



студентам
высших
учебных
заведений

Н.А. ЛЕМЕЗА

АЛЬГОЛОГИЯ И МИКОЛОГИЯ

Практикум



Николай Алексеевич Лемеза
Альгология и
микология. Практикум
Серия «ВУЗ. Студентам
высших учебных заведений»

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=18925869

Альгология и микология. Практикум: учеб, пособие / Н. А. Лемеза.:

Высшая школа; Минск; 2008

ISBN 978-985-06-1483-4

Аннотация

Освещаются вопросы классификации водорослей и грибов в свете современной номенклатуры и систематики рассматриваемых групп организмов. Приводится характеристика отделов, классов, порядков и родов водорослей, грибоподобных организмов, грибов и лишайников. Содержатся методические указания по их сбору и хранению, постановке и проведению лабораторных занятий и самостоятельных работ, предлагаются вопросы для самоконтроля. Для студентов биологических специальностей университетов, педагогических, сельскохозяйственных и лесохозяйственных вузов, преподавателей.

Содержание

Предисловие	5
Глава 1.	8
1.1. Общая характеристика	8
1.2. Методы сбора, хранения и изучения водорослей	32
Конец ознакомительного фрагмента.	46

Николай Алексеевич Лемеза Альгология и микология. Практикум

Допущено

Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по биологическим специальностям

Рецензенты:

кафедра ботаники и основ сельского хозяйства Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка (заведующий кафедрой доцент *И.Э. Буценкое*);

доктор биологических наук, профессор Белорусского государственного технологического университета *Н.И. Федоров*

Предисловие

Пособие написано в соответствии с типовой программой по курсу «Альгология и микология», утвержденной УМО вузов Республики Беларусь по естественному образованию (2006). Оно знакомит студентов с многообразием фототрофных и гетеротрофных талломных организмов, ранее относимых к низшим растениям.

Основная задача учебного пособия – дать представление о характерных особенностях строения и жизнедеятельности, а также принципах классификации водорослей, миксомицетов, грибов и лишайников. Знание их систематики, основанной на данных структурной организации, биологии и истории развития отдельных форм, позволяет представить не только разнообразие органического мира, но и выявить родственные (филогенетические) отношения между отдельными группами организмов. Наряду с морфолого-систематическими задачами в пособии уделяется должное внимание вопросам экологии водорослей, миксомицетов, грибов и лишайников, их роли в биосфере и хозяйственной деятельности человека.

Особенностью данного пособия является то, что предлагаемая система лабораторных занятий рассчитана на привитие студентам навыков самостоятельного изучения живых организмов с применением элементов научно-исследо-

вательского подхода. Материал и методика постановки лабораторных работ предусматривают освоение разнообразных методов микро- и макроскопических исследований как живых организмов, так и фиксированных материалов, самостоятельного изготовления микропрепаратов, их зарисовки и анализа полученных результатов.

Структура каждого занятия в лаборатории и в природных условиях во время летней учебной практики по альгологии и микологии приближена к учебно-исследовательскому эксперименту: кратко изложены основные теоретические вопросы темы, поставлены конкретные задания, даны методические рекомендации по сбору и хранению материала, изготовлению препаратов, указана последовательность проведения работы и оформления результатов.

К лабораторным занятиям необходимо готовиться заранее -внимательно изучить основные теоретические вопросы соответствующей темы, познакомиться с целью (заданием) и содержанием предстоящей работы, проверить наличие оборудования, необходимых реактивов, объектов исследования, альбомов для записей и рисунков. После этого можно приступать к выполнению задания. Определенную помощь в данном случае могут оказать приводимые в пособии иллюстрации, которые дают возможность студенту не только представить особенности внешнего и внутреннего строения изучаемого объекта и скорректировать свой рисунок, но и овладеть общими приемами научного рисунка.

Автор выражает глубокую благодарность профессору Н.И. Федорову, доцентам А.А. Свирид, А.К. Храмцову, И.С. Гириловичу за ценные замечания и советы, способствующие улучшению рукописи.

Пособие может быть использовано не только в качестве руководства для студентов высших учебных заведений, но и для лаборантов, обслуживающих практикум, а также для преподавателей.

Автор

Глава 1.

Водоросли (Algae)

1.1. Общая характеристика

Водоросли представляют собой сборную группу преимущественно водных организмов. Характерной особенностью всех водорослей является то, что их тело не расчленено на вегетативные органы (корень, стебель, лист), а представлено талломом, или слоевищем. По этой причине их называют *талломными*, или *слоевищными*, организмами. В отличие от высших растений у них обычно отсутствуют ткани, а органы полового размножения, как правило, одноклеточные. Общим для водорослей является их способность к автотрофному способу питания благодаря наличию фотосинтезирующего аппарата. Вместе с тем у некоторых водорослей наряду с автотрофным питанием существует и гетеротрофное.

Известно более 40 000 видов водорослей, которые объединяются в 11 отделов: *диатомовые* — около 20 000 видов, *зеленые* — 13 000 – 20 000, *красные* — около 4000, *синезеленые* — около 2000, *бурые* — около 1000, *динофитовые* и *криптофитовые* — более 1000, *желтозеленые*, *золотистые*, *харовые* — свыше 300 в каждом отделе, *эвгленовые* — око-

ло 840 видов. По данным известного белорусского альголога Т.М. Михеевой (1999), в Беларуси установлено 1832 вида водорослей, а вместе с внутривидовыми таксонами – 2338 представителей. Обнаруженные виды принадлежат к 363 родам 134 семействам из 10 отделов. При этом 21 вид водорослей занесен в Красную книгу Республики Беларусь.

Водоросли всех отделов в процессе эволюции развивались в основном независимо друг от друга; от них, вероятно, происходят наземные хлорофиллоносные растения.

Структура водорослей. Водоросли в пределах слоевищного типа строения отличаются исключительным морфологическим разнообразием. Их тело может быть одноклеточным, колониальным, многоклеточным. Размеры в пределах каждой из этих форм отличаются огромным диапазоном – от микроскопических (1 мкм) до гигантских (есть виды, достигающие нескольких десятков метров). С учетом большого морфологического разнообразия вегетативного тела водоросли по структуре можно разделить на несколько категорий, образующих главнейшие ступени морфологической эволюции.

