

А.В. Лукомский, В.П. Мартыненко

МИКОЛОГИЯ И АЛЬГОЛОГИЯ

Краткий курс

Учебное пособие

УДК 582.26 (075.8)
ББК 28.59 я 73
Л 84

Авторы: старший преподаватель кафедры ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова» **Лукомский А.В.**,
кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
Мартыненко В.П.

Рецензент: кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой ботаники и основ сельского хозяйства
БГПУ им. М. Танка **Бученков И.Э.**

Пособие предназначено для студентов биологического факультета обучающихся по специальностям: «Биоэкология», «Биология и химия», «География и биология» и «Биология и охрана природы». Написано на основе современных представлений в области анатомии, физиологии и систематики грибов, водорослей и лишайников. Учебное пособие может быть использовано не только студентами, но и учащимися профильных классов, абитуриентами и учителями биологии при проведении лабораторных работ, на факультативных занятиях, во внеклассной работе.

УДК 582.26 (075.8)
ББК 28.59 я 73

© Лукомский А.В., Мартыненко В.П.
© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2003

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
МИКОЛОГИЯ	5
Надцарство Ядерные организмы, Эукариоты (<i>Eucaryota</i>).....	5
<i>Царство Грибы (Fungi)</i>	5
<i>Подцарство Миксобионта (Muxobionta)</i>	5
Отдел Миксомикота (<i>Мухомycota</i>), или Слизевики.....	5
Отдел Плазмодиофоромикота (<i>Plasmodiophoromycota</i>).....	7
<i>Подцарство Микобионта (Mycobionta)</i>	9
<i>Экологические группы грибов</i>	11
<i>Происхождение грибов</i>	12
<i>Значение грибов</i>	12
Отдел Хитридиомикота (<i>Chytridiomycota</i>).....	13
Отдел Оомикота (<i>Oomycota</i>).....	14
Отдел Зигомикота (<i>Zigomycota</i>).....	16
Отдел Аскомикота (<i>Ascomycota</i>).....	18
Отдел Базидиомикота (<i>Basidiomycota</i>).....	26
Отдел Дейтеромицота (<i>Deuteromycota</i>).....	34
АЛЬГОЛОГИЯ	36
<i>Основные типы морфологической структуры тела водорослей</i> ... 36	
<i>Размножение водорослей</i>	38
<i>Водоросли и среда</i>	39
Надцарство Доядерные организмы, Прокариоты (<i>Procaryota</i>).....	40
<i>Царство Дробянки (Schizophyta)</i>	40
<i>Подцарство Цианобионта (Cyanobionta)</i>	40
Отдел Цианеи, или Сине-зеленые водоросли (<i>Cyanophyta</i>).....	40
Надцарство Ядерные организмы, Эукариоты (<i>Eucaryota</i>).....	43
<i>Царство Растения (Plantae)</i>	43
<i>Подцарство Багрянки (Rhodobionta)</i>	43
Отдел Красные водоросли (<i>Rhodophyta</i>).....	43
<i>Подцарство Настоящие водоросли (Phycobionta)</i>	48
Отдел Пиррофитовые водоросли (<i>Pyrrophyta</i>).....	48
Отдел Золотистые водоросли (<i>Chrysophyta</i>).....	49

СОДЕРЖАНИЕ

Отдел	Диатомовые водоросли (<i>Bacillariophyta</i>)	51
Отдел	Желто-зеленые водоросли (<i>Xanthophyta</i>)	54
Отдел	Бурые водоросли (<i>Phaeophyta</i>)	57
Отдел	Зеленые водоросли (<i>Chlorophyta</i>)	64
Отдел	Харовые водоросли (<i>Charophyta</i>)	80
ЛИХЕНОЛОГИЯ		82
	<i>Морфология слоевища лишайников</i>	83
	<i>Анатомическое строение лишайников</i>	84
	<i>Размножение лишайников</i>	85
	<i>Экологические особенности лишайников</i>	87
	<i>Роль лишайников в природе и жизни человека</i>	88
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ		89
	<i>Латинские названия</i>	89
	<i>Русские названия</i>	92
СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ		96
ЛИТЕРАТУРА		97
	<i>Основная</i>	97
	<i>Дополнительная</i>	97

МИКОЛОГИЯ



Надцарство Ядерные организмы, Эукариоты (*Eucaryota*)

Надцарство характеризуется наличием в клетках ядра, окруженного ядерной оболочкой. В ядре содержатся хромосомы, состоящие из ДНК и белка. В цитоплазме присутствуют митохондрии, эндоплазматическая сеть и другие органоиды, присущие клетке. В растительной клетке присутствуют пластиды. К эукариотам чаще относят три царства: животные, грибы и растения.

Царство Грибы (*Fungi*)

К нему относятся подцарства Миксобионта (*Mixobionta*) и Микобионта (*Micobionta*), или настоящие грибы (диаграмма 1).

Наука, изучающая грибы, называется **микология** (от греч. *myces* – гриб и греч. *logos* – слово, учение).

Подцарство Миксобионта (*Mixobionta*)

Особенностью грибов подцарства Миксобионта является отсутствие грибницы. Их тело представлено плазмодием – голой протоплазменной массой. В подцарстве выделяют 3 отдела: Миксомикота, Плазмидиоформикота и Акразиомикота.

Отдел Миксомикота (*Mixomycota*), или Слизевики

Вегетативное тело миксомицетов представлено плазмодием – голой, слизистой многоядерной массой. В состав плазмодия входит вода, белки, жиры, углеводы и пигменты, которые придают миксомицетам розовую, черную, фиолетовую окраску. Размеры плазмодия – от микроскопических до нескольких десятков сантиметров в диаметре.

Большинство миксомицетов являются сапрофитными и живут в лесах в гниющих пнях, под корой пней и мертвых сучьев.

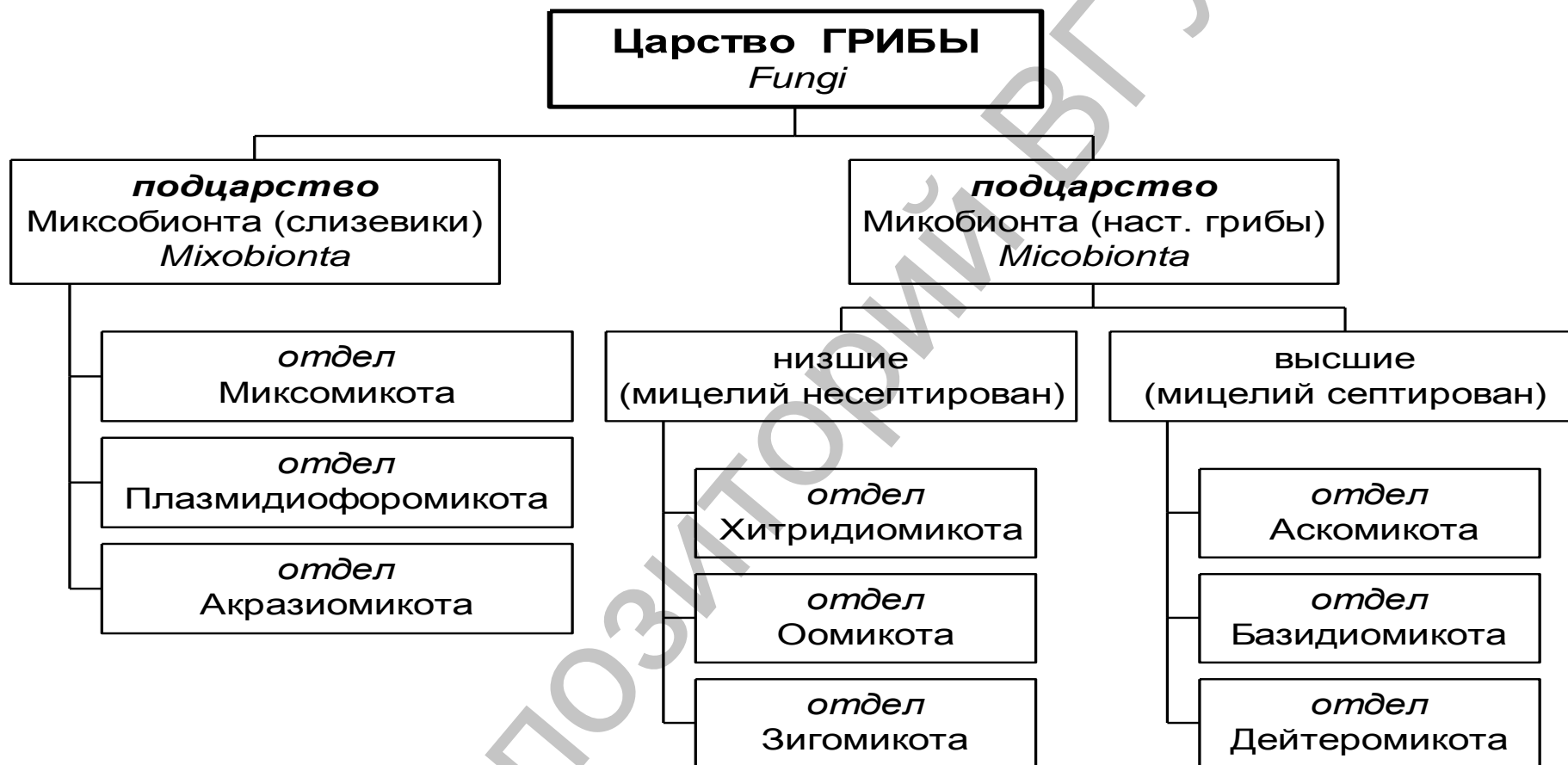
В зависимости от способа питания и образа жизни выделяют несколько классов. Мы рассмотрим класс миксогастеровые.

Класс Миксогастеровые (*Mixogasteromycetes*)

К классу относятся главным образом сапротрофные Миксомицеты, хотя в процессе движения они могут поглощать бактерий, амёб.

Растворенные в окружающей среде готовые органические вещества поступают в тело миксогастеровых миксомицетов осмотически. Миксогастеровые проявляют положительный трофотаксис и гидротаксис,

Диаграмма 1. Классификация царства Грибы¹



9

¹ Вопрос классификации грибов достаточно сложный, и единого мнения среди ученых разных стран и школ нет. Авторы предлагают один из взглядов на систему царства Грибы. Деление на высшие и низшие условно.

но отрицательный фототаксис, который к моменту размножения меняется на положительный.

К концу вегетации (к осени) миксомицеты (напр. *Lucogala*) выползают на поверхность субстрата, их поверхность уплотняется, и они превращаются в плодовые тела, в которых формируются споры (рис. 1). После их созревания оболочка плодового тела разрывается и споры рассеиваются в окружающей среде. При наличии влаги споры прорастают 4 или 8 зооспорами (имеют жгутики).

При большой концентрации зооспор последние ведут себя как гаметы – попарно сливаются. Образуется миксоамеба с диплоидным набором хромосом. Путем митоза диплоидное ядро многократно делится и образуется многоядерный плазмодий. Он перемещается, питается и растет до нового спороношения.

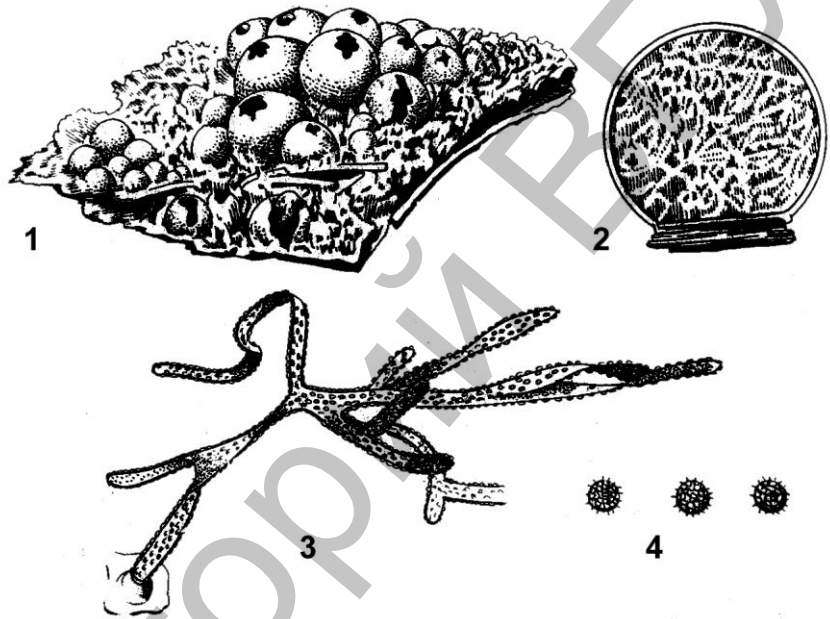


Рис. 1. *Lucogala*. 1 – эталии; 2 – зрелый эталий в разрезе; 3 – нить псевдокапиллиция; 4 – споры

У многих миксогастеровых для разрыхления спор при спороношении в плодовом теле имеются особые нити – капиллиции.

В классе насчитывается более 400 видов, относящихся к 4 порядкам: лициевые, трихиевые, физариевые, стемонитовые.

В природе чаще встречаются роды ликогола (порядок лициевые), трихия (трихиевые), фулиго и физарум (физаровые), стемонитес (стемонитовые).

Отдел Плазмодиофоромицота (*Plasmodiophoromycota*)

Класс Плазмодиофоровые (*Plasmodiophoromycetes*)

К классу относятся миксомицеты, которые являются облигатными (обязательными) паразитами. Весь их жизненный цикл проходит в клетках растения-хозяина.

К классу относится один порядок – плазмодиофоровые (*Plasmodiophorales*). Широко распространенными паразитами порядка являются плазмодиофора капустная и спонгоспора.

Плазмодиофора капустная (*Plasmodiophora brassicae*) паразитирует более чем на 200 видов растений семейства капустные (или крестоцветные).

Особый вред плазмодиофора капустная наносит капусте огородной (рис. 2). Споры, находящиеся в почве, весной при благоприятных условиях (+18-24 °С, рН среды 6,0-6,5 и влажность почвы 80-90 %) прорастают с образованием зооспор.

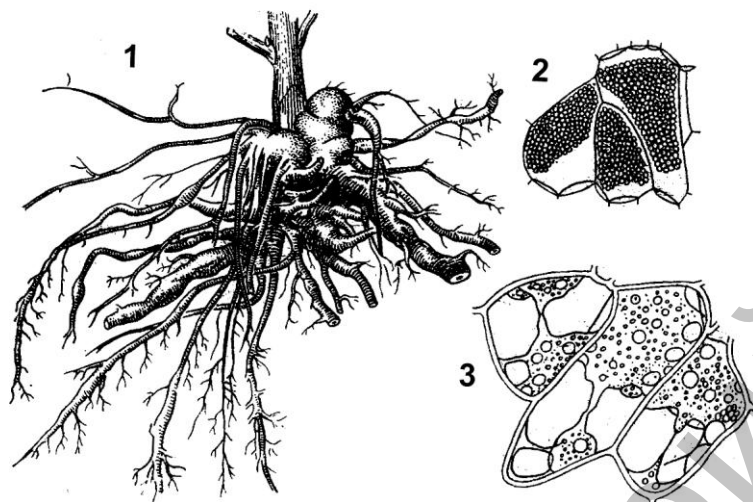


Рис. 2. *Plasmodiophora brassicae*. 1 – кила (наросты) на корнях капусты; 2 – клетки растения со спорами; 3 – клетки растения с плазмодием

Последние могут терять жгутики и превращаться в миксоамеб. Зооспоры и миксоамебы проникают в корневые волоски. Зооспоры сбрасывают жгутики, превращаются в миксоамебы, которые сливаются, ядра их митотически делятся и образуется многоядерный плазмодий. За счет питания плазмодий разрастается, заполняет всю клетку. Корень

уродливо разрастается. По этой причине заболевание получило название килы капусты. Качаны, в случае поражения капустной килкой, развиваются плохо и урожай снижается.

Меры предупреждения: соблюдение севооборота, известкование почвы, уничтожение кочерыжек, пораженных капустной килкой.

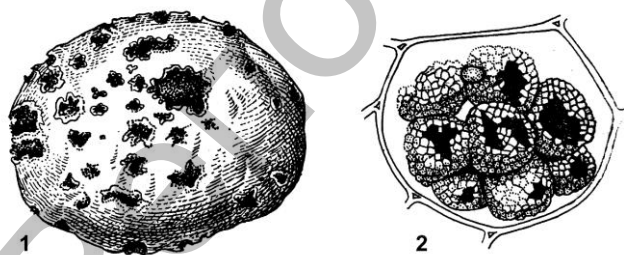


Рис. 3. *Spongospora solani*. 1 – парша на клубнях картофеля; 2 – губчатые комочки из спор в клетке клубня

Спонгоспора (*Spongospora*) или парша картофеля. Споры парши, находящиеся в почве превращаются в зооспоры, которые проникают в клетки эпидермиса клубней или корневые волоски картофеля. В покровных тканях клубней формируются многоядерные плазмодии. Созревший плазмодий распадается на массу спор,

которые через разрывы в тканях проникают в окружающую среду. Заболевание широко распространено в Республике Беларусь.

