N 18, S. 604.

27. Patrick R., Reimer C. W. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1-Ac. Nat. Sci. Philad. Monogr. 1966, vol. 13.—688 S.

28. Sládeček V. System of water quality from biological point of view — Archiv f. Hydrobiol., Ergebnisse der Limnologie, 1973, Bd. 7. — 218 S.

29. Sládecková A. Limnological investigation methods for the periphyton („Aufwuchs“) community. — Bot. Rev. 1962, 28, 2, p. 286—351.

30. Tümpling W. Statistische Probleme der biologischen Gewässerüberwachung. — Wasserwirtschaft — Wassertechnik, 1962, N 12, S. 353—357.

31. Tümpling W. Ermittlung des Saprobitätsgrades. — Ausg. Meth. der Wasseruntersuchung, 1970, Bd. 11, S. 1—10.

32. Wulfert K. Die Rädertiere (*Rotatoria*). Wittenberg, 1969.—112 S.

#### К главе 4

1. Абакумов В. А. Прокариоты и облигатноагамные простейшие как индикаторы состояния природной среды и особенности их популяций. — В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеоиздат, 1980, с. 24—50.

2. Жадин В. И., Герд С. В. Реки, озера и водохранилища, их фауна и флора. — М.: Изд-во АН СССР, 1964. — 509 с.

3. Жадин В. И. Жизнь пресных вод. Т. 2. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1949, с. 245—310.

4. Мамаева Н. В. Инфузории бассейна Волги. — Л.: Наука, 1976. — 149 с.

5. Мажейкайте С. И. Протозойный планктон Онежского озера. — Л.: Наука, 1970, с. 40—125.

6. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР, Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 9—97.

7. Травьянко В. С., Евдокимова Л. В. Микробентометр МБ-ТЕ. — Гидробиол. журнал, 1968, т. 4, № 1, с. 94—95.

8. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть III. Методы биологического анализа вод. — М.: Изд. СЭВ, 1976. — 185 с. Приложение 1. Индикаторы сапробности. — М.: Изд. СЭВ, 1977. — 88 с. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. — М.: Изд. СЭВ, 1977. — 227 с.

9. Чорик Ф. П. Свободноживущие инфузории водоемов Молдавии. — Кишинев: Изд. АН ССР, 1968. — 251 с.

10. Bartos E. Korenonozze radu *Testacea*. — Bratislava, 1954. — 191 p.

11. Corliss J. O. The ciliated protozoa (characterization, classification, and guide to the literature). — Oxford, 1961. — 310 p.

12. Decloitre L. Le genre *Arcella*. — Archiv f. Protistenkunde, 1976, Bd 18, N 4, p. 291—310.

13. Decloitre L. Le genre *Cyclopyxis*. — Archiv f. Protistenkunde, 1977, Bd 19, N 1—2, p. 31—54.

14. Jankowski A. W. Morphology and evolution of *Ciliophora*. Diagnoses and phylogenesis of 53 sapropeleobionts, mainly of the order *Heterotrichida*. — Archiv f. Protistenkunde, 1964, 107, p. 185—294.

15. Kahl A. Urtiere oder *Protozoa*. — Jena, 1930—1935. 886 S.

16. Kudo R. R. Protozoology. — Illinois, 1966.—1174 p.

17. Liebmann H. Handbuch der Frischwasser und Abwasser-Biologie. Bd. 1. — Jena, 1962.—588 S.

18. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und

19. Pantle R. Biologische Flussüberwachung. — Wasserwirtschaft, 1956, Bd 46, N 8.

20. Sládeček V. System of water quality from biological point of view. — Archiv f. Hydrobiol., 1973, Bd 7.—218 S.

## К главе 5

1. Абакумов В. А., Свирская Н. Л. Апробация систем биологической индикации качества вод на базе Водного управления рек Северн и Трент Великобритании. В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды II Советско-английского семинара. — Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 71—80.

2. Андроникова И. Н. Индивидуальные веса массовых видов зоопланктона озер Карельского перешейка. Сообщение 1. — В кн.: Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов, 1971, № 6, с. 52—55.

3. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных. — В кн.: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., Изд. АН СССР, 1979, с. 58—72.

4. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных. — В кн.: Общие основы изучения водных экосистем. Л., Наука, 1979, с. 169—172.

5. Вислоух С. М. Биологический анализ воды. — В кн.: Руководство по теоретической и практической микробиологии. Практич. медицина, 1916. 7—8, с. 225—304.

6. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. — М.: Высшая школа, 1960, с. 189.

7. Иванова М. Б. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения степени загрязнения рек. — В кн.: Методы биологического анализа пресных вод. Л., Изд. ЗИН АН СССР, 1976, с. 68—80.