Монадная (жгутиковая) структура свойственна одноклеточным и колониальным организмам и характеризуется наличием у них клеток одного, двух или нескольких жгутиков, обуславливающих активное движение в воде. Эта структура преобладает у динофитовых и криптофитовых, золотистых и эвгленовых водорослей. У более высокоорганизован-

ных водорослей монадное строение имеют клетки, служащие для бесполого (зооспоры) или полового (гаметы) размножения.

Амебонидная (ризоподидальная) структура характеризуется отсутствием постоянной формы клетки, плотной оболочки и жгутиков. Передвигаются эти водоросли, как и амебы, с помощью псевдоподий, которые сохранились у динофитовых, золотистых и желтозеленых водорослей.

Пальмеллоидная (гемимонадная, или катальная) структура представляет собой соединение множества неподвижных клеток, погруженных в общую слизь, но не имеющих плазматических связей. Возникновение такого типа структуры было важным этапом на пути морфологической эволюции водорослей в направлении от подвижных монадных к типично растительным неподвижным формам. Пальмеллоидная структура широко представлена у зеленых, желтозеленых и золотистых водорослей; в других отделах она встречается реже или вообще отсутствует.

Коккоидная структура характеризуется неподвижными клетками различной формы и размеров, с плотной клеточной стенкой, одиночными или соединенными в колонии (ценобии). Такая структура встречается почти во всех отделах (за исключением эвгленовых) водорослей, а у диатомовых она является единственной; у других представителей наблюдается в циклах развития (апланоспоры, акинеты, тетраспоры и др.).

Нитчатая (трихальная) структура в мире водорослей является простейшей формой многоклеточного слоевища и представляет собой соединение неподвижных клеток в нити, между которыми осуществляется физиологическое взаимодействие с помощью плазмодесм. Нити могут быть простыми и ветвящимися, свободноживущими, прикрепленными и объединенными чаще всего в слизистые колонии. Нитчатая структура представлена среди зеленых, золотистых, желто-зеленых, красных водорослей.

Разнонитчатая (гетеротрихальная) структура является более сложным вариантом нитчатого строения, для которого характерны две системы нитей: стелющиеся по субстрату и отходящие от них вертикально. Гетеротрихальная структура свойственна многим синезеленым, зеленым, харовым, золотистым, желтозеленым, красным и бурым водорослям и может быть постоянной или временной формой.

Псевдопаренхиматозная (ложнотканевая) структура характеризуется образованием крупных объемных слоевищ в результате срастания нитей разнонитчатого слоевища, иногда сопровождаемого дифференциацией «тканей». Поскольку последние по способу образования отличаются от настоящих, их называют ложными тканями. Встречается у некоторых красных водорослей.

Паренхиматозная (тканевая) структура характеризуется многоклеточными слоевищами в форме пластинок, состоящих из одного и более слоев клеток. При делении клеток

первичных нитей в разных плоскостях могут возникать паренхиматозные слоевища с тканями, выполняющими ассимиляционную, проводящую, запасующую функции. Тканевая структура представлена у бурых, красных и зеленых водорослей.

Сифональная (сифоновая) структура - слоевище, часто крупных размеров и сложной морфологической дифференцировки, без клеточных перегородок и обычно с множеством ядер. Сифональный тип организации представлен у некоторых зеленых и желтозеленых водорослей.

Сифонокладальная структура встречается у некоторых нитчатых зеленых водорослей, для которых свойственно сегрегативное деление многоядерных клеток: протопласт распадается на окруженные мембраной округлые части, дающие начало новым сегментам таллома.

Строение клетки. Организация клетки большинства водорослей (кроме синезеленых) мало отличается от организации типичных клеток высших растений, однако у нее есть и свои особенности.

Клетка большинства водорослей имеет постоянную клеточную оболочку, которая представляет собой двухфазную систему, состоящую из аморфного матрикса, гемицеллюлозы или пектиновых веществ, в них погружены волокнистые скелетные элементы – микрофибриллы. У многих водорослей откладываются добавочные компоненты: карбонат кальция (харовые, ацетобулария, падина), альгиновая кис-

лота (бурые), железо (красные). У некоторых видов зеленых, красных и бурых водорослей имеется кутикула в виде наружного слоя, одевающего клетки.

У диатомей матрикс оболочки, состоящий из пектиновых веществ, содержит в качестве скелетного вещества не целлюлозу, а кремний. Лишь немногие водоросли являются голыми, чаще они покрыты пелликулой – плотным эластичным белковым слоем (эвгленовые) или перипластом – многослойным более плотным покровом с порами (динофитовые), и способны изменять форму своего тела. Оболочки некоторых водорослей образуют теки – многокомпонентные сложные системы под плазмалеммой с трихоцистами и порами (у перидиней), или домики, в которых лежит протопласт (у динобриунов).

В жизни растительной клетки важную роль играет наличие в оболочке сначала пектиновой, а затем целлюлозной фракций, обеспечивающих опорную и защитную функции, а также способность к проницаемости и росту. Клеточная оболочка бывает цельной или состоит из двух и более частей, пронизана порами, может нести различные выросты. Под оболочкой находится протопласт, включающий цитоплазму и ядро.

Водоросли – единственная группа, где имеются все три типа клеточной организации: *прокариотическая* (синезеленые водоросли, где ядер нет, их роль выполняет нуклеоид); *мезокариотическая* (динофитовые, есть ядро, но примитив-

ное) и *эукариотическая* (водоросли остальных отделов – настоящие ядерные организмы).

Цитоплазма у большинства водорослей расположена тонким постенным слоем, окружая большую центральную вакуоль с клеточным соком. Вакуоль отсутствует в клетках синезеленых водорослей и монадных (у пресноводных монадных форм отмечены пульсирующие вакуоли). В цитоплазме эукариотических водорослей хорошо различимы элементы эндоплазматической сети, рибосомы, митохондрии, аппарат Гольджи, хроматофоры, клеточные ядра; имеются также лизосомы, пероксисомы, сферосомы.

В клетках водорослей (за исключением синезеленых) из органелл особенно заметны хроматофоры (хлоропласты), которые в отличие от хлоропластов высших растений разнообразны по форме, окраске, числу, строению и местоположению в клетке. Они могут быть чашевидными (хламидомонада), спиральными (спирогира), пластинчатыми (пеннатные диатомеи), цилиндрическими (эдогониум). У многих водорослей хроматофоры многочисленны и имеют вид зерен или дисков, расположенных в постенной цитоплазме (зеленые с сифоновой организацией, бурые, красные). Хроматофоры окружены оболочкой, состоят из стромы и пластинчатых структур, которые напоминают уплощенные мешочки и называются *тилакоидами*. В них сосредоточены пигменты. Кроме того, в матриксе хроматофора находятся рибосомы, ДНК, РНК, липидные гранулы и особые включения – *пире-*

ноиды.