Подцарство Микобионта (*Mycobionta*)

Грибы этого подцарства имеют мицелий. В оболочках клеток содержится хитин, реже целлюлоза. Тело состоит из тонких ветвящихся нитей (гиф).

К подцарству относятся 6 отделов: Хитридиомикота, Оомикота, Зигомикота, Аскомикота, Базидиомикота и Дейтеромикота.

Общая характеристика подцарства. Насчитывается не менее 100 тысяч видов грибов. Тело большинства грибов представлено ветвящейся грибницей. В зависимости от строения мицелия грибы условно делят на: **низшие** и **высшие**. У низших грибов мицелий многоядерный без перегородок. У них никогда не образуются плодовые тела. У высших грибов мицелий состоит из одноядерных или двухъядерных клеток.

В клеточной оболочке грибов содержатся полисахарид хитин, белки, липиды, полифосфаты. В цитоплазме клетки присутствуют все органоиды общего назначения за исключением пластид.

По образованию в результате обмена веществ мочевины, присутствию в оболочке клеток хитина, наличию запасного углевода – гликогена грибы близки к животным. Однако питание путем всасывания, а не заглатывания пищи, неограниченный верхушечный рост, синтез витаминов, наличие клеточных стенок роднит их с растениями.

В зависимости от выполняемой функции мицелий может видоизменяться, превращаясь в:

- **плектенхиму** – ложную ткань, которая образуется в результате переплетения нитей грибницы;
- **мицеляльные тяжи** – параллельно направленные гифы;
- **ризоморфы** – это наиболее мощные мицеляльные тяжи с наружными гифами, выполняющими защитную функцию, и внутренними – проводящую;
- **склероции** – плотные переплетения гиф гриба, которые богаты питательными веществами и служат для перенесения неблагоприятных условий среды (склероции спорыньи ржи).

Размножение грибов может быть бесполом (вегетативное и спорами) и половым (диаграмма 2).

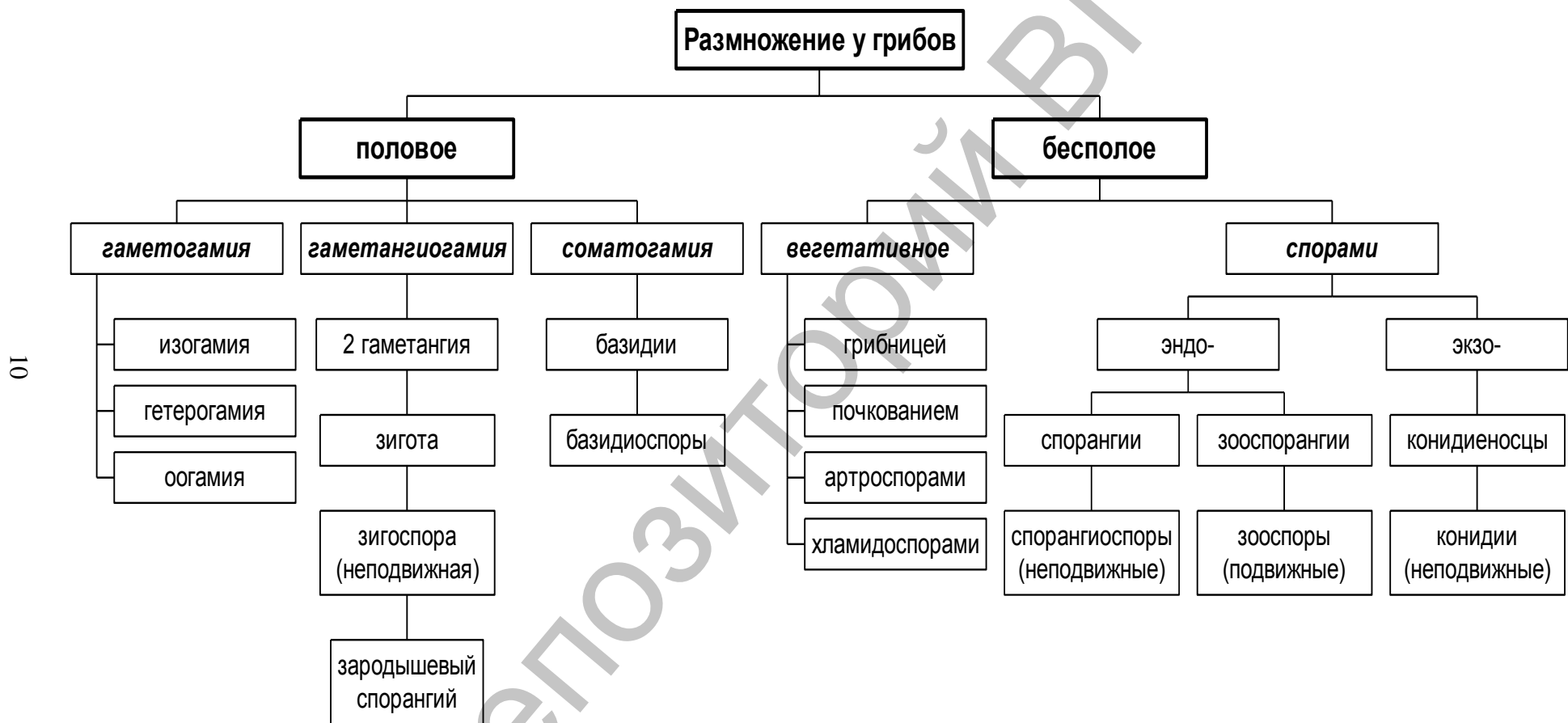
Вегетативное размножение осуществляется участками грибницы, почкованием, артрспорами, хламидоспорами.

Артрспоры образуются в результате распада мицелия на короткие клетки, каждая из которых может дать начало новому грибу.

Хламидоспоры образуются, как и артрспоры, но отличаются более толстыми оболочками.

Собственно бесполое размножение осуществляется с помощью специализированных клеток – спор. Споры могут формироваться

Диаграмма 2. Способы размножения у грибов¹



10

¹ Подробнее типы полового процесса при гаметогамии см. Рис. 21 с. 38.

эндогенно – внутри споровместилищ (спорангиев или зооспорангиев). У многих грибов споры формируются экзогенно на концах выростов мицелия – конидионосцах.

У низших грибов собственно бесполое размножение происходит с помощью подвижных спор – зооспор.

Половое размножение может происходить путем:

- гаметогамии – слияние половых клеток – гамет, которые образуются во вместилищах – гаметангиях. Гаметогамия может быть в виде:
 - изогамии,
 - гетерогамии,
 - оогамии.
- гаметангиогамии – слияние содержимого мужского и женского гаметангиев;
- соматогамии – слияние двух вегетативных клеток мицелия.

Для ряда грибов характерен гетероталлизм, когда сливаются клетки мицелиев разного пола.

У дейтеромицетов (несовершенных грибов) половой процесс заменяется гетерокариозом (разноядерностью) и парасексуальным процессом. При наличии разных ядер происходит передвижение их из одного участка мицелия в другой. Но слияния ядер (оплодотворения) не происходит.

Слияние ядер после перехода их в другую клетку называется парасексуальным процессом. Диплоидные ядра делятся, поэтому возможна перестройка генетического материала.

У грибов встречается плеоморфизм (многообразие). Для таких грибов характерно несколько типов спороношений (спорангиоспорами и конидиеспорами).

В циклах развития грибов происходит закономерная смена гаплоидной и диплоидной ядерных фаз (у некоторых еще дикарионная).

Экологические группы грибов

Грибы широко распространены в природе. Экологические группы выделяют на основании среды их обитания и заселяемых ими субстратов:

- 1) Почвенные грибы – самая обширная группа. Они участвуют в разложении (минерализации) органического вещества и образовании гумуса. Среди них выделяют:
 - а) копрофилы – грибы, обитающие на богатой перегноем почве, на навозных кучах;
 - б) кератинофилы – развиваются на рогах, копытах и волосах животных;

- c) ксилوفиты – разрушают как живую, так и мертвую древесину;
 - d) хищные – питаются нематодами...
- 2) Водные грибы обитают в воде и по характеру питания могут быть:
- a) сапротрофы – питаются остатками растений (сапрофиты) и животных;
 - b) паразиты растений и животных.
- 3) Известна большая группа микоризных грибов – симбиолитов, т.е. сожителей с высшими растениями.

По способу питания грибы делят на:

- сапротрофы – питающиеся готовыми органическими веществами отмерших организмов;
- паразиты – поселяются в (на) теле живых растений и животных.

Грибы могут поселяться на промышленных материалах, изделиях и повреждать металл, кожу и изделия из нее, картины, иконы, книги...

Происхождение грибов

Существуют две гипотезы происхождения грибов. Наиболее вероятной является та, согласно которой грибы происходят полифилитично – разные классы от бесцветных флагеллат. Согласно второй гипотезе грибы произошли монофилитично, т.е. от одной группы предков. Особенности полового процесса и наличие целлюлозы в оболочках клеток позволяет предположить, что оомицеты произошли от разножгутиковых водорослей в процессе потери ими хлорофилла.

Значение грибов

Грибам принадлежит выдающаяся роль в:

- круговороте веществ в природе;
- разложении растительных и животных остатков, попадающих в почву;
- образовании в почве гумуса (перегноя);
- повышении плодородия почв и др.

Грибы человек использует в пищу, для приготовления и получения биологически активных веществ, антибиотиков, препаратов для биологических методов борьбы с вредителями и болезнями.

Отрицательная роль грибов состоит в том, что грибы-паразиты вызывают болезни растений, животных и человека.

Сапротрофные грибы разрушают древесину, постройки, портят книги, произведения искусств, оптику, металлы.

Отдел Хитридиомикота (*Chytridiomycota*)

Класс Хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*)

Вегетативное тело хитридиомицетов состоит из плазмодия или зачаточного мицелия. В оболочках их клеток содержится до 60% хитина. Собственно бесполое размножение происходит одножгутиковыми зооспорами. Половой процесс – гаметогамия (изо-, гетеро-, оогамия). Многие хитридиомицеты являются паразитами растений и животных.

К классу относятся порядки хитридиевые и моноблефаридовые.

Порядок Хитридиевые (*Chytridiales*)

Являются внутриклеточными паразитами животных и растений. Их вегетативное тело представлено плазмодием или зачаточным мицелием.

Грибы рода ольпидиум (*Olpidium*) поражают корни некоторых сельскохозяйственных растений.

Ольпидиум капустный паразитирует на рассаде капусты (рис 4). В почве (или в растительных остатках) находятся цисты гриба (1). Весной в цистах происходит кариогамия (2) и они прорастают зооспорами (3). Попад на поверхность стебля капусты на границе с почвой, зооспора сбрасывает жгутик (4), одевается оболочкой и проникает в клетку эпидермиса (5). Ядро делится и образуется плазмодий. Затем плазмодий движется в более глубокие слои тканей корня. Ядро его многократно делится. После чего многоядерный плазмодий покрывается оболочкой и превращается в зооспорангий (6). Через выводковый канал зооспоры покидают спорангий (7) и заражают новые растения (8). При ухудшении условий зооспоры, покинувшие зооспорангий, ведут себя как гаметы (9) попарно копулируют (сливаются). Образовавшаяся зигота (10) проникает в корень и превращается в цисту (1).

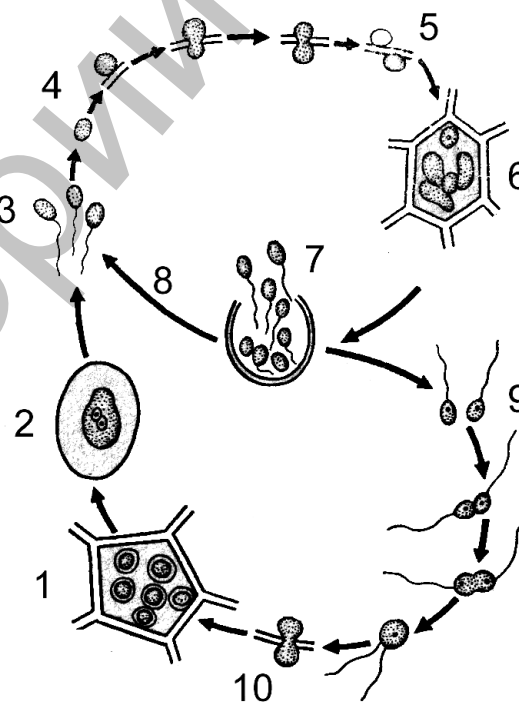


Рис. 4. Цикл развития *Olpidium*.
Пояснения в тексте

При ухудшении условий зооспоры, покинувшие зооспорангий, ведут себя как гаметы (9) попарно копулируют (сливаются). Образовавшаяся зигота (10) проникает в корень и превращается в цисту (1). После периода покоя циста прорастает зооспорами (2, 3...7).

В фазе образования первых листьев стебель рассады капусты на границе с почвой чернеет, истончается, загнивает и растение гибнет.

Меры предупреждения: недопущение загущенности рассады, избыточной влажности в парниках.

Синхитриум (*Synchytrium*) поражает клубни картофеля. Внешне болезнь проявляется в виде опухоли на клубнях (рис. 5). Из цист, которые находятся в почве, формируется зооспорангий с одножгутиковыми зооспорами. Зооспоры покидают спорангий, приближаются к клубню картофеля, сбрасывают жгутики, проникают в клубень через его глазки и превращаются в плазмодий. Его ядро многократно делится и формируется летняя циста. Циста прорастает и образует собрание (сорус) из 5–9 зооспорангиев. В каждом из них – около 300 зооспор. Зооспоры, покидая спорангий, заражают новые клубни. Осенью в клубнях образуются зимние цисты, которые жизнеспособны до 20 лет.



Рис. 5. *Synchytrium* (рак картофеля, внешний вид)

Меры предупреждения: разведение ракоустойчивых сортов, севооборот. Болезнь не имеет широкого распространения на Беларуси.

Порядок Моноблефаридовые (*Monoblepharidales*)

Грибы порядка характеризуются наличием грибницы (мицелия). Развиваются как сапротрофы в чистой воде на сучьях весной или осенью. Моноблефарис (*Monoblepharis*) при температуре 8-11 °С образует цилиндрические зооспорангии. Зооспора с одним жгутиком покидает спорангий и, прикрепившись на подходящем субстрате (подводных сучьях) прорастает сразу с двух концов, образуя ризоиды и гифы. При температуре 20-21 °С на грибнице закладываются половые органы: оогонии и антеридии. В оогонии содержится одна яйцеклетка. Оплодотворение яйцеклетки осуществляется сперматозоидом. Из зиготы вырастает новый мицелий.

Отдел Оомикота (*Oomycota*)

Класс Оомицеты (*Oomycetes*)

К классу оомицеты относятся грибы, имеющие хорошо развитый многоядерный, не поделенный перегородками мицелий. Клеточная оболочка состоит из целлюлозы и глюканов. Собственно бесполое размножение происходит зооспорами с двумя жгутиками (перистым и гладким). Половой процесс – оогамия.

Обитают в водной и наземной среде. Среди них встречаются сапротрофы и паразиты.

Важнейшими порядками являются сапролегниевые и пероноспорные.

Порядок Сапролегниевые (*Saprolegniales*)

Представители являются сапротрофами и паразитами главным образом водных растений и животных. У грибов порядка наблюдается дипланетизм зооспор, когда две стадии зооспор сменяют друг друга. Первичные зооспоры имеют грушевидную форму, вторичные – почковидную.

Род сапролегния (*Saprolegnia*) включает сапротрофные и паразитные виды. Сапротрофные виды в лабораторных условиях можно вырастить на семенах льна, белке куриного яйца.

Сапролегния паразитная (*S. parasitica*) наносит заметный экономический ущерб прудовым хозяйствам, так как паразитирует на растительноядных рыбах. Вторичная зооспора почковидной формы внедряется в травмированные участки тела рыбы, в жабры и прорастает мицелием.

При половом размножении на мицелии образуются оогонии и антеридии (рис. 6). Содержимое антеридия (цитоплазма и ядра) переливаются в оогоний и оплодотворяют яйцеклетку. Образовавшаяся зигота прорастает после периода покоя мицелием.

Меры предупреждения: чистая вода в прудах и хорошая аэрация.