8. Инструкция по сбору и обработке планктона. — М.: Изд. ВНИРО, 1971, с. 3—51.

9. Киселев И. А. Изучение планктона водоемов. — В кн.: В помощь работающим на защитных лесных полосах. М. — Л., Изд. АН СССР, 1950, с. 40.

10. Киселев И. А. Методы исследования планктона. — В кн.: Жизнь пресных вод СССР. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1956, Т. 4, вып. 1, 183—265.

11. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. — Л., Наука, 1969, т. 1, с. 658.

12. Кожова О. М., Мельник Н. Г. Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. — Иркутск, 1978, с. 3—18.

13. Косова А. А. Вычисленные сырые веса некоторых форм зоопланктона низовьев дельты Волги. — Труды Астраханского заповедника, 1961, 5, с. 151—162.

14. Макрушин А. В. Возможности и роль биологического анализа в оценке степени загрязнения водоемов. — Гидробиол. журнал, 1974, Т. 10, № 2, с. 93—104.

15. Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. — Л.: Изд. ЗИН АН СССР, 1974, с. 60.

16. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона. Труды проблемного и тематического совещания. 2. Проблемы гидробиологии внутренних вод. — М.: Изд. АН СССР, 1954, с. 223—241.

17. Печень Г. А. Продукция ветвистоусых ракообразных озерного зоопланктона. — Гидробиол. журнал, 1965, Т. 1, № 4, с. 61—64.

18. Ривьер И. К. Зоопланктон и нейстон. — В кн.: Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975, с. 138—158.

19. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. Индикаторы сапробности. — М.: Изд. СЭВ, 1977, с. 91.
20. Щербаков А. П. Соотношение размеров и веса у пресноводных планктонных рачков. — ДАН, 1952, т. 84, № 1, с. 153—156.
21. Щербаков А. Н. Озеро Глубокое. Гидробиологический очерк. — М., Наука, 1967, с. 177—181.
22. Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. — Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 1908, Bd. 26, S. 505—519.
23. Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der tierischen Saprobien. — Intern. Revue Ges. Hydrobiol., 1909, vol. 2, p. 126—152.
24. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. — Gas- und Wasserfach, 1955, Bd. 96, N. 18, S. 604.
25. Pantle R. Biologische Flüssüberwachung. — Wasserwirtschaft, 1956, Bd. 46, N 8, S. 206—209.
26. Rothschein J. Biologické hodnotenie cistoty tokov'a jeho grafické znazornenie. — Biologia, 1959, vol. 14, p. 833—842.
27. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view. — Arch. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie, 1973, Bd. 7.—218 S.
28. Zelinka M., Marwan P. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. — Arch. f. Hydrobiol., 1961, Bd 57, N 3, S. 389—407.

#### Книги-определители зоопланктонных организмов

- Рылов В. М. Пресноводные *Calanoida* СССР. Пресноводная фауна. Вып. 1. Определители организмов пресных вод СССР. — Л.: Изд. Ин-та рыбного хозяйства и промышленных исследований, 1930.
- Рылов В. М. Ветвистоусые ракообразные *Cladocera*. — В кн.: Жизнь пресных вод СССР. Т. 1, М. — Л., Изд-во АН СССР, 1940.
- Рылов В. М. Свободноживущие веслоногие ракообразные *Copepoda*. — В кн. Жизнь пресных вод СССР. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1940, Т. 1.
- Бенинг А. Л. Кладоцера Кавказа. — Тбилиси: Грузмедиздат, 1941.
- Рылов В. М. *Cyclopoida* пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 3. Вып. 3. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1948.
- Мануйлова Е. Ф. Ветвистоусые рачки *Cladocera* фауны СССР. — М. — Л.: Наука, 1964.
- Кутикова Л. А. Коловратки *Rotatoria* фауны СССР. — М. — Л.: Наука, 1970.
- Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). — Л.: Гидрометеиздат, 1977.
- Боруцкий Е. В. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб. — М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Смирнов Н. Н. *Chydoridae* фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1. Вып. 2. — Л.: Наука, 1971.
- Смирнов Н. Н. *Macrothricidae* и *Moinidae* фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1. Вып. 3. — Л.: Изд-во Наука, 1976.
- Монченко В. Г. Шелепорті циклопоподібні циклопи (*Cyclopidae*). Фауна України. Т. 27. Вип. 3(194). — Київ: Наукова Думка, 1974.

#### К главе 6

1. Абакумов В. А., Максимов В. Н., Ганьшина Л. А. Экологические модуляции как показатели изменения качества вод. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. — Труды II советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1981, с. 117—136.