Пиреноид является специфическим образованием, присущим всем водорослям (за исключением синезеленых) и небольшой группе мхов.

Установлено, что пиреноиды – не только место скопления запасных веществ, но и зона, в которой или при участии которой наиболее активно осуществляется их синтез. Пиреноид остановился на полпути в своем развитии и не достиг структурного воплощения органеллы. Об этом свидетельствует отсутствие пиреноидов в клетках высших растений.

Однако в деталях тонкого строения, касающихся оболочек, расположения тилакоидов и фибрилл ДНК, формы пиреноидов, места образования и отложения зерен запасных полисахаридов, хроматофоры водорослей обнаруживают достаточно четкие различия, что и позволяет использовать их наряду с набором пигментов, продуктами запаса и строением жгутикового аппарата в качестве таксономических признаков больших групп – отделов водорослей. Так, у зеленых, харовых и красных водорослей оболочка хроматофора образована только двумя параллельными мембранами, у динофитовых и эвгленовых – тремя. Золотистые, желтозеленые, диатомовые и бурые водоросли, одетые четырехмембранной оболочкой, имеют сложную систему мембран, находящуюся в прямой зависимости от мембраны ядра.

Расположение тилакоидов в матриксе хроматофора

неодинаково в разных отделах водорослей, при этом их хроматофоры со сходными пигментами характеризуются и сходным расположением тилакоидов. Наиболее простое их расположение наблюдается у красных водорослей, у которых тилакоиды лежат в матриксе поодиночке. У остальных эукариотных водорослей тилакоиды группируются, образуя ламеллы, причем число тилакоидов, входящих в состав одной ламеллы, в пределах больших групп, объединяющих родственные водоросли, постоянно.

Есть водоросли (криптофитовые), у которых тилакоиды соединяются по два. У золотистых, желтозеленых, диатомовых, бурых, динофитовых и эвгленовых водорослей они располагаются преимущественно по три. У зеленых, харовых и эвгленовых число тилакоидов может достигать 20; в таких случаях стопки тилакоидов столь тесно прижаты друг к другу, что пространство между соседними тилакоидами исчезает, и тогда эти стопки называют *гранами*.

В матриксе хроматофора между ламеллами и вокруг пиреноида у зеленых и харовых водорослей откладывается крахмал, а у всех остальных – хризоламинарин, ламинарии, крахмал динофитовых и криптофитовых водорослей, парамилон и багрянковый крахмал вне хроматофора, в цитоплазме.

У монадных форм имеется красный глазок, или стигма, состоящая из пигментонесущих глобул, расположенных плотными рядами, и жгутики, с помощью которых водорос-

ли передвигаются.

Жгутики имеют сложное строение, прикрепляются к особому базальному телу. У некоторых неподвижных форм около ядра отмечены центриоли, по форме и структуре схожие с базальными телами. В процессе эволюции водорослей жгутиковый аппарат постоянно редуцировался, водоросли становились неподвижными, центриоли в клетках исчезали. Шел интенсивный формообразовательный процесс, создавался такой тип клеточной организации, который позволил водорослям перейти к наземному образу жизни.

Размножение водорослей. *Бесполое размножение* у одноклеточных водорослей осуществляется путем деления клетки, у колониальных, нитчатых и разнонитчатых – в результате распада колоний или нитей на отдельные фрагменты; у немногих водорослей образуются специальные органы размножения, например клубеньки у харовых, акинеты (особые клетки с большим количеством запасных веществ и пигментов) – у зеленых и др. Такое размножение часто называют *вегетативным*.

Бесполое размножение происходит также посредством неподвижных спор (апланоспор) или зооспор (спор со жгутиками), образующихся путем деления протопласта обычных или особых клеток, называемых *спорангиями*. У ряда представителей зеленых водорослей апланоспоры уже в материнской клетке иногда приобретают все отличительные черты этой клетки. В таких случаях говорят об автоспорах.

Размножение при помощи спор называется *собственно бесполом размножением*.

Половое размножение характеризуется наличием полового процесса, одним из важнейших этапов которого является оплодотворение, т.е. слияние гаплоидных половых клеток – гамет. В результате оплодотворения образуется зигота с новой комбинацией наследственных признаков, которая и становится родоначальницей нового организма.

У водорослей различают следующие формы полового процесса: *хологамию* — слияние двух одноклеточных особей; *изогамию* — слияние одинаковых по строению и величине подвижных гамет; *гетерогамию* — слияние подвижных гамет разных размеров (более крупную считают женской); *оогамию* – слияние крупной неподвижной яйцеклетки с мелкой подвижной мужской гаметой – сперматозоидом или неподвижным, лишенным оболочки, спермацием (у красных водорослей); *конъюгацию* — слияние протопластов неспециализированных безжгутиковых клеток через специально образующийся канал. Гаметы образуются в клетках, не отличающихся от вегетативных, или в особых клетках, получивших название *гаметангии*. Гаметангии, содержащие яйцеклетку (редко несколько), называются *оогониями*, а те, в которых формируются сперматозоиды или спермации, – *антеридиями*.

У примитивных водорослей каждая особь способна формировать и споры, и гаметы в зависимости от времени года и

внешних условий; у других – функции бесполого и полового размножения выполняют разные особи – спорофиты (образуют споры) и гаметофиты (образуют гаметы). В жизненном цикле ряда водорослей происходит строгое чередование поколений – гаметофита и спорофита.

Основные типы жизненных циклов водорослей. Циклы развития водорослей весьма многообразны, отличаются большой пластичностью и предопределяются многими экологическими факторами.

1. *Гаплофазный тип* характеризуется отсутствием чередования поколений. Вся вегетативная жизнь водорослей проходит в гаплоидном состоянии, т.е. они являются *гаплонтами*. Диплоидна лишь зигота, прорастание которой сопровождается редукционным делением ядра (зиготическая редукция). Развивающиеся при этом водоросли оказываются гаплоидными.

Примером являются многие зеленые (вольвоксовые, большинство хлорококковых, конъюгаты) и харовые водоросли.