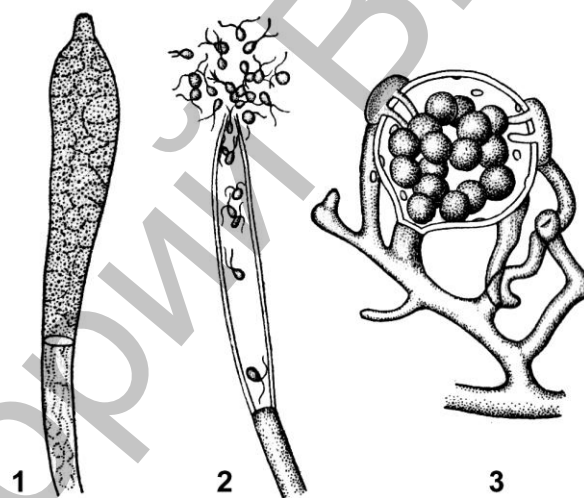


Рис. 6. Сапролегния. 1 – зооспорангий; 2 – выход зооспор; 3 – оогоний и два антеридия (оплодотворение)

Порядок Пероноспоровые (*Peronosporales*)

Эволюция пероноспоровых, видимо, шла по линии приспособления от водного к наземному существованию (способность образовывать хламидоспоры, жизнеспособные несколько лет), и переходу от сапротрофного к паразитическому образу жизни.

"Примитивные" формы пероноспоровых грибов имеют разнообразную ферментную систему и поэтому могут поселяться на различных органических остатках.

Паразитические грибы приобрели способность проникать в растения через устьица листьев, глазки на клубнях. Мицелий их развивается межклеточно и не способен жить сапротрофно.

Мицелий пероноспоровых вначале не имеет перегородок, но с возрастом они появляются. У части грибов мицелий многоклеточный и может сохраняться в луковицах, семенах растений-хозяев. Распространены повсеместно.

Фитофтора инфекционная (*Phytophthora infestans*), паразитирующая на картофеле и томатах (рис. 7), наносит народному хозяйству наибольший

вред. Фитофтора поражает клубни, побеги, листья картофеля (листья, стебли и плоды томатов). Мицелий гриба сохраняется в слабо пораженных клубнях картофеля (или в почве). После посадки клубней мицелий по

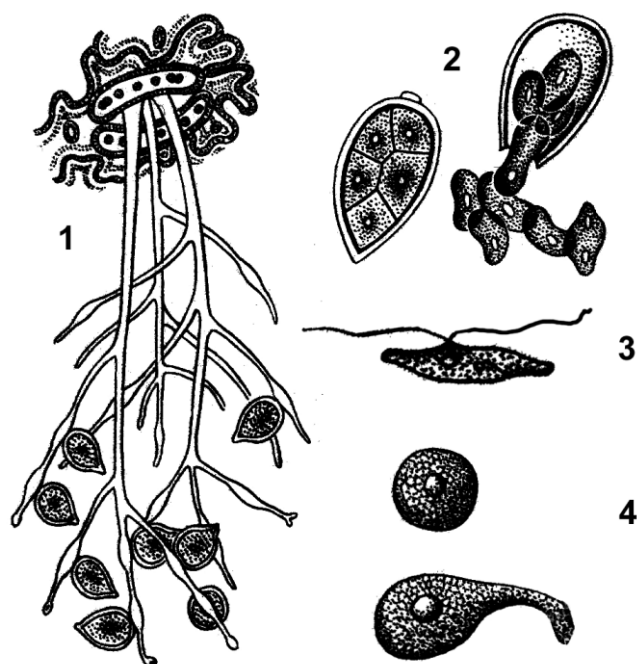


Рис. 7. *Phytophthora infestans*. 1 – конидиеносцы с конидиями; 2 – зооспорангии; 3 – зооспора; 4 – прорастание зооспор

межклетникам поднимается к листьям развивающегося побега картофеля. Летом через устьица листа в воздушную среду выступают спорангионосцы, на концах которых находятся зооспорангии, которые могут переноситься ветром и прорасти 4–8 зооспорами (при благоприятной влажной погоде) или одиночной гифой (в засушливую погоду). Попадая в почву или проникая в клубни и листья других кустов картофеля, они, в течение короткого времени (недели), вызывают массовое заражение. Внешне это заметно по листьям, которые чернеют и сморщиваются.

Половое размножение (оогамия) происходит только на родине – в Андах (Южная Америка). Гриб гетероталличен, а в Европу попал мицелий только одного полового знака.

Меры предупреждения: посадка устойчивых к фитофторе сортов, обработка полей фунгицидами, соблюдение севооборотов.

Другие виды фитофторы поражают растения 42 семейств: злаки, маревые, капустные (крестоцветные), сельдерейные (зонтичные) и т.д. Фитофтора вызывает гниль плодов земляники, раковые трещины основания стволов яблонь.

Отдел Зигомикота (*Zigomycota*)

Класс Зигомицеты (*Zygomycetes*)

Зигомицеты имеют хорошо развитый неклеточный мицелий, который в зрелом состоянии может быть поделенным на клетки. Название класса происходит от полового процесса зигогамии – слияние гаметангиев разных или одного и того же мицелия.

Собственно бесполое размножение осуществляется неподвижными спорангиоспорами или конидиеспорами.

Важнейшими порядками класса являются мукоровые и энтомофторовые.

Порядок Мукоровые (*Mucorales*)

Мукоровые грибы чаще являются сапротрофами и только немногие ведут паразитический образ жизни. Они широко распространены в природе. В почве мукоровые принимают активное участие в разложении органических остатков. Они активно поселяются на экскрементах травоядных животных. Мукоровые часто являются причиной порчи кормов и пищевых продуктов.

Размножаются мукоровые бесполом и половым способами.

Собственно бесполое размножение. Эндогенные споры могут формироваться в спорангиях, стило- и мероспорангиях. Спорангии являются шаровидными образованиями на спорангионосе. В стилоспорангиях спорангионосец оканчивается расширенным куполом (колонкой). Мероспорангии имеют цилиндрическую форму, и споры в них располагаются цепочкой.

Экзогенные споры являются конидиеспорами, которые располагаются на конидиеносцах открыто (не имеют вместилища). Конидиеспоры, вероятно, являются более совершенной формой бесполого размножения.

Половое размножение. При половом процессе – зигогамии копулируют многоядерные клетки на концах гиф, отделенные перегородкой от остального мицелия.

Продуктом зигогамии является зигоспора – одноклеточное образование шаровидной формы с многослойной оболочкой. Внутри происходит множественная кариогамия (слияние ядер). После периода покоя зигоспора прорастает мицелием (рис. 8).

Центральное положение в порядке мукоровых занимает мукор (*Mucor*), относящийся к семейству мукоровых (*Mucoraceae*). На мицелии формируются стилоспорангии со спорами. Питается мукор сапротрофно – в почве, на пищевых продуктах. Мукор легко вырастить в лабораторных условиях, т.к. его споры присутствуют повсеместно.

Бесполое размножение мукора происходит вегетативно (фрагментами грибницы) и спорами.

Мукоровые грибы (ризопус японский, рисовый, китайский, малоспоровый, актано-мукор изящный) используются в странах Азии для закваски и приготовления блюд из сои, риса; для получения спирта из картофеля. Некоторые мукоровые являются паразитическими грибами и

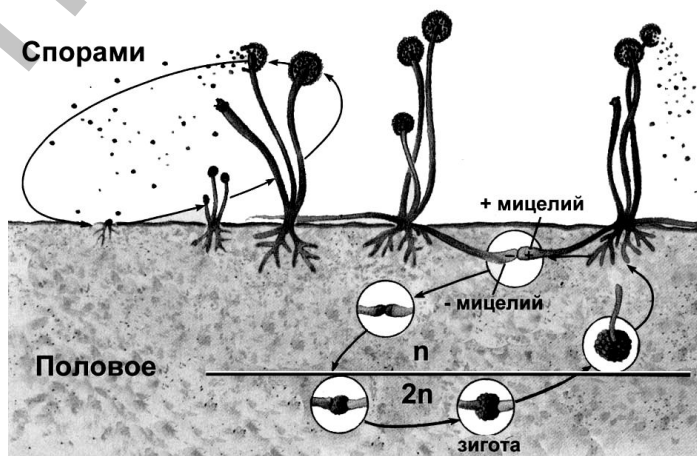


Рис. 8. *Mucor*. Половое и собственно бесполое размножение. Пояснения в тексте

вызывают микозы легких (ложный туберкулез), головного мозга человека, животных и птиц.

Порядок Энтомофторовые (*Entomophthorales*)

Энтомофторовые служат примером перехода низших грибов к наземному образу жизни. В связи с этим подвижные споры (зооспоры) сменяются конидиеспорами. Энтомофторовые являются паразитами насекомых. Зрелый мицелий этих грибов имеет перегородки (септирован).

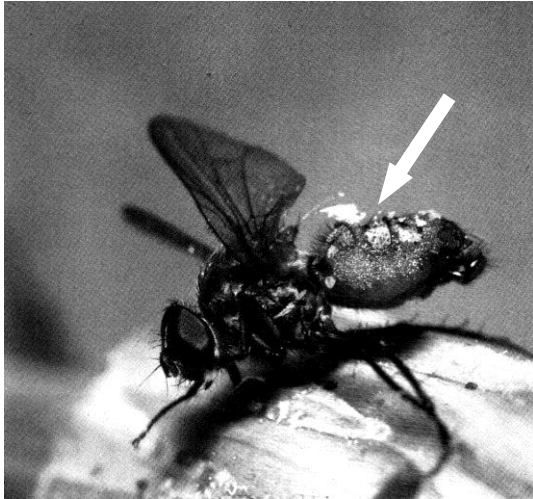


Рис. 9. *Entomophthora muscae*. Стрелкой показано повреждение мухи, вызванное грибом

Кроме собственно бесполого размножения конидиями у них имеется половое размножение (зигогамия).

Характерным представителем является энтомофтора муховая (*Entomophthora muscae*). Конидиеспоры ее прорастают в теле мухи мицелием, который убивает ее (рис. 9), а гриб ризоидами приклеивается к стеклу. Конидиеносцы, вырастающие на мицелии, отстреливаются и попадают на новую жертву (муху).

Филогенетически энтомофторовые, видимо, являются уклонившейся ветвью эволюции зигомицетов.

Предками зигомицетов, возможно, могли быть безжгутиковые амeboидные флагаелляты или предок у них общий с хитридиевыми.

Отдел Аскомикота (*Ascomycota*)

Класс Сумчатые грибы, или Аскомицеты (*Ascomycetes*)

Сумчатые грибы относятся к высшим грибам, т.к. мицелий у них септирован (клетки одноядерные). Дикариотное и диплоидное состояния мицелия у сумчатых грибов кратковременные. В оболочках клеток содержится хитин (20-25%). В результате полового процесса у многих образуются плодовые тела с сумками. В сумке обычно 8 спор. Кроме полового у сумчатых грибов имеется и бесполое размножение (вегетативное и спорами).

Вегетативное размножение происходит участками мицелия, почкованием, делением клеток, артро- и хламидоспорами.

Собственно бесполое размножение конидиеспорами – наиболее эффективный способ массового распространения грибов. Конидиеносцы часто собраны в пучки (коремии), подушечки (спородохии) или развиваются на поверхности сплетения гиф (ложа).

Половое размножение у "примитивных" сумчатых грибов происходит с

помощью соматогамии и гаметангиогамии. Плодовые тела отсутствуют и сумки, образующиеся в результате полового процесса, располагаются прямо на мицелии. Сумки протуникатные – с тонкой оболочкой, которая при созревании аскоспор ослизняется или разрушается.

У грибов класса аскомицетов на мицелии образуются женские и мужские половые органы: женские – архикарпы (состоят из нижней расширенной части – аскогона и верхней суженной – трихогины); мужские – антеридии. В результате полового процесса образуется плодовое тело с сумками. В сумке обычно содержится 8 спор. Сумки высокоорганизованных аскомицетов эутуникатные – однослойные и двухслойные. В цикле развития высших сумчатых грибов следуют друг за другом следующие фазы:

- длительная гаплоидная с одноядерным мицелием, на котором развивается конидиальное спороношение;
- короткая дикарионтическая (в виде аскогенных гиф);
- самая непродолжительная диплоидная фаза (диплоидное ядро материнской клетки сумки).

Возможными предками сумчатых грибов могли быть красные водоросли. Гипотеза основывается на сходстве полового размножения. На основании другой гипотезы предками сумчатых грибов могли быть зигомицеты, т.к. у тех и других грибов встречается половой процесс – гаметангиогамия (зигогамия).

Биохимические исследования позволяют считать, что предками сумчатых грибов могли быть хитридиомицеты.

Сумчатые грибы делят на три подкласса: голосумчатые (гемиаскомицеты), плодосумчатые (эуаскомицеты), и локулоаскомицеты¹.

Подкласс Голосумчатые (*Hemiascomycetidae*)

Характерная особенность голосумчатых – отсутствие плодовых тел. Сумки развиваются одиночно на мицелии. К подклассу относятся порядки: эндомицетовые, тафриновые и аскосферовые.

Порядок Эндомицетовые (*Endomycetales*)

Сумка развивается из зиготы без участия аскогенных гиф. У большинства эндомицетовых настоящий мицелий отсутствует. Клетки размножаются делением или почкованием.

Половое размножение у эндомицетов происходит с помощью соматогамии или гаметангиогамии.

Вегетативное размножение – почкование.

¹ Систематика класса основана на расположении сумок: открыто на мицелии, в особых локулах (полостях) или на плодовых телах.

Большинство голосумчатых грибов являются сапротрофными грибами. Есть среди них и паразиты. В природе широко распространены сахаромицеты. Их используют в хлебопечении, виноделии, для получения биологически активных веществ. Представителями сахаромицетов являются дрожжи (*Saccharomyces*), вызывающие процессы брожения. Важное практическое значение имеют хлебные, пивные и винные дрожжи.

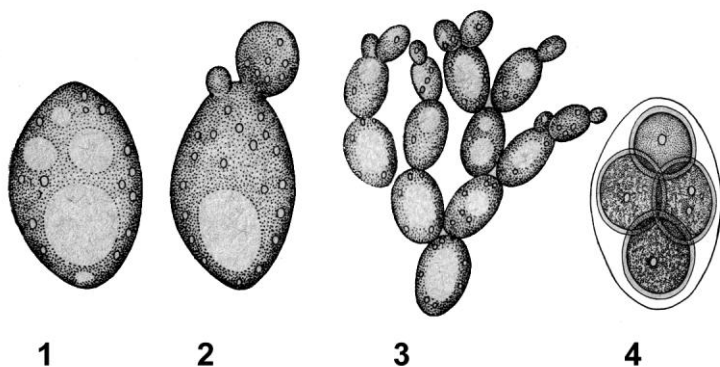


Рис. 10. *Saccharomyces cerevisiae*. 1 – отдельная клетка; 2 – начало почкования; 3 – почкование; 4 – сумка со спорами

большинства доминирует гаплоидная фаза.

Собственно бесполое размножение происходит с помощью сумкоспор.

Порядок Тафриновые (*Taphrinales*)

Тафриновые грибы вызывают уродство плодов слив и образование ведьминых метел на побегах березы и других деревьев.

Порядок Аскоферовые (*Ascospaerales*)

Пчелиная аскофера (*Ascospaeraapis*) паразитирует на личинках пчел, вызывая заболевание известное под названием известковой или каменной детки, при которой погибает расплод.

Подкласс Эуаскомицеты (*Euascomycetidae*)

В результате полового процесса эуаскомицетов образуются плодовые тела, которые служатместищем для сумок со спорами. Только у "примитивных" представителей подкласса сумки образуются на мицелии, плодовых тел у них нет. Длительная гаплоидная фаза с одноядерными клетками у эуаскомицетов сменяется короткими дикарионной и диплоидными генерациями. При половом процессе в плодовых телах сначала происходит плазмोगамия, а затем кариогамия.

Половой процесс¹: Половые органы эуаскомицетов располагаются на грибнице рядом. Женский половой орган состоит из расширенной части –

Хлебные дрожжи (*S. cerevisiae*) в природных условиях не встречаются (рис. 10).

Пивные дрожжи (*S. carlsbergensis* и *S. uvarum*) используют в пивоварении. В природе широко распространены винные дрожжи (*S. vini*).

Половое размножение – соматогамия (слияние соматических клеток). У

¹ Половой процесс плодосумчатых грибов (эуаскомицетов) изучен немецким ученым Клаусеном в 1912 г. на примере гриба п и р о н е м ы .