2. Ганьшина Л. А., Смирнов Н. А. Количественное изучение фитопланктона р. Москвы. — Биологические науки, 1982, № 3, с. 63—68.
3. Диатомовый анализ. — М.: Госгеолиздат, 1949—1950, книги 1—3.
4. Еленкин А. А. Синие-зеленые водоросли СССР. — М.—Л.: Наука, 1938, вып. 2. — 1908 с.
5. К вопросу о представительности выборок при анализе фитопланктонных проб./Кольцова Т. И., Конопля Л. А., Максимов В. Н., Федорова В. Д./ — Гидробиол. журнал, 1971, № 3, с. 109—116.
6. Киселев И. А. Изучение планктона водоемов. Серия «В помощь работающим на полейзащитных лесных полосах». — М.: Изд-во АН СССР, 1950, с. 1—40.
7. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. — Л.: Наука, 1969. — 657 с.
8. Комаренко Л. Е., Васильева И. И. Пресноводные зеленые водоросли водоемов Якутии. — М.: Наука, 1978. — 284 с.
9. Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей УРСР. — Киев: Изд. АН УССР, 1953, т. 5. — 438 с.
10. Косинская Е. К. Десмидиевые водоросли. — В кн.: Флора споровых растений СССР. — М.—Л., Изд-во АН СССР, 1960, т. 5, вып. 1, с. 706.
11. Кузьмин Г. В. Портативный прибор для фильтрации под давлением. — Труды ИБВВ АН СССР, 1966, вып. 11, 14.
12. Кузьмин Г. В. Фитопланктон. — В кн.: Методика изучения биогеоценоза внутренних водоемов. М., Наука, 1975, с. 73—87.
13. Кумсаре А. Я. Расчет биомассы фитопланктона по суммарному объему клеток. — Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР. Рига: Зинатне. 1963, вып. 7, с. 67—73.
14. Лаугасте Р. Размеры и вес наиболее распространенных водорослей в озерах Чудско-Псковском и Выртсъярв. — Гидробиологические исследования. Биология, 1974, т. 6, с. 7—25.
15. Определитель низших растений/Л. И. Курсанов, Н. А. Наумов и др. — М.: Изд-во АН СССР, 1953, т. 1.—399 с.; т. 2.—310 с.
16. Определитель пресноводных водорослей. Общая часть/Под ред. М. М. Голербаха, В. М. Полянского. — М.—Л.: Сов. наука, 1951, вып. 1. — 200 с.
17. Сретенская Н. И. Объемы и веса руководящих форм прудового фитопланктона рыбхозов Белорусского Полесья. — Минск: ДАН БССР, 1961, т. 5, ч. 1, с. 41—45.
18. Унифицированные методы исследования качества вод. — М.: Изд. СЭВ, 1977, ч. 3. — 91 с.
19. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. — Gas- und Wasserfach, 1955, Bd 96, N 18, S. 604.
20. Sládeček V. System of water quality from biological point of view. — Arch. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie, 1973, Bd 7. — 218 S.

#### К главе 7

1. Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов. — Минск, Изд-во АН БССР, 1960. — 329 с.
2. Кобленц-Мишке О. И. Некоторые эколого-физиологические характеристики фитопланктона. — В кн.: Функционирование пелагических сообществ тропических районов океанов. М., Наука, 1971, с. 80—87.
3. Коновалов Б. В., Мордасова Н. В. Методы и приборы современных океанологических исследований. ЦНИИТЭИ рыбного хозяйства. — М., Изд. ЦНИИТЭИРХ МРХ, 1970. — 40 с.
4. Мордасова Н. В. Определение хлорофилла «а» и феофитина «а» в морской воде флуоресцентным методом. — В кн.: Современные методы рыбохозяйственных морских гидрохимических исследований. М., Пищевая промышленность, 1973, с. 141—146.
5. Общие основы изучения водных экосистем/Под ред. Г. Г. Винберга. — Л.: Наука, 1979, с. 187—223, 207—217.



6. Determination of phytosynthetic pigments in sea-water. — Rep. of SCOR — UNESCO Working Group 17. UNESCO, Paris, 1966, p. 9—18.

7. Margalef R. Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivite, composition taxonomiques et propriets dynamiques des populations. — Comm. Internat. Explor. Sci. Mer. Med., Rapp. Proc. Verb., 1960, 15, Fajc. 2, p. 277—281.

8. Lorenzen C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. — Limnol. and Oceanogr., 1966, vol. 12, № 2, p. 343—346.