2. *Диплофазный тип* отличается тем, что вся вегетативная жизнь водорослей осуществляется в диплоидном состоянии, а гаплоидная фаза представлена только гаметами. Перед их образованием происходит редукционное деление ядра (гаметическая редукция). Зигота без деления ядра прорастает в диплоидный таллом. Эти водоросли являются *диплонтами*. Такой тип развития характерен для многих зеле-

ных водорослей, имеющих сифоновую структуру, всех диатомовых и некоторых представителей бурых (порядок Фукальные).

3. *Диплогаплофазный тип* характеризуется тем, что в клетках диплоидных талломов (спорофитов) многих водорослей редукционное деление ядра предшествует образованию зоо- или апланоспор (спорическая редукция). Споры развиваются в гаплоидные организмы (гаметофиты), размножающиеся только половым путем. Оплодотворенная яйцеклетка – зигота – прорастает в диплоидный спорофит, несущий органы бесполого размножения. Таким образом, у этих водорослей имеет место чередование форм развития (генераций): диплоидного бесполого спорофита и гаплоидного полового гаметофита. Оба поколения по внешнему виду могут не различаться и занимать одинаковое место в цикле развития (изоморфная смена генераций) или же резко различаться по морфологическим признакам (гетероморфная смена генераций). Изоморфная смена генераций характерна для ряда зеленых (ульва, энтероморфа, кладофора), бурых и большинства красных водорослей.

Гетероморфная смена генераций встречается с преобладанием как гаметофита, так и спорофита (свойственна преимущественно бурым, реже зеленым и красным водорослям).

Подробнее жизненные циклы будут рассматриваться при описании соответствующих групп водорослей.

Экологические группировки водорослей. Способность водорослей адаптироваться к разнообразным внешним условиям, неприхотливость и высокая физиологическая пластичность способствовали расселению их по всему земному шару. Водоросли встречаются в реках и морях, на поверхности почвы и в ее толще, на деревьях, различных постройках, скалах, в снегу и горячих источниках.

Основной средой жизни для водорослей служит вода. Кроме того, исключительно важную роль в их жизнедеятельности играют такие факторы, как свет, температура, соленость воды, химический состав субстрата и др.

В зависимости от экологических условий водоросли образуют различные группировки или сообщества (ценозы), каждое из которых характеризуется более или менее определенным видовым составом.

Различают следующие экологические группировки водорослей: *планктонные* (фитопланктон), *нейстонные* (фитонейстон), *бентосные* (фитобентос), *аэрофильные* (аэрофигон), *почвенные* (фигоедафон), *водоросли горячих источников* (термофигон), *снега и льда* (криофигон), *соленых вод* (галофигон), *известкового субстрата* (кальцефилы) и др.

Представители первых трех ценозов – типичные обитатели водной среды. Аэрофильные и почвенные водоросли приспособились к существованию в наземных условиях. Далее следуют группировки водорослей, постоянно находящихся в крайних условиях существования, связанных с воздействи-

ем экстремальных температур (термальные и криофильные водоросли) либо необычного по составу субстрата (галофитон и кальцефилы).

Планктоном называют совокупность преимущественно микроскопических, свободно плавающих в толще воды растительных (фитопланктон) и животных (зоопланктон) организмов. Для облегчения переноса водой организмы планктона (бактерии, водные грибы, водоросли, беспозвоночные животные) имеют различные приспособления, которые уменьшают удельную массу тела (газовые вакуоли, включения жиров и липоидов, насыщенность водой и студенистость тканей) и увеличивают его удельную поверхность (разветвленные выросты, приплюснутая форма тела и др.).

В Беларуси в озерах, реках, прудах, лужах отмечено около 1000 видов планктонных водорослей. Среди них *зеленые* (виды родов вольвокс, гониум, пандорина, педиаструм, сценедесмус, эвдорина и др.), *синезеленые* (анабена, глеотрихия, микроцистис и др.), *диатомовые* (мелозира, табеллярия, фрагилярия, циклотелла), *динофитовые* и *криптофитовые* (перидиниум, церациум, криптомонас, родомонас), *золотистые* (синура и др.), *эвгленовые* (трахеломонас, факус, эвглена) водоросли. Золотистые и диатомовые водоросли обитают главным образом в чистых холодных водах, синезеленые, эвгленовые и зеленые – в теплых эвтрофных, а десмидиевые – в мягких водах, находящихся под влиянием болот.

Нейстон — совокупность мелких организмов, обитающих у поверхностной пленки воды (сверху — эпинейстон, снизу — гипонейстон). Это сообщество организмов чаще встречается в мелких, защищенных от ветра водоемах (лужи, торфяные карьеры, канавы, пруды).

В пресноводном нейстоне наиболее распространены золотистые (виды рода хромулина), эвгленовые (виды родов эвглена, трахеломонас), зеленые (виды рода хламидомонада) и другие водоросли.

У многих нейстонных организмов для удержания в зоне поверхностной пленки имеются специальные приспособления в виде слизистых колпачков наподобие маленьких парашютов, плавательных пластинок и т.д.

К *фитобентосу* принадлежат все водоросли, живущие на дне водоемов или на различных водных предметах, а также плавающие на поверхности воды зеленые ватообразные скопления, называемые *тиной*. В составе пресноводных бентосных водорослей представлены все отделы — харовые (хара, нителла, нителлопсис), зеленые (кладофора, эдогоний, улотрикс, спирогира, мужоция, хетофора, драпарнальдия), синезеленые (осциллятория, носток), диатомовые (навикула, пиннулярия), десмидиевые (космариум, кластериум и др.).

Водоросли, прикрепившиеся к стеблям и листьям высших водных растений и другой поверхности, возвышающейся над дном водоема, относят к *перифитону*.

Наземные, или *аэрофильные*, водоросли образуют различно окрашенные налеты и пленки на деревьях, скалах, сырой земле, крышах и стенах домов, на заборах и т.д. Особенно много наземных водорослей в районах с теплым и влажным климатом.

Для перенесения аэрофитами неблагоприятных условий жизни на суше (резкая смена температуры днем и ночью, летом и зимой, кратковременное увлажнение и т.д.) строение их клеток отличается рядом особенностей: они имеют слоистые, сильно утолщенные стенки, слизистые обертки, чехлы, удерживающие воду, накапливающиеся в больших количествах масла и более вязкую цитоплазму.

Общее количество наземных водорослей составляет несколько сотен видов, принадлежащих в основном к трем отделам: синезеленым, зеленым и диатомовым.