аскогона и суженной трихогины, расположенной на верху аскогона. Из мужского полового органа (антеридия) по трихогине многоядерное содержимое переливается в аскогон. Это первый этап полового процесса – плазмोगамия. Ядра аскогона и антеридия не сливаются, а располагаются рядом – образуются пары ядер – дикарионы. От основания аскогона отрастают аскогенные гифы, в которые переходят дикарионы. Аскогон оплетается грибницей и приобретает черты плодового тела. От его основания отрастают аскогенные гифы, куда перетекают дикарионы. Гифы нарастают, ветвятся, а дикарионные ядра делятся, чтобы обеспечить дикарионами каждую клетку мицелия внутри плодового тела. В конечной (верхушечной) клетке гифы происходит заключительный этап полового процесса – слияние несестринских ядер (кариогамия). В клетке происходит мейоз, в результате чего образуется сумка с 8 спорами. Клетка превращается в сумку.

В плодовом теле редко образуется одна сумка. Обычно их много: и они образуют слой сумок.

Существуют три типа плодовых тел:

- клейстотеции – считается наиболее "примитивным". Сумки из него освобождаются только после сгнивания – разрушения стенки;
- перитеции – имеют кувшинообразную форму и отверстие на вершине для выхода сумок. Сумки в перитециях располагаются упорядоченно. По мере созревания спор в сумках, последние выскальзывают через отверстие из перитеция;
- апотеции – наиболее совершенный тип плодового тела. Оно открытое – чашевидное или блюдцевидное и сумки в нем располагаются сплошным слоем – гимением.

В зависимости от типа плодового тела эуаскомицеты делят на три группы порядков: плектомицеты, пиреномицеты, дискомицеты.

Группа порядков Плектомицеты

К плектомицетам относятся грибы с плодовыми телами клейстотециями, редко – перитециями. Сумки протуникатные (без крышечки на вершине).

Плектомицеты включают в себя порядок Эуроциевые (*Eurotiales*). Часто порядок называют Плектасковыми (*Plectascales*) или Аспергилловыми.

При наличии полового процесса к ним относят аспергилл и пеницилл (рис. 11). Большинство эуроциевых грибов являются сапротрофами (на

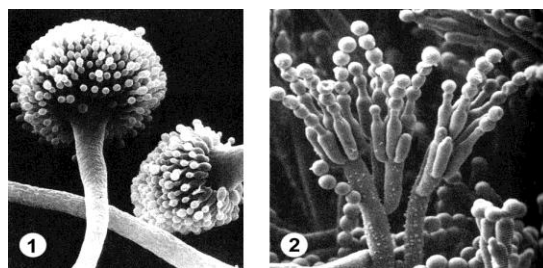


Рис. 11. Конидиеносцы.
1 – *Aspergillus*; 2 – *Penicillium*

поверхности субстрата образуют плесени), но среди них встречаются и патогенные для человека и животных грибы, вызывающие дерматофиты ног, волос, ногтей.

Группа порядков Пиреномицеты

Относятся грибы, у которых плодовые тела клейстотеции и перитеции. Группа порядков пиреномицеты включает порядки эризифовые и спорыньевые.

а) Порядок Эризифовые (*Erisiphales*)

Плодовые тела клейстотеции. На их поверхности имеются выросты – придатки.

Род Эризифе или Мучнистая роса (*Erisiphe*). Мицелий одно- и многолетний. Есть виды, поражающие пшеницу, рожь, ячмень. На вегетативных органах (листьях, стеблях) образуются подушечки грибницы, на которых формируются конидиеносцы с конидиеспорами. Сумчатая стадия образуется после полового процесса. У эризифовых грибов, паразитирующих на злаках, зимует мицелий и клейстотеции.

Мучнистой росой поражается картофель, земляника, розы....

Широко распространенным мучнисто-росяным грибом является сферотека крыжовника (*Sphaerotheca mors-uvae*), поражающая побеги, листья и плоды крыжовника (рис. 12). Сферотека крыжовника может



Рис. 12. Плоды и побеги крыжовника, пораженные *Sphaerotheca mors-uvae*

паразитировать и на черной смородине. Споры сферотеки на молодых ягодах крыжовника прорастают грибницей. Специальные присоски – гаустории проникают в ягоду, извлекают питание для грибницы и последняя разрастается, окутывая ягоду. На грибнице закладываются органы полового размножения аскогон и антеридии. В результате полового процесса образуется плодовое тело клейстотеций с округлой сумкой и 8 спорами.

Меры предупреждения: обработка растений ранней весной фунгицидами и агротехнические мероприятия (обрезка побегов, прореживание кустов, перекопка осенью приствольных кругов...).

б) Порядок Спорыньевые (*Clavicipitales*)

Плодовые тела – перитеции спорыньевых грибов формируются в специальных образованиях – стромах. Стромы образуются в покоящихся склероциях, состоящих из плотного сплетения гиф гриба. Спорыньевые грибы паразитируют на ржи, пшенице, ячмене, пырее, тимофеевке. Есть спорыньевые, являющиеся паразитами членистоногих (насекомых и

паукообразных).

Спорынья пурпурная (*Claviceps purpurea*), паразитирующая на ржи, наиболее известна (рис. 13). На месте зерновки в колосьях образуются

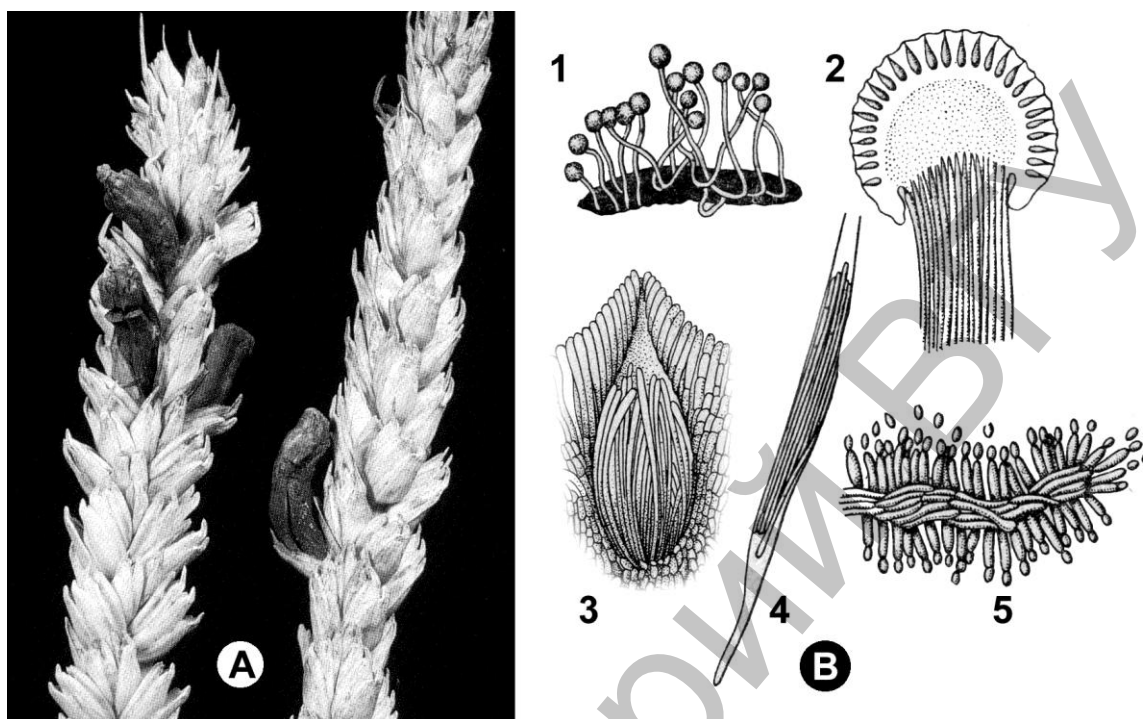


Рис. 13. *Claviceps purpurea*. А – колос ржи со склероциями; В – спорынья: 1 – проросший склероций со строматами; 2 – головка стромы; 3 – перитеций с сумками; 4 – сумка с аскоспорами; 5 – конидиальная стадия

черные склероции. После зимы склероции прорастают 20-30 булавовидными строматами красноватой окраски. По их периферии закладываются половые органы аскогоны и антеридии. В результате полового процесса образуются многочисленные полуоткрытые плодовые тела перитеции с сумками. Сумки выскальзывают из перитециев, раскрываются и споры рассеиваются в окружающую среду. Подхваченные ветром они попадают на рыльце пестика цветков ржи и прорастают мицелием. На мицелии формируются конидиеносцы со спорами. Благодаря выделяющейся сладковатой жидкости "медвяной росе" споры разносятся насекомыми на рыльца пестиков других цветков ржи. К осени на месте зерновок формируются склероции.

Долгое время заболевание под названием эрготизм было загадкой для людей. Познее выяснилось, что оно вызывается действием алколоидов, содержащихся в склероциях спорыньи. Склероции используются в фармакологии. Из них готовят препараты для лечения сердечно-сосудистых и нервных заболеваний, применяют в акушерстве и гинекологии.

Группа порядков Дискомицеты

Плодовые тела дискомицетов – апотеции. Сумки с нитями (парафизами) располагаются сплошным гимениальным слоем. Споры

рассеиваются активно. К дискомицетам относятся порядки гелоциевые, пецицевые и трюфельевые.

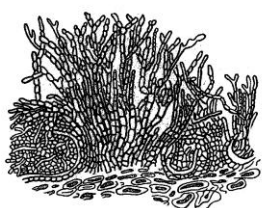
а) Порядок Гелоциевые (*Helotiales*)

Сумки гелоциевых грибов открываются трещиной или порой. Споры их многоклеточные. Многие гелоциевые являются сапротрофами и активно разлагают субстрат осеннего листопада. Почти все грибы семейства склеротиниевых являются паразитами растений семейства розовых и брусничных.

Монилия фруктовая (*Monilinia fructigena*) является возбудителем черной гнили плодов яблони и груши (рис. 14). Яблоки, пораженные монилинией, буреют, покрываются



1



2



3

Рис. 14. *Monilinia fructigena*. 1 – пораженные плоды; 2 – конидиальная стадия; 3 – отдельные конидиеносцы

расположенными концентрическими группами желтоватыми подушечками – конидиеносцами. Осенью плоды теряют воду, мумифицируются и превращаются в склероции. Весной на склероциях снова формируются конидиеносцы со спорами, которые попада-

ют на рыльце пестика цветка яблони и вызывают первичное заражение.

Меры предупреждения: плоды, пораженные монилинией подлежат сбору и уничтожению (глубокому закапыванию, сжиганию).

б) Порядок Пецицевые (*Pezizales*)

Плодовые тела пецицевых – апотеции. Сумки открываются крышечкой. В гимениальном слое наряду с сумками всегда присутствуют парафизы. Аскоспоры одноклеточные. Пецицевые являются сапротрофами, но некоторые паразитируют на растениях. Наиболее характерными родами являются моршелла (сморчок), верпа, гелвелла, пецица, пиронема, саркосцифе.



Рис. 15. *Morchella*

У грибов рода сморчок (*Morchella*) апотеции крупные, высотой около 10 см, имеющие ножку и шляпку (рис. 15). Развиваются весной как типичные сапротрофы. В отличие от других грибов половой процесс у них не по типу гриба пиронемы, а соматогамия. Сморчки съедобны. В строчках гигантском и обыкновенном, а также в апотециях некоторых гелвелл обнаружен токсин *гиромитрин*. Он не удаляется длительным кипячением. У грибов

рода сморчок гиромитрин не обнаружен.

В смешанных лесах на почве и гниющей древесине поселяется саркосцифа ярко-красная (*Sarcoscypha coccinea*), появляющаяся в конце апреля – в начале мая.

в) Порядок Трюфельевые (*Tuberales*)

Являются подземными аскомицетами. В начале развития плодовые тела – апотеции имеют блюдцевидную форму. Но под воздействием механического фактора (почвы) приобретают клубневидную форму массой иногда до 1 кг. Наружная поверхность плодового тела трюфеля кожистая и носит название перидий. Внутренняя "ткань" гриба на разрезе имеет мраморный рисунок и состоит из светлых и темных прожилок – вен. Сумки трюфеля располагаются в плодовом теле на внутренних венах. Форма сумок разнообразная. Трюфельевые грибы являются обязательными микоризообразователями и поэтому произрастают совместно с теми или иными породами деревьев.

В Красной книге Республики Беларусь трюфеля красно-бурый (*Hydnотria tulasnei*), желковистый (*H. bombicina*), беловатый (*H. borchii*).

Подкласс Асколокулярные (*Loculoascomycetidae*)

От других аскомицетов асколокулярные грибы отличаются тем, что сумки у них развиваются не в типичных перитециях, а стромоподобных образованиях, называемых аскостромами или псевдотециями. Каждая сумка у них формируется в полости плодового тела (локуле).

Порядок Дотидиальные (*Dotidiales*)

В аскостромах образуются одна или несколько перитециевидных локул. Сумки в них развиваются пучками. Такие плодовые тела называют псевдотециями. Известны сапротрофные и паразитные асколокулярные грибы. Характерно сумчатое и конидиальное спороношение (рис. 16).

Вентурия неравная (*Venturia inaequalis*) и грушевая (*V. pirina*) является паразитом яблони и груши. Они развиваются на листьях, побегах и плодах яблонь и груш, вызывая заболевания под названием парша.

Значительный ущерб плодам причиняет конидиальное спороношение.

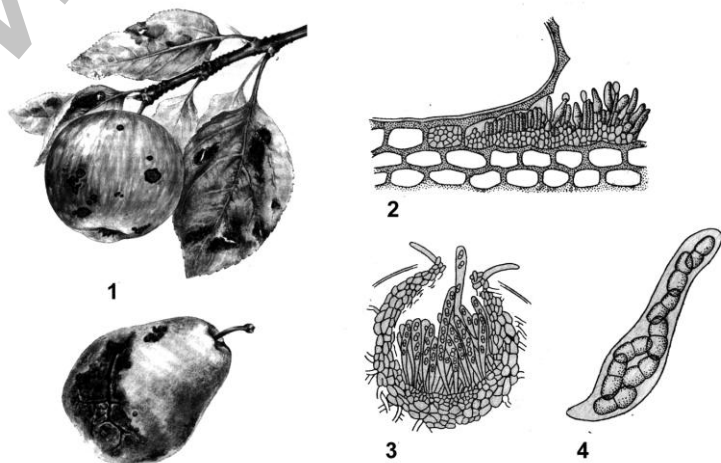


Рис. 16. *Venturia inaequalis* (*V. pirina*). 1 – пораженные плоды и листья; 2 – конидиальная стадия; 3 – перитеций; 4 – сумка со спорами

Развивающийся на плодах мицелий уродует форму плода яблони и груши, уплотняя их эпидермис. Плоды становятся малопривлекательными и теряют вкусовые качества. На грибнице формируются конидиеносцы со спорами. Споры вызывают массовое распространение болезни.

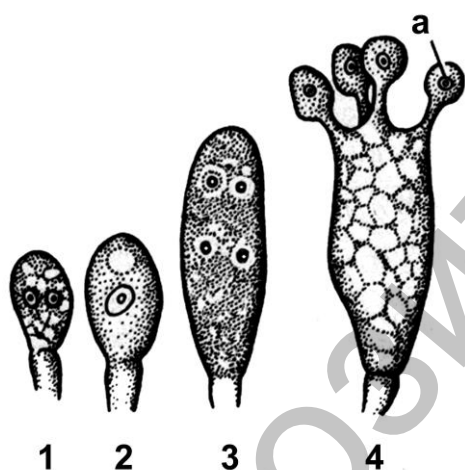
Меры профилактики: уход за садом (своевременная обрезка, сбор недоброкачественных плодов и листьев, химическая обработка).

Отдел Базидиомикота (*Basidiomycota*)

Класс Базидиомицеты (*Basidiomycetes*)

Первичный одноядерный мицелий базидиомицетов недолговечен и в результате полового процесса – соматогамии заменяется вторичным двухъядерным (дикарионным).

Развитие гриба начинается с прорастания гаплоидной базидиоспоры и образования одноядерного мицелия, который кратковременен и в результате полового процесса – слияния клеток гетероталлического мицелия – образуется двухъядерный (дикарионный) мицелий. Такой мицелий может поселяться на питающем субстрате (на живых и мертвых растениях) и существовать несколько лет (трутовик).



В определенный период жизни гриба в конечных клетках дикарионного мицелия (рис. 17-1) происходит слияние ядер – кариогамия (рис. 17-2) с последующим мейозом и образованием четырех гаплоидных ядер (рис. 17-3). Клетка, в которой происходит кариогамия, увеличивается в размерах и носит название базидия (рис. 17-4). На выростах базидии располагаются 4 (реже 2) базидиоспоры (рис. 17-4a). Рассеивание спор происходит путем их активного разбрасывания.

Рис. 17. Формирование базидия.

Пояснения в тексте

Для увеличения количества спор у большинства базидиальных грибов образуется плодовое тело. Оно отсутствует у некоторых грибов, являющихся паразитами растений (головневых, ржавчинных).