9. Richards F. A., Thompson T. G. The estimation and characterisation of plankton populations by pigment analysis. II Spectrophotometric method for estimation of plankton pigments. — J. Mar. Res., 1952, vol. 11, N 2, p. 156—172.

## К главе 8

1. Бруевич С. В. Определение продукции органического вещества в море. — В кн.: Акад. Вернадскому к 50-летию научн. деятельности. 1936, с. 281—300.

2. Винберг Г. Г. К вопросу о балансе органического вещества в водоемах. — Труды Лимнологической станции в Косине, 1934, вып. 18, с. 5—24.

3. Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов. — Минск: 1960. — 329 с.

4. Жукинский В. Н., Оксюк О. П., Цееб Я. Я., Георгиевский В. В. Проект унифицированной системы для характеристики континентальных водоемов и водотоков и ее применение для анализа качества вод. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л., Гидрометеиздат, 1977, с. 43—53.

5. Кузнецов С. И. Использование радиоактивной углекислоты  $^{14}\text{C}$  для определения сравнительной величины фотосинтеза и хемосинтеза в ряде озер различных типов. — В кн.: Изотопы в микробиологии. — М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 126—135.

6. Методическое пособие по определению первичной продукции органического вещества в водоемах радиоуглеродным методом/Под ред. Г. Г. Винберга и др. — Минск. Изд. БГУ, 1969, с. 1—26.

7. Общие основы изучения водных экосистем/Под ред. Г. Г. Винберга. — Л.: Наука, 1979, с. 187—223.

8. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений/Под ред. А. В. Цыбань. — Л.: Гидрометеиздат, 1980, с. 106—121.

9. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 41—125.

10. Сорокин Ю. И. О применении радиоуглерода для изучения первичной продукции водоемов. — Труды Всесоюзного гидробиол. об-ва. 1956, вып. 7, с. 271—286.

11. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. — М., Изд. МГУ, 1979, с. 62—129.

12. Хромов В. М., Семин В. А. Методы определения первичной продукции в водоемах. — М., Изд. МГУ, 1975, с. 1—123.

13. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments/Ed. R. A. Vollenweider, J. T.alling, D. F. Westlake, — JBP Handbook, 1969, N 12, p. 1—213.

14. Gran H. H., Ruud B. Untersuchungen uber die im Meerwasser gelosten organischen Stoffe und ihr Verhàltnis zur Planktonproduction. — Avhandling utg. Norske vid.-acad. Oslo. Mat.-naturvid. 1926, Kl. 6, N 1; p. 1—14.

15. Ketchum B. H., Redfield A. C. Some physical and chemical characteristics of alga growth in mass culture. — J. Cellul. and Compar. Physiol., 1949, vol. 33, p. 281—299.

16. Riley G. A. Plankton studies. — Long Islang Bull. Bingham Oceanogr. Collect., 1941, vol. 7, N 3, p. 1—93.

17. Ryther J. H., Yentsch C. S. The estimation of phytoplankton pro-

duction in the ocean from chlorophyll and light data. — *Limnol. and Oceanogr.*, 1957, vol. 2, N 3, 281—286.

18. Steemann-Nielsen E. Measurement of the production of organic matter in the sea by means of carbon-14. — *Nature*, 1951, 4252, p. 684.

19. Strickland J. D. H., Parsons T. R. A practical handbook of seawater analysis. — *Bull. Fich. Res. Board Can.*, 1969, vol. 167, p. 1—310.

20. Verduin J. Photosynthesis in naturally reared aquatic communities. — *Plant Physiol.*, 1951, N 26, p. 45—48.

21. Westlake D. F. Comparisons of plant productivity. — *Biol. Rev.*, 1963, N 38, p. 385—425.

22. Wetzel R. G. A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton and phytoplankton in a large Shallow Lake. — *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 1964, vol. 49, N 1, p. 1—61.

23. Yentsch C. S. The relationship between chlorophyll and photosynthetic carbon production with referents to the measurement of decomposition products of chloroplastic pigment. — *Proc. J. B. Symposium Primary Productivity Aquatic Environments, Pallanza, Italy. Cr. Goldman Memorico dell' Instituto Italiano di Idrobiologia*, 1965, vol. 18, S. Uppl., p. 323—346.

24. Yentsch C. S., Byther G. H. Short-term variations in phytoplankton chlorophyll and their significance. — *Limnol. and Oceanogr.*, 1957, vol. 11, N 2, p. 140—142.

#### К главе 9

1. Вербина Н. М. Гидромикробиология. — М.: Пищевая промышленность, 1980.

2. Иванов М. В. Метод определения продукции бактериальной биомассы в водоеме. — *Микробиология*, 1955, т. 24, 1, с. 79—89.