На коре деревьев, например, растут обычно зеленые водоросли (плеврококк, трентеполия, хлорококк, хлорелла и др.), а на поверхности постоянно увлажненных каменных глыб или стен наряду с некоторыми зелеными (космариум, цилиндроцистис) и диатомовыми (пиннулярия) изобилуют и синезеленые (в частности, глеокапса, стигонема, носток и др.).

Почвенные водоросли обитают на поверхности почвы или в ее самых верхних горизонтах. Некоторые представители проникают на глубину 1 – 2 м и более. Предполагается, что глубоко в почве они переходят на сапротрофное питание.

При полном же выключении видимой части спектра для фотосинтеза они способны использовать невидимую лучистую энергию.

Известно около 2000 видов почвенных водорослей, в Беларуси более 210 видов, разновидностей и форм преимущественно синезеленых и диатомовых и в меньшей степени зеленых, желтозеленых и эвгленовых.

Особенности строения и жизнедеятельности водорослей в связи с преимущественно водным образом жизни. Для водорослей, обитающих в океанах, морях и пресноводных водоемах, вода не только необходимый экологический фактор, но и среда обитания, для которой характерны: ослабление освещенности и изменение спектрального состава света с глубиной и, соответственно, снижение доли фотосинтетически активной радиации (ФАР), а также продолжительности светового дня; меньшее количество воздуха, растворенного в воде, иной его состав (содержание кислорода, например в воде, на единицу объема в 30-35 раз меньше, чем в воздухе) и большая, чем в атмосфере, его изменчивость, возможность накапливания в воде CO_2 (0,2 – 0,5 мл/л), N_2 , а в анаэробных условиях – NH_4 , H_2S ; отсутствие резких перепадов температуры в течение года и суток; широкий диапазон солености – от тысячных долей грамма до 350 г/л и больше (основными элементами минерального питания водорослей являются азот, фосфор, кремний, железо, марганец); движение воды (гидродинамический фактор), особенно в прибрежной (при-

ливно-отливной) зоне, где водоросли подвергаются воздействию таких мощных факторов, как прибой и удары волн, отливы и приливы и др.

Чтобы обеспечить свое существование в жестких условиях водной среды обитания, водоросли обладают рядом морфологических и физиологических особенностей.

1. Клетки многих водорослей имеют *оболочку*; внутренний слой которой целлюлозный, а наружный – пектиновый. Оболочка удачно сочетает защитную и опорную функции с возможностью ростовых процессов и проницаемостью. Оболочки значительно утолщаются при дефиците влаги, иногда интенсивно пропитываются (инкрустируются) карбонатом кальция (у харовых), покрываются органическими соединениями (например, кутином), секретируемыми протопластом клетки. Кутин помимо опорной выполняет и защитную функцию, поскольку задерживает губительные ультрафиолетовые лучи и предохраняет клетки от излишней потери воды в период отлива. Пектиновый слой защищает клетку от вредного влияния различных кислот и других столь же сильных реагентов.

2. Слоевище морских бентосных водорослей прочно прикреплено к грунту *ризоидами* или *базальным диском*, поэтому водоросли сравнительно редко отрываются от субстрата в случаях прибоев и ударов волн.

3. Таллом водоросли, как правило, не сплошной, а расчлененный. Он дихотомически ветвится в одной плоскости, что

позволяет свести к минимуму сопротивление толщ воды. К тому же он прочный и упругий.

4. У некоторых водорослей имеются специальные *воздушные пузыри*, которые удерживают слоевище у поверхности воды, где есть возможность максимального улавливания света для фотосинтеза.

5. Водорослям приходится адаптироваться не только к недостатку света на разных глубинах водоема, но и к изменению его спектрального состава путем генетически обусловленной выработки дополнительных фотосинтезирующих пигментов. В мелководных зонах, где растениям еще доступны красные лучи, в наибольшей степени поглощаемые хлорофиллом, преобладают зеленые водоросли. В более глубоких зонах, куда проникает синий свет, встречаются бурые водоросли, содержащие кроме хлорофилла бурый пигмент фукоксантин. Еще глубже (до 268 м) обитают красные водоросли, имеющие пигментные группы фикобилинов, – фикоэритрин, фикоцианин и аллофикоцианин, хорошо приспособленные к поглощению зеленых, фиолетовых и синих лучей.

6. Глубоководные виды водорослей имеют более крупные хроматофоры с высоким содержанием пигментов, низкую точку компенсации фотосинтеза (30— 100 люкс), теневой характер световой кривой фотосинтеза с низким плато насыщения.

7. Таллом многих водорослей выделяет много *слизи*, ко-

торая заполняет их внутренние полости и выделяется наружу. Слизь помогает лучше удерживать воду и препятствует обезвоживанию.

8. Осмотическое давление в клетках водоросли намного выше, чем в морской воде, поэтому осмотических потерь воды не наблюдается.

9. Выход спор и гамет у морских водорослей совпадает с приливом. В этот период из репродуктивных органов освобождаются споры, мужские и женские гаметы, которые, как правило, обладают таксисами, определяющими направления их движения в зависимости от света, температуры, химических веществ, содержащихся в воде, и др. У спор, лишенных жгутиков, наблюдается амебоидное движение. Развитие зиготы происходит сразу же после оплодотворения, чтобы не оказаться унесенной в океан.

Значение водорослей. Водоросли играют существенную роль в жизни биосферы и хозяйственной деятельности человека. Благодаря способности к фотосинтезу, в водоемах они являются основными продуцентами громадного количества органических веществ, которые широко используются животными и человеком.

Поглощая из воды углекислый газ, водоросли насыщают ее кислородом, необходимым для всех живых организмов. Велика их роль и в биологическом круговороте веществ, в циклическом характере которого решена проблема длительного существования и развития жизни на Земле.

В историческом и геологическом прошлом водоросли принимали участие в образовании горных и меловых пород, известняков, рифов, особых разновидностей угля, ряда горючих сланцев и явились родоначальниками растений, заселивших сушу.

Поскольку в морских водорослях установлено наличие витаминов А, В₁, В₂, В₁₂, С и D, йода, брома, мышьяка и т.д., они чрезвычайно широко используются в различных отраслях хозяйственной деятельности человека, в том числе в пищевой, фармацевтической и парфюмерной промышленности. Их возделывают в установках под открытым небом с целью получения биомассы как дополнительного источника белка, витаминов и биостимуляторов для животноводства.

Многие водоросли используются в пищу человека. В частности, на Сандвичевых островах из 115 имеющихся видов местное население употребляет около 60. Наибольшей известностью как лечебное и профилактическое средство пользуется морская капуста (некоторые виды ламинарии), применяемая против желудочно-кишечных расстройств, склероза, зоба, рахита и ряда других заболеваний.