Форма и окраска плодовых тел у базидиальных грибов самая разнообразная. Они могут быть паутинистыми, в виде лепешки, деревянистыми и копытообразными (трутовик), иметь ножку и шляпку.

Спороносный слой – гимений у "примитивных" грибов располагается на верхней стороне плодового тела, у высокоорганизованных – на нижней. В образовании гимениального слоя принимают участие базидии, бесплодные нити парафизы и более крупные опорные клетки – цистиды. Они выполняют функцию защиты гимениального слоя от давления сверху.

Поверхность плодового тела, несущую гимений, называют –

гименофор. Он может быть гладкий, складчатый, пластинчатый, в виде трубочек. Предками базидиальных грибов могли быть зигомицеты.

В зависимости от строения базидии выделяют три подкласса: холобазидиомицеты, гетеробазидиомицеты и телиоспоромицеты.

Подкласс Холобазидиомицеты (*Holobasidiomycetidae*)

К подклассу относятся грибы с одноклеточной базидией булавовидной или цилиндрической формы.

В подклассе выделяют порядок экзобазидиальные грибы и грибы группы порядков гименомицеты и гастеромицеты.

Порядок Экзобазидиальные (*Exobasidiales*)

Плодовые тела отсутствуют. Базидии развиваются непосредственно на мицелии. Все экзобазидиальные грибы являются паразитами цветковых растений.

Группа порядков Гименомицеты

Характерный признак гименомицетов – наличие в плодовых телах гименофора, в котором гимений располагается сплошным полисадным слоем. Кроме базидий в гимениальном слое присутствуют парафизы, которые препятствуют слипанию базидий с базидиоспорами. Парафизы придают упругость гимению.

Плодовые тела гименомицетов разнообразны по форме и строению. У просто устроенных плодовые тела в виде лепешки, и гимений располагается на верхней стороне. У других плодовые тела черепицеобразные или коралловидно-разветвленные. В процессе эволюции у гименомицетов появляется шляпка и ножка, и гимениальный слой на гименофоре перемещается на нижнюю поверхность плодового тела. У некоторых грибов гименофор защищен частным и общим покрывалом. Плодовые тела могут быть однолетними, иногда эфемерными (навозник) и многолетними (трутовики). Размеры плодовых тел самые разнообразные.

Большинство гименомицетов являются сапротрофами. Они поселяются в лесах (на листовом опаде, гниющей древесине), на лугах и в степях. Многие шляпочные грибы вступают в симбиоз с корнями высших растений, образуя микоризу. Без микоризы деревья растут плохо. Часть гименомицетов (трутовики) являются паразитами деревьев.

Группа порядков гименомицетов объединяет грибы порядков афиллофоровые и агариковые.

а) Порядок Афиллофоровые (*Aphyllophorales*)

Грибы порядка афиллофоровые имеют гладкий, шиповатый, складчатый или трубчатый гименофор. Они чаще сапротрофы, реже паразиты или микоризообразователи. Произрастают главным образом в лесной зоне. Плодовые тела плотные, многолетние. В гимениальном слое

кроме булавовидных базидий имеются щетинки – цистиды. Цистиды, так же как и базидии, чаще тоже булавовидной формы. Функция их механическая, защитная. Важнейшими родами являются кониофора, серпула, плипорус, фомитоксис.

Кониофора обыкновенная или шахтная (*Coniophora puteana*) поселяется в подвалах на деревянных строениях, в шахтах на бревенчатых перекрытиях.

Наибольший вред человеку наносит серпула плачущая, или настоящий домовый гриб (*Serpula lacrymans*). Плодовые тела имеют лепешковидную форму. Мицелий в виде своеобразных шнуров (ризоморфов) перебрасывается как по горизонтали, так и вертикали деревянных построек. Гименофор образуется на верхней поверхности плодового тела и продуцирует огромное количество базидиоспор. Базидиоспоры заражают древесину при влажности 90-95 % и температуре 18-25 °С.

Средствами защиты является профилактика: использование для строений относительно сухую древесину, обработка бревен антисептиком.

Род фомитопсис (*Fomitopsis*) относится к настоящим трутовикам. Известны паразиты – корневая губка (*F. annosa*) и сапротрофы – трутовик окаймленный (*F. pinicola*) и розовый трутовик (*F. rosea*).

б) Порядок Агариковые (*Agaricales*)

К порядку относятся грибы с пластинчатым и трубчатым гименофором. Гименофор агариковых, в отличие от афиллофоровых, легко отделяется от бесплодной части (трамы) плодового тела. Плодовые тела мясистые, однолетние. Почти все они являются сапротрофами и микоризообразователями.

Развитие гриба и образование плодового тела происходит следующим образом. Из споры в подстилке образуется гаплоидный (однойядерный) мицелий. В результате полового процесса – соматогамии формируется дикарионный мицелий. После длительного развития наступает процесс образования плодовых тел. У некоторых грибов плодовое тело вначале закрыто общим покрывалом. После формирования шляпки и ножки общее покрывало разрывается, и остатки его заметны у основания ножки. У агариковых (маслята, шампиньоны) имеется частное покрывало. Оно укрывает гименофор до времени созревания спор. К агариковым относятся хорошо известные грибы с мясистой шляпкой и центральной ножкой. Большинство их – микоризообразователи¹. Ценнейшим грибом является белый гриб или боровик (*Boletus edulis*). Широко распространены род абабок (*Leccinum*), к которому относятся многие виды березовика, осиновик красный (*L. aurantiacuae*). Род

¹ Гриб поставляет дереву воду и малодоступные минеральные питательные вещества.

масленок (*Suillus*) насчитывает 50 видов. К роду млечник (*Lactarius*) относятся груздь настоящий (*Lactarius resimus aurantiacuae*) и черный (*L. necator*). При надламывании их плодового тела выделяется млечный сок.

К роду аманита (*Amanita*) относятся ядовитые грибы, известные под названием мухоморы. Смертельно ядовита бледная поганка (*A. phalloides*).

В настоящее время широко культивируют шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*) и вешенку обыкновенную (*Pleurotus ostreatus*).

Группа порядков Гастеромицеты

Плодовые тела гастеромицетов полностью закрыты до полного созревания базидиоспор. Мицелий гастеромицетов многоклеточный, разветвленный. Гифы образуют мицеляльные тяжи 5-12 мм толщиной и несколько метров в длину. Мицеляльные тяжи охватывают значительную территорию, способствуя распространению гриба. На мицеляльных тяжах формируются закрытые плодовые тела диаметром 1-70 см и массой до 15 кг и более. Оболочка плодового тела – перидий может быть одно-, двух- и многослойный. Внутреннее содержимое плодового тела носит название глеба. Сначала она белая, затем темнеет. По мере развития плодового тела в нем образуются полости (камеры), отделенные друг от друга бесплодной частью глебы – трамай, состоящей из сплетения гиф. Поверхность камер сформирована гимением, на котором находятся базидии со спорами. Из клеток трамы образуются волокна – капилий, разрыхляющий массу зрелых спор. Высывание спор из плодового тела гастеромицетов происходит постепенно.

Эволюция плодовых тел привела к образованию у рода веселка (*Phallus*) рецептакулы (плодоносца), выносящей глебу со спороносной слизистой шляпкой над почвой. Она окрашена, обладает резким неприятным запахом. Это привлекает насекомых, разносящих споры.

Гастеромицеты являются сапротрофами, растущими в лесах, на лугах. Некоторые гастеромицеты – микоризообразователи с древесными породами. У некоторых плодовые тела подземные. Наземные плодовые тела бывают сидячие и с ложной ножкой. Эволюция плодовых тел гастеромицетов, возможно, шла по пути выработки приспособлений для рассеивания спор с помощью ветра, насекомыми. Крупные плодовые тела образуют триллионы спор. Наиболее распространены дождевик (*Lyceperdon*) и головач (*Calvatia*) из порядка дождевиковых (*Lyceperdales*), а также веселка обыкновенная (*Phallus impudicus*) из порядка фаллюсовых (*Phallales*). Гнездовка обыкновенная включена в охраняемые виды Красной книги Республики Беларусь.

Подкласс Телиоспоромицеты (*Teliosporomycetidae*)

В связи со специализацией, связанной с паразитическим образом жизни, плодовые тела у телиомицетов отсутствуют. Базидия расчленена на фрагменты (клетки) и вырастает из покоящейся клетки – телейтоспоры. К подклассу относятся два порядка: головневые и ржавчинные грибы.

Порядок Головневые (*Ustilaginales*)

Головневые грибы поражают вегетативные и генеративные органы растений. При этом образуется темная пылящая масса спор. Головневая спора при прорастании образует ростковую гифу, или аромицелий, на котором формируются базидиоспоры. Головневую спору с промицелием рассматривают как базидию, поэтому головневые грибы относят к классу базидиомицеты. Головневые грибы гетероталличны.

Гаплоидные базидиоспоры и первичный одноядерный мицелий, который образуется после прорастания споры, не в состоянии вызвать заражение растения. С этой задачей легко справляется дикарионный мицелий, который образуется в следующих случаях: при копуляции базидиоспор, при слиянии гетероталличного гаплоидного (однойдерного) мицелия, при слиянии клеток базидии. Половой процесс состоит из двух этапов – из плазмогамии (слияние цитоплазмы) и кариогамии (слияние ядер). В течение этого времени мицелий разрастается по тканям зараженного растения. Воротами инфекции могут быть молодые проростки, рыльце пестика, молодые ткани вегетативных и генеративных органов, околоцветные чешуи. Наиболее распространены грибы, относящиеся к родам устиляго (*Ustilago*) и тиллеция (*Tilletia*).

Род устиляго насчитывает около половины всех головневых грибов. Он вызывает пыльную головню пшеницы, ячменя, а также пыльную и твердую головню овса.

У возбудителя пыльной головни овса (*U. avenae*) телиоспоры являются покоящейся стадией гриба. Споры зимуют на поверхности зерновок. Весной, после посева овса, спора прорастает во фрагмобазидию с базидиоспорами разных половых знаков. Могут сливаться (копулировать) между собой как базидиоспоры, так и мицелий, выросший из споры. Образовавшийся в результате полового процесса (соматогамии) дикарионный мицелий внедряется в молодой проросток, растет по стеблю и проникает в колос. На месте зерновки образуется споровая масса. Оболочка не состоявшейся зерновки овса во время обмолота разрушается, споры прилипают к здоровым зерновкам и цикл развития гриба повторяется.

Цикл развития пыльной головни пшеницы (*U. tritici*) происходит следующим образом (рис. 18). Стадию покоя гриб переносит в зерновке (1-а). При посеве семян грибок проникает в конус нарастания пшеницы (2), растет по стеблю к соцветию и проникает в цветок, к

которому в достатке поступают питательные вещества. За исключением оси колоска гриб, питаясь, разрушает все и образует массу телиоспор (3). В период цветения пшеницы споры разносятся ветром (4), попадают на рыльце пестика здорового цветка (5), прорастают и образуют фрагмобазидию (базидиоспоры не формируются). Клетки фрагмобазидии копулируют между собой (половой процесс), образуют дикарионную клетку, которая дает зачаточный мицелий, проникающий в завязь цветка (6). Развитие гриба до весны прекращается. Инфекционное начало находится в семени (7). Благоприятными условиями для заражения пшеницы пыльной головней являются температура 23-25 °С и влажность воздуха более 50%. Таким же образом происходит цикл развития пыльной головни ячменя (*U. nuda*).

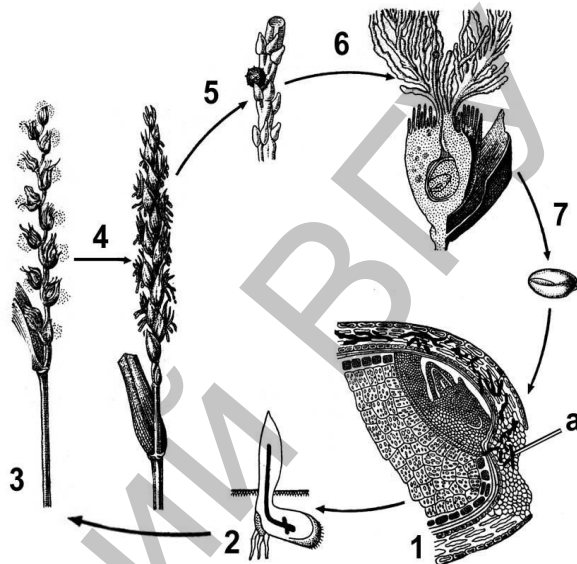


Рис. 18. *Ustilago tritici*. Цикл развития пыльной головни пшеницы. Пояснения в тексте

Меры предупреждения: термическое обеззараживание семян (семена выдерживают в воде при температуре 45-47 °С в течение 2,5-3 часов).

Заметный вред урожаю наносит твердая головня пшеницы (*Tilletia caries*). Телиоспоры гриба зимуют на зерновках пшеницы. При прорастании пшеницы трогается в рост и телиоспора. Формируется базидия с базидиоспорами. Базидиоспоры копулируют друг с другом и образовавшаяся двухъядерная клетка внедряется в молодые ткани проростка. Двухъядерная клетка превращается в дикарионный мицелий, который по стеблю достигает соцветия злака и его цветка. В завязи цветка мицелий разрастается и распадается на телиоспоры. Околоплодник зерновки остается невредимым, поэтому внешне зерновка напоминает здоровую. Во время обмолота околоплодник разрушается, телиоспоры высыпаются и прилипают к здоровым семенам и так зимуют. Средством борьбы с твердой головней пшеницы является обеззараживание семян химическими препаратами.

Порядок Ржавчинные грибы (*Uredinales*)

Грибы, относящиеся к порядку, являются паразитами многих растений. На поврежденных листьях и стеблях хорошо заметны пятна и полосы ржаво-бурого цвета вызванного локализацией мицелия грибов, содержащего капли масла "ржавого" цвета, отсюда и название порядка. Характерной

особенностью ржавчинных грибов является наличие в их цикле развития различных по форме и назначению (функциям) спораношений (рис. 19). Различают базидио-, пикно-, эцидио-, уредо- и телейтоспоры. Обычно ржавчинные продуцируют огромное число спор. Все типы спор, за исключением пикноспор, служат для расселения гриба.

В результате прорастания телейтоспоры образуются базидиоспоры, имеющие разные половые знаки. Базидиоспоры одноядерны.

Пикноспоры формируются на верхней стороне листовой пластинки в специальных вместилищах – пикнидах. Пикноспоры как и базидиоспоры одноядерны. Они выполняют половую функцию – участвуют в формировании дикарионного мицелия.

Эцидиоспоры – дикарионные клетки. Они образуются во вместилищах – эцидиях, или эцидиопустулах. Эцидиоспоры вызывают заболевание растения.

Уредоспоры находятся в стеблях или листьях в уредопустулах. Они одноклеточные, но двухъядерные, поэтому вызывают заражение растений. Уредоспоры разносятся ветром на большие расстояния, что приводит к массовому заражению растений.

К концу лета на том же двухъядерном мицелии, на котором формировались уредоспоры, образуются телейтоспоры. Они являются покоящейся стадией гриба. Телейтоспоры чаще двухклеточные и двухъядерные.

Ржавчинные грибы, у которых все типы спораношений гриб проходит на одном растении, называются однохозяйственными. Известны ржавчинные грибы, которые в цикле развития утратили некоторые спораношения. Их называют грибами с неполным циклом развития.

Важной приспособительной особенностью ржавчинных грибов является их специализация – приуроченность к определенному растению-хозяину.

Основным способом борьбы с ржавчинными грибами является выведение сортов, устойчивых к грибам-паразитам.

Ржавчинные грибы паразитируют на растениях многих семейств. Кроме злаков они поражают смородину, яблоню, грушу, малину, розы, лен.