3. Горленко В. М., Дубинина Г. А., Кузнецов С. И. Экология водных микроорганизмов. — М.: Наука, 1977.

4. Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1980.

5. Никитин Д. И., Никитина Э. С. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий. — М.: Наука, 1978.

6. Разумов А. С. Взаимоотношения между сапрофитными бактериями и планктоном в водоемах. — В кн.: Вопросы санитарной бактериологии, М.: Изд. АМН СССР, 1948.

7. Родина А. Г. Методы водной микробиологии. — М.: Наука, 1965.

8. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. — Л.: Наука, 1974.

9. Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. — М.: Мир, 1975.

#### К главе 10

1. Абакумов В. А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе Гидрометеорологической службы СССР. — В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды Советско-английского семинара. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 93—99.

2. Абакумов В. А., Качалова О. Л. Зообентос в системе контроля качества вод. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюзной конференции. Л.: Гидрометеоиздат, 1981, с. 167—174.

3. Алехин В. В. Методика полевого изучения растительности и флоры. — М.: 1938, с. 208.

4. А. с. 766555 (СССР). Устройство для сборов водных фитоценозов/В. И. Бут, Н. В. Бут. — Заявл. 13.07.78. № 2644636/28—13; Опубл. в БИ, 1980, № 36 А 01К79/00. — УДК 639.2.053.

5. Белавская А. П. К методике изучения водной растительности. — Ботанический журнал, 1979, т. 64, № 1, с. 32—41.
6. Боруцкий Е. В. Изменение зарослей макрофитов в Белом озере в Косине с 1888 по 1938 г. — Труды Всесоюзного гидробиол. об-ва, 1949, т. 1, с. 44—56.
7. Боруцкий Е. В. Материалы по динамике биомассы макрофитов озер. — Труды Всесоюзного гидробиол. об-ва, 1950, т. 2, с. 43—68.
8. Боруцкий Е. В. Методика изучения динамики биомассы макрофитов водохранилищ. — Труды VI совещания по проблемам биологии внутренних вод. М. — Л., 1959, с. 580—588.
9. Вовк Ф. И. Экскурсионные количественные гидробиологические приборы. — В кн.: Задачи научно-исследовательских организаций в Четвертой сталинской пятилетке в области развития рыбного хозяйства в Сибири. Новосибирск, 1948, с. 47—53.
10. Доброхотова К. В. Ассоциации высших водных растений как фактор роста дельты Волги. — Труды Астраханского гос. заповедника, 1940, вып. 3, с. 13—84.
11. Жадин В. И. Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных. — В кн.: Жизнь пресных вод СССР. Изд-во АН СССР, М., 1956, т. 4, ч. 1, с. 278—382.
12. Жгарева Н. Н. Новая модель зарослечерпателя. — Биология внутренних вод. Информ. бюллетень, 1979, № 42, с. 28—30.
13. Жукинский В. Н., Оксийук О. П., Цееб Я. Я., Георгиевский В. Б. Проект унифицированной системы для характеристики континентальных водоемов и водотоков и применение ее для анализа качества воды. В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды советско-английского семинара, Л., 1977, с. 43—53.
14. Исаков Ю. А. и др. Многолетние наблюдения за динамикой природных процессов в Дарвинском заповеднике. — В кн.: Опыт работы и задачи заповедников СССР. М., Наука, 1979, с. 68—89.
15. Катанская В. М. Фенологические стационарные наблюдения над водной растительностью Пертозера и методика их постановки. — Учен. зап. ЛГУ, Сер. биол. наук, № 8, 1939, № 30, с. 47—106.
16. Катанская В. М. Методика исследования высшей водной растительности. — В кн.: Жизнь пресных вод СССР. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1956, т. 4, ч. 1, с. 160—182.
17. Катанская В. М. Сезонное развитие водной растительности в озерах Карельского перешейка. — В кн.: Озера центральной части Карельского перешейка. Лимнология и методика исследования. Л., Изд-во АН СССР, 1960, с. 116—150.
18. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. — Л.: Наука, 1981, 187 с.
19. Кашкин Н. И. К методике количественного изучения населения зарослей водных растений. — В кн.: Рыбная промышленность, М., Изд. Министерства промышленности продовольственных товаров СССР, 1957, сб. 37, с. 3—8.
20. Корелякова И. Л. Роль высшей растительности в формировании органического вещества на мелководьях Киевского водохранилища. — В кн.: Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. Новосибирск, 1975, с. 152—156.
21. Корелякова И. Л. Растительность Кременчугского водохранилища. — Киев: 1977, с. 197.
22. Красная книга. Дикорастущие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. — Л.: 1975, с. 203.
23. Красная книга СССР. — М.: Лесная промышленность, 1978, 459 с.
24. Красная книга. Дикорастущие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. — М.: Наука, 1975, 203 с.
25. Липины Н. Н. и А. Н. К методике гидробиологических работ. — Труды Лаборатории генезиса сапропеля, 1939, вып. 1, с. 173—180.
26. Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. — Л., Изд. ЗИН, 1974, 60 с.

27. Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. — Л.: Изд. ЗИН, 1974, 53 с.
28. Мережко А. И. Роль высших водных растений в самоочищении водоемов. — Гидробиол. журнал, 1973, т. 9, № 4, с. 118—125.
29. Мережко А. И. Эколого-физиологические особенности высших водных растений и их роль в формировании качества воды. Автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра биол. наук. — М.: Изд-во МГУ, 1979. — с.
30. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях. — М. — Л.: Наука, 1966, 103 с.
31. Митропольский В. И., Мордухай-Болтовский Ф. Д. Макробентос. — В кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975, с. 158—178.
32. Оксийук О. П., Мережко А. И., Волкова Т. Ф. Использование высших водных растений для улучшения качества воды и укрепления берегов каналов. — Водные ресурсы, 1978, № 4, с. 97—104.
33. Распопов И. М. Фитомасса и продукция макрофитов Онежского озера. — В кн.: Микробиология и первичная продукция Онежского озера. — Л.: Наука, 1973, с. 123—142.
34. Слепухина Т. Д. Новая модель зарослечерпателя. — Гидробиол. журнал, 1976, № 3, с. 107—108.
35. Солоневич И. Г. К методике определения биологической продуктивности болотных растительных сообществ. — Ботанический журнал, 1971, т. 56, № 4, с. 497—511.
36. Старостин И. В. Капканый зарослечерпатель (к методике количественного учета фауны). — Труды Мургабской гидробиол. станции, 1958, вып. 4, с. 233—237.
37. Сукачев В. Н. Общие принципы и программа изучения типов леса. — В кн.: Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. Изд. 2-е. М.: Изд. АН СССР, 1961, с. 11—104.
38. Утехин В. Д. Использование снегомера ВС-43 для быстрого взвешивания укосов в поле. — Ботанический журнал, 1968, т. 53, № 8, с. 1145—1146.
39. Федченко Б. А. Биология водных растений. — М. — Л.: Госиздат, 1925. — 132 с.
40. Федченко Б. А. Высшие растения. — В кн.: Жизнь пресных вод СССР. М. — Л.: Изд. АН СССР, 1949, т. 2, с. 311—338.
41. Францев А. В. Некоторые вопросы питьевого водоснабжения. — В кн.: Санитарная и техническая микробиология. — М.: Наука, 1967.
42. Шенников А. П. Луговая растительность СССР. — В кн.: Растительность СССР. М. — Л.: Изд. АН СССР, 1938, т. 1, с. 429—647.
43. Шенников А. П. Луговедение. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1941, с. 511.
44. Шенников А. П. Экология растений. — М.: Высшая школа, 1950.
45. Шенников А. П. Введение в геоботанику. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1964.
46. Шехов А. Г. Прибор для взятия проб водной растительности. — Ботанический журнал, 1971, т. 56, № 2, с. 254—257.
47. Щербakov А. П. Озеро Глубокое. Гидробиологический очерк. — М.: Наука, 1967. — 379 с.
48. Щепаньски А. О макрофитах озер и их роли в круговороте веществ. — Гидробиолог. журнал, 1977, т. 13, № 6, с. 23—32.
49. Bernatowicz S. Metody badania roslinności naczyniowej w jeziorach. — Roczniki nauk rolniczych, 1960. t. 77, Ser. B., N 1, s. 61—78.
50. Bernatowicz S., Wolny P. Botanika dla limnologov i rybakov. Warszawa, 1974, — 518 s.
51. Edmondson W. T., Winberg G. G. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. — JPB Handbook, 1971, N 17, — 358 p.
52. Howard-Williams C., Longman T. G. A quantitative sampler for submerged aquatic macrophytes. — Journ. Limnol. Soc. South Afr., 1976, vol. 2, N 1, p. 31—33.
53. Starmach K. Metody badania spodowicka stawowego. — Biuletyn zakladu biologii stawow. — PAN, 1954, N 2, s. 10—21.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	3
Глава 1. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ . . . . .	7
Глава 2. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА . . . . .	21
2.1. Донная фауна . . . . .	22
2.1.1. Методы отбора проб . . . . .	—
2.2. Фитофильная фауна. Методы отбора проб . . . . .	31
2.3. Фиксирование и хранение проб бентоса . . . . .	32
2.4. Разборка бентосных проб . . . . .	33
2.4.1. Разборка проб, расчет численности и биомассы . . . . .	—
2.4.2. Запись результатов обработки бентосных проб . . . . .	35
2.5. Оценка качества воды по показателям зообентоса на сети ОГСНК в системе Госкомгидромета . . . . .	—
Приборы, оборудование, реактивы, материалы . . . . .	38
Глава 3. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРИФИТОНА . . . . .	39
3.1. Выбор мест и времени отбора проб . . . . .	40
3.2. Сбор материала . . . . .	—
3.2.1. Методика отбора проб перифитона с естественных субстратов . . . . .	—
3.2.2. Методика отбора проб перифитона с помощью искусственных субстратов . . . . .	41
3.3. Эtiquетирование проб . . . . .	42
3.4. Обработка проб . . . . .	—
3.4.1. Специальные методы обработки диатомовых водорослей . . . . .	44
3.5. Оценка качества воды . . . . .	46
3.6. Форма отчетности . . . . .	48
Приборы, оборудование и реактивы . . . . .	—
Глава 4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТОЗОЙНОГО ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА . . . . .	50
4.1. Методы сбора материала . . . . .	51
4.1.1. Место и периодичность отбора проб . . . . .	—
4.1.2. Приборы для сбора протозойного планктона и бентоса . . . . .	52
4.2. Методы обработки протозойного планктона и бентоса . . . . .	53
4.3. Оценка качества воды по показателям протозойного планктона и бентоса . . . . .	57
Перечень оборудования, необходимого для сбора и обработки протозойного планктона и бентоса . . . . .	58
Глава 5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА . . . . .	59
5.1. Методы сбора зоопланктона . . . . .	60
5.1.1. Орудия для сбора зоопланктона . . . . .	—
5.1.2. Консервация и этикетирование планктонных проб . . . . .	68
5.1.3. Место и периодичность отбора проб . . . . .	69
5.2. Методы обработки зоопланктона . . . . .	70
5.2.1. Качественная обработка проб . . . . .	—
5.2.2. Количественная обработка проб . . . . .	71
5.3. Оценка качества воды по показателям зоопланктона . . . . .	73
Список лабораторного оборудования . . . . .	77
Глава 6. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА . . . . .	78
6.1. Выбор станций исследования и горизонты отбора проб . . . . .	—
6.2. Методы отбора и орудия лова . . . . .	79
6.3. Методы сгущения и консервации фитопланктона . . . . .	80
6.4. Эtiquетирование проб . . . . .	82
6.5. Методы обработки фитопланктона . . . . .	83