Водоросли служат сырьем для получения ценных органических веществ: спиртов, лаков, аммиака, органических кислот, альгина, агар-агара. Агар-агар широко применяется в лабораторных биологических работах при создании твердых сред, на которых с добавлением определенных питательных веществ культивируют грибы, водоросли и бактерии. В

больших количествах его используют в пищевой промышленности при изготовлении мармелада, пастилы, мороженого и других изделий.

В сельском хозяйстве водоросли применяют как органические удобрения под некоторые культуры, а также в качестве кормовой добавки в пищевом рационе домашних животных.

Способность хлореллы ассимилировать до 10 – 18% световой энергии (против 1 – 2% у высших растений) позволяет использовать эти микроводоросли для регенерации воздуха в замкнутых биологических системах жизнеобеспечения человека при длительных космических полетах и подводном плавании.

В последние годы в нашей республике и за рубежом культивируются водоросли на коммунально-бытовых и промышленных сточных водах с целью их биологической очистки и дальнейшего использования биомассы водорослей для получения метана или применения в промышленности и сельскохозяйственном производстве.

Некоторые водоросли (например, хлорелла) способны накапливать радионуклиды, что используется для дополнительной очистки слабоактивных сточных вод атомных электростанций.

Вместе с тем сильное размножение водорослей может наносить значительный ущерб хозяйственной деятельности человека. Наряду с другими организмами они участвуют в об-

растании морских судов, ухудшая тем самым их эксплуатационные качества. Некоторые водоросли, особенно синезеленые, вызывают «цветение» воды, придавая ей неприятный вкус и запах.

1.2. Методы сбора, хранения и изучения водорослей

Водоросли можно собирать с ранней весны до поздней осени, а наземные – на местах, не покрытых снегом, в течение всего года.

Для их сбора необходимо брать банки с широким горлом и хорошо пригнанными пробками, сумку для них, нож, острый скребок, планктонную сетку, пузырек с формалином, коробки или полиэтиленовые мешки для сбора наземных водорослей, писчую бумагу для этикеток, блокнот для записей, карандаш.

Методы сбора и изучения водорослей определяются прежде всего эколого-морфологическими особенностями представителей различных отделов и экологических группировок. Рассмотрим основные методы сбора и изучения водорослей, которые даны по книге «Пресноводные водоросли Украинской ССР» (А.В. Топачевский, М.П. Масюк, 1984).

Сбор фитопланктона. Выбор метода отбора проб фитопланктона зависит от типа водоема, степени развития водорослей, задач исследования, имеющихсся в наличии приборов, оборудования и т.п. С целью изучения видового состава фитопланктона при интенсивном развитии последнего воду достаточно зачерпнуть из водоема, а при слабом – применяются различные методы предварительного концентри-

рования микроорганизмов, обитающих в толще воды. Одним из таких методов является *фильтрование воды через планктонные сети* (описание планктонной сети и других устройств и приборов для сбора водорослей (А.В. Топачевский, М.П. Масюк, 1984)).

При сборе планктона поверхностных слоев водоема планктонную сеть опускают в воду так, чтобы верхнее отверстие сети находилось на расстоянии 5 – 10 см над поверхностью воды. Сосудом определенного объема черпают воду из поверхностного слоя (до 15 – 20 см глубины) и выливают ее в сеть, отфильтровывая таким образом 50 – 100 л воды. На крупных водоемах планктонные пробы отбирают с лодки: планктонную сеть тянут на тонкой веревке за движущейся лодкой в течение 5 – 10 мин. Для вертикальных сборов планктона применяют сети особой конструкции. На небольших водоемах планктонные пробы можно собирать с берега, осторожно черпая воду сосудом впереди себя и фильтруя ее через сеть или забрасывая сеть на тонкой веревке в воду и осторожно вытягивая ее. Этот способ дает возможность собирать и нейстонные водоросли (эпинеuston, гипонейстон). Сконцентрированную таким образом пробу планктона, находящуюся в стаканчике планктонной сети, сливают через выводную трубку в заранее приготовленную чистую банку. Сетяные пробы планктона можно изучать в живом и фиксированном состоянии.

Для количественного учета фитопланктона объем проб

производится специальными приборами – *батометрами* — разнообразной конструкции.

Широкое применение в практике получил батометр системы Рутнера. Его основная часть – цилиндр, изготовленный из металла или органического стекла, вместимостью от 1 до 5 л. Прибор снабжен верхней и нижней крышками, плотно закрывающими цилиндр. Под воду батометр опускают с открытыми крышками. При достижении необходимой глубины в результате сильного встряхивания веревки крышки закрывают отверстия цилиндра, который в закрытом виде извлекают на поверхность. Заключенную в цилиндре воду через боковой патрубкок, снабженный краном, сливают в приготовленный сосуд. При изучении фитопланктона поверхностных слоев воды пробы отбирают без помощи батометра путем зачерпывания воды в сосуд определенного объема. В водоемах с бедным фитопланктоном желательно отбирать пробы объемом не менее 1 л параллельно с сетевыми сборами, позволяющими улавливать малочисленные, сравнительно крупные объекты. В водоемах с богатым фитопланктоном объем количественной пробы можно уменьшить до 0,5 и даже до 0,25 л (например, при «цветении» воды).

Сгущение количественных проб фитопланктона можно проводить двумя методами, дающими примерно одинаковые результаты, – осадочным и фильтрационным.

Сгущение проб *осадочным методом* проводят после их

предварительной фиксации и отстаивания в темном месте в течение 15 – 20 дней. После этого средний слой воды медленно и осторожно отсасывают с помощью стеклянной трубки, один конец которой затянут мельничным ситом № 77 в несколько слоев, а второй соединен с резиновым шлангом. Сгущенную пробу взбалтывают, измеряют объем и переносят в сосуд меньшего размера.

При сгущении проб *фильтрационным методом* используют «предварительные» или бактериальные фильтры.

Сбор фитобентоса. Для изучения видового состава фитобентоса на поверхности водоема достаточно извлечь некоторое количество донного грунта и отложений на нем. На мелководьях (до 0,5 – 1,0 м глубины) это достигается с помощью опущенной на дно пробирки или сифона – резинового шланга со стеклянными трубками на концах, в который засасывают наилок. На глубинах качественные пробы отбирают с помощью ведерка или стакана, прикрепленного к палке, а также различными грабельками, «кошками», драгами, дночерпателями, илососами и т.п.