Стеблевая ржавчина злаков (*Puccinia graminis*), относящаяся к роду пукциния, вызывает ржавчину зерновых культур (рис. 19). Покоящейся стадией гриба являются телейтоспоры, находящиеся в телейтопустулах на стерне соломы. Весной в двухъядерной телейтоспоре происходит кариогамия с последующей редукцией числа хромосом и образованием четырех гаплоидных ядер. Затем через ростковую пору из каждой клетки телейтоспоры формируется по одной фрагмабазидии на которых образуются базидиоспоры. Споры разносятся ветром и попадают на листья барбариса, где и прорастают мицелием. На верхней стороне

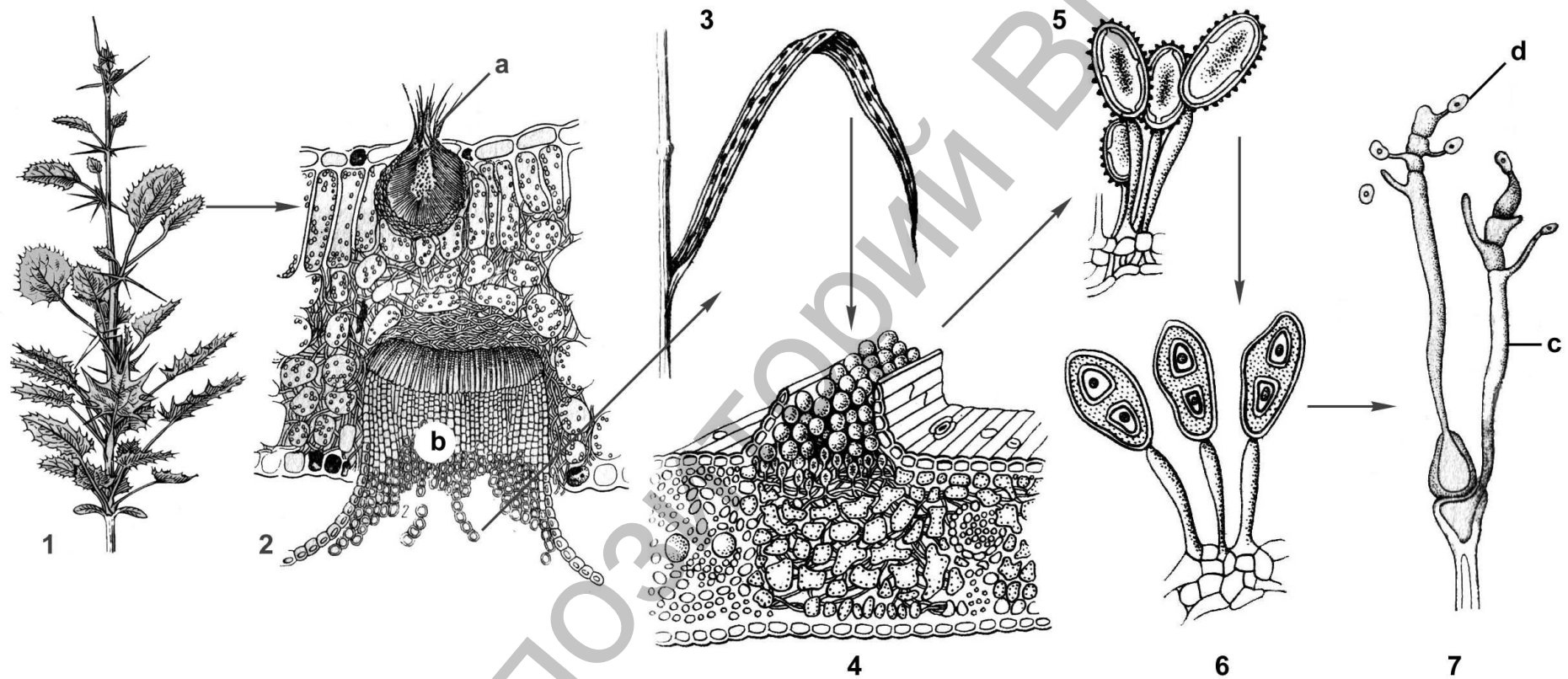


Рис. 19. *Puccinia graminis*. 1 – Побег барбариса; 2– поперечный разрез листа барбариса: а – пикниды с пикноспорами, b – эцидии с эцидиоспорами; 3 – лист злака испещрённый спороношением; 4 – пораженный лист злака (видны выходящие на поверхность многочисленные уредоспоры); 5 – уредоспоры; 6 – телейтоспоры; 7 – проросшая телейтоспора: с – фрагмабазидий, d – базидиоспора

листа заметны оранжевые пятна, представляющие собой спороношения гаплоидного мицелия – пикниды или спермогонии. Форма пикнид кувшинообразная с отверстием на верху. В пикнидах содержатся половые клетки пикноспоры или спермации. Вместе со сладковатой жидкостью они переносятся насекомыми в соседнюю пикниду. Там спора образует гаплоидный мицелий, который сливается с гаплоидным мицелием пикниды. Образуется дикарионный мицелий, который прорастает на нижнюю сторону листа барбариса, где образует следующее спороношение – эцидий с одноклеточными, но двухъядерными эцидиоспорами. Сливаться могут непосредственно пикноспора и нетождественный мицелий (мицелий другой пикниды). В этом случае также образуется дикарионный мицелий, формирующий на нижней стороне листа эцидий.

Эцидиоспоры, образующиеся в эцидиях, переносятся ветром и на вегетативных органах злака (чаще листьях) образуют уредопустулы с уредоспорами.

Одноклеточные двухъядерные уредоспоры разносятся ветром и вызывают новые заражения злаков. К концу вегетации злака чаще на месте уредопустул образуются телейтопустулы с телейтоспорами – спорами покоя. Таким образом, возбудитель стеблевой ржавчины хлебных злаков образует все типы спороношений, и проходит цикл развития на двух разных растениях – барбарисе и злаке.

Заметный вред качеству льняного волокна наносит гриб мелампсора льняная (*Melampsora lini*) – однохозяйственный гриб-паразит с полным циклом развития. Зимует гриб на растительных остатках льна в виде телейтоспор в телейтопустулах. Весной телейтоспоры образуют базидии с базидиоспорами. Споры заражают семядольные и первые листья льна. На верхней стороне листьев образуются пикниды, на нижней – эцидии. Эцидиоспоры заражают листья и стебли. После нескольких генераций уредоспор образуются телейтопустулы с телейтоспорами. В результате растения недоразвиваются, а льняное волокно становится коротким, низкого качества.

Заметный вклад в изучение болезней растений, вызванных ржавчинными грибами, внесли отечественные ученые В.М. Купревич (1973) и Н.А. Дорожкин (1930).

Отдел Дейтеромицота (Deuteromycota)

Класс Дейтеромицеты (Deuteromycetes)

Относится около 30% всех грибов. Мицелий клеточный, многоядерный. Жизненный цикл проходит в гаплоидной фазе. Размножаются бесполым путем – конидиеспорами. Конидии образуются на многоклеточном, реже одноклеточном конидиеносце. Конидиеносцы имеют различную форму и строение.

Они могут быть собраны:

- ложа – плотные соединения конидиеносцев, погруженные в ткань под эпидермисом;
- коремии – тесный пучок конидиеносцев;
- спородохии – подушковидные собрания конидиеносцев;
- пикниды – сферические вместилища конидиеносцев.

Отсутствие полового процесса у дейтеромицетов компенсируется гетерокариозисом и парасексуальным процессом. Гетерокариозный (разноядерный) мицелий существует благодаря тому, что конидии разноядерные. Он может формироваться в результате слияния отростков различных мицелиев. Парасексуальный процесс происходит при рекомбинации неоднородных ядерных веществ гетерокариозного мицелия в процессе митоза.

Дейтеромицеты широко распространены в природе. Большинство их являются сапротрофами. Они принимают активное участие в разложении органических остатков и почвообразовательных процессах. Некоторые – паразиты растений, животных и человека. Есть грибы (пеницилл, аспергилл), которые продуцируют антибиотики, ферменты, органические кислоты. Гриб боверия (*Boveria*) используют в качестве биологического средства защиты растений.

Порядок Гифомицеты (*Hyphomycetales*)

Объединяет грибы с одиночными конидиеносцами и конидиеносцами, собранными в коремии и спородохии. Среди них выделяют различные экологические группы: почвенные, ксилофильные (на древесине), паразиты растений, хищные, микофильные, энтомофильные.

Почвенные гифомицеты принимают активное участие в превращении отмерших органических остатков и их минерализации, что имеет важное значение в круговороте веществ в природе. В процессе жизнедеятельности почвенные гифомицеты синтезируют витамины, ферменты и другие физиологически активные вещества, стимулирующие развитие растений. Часть их является симбионтами с высшими растениями.

Широко распространены в почвах пеницилл (*Penicillium*) и аспергилл (*Aspergillus*).

У пенициллиума на многоклеточном разветвленном мицелии образуется многоклеточный ветвящийся конидиеносец (рис. 11). Вверху он ветвится и формирует веточки, метулы, фиалиды, отчленяющие споры.

Аспергилл характеризуется одноклеточным не ветвящимся конидиеносцем (рис. 11). На его верхней части находятся вздутия – фиалиды, из узкого горлышка которых выходят споры.

Пеницилл используется для производства антибиотика, сыра рокфора. Из аспергилла получают различные ферменты. Некоторые штаммы аспергилла черного вызывают болезни отомикозы, аспергиллезы человека, животных и птиц.

АЛЬГОЛОГИЯ



Альгология – наука о водорослях (от лат. *alga* – водоросль и греч. *logos* – слово, учение).

Общая характеристика. К водорослям относят низшие слоевищные чаще водные организмы, не имеющие расчленения тела на стебли и корни. Сосудистая система отсутствует. Тело водорослей может быть одноклеточным, колониальным, многоклеточным. Водоросли представляют собой совокупность нескольких обособленных отделов царства Дробянки и царства Растения, имеющих самостоятельное происхождение и эволюцию. Морфологическое многообразие водорослей стало следствием эволюционного взрыва, вызванного способностью организмов осуществлять фотосинтез благодаря наличию различных пигментов.

Основной структурной единицей водорослей является клетка. У большинства водорослей оболочка клетки 2-3^x слойная. Клеточная стенка состоит из пектина и целлюлозы. У некоторых содержимое клетки заключено лишь в тонкую мембрану – плазмалемму. В клетке содержится одно, редко много ядер, все органоиды присущие клетке, и хлоропласты с пигментами. Важнейшими из них являются хлорофиллы *a, b, c, d, e*. В хлоропластах клетки могут присутствовать такие пигменты как *фикоциан, фикоэритрин, ксантофиллы, фукоксантин* и др.

Основные типы морфологической структуры тела водорослей

У водорослей различают следующие типы структур тела (рис. 20):

- 1) амебoidalную, встречается у "примитивных" одноклеточных водорослей отделов Золотистые (*Chrysophyta*) и Желто-зеленых водорослей (*Xanthophyta*);
- 2) монадную, характерна для одноклеточных и ценобиальных водорослей (ценобий – собрание строго ориентированных клеток, заключенных в общую слизь). В клетке имеется один или два жгутика. Монадная структура встречается у золотистых и зеленых водорослей;
- 3) пальмеллоидную, представляет собой конгломерат неподвижных клеток, заключенных в общую слизь. Встречается у золотистых водорослей;
- 4) коккоидную, это одноклеточная водоросль без жгутиков и, естественно, неподвижна. Встречается в порядке Хлорококковых (*Chlorococcales*) из отдела Зеленые водоросли;
- 5) нитчатую, образуется в результате деления клеток в

Основные типы морфологической структуры тела водорослей

поперечной плоскости. Между клетками нити имеется связь с помощью плазмодесм. Нитчатая структура является исходной для перехода к разноритчатой, пластинчатой и харофитной. Характерна для зеленых и сине-зеленых водорослей;

- б) разноритчатую, представлена горизонтальной нитью, которая стелется по грунту, и вертикальной. Характерна для отдела Бурые водоросли (*Phaeophyta*), а также для зеленых и золотистых водорослей;
- 7) пластинчатую, образуется в результате деления клеток в продольном и поперечном направлениях, характерна для зеленых и бурых водорослей;
- 8) сифональную, представляет собой слоевище, не имеющее полных клеточных перегородок. Встречается у зеленых и желто-зеленых водорослей;
- 9) харофитную, характеризуется расчленением таллома на "стебель", "листья" и ризоиды. Она свойственна только отделу Харовые водоросли (*Charophyta*).



Рис. 20. Основные типы морфологической структуры тела водорослей. 1 – амебоидная: а – одиночные клетки *Chrysamoeba*, б – рядовое объединение *Chrysidiastrum*; 2 – монадная: а – колония *Pyrobotrys*, б – одиночная клетка *Chlamydomonas*; 3 – пальмеллоидная: а – часть таллома золотистой водоросли *Hydrurus*, б – пальмеллевидное состояние у *Chlamydomonas*; 4 – коккоидная: а – одиночная клетка *Chlorococcum*, б – колония *Coelastrum*; 5 – нитчатая: а – простая у *Oscillatoria*, б – с дифференцированным основанием у *Endonema*; 6 – разноритчатая у *Fischerella*; 7 – пластинчатая у *Prasiola*; 8 – сифональная у *Caulerpa*; 9 – харофитная у *Chara*

Размножение водорослей

Для водорослей характерно бесполое (вегетативное и с помощью спор) и половое размножение.

Вегетативное размножение представляет собой форму бесполого размножения, осуществляемого вегетативными частями. У одноклеточных водорослей оно происходит путем митотического деления клетки надвое. Многоклеточные водоросли могут размножаться частями слоевища, с помощью клубеньков после их перезимовки (Харовые водоросли), клетками покоя акинетами с утолщенными оболочками.

Собственно бесполое размножение сопровождается кратным делением содержимого клетки и выходом продуктов деления (спор и зооспор) из материнской клетки (спорангия или зооспорангия).

При **половом размножении** сливаются половые клетки – гаметы, в результате чего образуется зигота, вырастающая в новую особь или дающая зооспоры.

Различают следующие типы полового процесса (рис. 21):

- 1) **изогамия**, гаметы подвижные, одинаковой величины.
- 2) **гетерогамия** (или **анизогамия**), гаметы подвижные, женская гамета крупнее, но сходна с мужской;
- 3) **оогамия**, женская гамета, содержащая яйцеклетку, крупная и неподвижная;
- 4) **конъюгация**, заключается в слиянии амeboидных протопластов вегетативных клеток с образованием зиготы;
- 5) **хологамия**, происходит слияние двух одноклеточных организмов (ведут себя как гаметы).

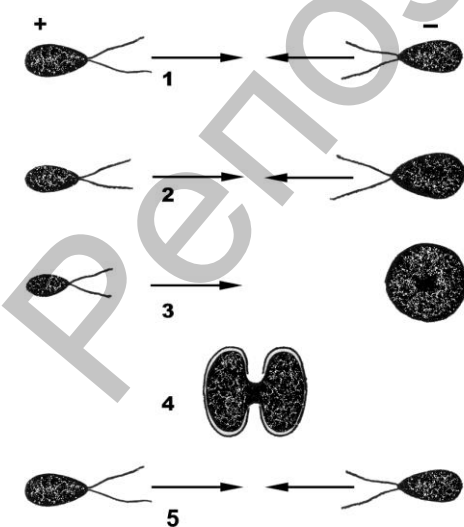


Рис. 21. Типы полового процесса. Пояснения в тексте

Половые клетки (гаметы) образуются на особях (водорослях) гаметофитах. Организмы, образующие споры, носят названия спорофиты. У водорослей чаще всего половая генерация гаметофит сменяется бесполой – спорофит. Если гаметофит и спорофит внешне одинаковы, то такую смену генераций называют изоморфной. При гетероморфной смене гаметофит и спорофит имеют различный внешний вид.

При половом процессе в результате слияния гамет происходит удвоение набора хромосом в ядре. В какой-то момент цикла развития наступает редукционное деление

(мейоз), в результате которого дочерние ядра получают одинаковый, но уменьшенный вдвое (гаплоидный), набор хромосом. Спорофиты многих водорослей диплоидные, гаметофиты – гаплоидные.

Водоросли и среда

Основной средой обитания большинства водорослей является вода. При наличии увлажнения водоросли поселяются на различных предметах – скалах, коре деревьев... Благоприятной средой для них является почва.

Многие водоросли плавают в толще воды, формируя его фитопланктон (растительный планктон). В морской воде преобладают диатомовые, пиррофитовые (динофитовые) и золотистые водоросли. Пресноводный фитопланктон чаще населяют диатомовые, одноклеточные и колониальные зеленые водоросли.

Водоросли, населяющие зону верхней пленки воды, образуют нейстон (греч. "нейн" – плавать).

Бентосные (донные) водоросли растут в прикрепленном состоянии на дне водоемов. Эпилиты поселяются на поверхности твердых грунтов; эпифиты живут на слоевищах других водорослей. Перифитон образуют водоросли, поселяющиеся на предметах, введенных в воду человеком (суда, плоты, плотины).

Водоросли, средой жизни которых является почва, относятся к сине-зеленым, зеленым, диатомовым и желто-зеленым водорослям. Водоросли, поселяющиеся на поверхности почвы, должны обладать способностью переносить сухость, колебания температуры, яркий свет.

Холодолюбивые (криофильные) водоросли развиваются на поверхности снега, вызывая его "цветение". Снег приобретает красную, зеленую, желтую, голубую или черную окраску.

Некоторые диатомовые поселяются не на поверхности, а в толще льда, размножаются и окрашивают лед в желто-коричневый цвет.