6.5.1. Количественные методы. Методы подсчета водорослей	83
6.5.2. Методы вычисления биомассы	84
6.6. Применение метода Пантле и Букка для оценки качества вод по фитопланктону	—
6.7. Форма отчетности и заключение об уровне загрязнения	85
Приборы и оборудование. Реактивы	86
Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ФИТОПЛАНКТОНА	87
7.1. Определение концентрации хлорофиллов «а», «в» и «с»	88
7.2. Отбор проб, фильтрование, высушивание	—
7.3. Экстракция пигментов	89
7.4. Расчет концентраций пигментов	—
Материалы и оборудование	91
Глава 8. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	—
8.1. Скляночный метод измерения первичной продукции и деструкции	92
8.1.1. Общие положения	—
8.1.2. Продукционные склянки	93
8.1.3. Техника экспонирования склянок	—
8.1.4. Время экспозиции	—
8.1.5. Выбор горизонтов экспонирования	94
8.2. Кислородная модификация скляночного метода	—
8.2.1. Приготовление реактивов	—
8.2.2. Подготовка к отбору проб	95
8.2.3. Отбор, экспонирование и фиксация проб	—
8.2.4. Титрование проб и расчет содержания кислорода в пробе	96
8.2.5. Определение поправочного коэффициента нормальности $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	97
8.2.6. Расчет первичной продукции	—
8.3. Радиоуглеродная модификация скляночного метода	98
8.3.1. Общие положения	—
8.3.2. Техника определения	—
8.3.3. Определение активности осадка на фильтрах	102
8.3.4. Определение общего содержания углекислоты в воде	104
8.3.5. Расчет первичной продукции	106
8.4. Расчет первичной продукции за день и под 1 м <sup>2</sup> водной поверхности	—
8.5. Сравнение результатов кислородного и радиоуглеродного методов	109
8.6. Хлорофильный метод определения первичной продукции и биомассы фитопланктона	—
8.6.1. Расчет первичной продукции	—
8.6.2. Расчет биомассы фитопланктона	111
Оборудование. Реактивы	—
Глава 9. МЕТОДЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОД ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ	112
9.1. Отбор проб для микробиологического анализа	113
9.2. Прямые методы учета микроорганизмов	114
9.2.1. Учет микроорганизмов с применением световой микроскопии	—
9.2.2. Учет микроорганизмов с применением электронной микроскопии	116
9.3. Определение биомассы бактерий	119
9.3.1. Учет микроорганизмов с применением питательных сред	—
9.3.2. Техника посева и культивирование микроорганизмов	121
9.4. Учет отдельных физиологических групп микроорганизмов	123
9.4.1. Углевородокисляющие бактерии	—
9.4.2. Сульфатредуцирующие бактерии	124