Сбор перифитона. С целью изучения видового состава перифитона налет на поверхности разнообразных подводных предметов (галька, щебень, камни, стебли и листья высших растений, раковины моллюсков, деревянные и бетонированные части гидротехнических сооружений и др.) снимают с помощью обычного ножа или специальных скребков. Однако при этом гибнут многие интересные организмы; часть

их уносятся токами воды, разрушаются органы прикрепления водорослей к субстрату, нарушается картина взаимного размещения компонентов биоценоза. Поэтому водоросли лучше собирать вместе с субстратом, который полностью или частично осторожно извлекают на поверхность воды так, чтобы течение не смыло с него водоросли. Извлеченный субстрат (или его фрагмент) вместе с водорослями помещают в приготовленный для пробы сосуд и заливают лишь небольшим количеством воды из этого же водоема с целью дальнейшего изучения собранного материала в живом состоянии либо 4%-м раствором формальдегида.

Наземные, или воздушные водоросли собирают по возможности вместе с субстратом в стерильные бумажные пакеты или в стеклянные сосуды с 4%-м раствором формальдегида.

Методы сбора и изучения *почвенных водорослей* подробно изложены в специальной литературе (Голлербах, Штина, 1969).

Этикетирование и фиксация проб. Ведение полевого дневника.

Для изучения водорослей в живом и фиксированном состоянии собранный материал делят на две части. Живой материал помещают в стерильные стеклянные сосуды (пробирки, колбы, баночки), закрытые ватными пробками, причем не заполняя их доверху, или в стерильные бумажные пакеты. Чтобы лучше сохранить водоросли в живом состоянии

в экспедиционных условиях, водные пробы упаковывают во влажную оберточную бумагу и помещают в ящики. Пробы должны периодически распаковываться и выставляться на рассеянный свет для поддержания фотосинтетических процессов и обогащения среды кислородом.

Материал, подлежащий фиксации, помещают в чисто вымытую и высушенную стеклянную посуду (пробирки, бутылки, баночки), плотно закрытую корковыми или резиновыми пробками. Водные пробы фиксируют 40%-м формальдегидом, приливая его в количестве 0,1 от объема собранной пробы. Водоросли, находящиеся на твердом субстрате (бумажные фильтры, галька, пустые раковины моллюсков и т.д.), заливают 4%-м раствором формальдегида. Хорошую сохранность водорослей и их окраски обеспечивает также раствор формальдегида и хромовых квасцов (5 мл 4%-го формальдегида и 10 г $K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$ в 500 мл воды). В полевых условиях можно также использовать раствор йода с иодидом калия. Раствор готовится следующим образом: 10 г KI растворяют в 100 мл воды, добавляют 3 г кристаллического йода и 100 мл воды, встряхивают до полного растворения кристаллов, хранят в темной склянке в течение нескольких месяцев. Его добавляют к пробе в соотношении 1:5. Герметически закупоренные фиксированные пробы можно хранить в темном прохладном месте в течение длительного времени.

Собранные пробы тщательно этикетируют. На этикетках,

заполняемых простым карандашом, указывают номер пробы, время и место сбора, орудие сбора и фамилию сборщика. Эти же данные фиксируют и в полевом дневнике, в который, кроме того, заносят результаты измерений pH, температуры воды и воздуха, схематический рисунок, подробное описание исследуемого водоема, развивающейся в нем высшей водной растительности и другие наблюдения.

Качественное изучение собранного материала. Материал предварительно просматривают под микроскопом в живом состоянии в день сбора, чтобы отметить качественное состояние водорослей до наступления изменений, вызванных хранением живого материала или фиксацией проб (образование репродуктивных клеток, колоний, потеря жгутиков и подвижности и т.д.). В дальнейшем его изучают параллельно в живом и фиксированном состоянии.

Работа с живым материалом является необходимым условием успешного изучения преобладающего большинства водорослей, изменяющих форму тела, форму и окраску хроматофоров, теряющих жгутики, подвижность или даже полностью разрушающихся при фиксации. Чтобы сохранить собранный материал живым, его следует оберегать от перегрева, загрязнения фиксаторами, а изучение проводить как можно быстрее.

Водоросли в живом состоянии в зависимости от размеров и других особенностей изучают с помощью бинокулярной стереоскопической лупы (МБС-1) или световых микро-

скопов.

Для микроскопического изучения водорослей готовят препараты: на предметное стекло наносят каплю исследуемой жидкости и накрывают ее покровным стеклом. Если водоросли обитают вне воды, их помещают в каплю водопроводной воды или оводненного глицерина. Следует помнить, что при длительном изучении препарата жидкость под покровным стеклом постепенно высыхает и время от времени ее необходимо добавлять. Для уменьшения испарения по краям покровного стекла наносят тонкий слой парафина или лак для ногтей.

При необходимости длительных наблюдений над одним и тем же объектом хороший результат дает *метод висячей капли*. На чистое покровное стекло наносят маленькую каплю исследуемой жидкости, после чего покровное стекло, края которого покрыты парафином, парафиновым маслом или вазелином, накладывают каплей вниз на специальное предметное стекло с лункой посередине так, чтобы капля не касалась дна лунки. Такой препарат можно изучать в течение нескольких месяцев, сохраняя его в перерывах между работой во влажной камере.

При изучении водорослей, имеющих монадную структуру, серьезной помехой служит их подвижность. Однако при подсыхании препарата движение постепенно замедляется и приостанавливается. Замедлению движения способствует также осторожное нагревание препарата или добавле-

ние вишневого клея. Подвижные водоросли рекомендуется фиксировать парами оксида осмия (при этом хорошо сохраняются жгутики), кристаллического иода (фиксация парами иода позволяет не только сохранить жгутики, но и окрасить крахмал, если он есть, в синий цвет, что имеет диагностическое значение), 4%-го формальдегида, слабым раствором хлоралгидрата или хлороформа. Длительность экспозиции над парами фиксаторов устанавливают экспериментально, в зависимости от специфики объекта. Наиболее удобны для изучения слабофиксированные препараты, в которых часть водорослей потеряла подвижность, а другие продолжают медленно двигаться. Препараты следует изучать немедленно после фиксации, так как в течение короткого периода времени водоросли деформируются.