В соответствии с наиболее распространенной классификацией к водорослям относятся следующие отделы:

1. Сине-зеленые водоросли – *Cyanophyta*;
2. Красные водоросли – *Rhodophyta*;
3. Пиррофитовые (Динофитовые) водоросли – *Pyrrophyta*;
4. Золотистые водоросли – *Chrysophyta*;
5. Диатомовые водоросли – *Bacillariophyta*;
6. Желто-зеленые водоросли – *Xanthophyta*;
7. Бурые водоросли – *Phaeophyta*;
8. Зеленые водоросли – *Chlorophyta*;
9. Харовые водоросли – *Charophyta*.

Надцарство Доядерные организмы, Прокариоты (*Procaryota*)

Царство Дробянки (*Schizophyta*)

Прокариоты характеризуются тем, что у них нет обособленного ядра, ядрышка, центриолей, митохондрий, пластид. ДНК состоит из одной нити, свернутой в кольцо.

Подцарство Цианобионта (*Cyanobionta*)

Отдел Цианеи, или Сине-зеленые водоросли (*Cyanophyta*)

Цианеи, вероятно, являются древнейшей группой первых автотрофных организмов, возраст которых не менее трех млрд. лет. Вместе с бактериями относятся к царству Дробянки. Из-за некоторого сходства в строении и размножении с бактериями их часто называют цианобактериями.

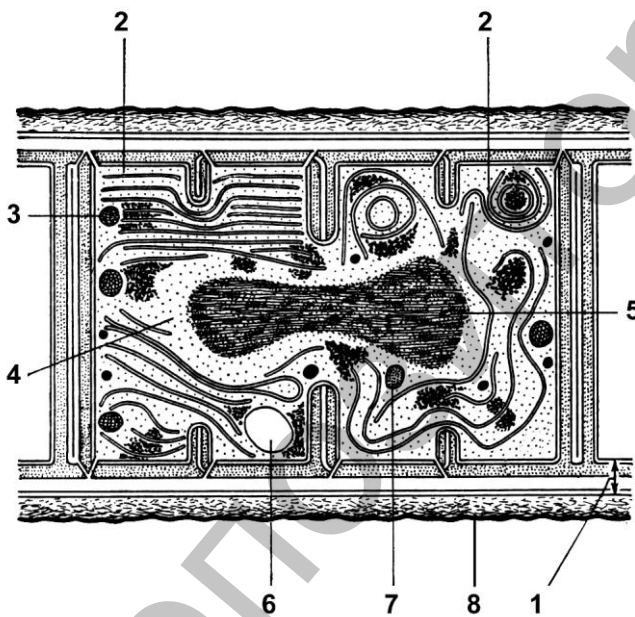


Рис. 22. Строение клетки сине-зеленых водорослей (схема). Пояснения в тексте

Строение клеток. Клетки цианей шаровидные или цилиндрические (рис. 22). Протопласт окружен четырьмя оболочками. *Клеточная стенка* (1) состоит из полисахаридов: пектина, целлюлозы, а также муреина, присутствующего только у бактерий. В периферической части клетки находятся пигменты (около 30). Основные пигменты хлорофил *a*, каротиноиды локализованы в пластинчатых образованиях — ламеллах или тилакоидах (2). Дополнительные — фикоцианин, фикоэритрин.

Периферическая часть клетки более окрашена в сине-зеленый, голубоватый, оливковый или красноватый цвет и называется хромоплазмой (3). *Центральная часть* клетки состоит из гиалоплазмы (4) и хроматиновых элементов (5), которые являются аналогом ядра. Здесь находится одна нить ДНК, свернутая в кольцо. Протоплазма сине-зеленых водорослей густая и неподвижная. Вакуоли с клеточным соком отсутствуют. У некоторых планктонных водорослей могут быть газовые вакуоли (6), способствующие уменьшению

удельного веса и лучшему "парению" в толще воды. Продуктами ассимиляции сине-зеленых водорослей является гликоген (7), волютин, цианофицин (липопротеид).

Большинство цианей существуют как нитчатые или колониальные водоросли. У нитчатых водорослей между клетками имеются плазмодесмы. Среди вегетативных клеток нитчатых цианей имеются крупные слабо окрашенные клетки – гетероцисты. В них нет пигментов, но есть рибосомы, нить ДНК. Водоросли, имеющие в нитях гетероцисты, способны фиксировать атмосферный азот. С поверхности клетки и нити многих цианей покрыты слизистым чехлом (рис 22-8).

Размножение. Размножаются цианеи только вегетативно: путем деления клеток, нитей, колоний. У некоторых сине-зеленых водорослей от таллома отделяются одноклеточные фрагменты: кокки, планококки, гонидии и многоклеточные – пармогонии.

Кокки представляют собой округлые клетки, не имеющие выраженной оболочки.

П л а н о к о к к и – клетки, способные к движению.

Г о н и д и и – клетки со слизистой оболочкой.

У некоторых водорослей для вегетативного размножения формируются споры, покрытые толстой двухслойной оболочкой.

Распространение сине-зеленых водорослей. Благодаря наличию слизи на поверхности нитей, колоний, разнообразным пигментам, свойствам цитоплазмы и ее органоидов сине-зеленые водоросли являются наиболее приспособленными к различным условиям среды. Некоторые могут фотосинтезировать при + 65-89,5 °С и при – 83 °С. Переносят солнечную радиацию, могут высыхать до корочки и снова оживать при наличии влаги.

Распространены в планктоне, во льдах, на снегу, на почве, как симбиоты в теле лишайников.

Класс Хроококковые (*Chroococcophyceae*)

Включает одиночных и колониальных представителей. Чаще встречаются колонии микроцистиса (*Microcystis*), глеокапсы (*Gloeocapsa*).

Класс Гормогониевые (*Hormogoniophyceae*)

К классу относятся многочисленные нитчатые и колониальные водоросли. Нити многих покрыты слизистыми чехлами. Между клетками нитчатых водорослей имеются плазмодесмы.

Порядок Осцилляториевые (*Oscillatoriales*)

Включает нитчатые водоросли без гетероцист (рис. 23). К порядку относятся роды осциллятория (*Oscillatoria*), спиролина (*Spirulina*), лингбия (*Lyngbya*) и др.

Род осциллятория включает виды, нити которых без слизистых

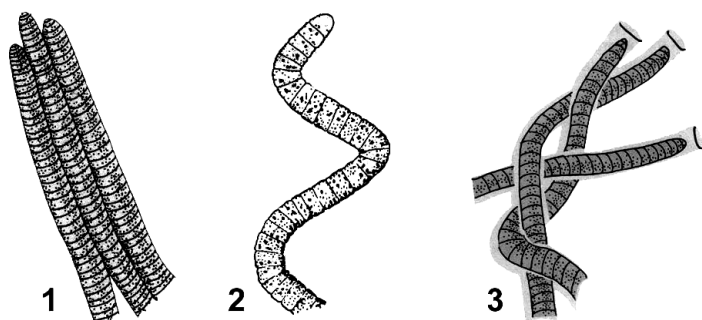


Рис. 23. 1 – *Oscillatoria*; 2 – *Spirulina*; 3 – *Lyngbya*

нитей. Клетки цилиндрические. Спирулина большая (*S. major*) богата протеином и может быть использована как источник растительного белка.

Порядок Ностоковые (*Nostocales*)

К порядку относятся колониальные водоросли. Трихомы, из которых состоит колония, всегда с гетероцистами. К порядку относятся роды Носток (*Nostoc*), анабена (*Anabena*), ривулярия (*Rivularia*) и др. (рис. 24).

Виды ностока встречаются в воде и на суше. Носток образует колонии различной формы и размеров. Размножается с помощью

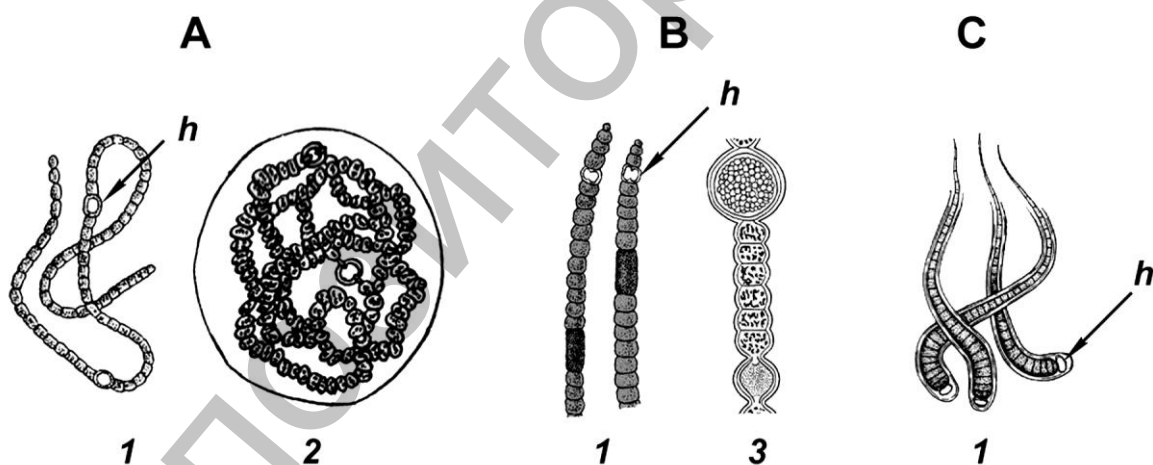


Рис. 24. А – *Nostoc*. В – *Anabena*. С – *Rivularia*. 1 – фрагмент нити; 2 – колония; 3 – увеличенный участок нити с гетероцистой; *h* – гетероцисты

гормогониев. Иногда колонии могут почковаться, и таким образом водоросль размножается. Клетки трихомов почти округлые. Среди вегетативных клеток заметны более крупные гетероцисты.

У ривулярии трихомы постепенно суживаются к вершине и заканчиваются бесцветным волоском. Гетероцисты базальные.

Значение цианей

Роль цианей в природе как положительная, так и отрицательная. В процессе фотосинтеза они очищают воду от углекислоты. Некоторые

цианеи помимо автотрофного способны к гетеротрофному питанию, способствуя очищению водоемов от органики. Многие виды являются кормом для зообионтов, пищей для человека (носток, спирулина). Они вступают в симбиоз с грибами и образуют лишайники.

Массовое развитие цианей в пресных водоемах приводит к "цветению" воды и замору рыбы. Некоторые виды токсичны.

Происхождение цианей

Предками цианей могли быть прокариоты с хлорофиллом *a*. Их ветвь эволюции оказалась тупиковой.

В Красную книгу Республики Беларусь включен носток сливовидный (*Nostoc pruniforme*).

Отдел Цианей чаще включает три класса: хроококковые, хамесифоновые, гормогониевые.

Надцарство Ядерные организмы, Эукариоты (*Eucaryota*)

Царство Растения (*Plantae*)

В царстве растений выделяют три подцарства: Багрянки, Настоящие водоросли и Высшие растения.

Подцарство Багрянки (*Rhodobionta*)

От водорослей других отделов отличаются тем, что запасное вещество у них багрянковый крахмал. Отсутствуют у багрянок и жгутиковые стадии.

Отдел Красные водоросли (*Rhodophyta*)

Слоевища красных водорослей реже одноклеточные (класс багниевые), чаще многоклеточные. Это чаще морские водоросли, приуроченные главным образом к тропическим морям.

Хлоропласты клеток содержат хлорофилл *a*, редко *d*, каротиноиды, дикоцианин, фикоэритрин, аллофикоцианин, ксантофиллы. Различное сочетание пигментов обуславливает окраску от светло-розовой, фиолетовой до голубовато-зеленой. В процессе фотосинтеза образуется багрянковый крахмал, близкий по составу к гликогену и амилопектину.

Разнообразие пигментов позволяет красным водорослям использовать красные, синие, зеленые и другие части спектра, проникающие на значительную глубину. С глубиной количество пигментов возрастает, потому багрянки могут расти на глубинах до 200 метров. Для защиты от сильного освещения на малой глубине в клетках багрянок имеются специальные гередирующие тельца.

Строение клетки. Оболочка клетки багрянок двухслойная: внутренний слой целлюлозный, наружный – пектиновый. У некоторых на поверхности образуется слой кутикулы. Цитоплазма вязкая и плотно прилегает к клеточным стенкам. Она легко подвергается плазмолизу. Ядро у красных водорослей мелкое. У высокоорганизованных багрянок клетки многоядерные. Репродуктивные клетки – спермации, споры всегда с одним ядром. В клетках красных водорослей один или несколько хлоропластов. Их форма меняется в зависимости от освещения. Между клетками слоевища имеются поры.

Строение слоевища. Просто устроенные слоевища имеют водоросли класса Бангиевые (*Bangiophyceae*). Они представлены одноклеточными формами и колониями в виде бесформенного скопления клеток, соединенных слизью (*Porphyridium*). Встречается и однорядно-нитчатое и паренхимное строение. Клетки одноядерные с одним или несколькими хлоропластами. Рост у них диффузный.

Тело водорослей класса Флоридеевых (*Florideophyceae*) представляет собой сложную систему разветвленных нитей. Паренхимное строение у них отсутствует. У просто устроенных флоридеевых нити однорядные и прикрепляются к грунту ризоидами или стелющимися нитями. Многие флоридеевые характеризуются разнорядным строением.

В анатомическом строении флоридеевых водорослей различают два типа – одноосевой и многоосевой.

- При одноосевом типе в основе строения лежит единственная однорядная нить с боковыми ветвями ограниченного роста;
- Многоосевой (фонтанный) тип характеризуется тем, что слоевище состоит из пучка параллельно расположенных нитей. Типичен апикальный рост.

Размножение. Вегетативное размножение характерно наиболее "примитивным" красным водорослям и происходит оно путем отрывания слоевищ от подошвы или от стелющихся ветвей, а у одноклеточных – делением клетки.

Клетки бесполого и полового размножения лишены жгутиков и оболочек.

Собственно бесполое размножение происходит моно-, би-, тетра- и полиспорами, которые образуются в спорангиях. Более организованные (флоридеевые) размножаются тетраспорами, которые образуются на тетраспорофитах после мейоза.

Половой процесс характерен всем водорослям класса флоридеевых, тогда как в классе бангиевых встречается только у высокоорганизованных видов. Половой процесс у багрянок oogамный. Женский половой орган – oogоний называется карпогон (рис. 25).

У более организованных водорослей карпогон состоит из расширенного брюшка (базальной части) (1) и вытянутой трихогины (2), которая улавливает половые клетки – сперматии. После оплодотворения между брюшком карпогона и трихогиной образуется перегородка (6) и последняя отмирает. При простом способе зигота (5) делится и образуются 8, 16, 32 карпоспоры.

Часто после оплодотворения из карпогона образуются несколько боковых клеток с карпоспорангиями. Эти короткие ветви носят название нитей гонимобласта. У большинства флоридеевых карпогон сначала сливается со специальными клетками, богатыми питательными веществами и только потом развивается гонимобласт.

Иногда на талломе (карпогиальная ветвь) после оплодотворения формируются специальные ауксилярные клетки (4). В таком случае карпогон соединяется нитью (3) с ауксилярной клеткой и развитие гонимобласта с карпоспорангиями и спорами происходит из ауксилярной клетки. По соединительным нитям ядро оплодотворенного карпогона переходит в ауксилярную клетку. У наиболее организованных водорослей класса флоридеевых ауксилярная клетка образуется после оплодотворения из той же клетки, что и карпогонная ветвь с карпогоном. Необходимость в соединительных нитях отпадает. Из карпоспорофита (7), одетого в перикарп (9), образуются карпоспорангии (8) с карпоспорами (10). Это образование (7–9) носит название цистокарпий. Клетки цистокарпия (карпоспоры) диплоидны. Это есть особая генерация – карпоспорофит, образующийся на гаметофите.