9.4.3. Фенолоксиляющие бактерии	124
9.4.4. Липолитические бактерии	—
9.5. Учет микроорганизмов методом прорастивания мембранных фильтров на агаризованных средах	125
9.6. Определение времени генерации бактерий и продукции бактериальной биомассы	126
9.7. Определение деструкции органического вещества кислородным методом	127
9.7.1. Ход определения деструкции органического вещества кислородным методом	—
9.7.2. Оформление результатов	128
Приборы и оборудование	—
Глава 10. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	129
10.1. Биологические особенности высших водных растений	130
10.1.1. Эколого-биологические группы (биоморфы)	—
10.1.2. Распределение растительности в водоемах	133
10.1.3. Состав и строение растительных сообществ водных растений	137
10.2. Инструменты и приборы для сбора и количественного учета водной растительности	139
10.2.1. Инструменты качественного сбора	—
10.2.2. Инструменты и приборы для количественного учета водных растений	143
10.2.3. Измерение расстояний и прокладка профилей и трансект на воде	152
10.3. Описание и картирование растительности	154
10.3.1. Работа на водоемах	—
10.3.2. Описание растительности и изучение элементов структуры фитоценозов	158
10.3.3. Картирование	160
10.4. Продуктивность водных растительных сообществ	163
10.4.1. Определение надземной растительной массы (фитомассы)	—
10.4.2. Расчет годовой продукции	169
10.5. Динамика растительности водоемов	170
10.5.1. Динамика фитомассы	—
10.5.2. Динамика численности и темп роста растений	—
10.5.3. Динамика растительного покрова водоемов	171
10.6. Значение высшей водной растительности в формировании качества воды	173

## ПРИЛОЖЕНИЯ

- 1, 3, 11. Формы этикеток на пробы (176, 180). 2, 4, 5, 12. Формы записи результатов обработки проб (176, 177, 180). 6, 11. Формы для записи результатов обработки проб в рабочем журнале (177, 179). 7, 8. Формы записи в полевой дневник проб (178). 9.10. Протокольные карточки обработки проб (179). 13. Форма отчетности «Зоопланктон» (181). 14. Форма записи при определении пигментов фитопланктона (182). 15. Форма записи при определении первичной продукции и деструкции кислородным методом (182). 16. Перевод значений рН в значения  $a_{\text{H}}$  и наоборот ( $\text{pH} = \lg \frac{1}{a_{\text{H}}}$ ) (183). 17. Форма записи при определении первичной продукции радиоуглеродным методом (184). 18, 20, 22, 24. Среды и рецепты питательных сред (185—187). 19. Пример записи на чашке Петри при посеве микроорганизмов (185). 21. Форма записи при учете нефтеоксиляющих микроорганизмов (186). 23. Форма записи при учете сульфатредуцирующих бактерий (187). 25. Форма бланка для описания водной растительности (187). 26, 27. Формы журналов для регистраций (188, 189). 27. Буквенные обозначения фенологических фаз (189). 28. Характеристики наиболее распространенных водных растений (189). 29. Перечень типового оборудования по биологическому анализу поверхностных вод (220—224).
- Список литературы . . . . . 225

**РУКОВОДСТВО ПО МЕТОДАМ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Редактор И. С. Якорь. Технический редактор Т. В. Павлова. Корректор А. В. Столярова.  
Н/К. Сдано в набор 06.01.83. Подписано в печать 02.08.83. М-38 538. Формат 60X90<sup>1/16</sup>.  
Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 15,0. Кр.-отт. 15,0.  
Уч.-изд. л. 17,01. Тираж 2 080 экз. Индекс ГЛ-133. Заказ № 151. Цена 1 р. 30 к. Заказное.

Гидрометеоздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23.

Типография им. Котлякова издательства «Финансы и статистика»  
Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
191023. Ленинград, Д-23, Садовая, 21.