При изучении внутриклеточных структур, особенно у мелких жгутиковых, применяют окрашивание с помощью слабых растворов (0,005 – 0,0001%) нейтрального красного, метиленового голубого, нейтрального голубого, трипанового красного, бриллиант-крезилового синего, конго красного, зелени Януса, позволяющих более четко выявить клеточную оболочку, папиллы, слизь, вакуоли, митохондрии, аппарат Гольджи и другие органеллы.

Многие красители дают хороший результат лишь после применения специальных методов фиксации (при изучении фиксированных формальдегидом проб успешное применение красителей возможно только после тщательного отмыва-

ния исследуемого материала дистиллированной водой). Самый лучший фиксатор для цитологического исследования водорослей, в том числе изучения их ультраструктуры, – 1 – 2%-й раствор оксида осмия (раствор не подлежит длительному хранению). Водоросли, не имеющие настоящих клеточных оболочек, хорошо и быстро фиксируются метанолом. Раствор Люголя (1 г йодида калия и 1 г кристаллического йода в 100 мл воды) не только хорошо фиксирует водоросли, но и одновременно окрашивает крахмал в синий цвет.

Для изучения ядер успешно используют спиртово-уксусный фиксатор Кларка (три части 96%-го этилового спирта и одна часть ледяной уксусной кислоты) или жидкость Корнуа (шесть частей 96%-го этилового спирта, три части хлороформа и одна часть ледяной уксусной кислоты). Водоросли выдерживают в свежеприготовленном растворе фиксатора в течение 1 – 3 ч, затем промывают 96%-м этиловым спиртом (2 мин) и водой (10 мин). Следует подчеркнуть, что при цитологическом изучении водорослей в большинстве случаев в зависимости от специфики объектов экспериментальным путем подбирают наиболее эффективные фиксаторы, красители и время экспозиции. Применяются и другие методы окраски ядер.

Жгутики изучают в световом микроскопе с помощью окраски по Лефлеру. Для этого материал фиксируют оксидом осмия, на короткое время погружая в абсолютный спирт, и оставляют высохнуть. Затем добавляют несколько

капель красителя (смесь 100 мл 20%-го водного раствора танина, 50 мл насыщенного водного раствора FeSO_4 и 10 мл насыщенного спиртового раствора основного фуксина) и нагревают над пламенем горелки, не доводя до кипения, до появления пара. После ополаскивания дистиллированной водой препарат в течение 10 мин докрашивают карболфуксином (100 мл 5%-го водного раствора свежеперегнанного фенола и 10 мл насыщенного спиртового раствора фуксина основного; смесь отстаивают в течение 48 ч, фильтруют и хранят в течение длительного времени), затем снова ополаскивают дистиллированной водой, дают высохнуть и заливают канадским бальзамом. Этим методом можно установить наличие или отсутствие на жгутиках волосков. Наблюдения за длиной жгутиков, характером их движения, местом прикрепления ведутся на живом материале методом фазового контраста.

Хроматофоры следует изучать на живом материале, так как при фиксации они деформируются. Точно так же трудно сохранить и стигму. Белковое тело пиреноида после предварительной фиксации хорошо окрашивается по Альтману. Краситель состоит из одной части насыщенного раствора пикриновой кислоты в абсолютном этиловом спирте и семи частей насыщенного водного раствора фуксина. Окрашивание длится не менее 2 ч.

Окраску белковых тел пиреноидов можно осуществить и без предварительной фиксации материала с помощью уксус-

ного азокармина G. Для этого к 4 мл ледяной уксусной кислоты добавляют 5 5 мл воды и 5 г азокармина G. Полученную смесь кипятят около часа, используя обратный холодильник, охлаждают, фильтруют и хранят в сосуде из темного стекла. Раствор красителя добавляют в каплю воды с водорослями на предметном стекле, накрывают покровным стеклом и наблюдают под микроскопом. Белковое тело пиреноида окрашивается в интенсивный красный цвет, остальная часть клетки – в светло-розовый.

Крахмал окрашивается в синий цвет под воздействием любых реактивов, содержащих йод. Наиболее чувствительный из них – хлорал йода (мелкие кристаллики йода в растворе хлоралгидрата) – позволяет обнаружить наиболее мелкие зернышки крахмала и отличить крахмал вокруг пиреноида от строматического. Присутствие парамилона можно обнаружить, растворив его 4%-м КОН. Наличие хризоламинарина выявляется лишь с помощью сложных микрохимических реакций. Масло и жиры окрашиваются Суданом (0,1 г Судана в 20 мл абсолютного этилового спирта) в красный цвет или оксидом осмия – в черный.

Вакуоли с клеточным соком становятся более заметными из-за прижизненной окраски слабым раствором нейтрального красного. Пульсирующие вакуоли можно наблюдать на живом материале в световом микроскопе благодаря их периодическому наполнению и опорожнению. Применение фазово-контрастного устройства, добавление 1%-го водного рас-

твора танина, а также фиксация материала оксидом осмия облегчает выявление этих органелл.

Митохондрии хорошо окрашиваются (при свободном доступе кислорода) 0,1 %-м раствором зелени Януса. Поэтому каплю воды с водорослями на предметном стекле накрывают покровным стеклом лишь спустя некоторое время после добавления красителя.

Аппарат Гольджи при фиксации материала оксидом осмия темнеет. Его можно окрасить также 0,5 %-м водным раствором трипанового голубого. Содержимое клетки окрашивается в синий цвет 0,01 %-м раствором метиленового голубого, в то время как аппарат Гольджи остается бесцветным.

При изучении *видового состава водорослей* определяют их размеры, являющиеся важными диагностическими признаками. Для измерения микроскопических объектов применяют окуляр-микрометр с измерительной линейкой. Цену делений окуляра-микрометра определяют с помощью объекта-микрометра (предметное стекло с нанесенной на нем линейкой, цена каждого деления которой 10 мкм) индивидуально для каждого микроскопа и объектива (подробнее см. в кн.: Голлербах, Полянский, 1951). При изучении линейных размеров водорослей измерения желательно проводить для большого количества экземпляров (10 – 100) с последующей статистической обработкой полученных данных.

Все изучаемые объекты тщательно зарисовываются с помощью рисовальных аппаратов (РА-4, РА-5) и фотографи-

руются микрофотонасадкой (МФН-11, МФН-12).

При идентификации водорослей следует добиваться точности их определения. Изучая оригинальный материал, необходимо отмечать любые, даже незначительные отклонения в размерах, форме и других морфологических особенностях, фиксировать их в описаниях, на рисунках и микрофотографиях.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.