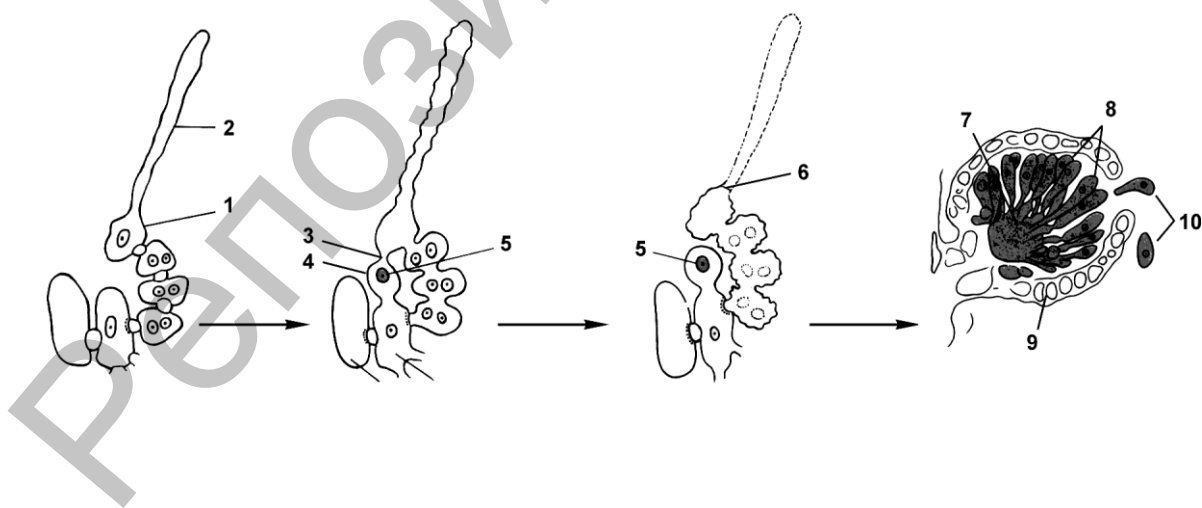


Рис. 25. Строение и последовательные этапы в развитии карпогона и карпогиальной ветви у красных водорослей при половом размножении. Пояснения в тексте

Карпоспоры покидают карпоспорофит и прорастают в самостоятельную диплоидную генерацию тетраспорофит (рис. 26).

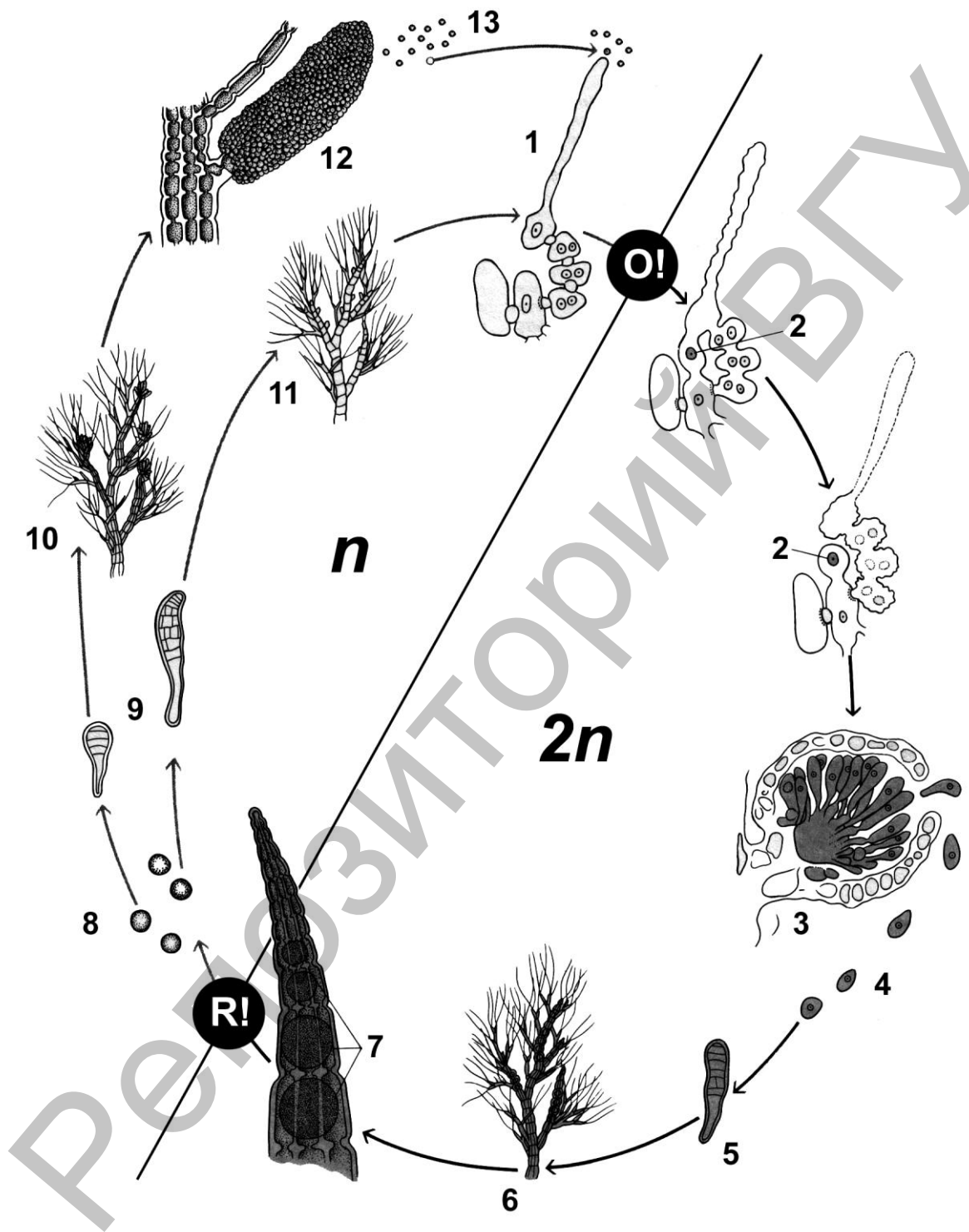


Рис. 26. Жизненный цикл *Polysiphonia*. 1 – карпогон (оогоний); 2 – ядро зиготы; 3 – цистокарпий; 4 – карпоспоры; 5 – прорастающие карпоспоры; 6 – тетраспорофит; 7 – тетраспорангий; 8 – тетраспоры; 9 – прорастающие тетраспоры; 10 – мужской гаметофит; 11 – женский гаметофит; 12 – спермангии; 13 – сперматозоиды; R! – мейоз; O! – оплодотворение

В тетраспорангиях происходит мейоз, и гаплоидные споры дают начало гаметофиту. У разноспоровых из одних спор развивается женский, а из других – мужской гаметофиты. На них образуются соответственно оогонии (карпогоны) и сперматангии.

Таким образом, у эволюционно продвинутых флоридеевых имеет место три формы развития: гаметофит, диплоидный спорофит, на нем карпоспорофит, сменяющийся самостоятельным диплоидным тетраспорофитом.

Смена генераций у красных водорослей может быть изоморфной (тип *Polysiphonia*) и гетероморфной (тип *Porphyra*).

Класс Бангиевые (*Bangiophyceae*)

К классу бангиевых относятся одноклеточные, многоклеточные и колониальные водоросли паренхимного строения. В классе всего 70 видов. Рост слоевища диффузный. Клетки одноядерные. Поры между клетками отсутствуют. Карпогон без трихогины. Пресноводные и наземные обитатели. Основные представители: порфиридиум (*Porphyridium*), бангия (*Bangia*), порфира (*Porphyra*).

Широко распространен порфиридиум багряный (*P. Purpureum*), встречающийся на старых стенах и почве. Колонии до 10 см красно-бурого или кроваво-красного цвета.

В пресных водах встречается бангия черно-пурпурная (*B. atropurpurea*). Ее нити темно-красные, темно-фиолетовые.

Порфира растет в морях. Листовидное слоевища достигает 0,5-1 м.

Класс Флоридиевые (*Florideophyceae*)

Класс объединяет многоклеточные формы. Их слоевище представляет систему разветвленных нитей. Рост верхушечный (апикальный). Клетки одноядерные, редко многоядерные. Хлоропласты пристенные. Собственно бесполое размножение происходит тетраспорами, биспорами, полиспорами. При половом размножении образуется архикарп и антеридий. Спорофит и гаметофит изоморфные или гетероморфные и чередуются. Большинство флоридеевых являются морскими водорослями. Класс включает 6 порядков. К порядку немалиевые (*Nemaliales*) относится краснокнижный вид республики батрахосперм четковидный (*Batrachospermum moniliforme*), встречающийся в бассейне озера Нарочь. Может расти в реках и озерах.

Значение красных водорослей

Красные водоросли часто имеют важное значение в жизни литорали моря, так как они нередко доминируют в растительных сообществах, создавая убежище, среду, корм для его обитателей. Некоторые (порфира)

широко используются в пищу. Из красных водорослей получают ценный продукт агар-агар, который используется в пищевой промышленности, медицине, микробиологии и биотехнологии.

Происхождение красных водорослей

Предполагается, что возникли красные водоросли не позже архейской эры. Вероятно, возникли от первичных безжгутиковых организмов.

Подцарство Настоящие водоросли (Phycobionta)

Настоящие водоросли содержат хлорофиллы *a* и *b* или *a* и *c* и другие пигменты. Продуктами ассимиляции являются крахмал, масла и другие вещества. У подцарства настоящие водоросли отмечены все типы структур.

Отдел Пиррофитовые водоросли (Pyrrophyta)

Название происходит от греч. *pur* – огонь и фит. Встречается и другое название отдела – Динофитовые (*Dinophyta*).

К отделу относятся преимущественно одноклеточные водоросли. Встречаются амебоидная, монадная, пальмеллоидная, коккоидная и нитчатая типы структур. Характерным признаком пиррофитовых водорослей является спинно-брюшное (дорзо-вентральное) строение клеток (рис. 27).

В клетке могут присутствовать продольная и поперечная бороздки, или одна продольная. Клетка пиррофитовых водорослей характеризуется

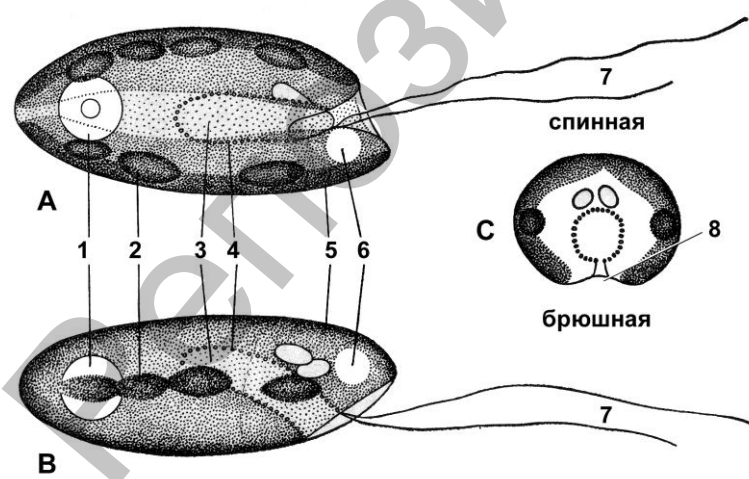


Рис. 27. Криptomonада. Вид: А – с брюшной стороны; В – сбоку; С – спереди. 1 – ядро; 2 – пиреноиды; 3 – глотка; 4 – трихоцисты; 5 – хлоропласты; 6 – пульсирующая вакуоль; 7 – жгутики; 8 – продольная бороздка

наличием двух жгутиков – плавательного и рулевого. У большинства пиррофитовых имеется так называемая глотка в виде мешка. Клетка содержит преломляющие свет тельца – трихоцисты. Характерной особенностью клетки пиррофитовых является разнообразие окраски хлоропластов. Их хлоропласты окрашены в оливковый, бурый, коричневый, желтый, золотистый, красный, синий, голубой цвета. А вот чисто зеленая

окраска хлоропластов отсутствует. Основными пигментами хлоропластов являются хлорофиллы *a* и *b* и ксантофиллы. Наряду с автотрофным возможно и гетеротрофное питание. Продуктами ассимиляции являются крахмал и жир.

Размножение. Размножаются пиррофитовые водоросли вегетативно – путем деления клетки. Собственно бесполое размножение происходит зооспорами и автоспорами.

Отдел включает подотделы Хлоромонадофитовые (*Chloromonadophytina*), Кристофитовые (*Cryptophytina*), Динофитовые (*Dinophytina*).

Распространение, значение и происхождение пиррофитовых водорослей

Пиррофитовые обитают как в пресных, так и солоноватых водах. Хлоромонадофитовые поселяются в пресных водоемах с кислой реакцией среды. Кристофитовые живут в основном в искусственных водоемах – отстойниках, различных прудах (биологических, технических, рыбоводных). Динафитовые распространены в пресных чистых водах и морях.

Пиррофитовые водоросли в процессе жизнедеятельности способны давать большую биомассу и являются важным звеном в цепи питания гидробионтов, а также играют заметную роль в отложении сапропеля.

Поселяясь в загрязненных водоемах, пиррофитовые принимают активное участие в самоочищении водоемов. Некоторые виды ядовиты.

Предками пиррофитовых водорослей могли быть примитивные амeboидные формы.

Отдел *Золотистые водоросли (Chrysophyta)*

К отделу относятся одноклеточные, колониальные, реже многоклеточные (нитевидные, пластинчатые), плавающие или прикрепленные организмы до 2 см длины. Хлоропласты золотисто-желтые или бурые, содержат хлорофилл *a*, редко *c*, каротин, несколько ксантофиллов, больше всего золотистого фукоксантина. В процессе фотосинтеза образуется особый углевод лейкозин и масло.

Строение клетки золотистых водорослей. Ядро в клетке одно. Хлоропласты один или два корытообразные постенные. У некоторых в передней части клетки имеются одна или две пульсирующие вакуоли и красный глазок. Многие виды снабжены жгутиками. У многих видов протопласт заключен в "домик" или покрыт панцирем.

Распространены золотистые водоросли по всему земному шару, но предпочитают чистые пресные воды умеренных широт. Массово развиваются в холодную пору года: весной, осенью, зимой. Большинство

находится в планктоне.

Золотистые водоросли бывают одноклеточными, колониальными, многоклеточными (рис. 28).

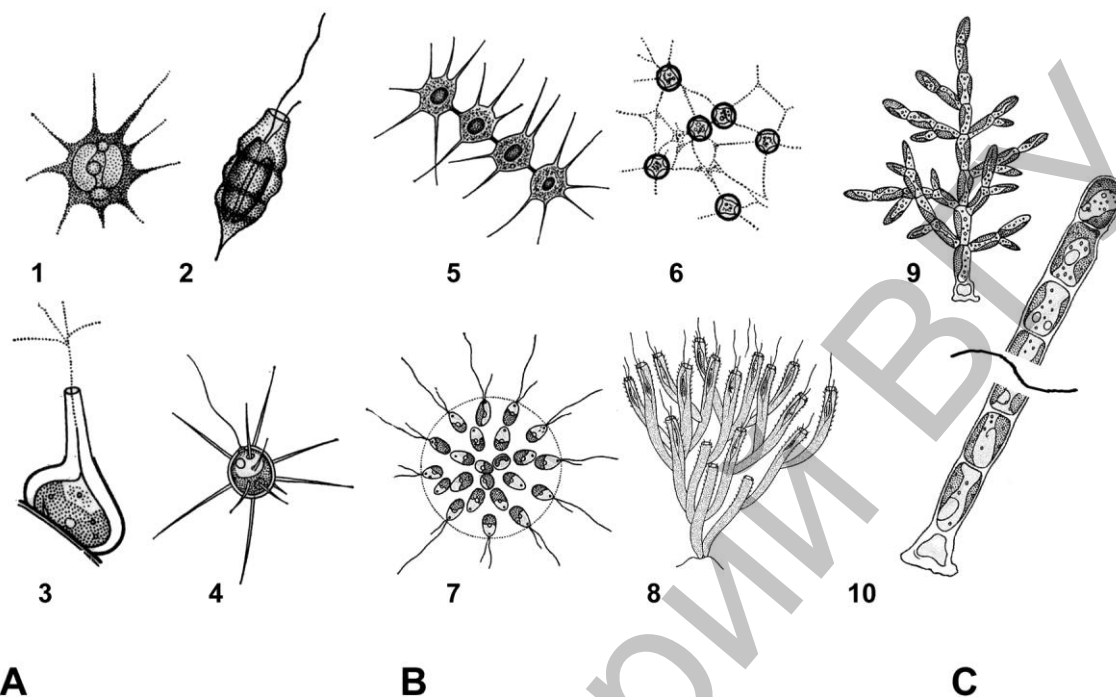


Рис. 28. Морфологическое разнообразие золотистых водорослей. А – одноклеточные: 1 – *Chrysamoeba radians*; 2 – *Pseudokephyrion acutum*; 3 – *Lagynion cistodinii*; 4 – *Chrysococcus radiatus*. В – колониальные: 5 – *Chrysidiastrum catenatum*; 6 – *Heliopsis mutabilis*; 7 – *Uroglenopsis americana*; 8 – *Hyalobryon ramosum*. С – многоклеточные: 9 – *Phaeothamnion confervicola*; 10 – *Nematochrysis sessilis*

Для них характерны почти все типы структур, за исключением харофитной (рис. 29).

Размножение. Размножаются золотистые водоросли вегетативно – делением клетки. Собственно бесполое размножение происходит с помощью одножгутиковых и двужгутиковых зооспор. Половой процесс встречается редко и происходит в виде изогамии.

Распространение, значение и происхождение золотистых водорослей

Золотистые водоросли являются важным звеном в цепи питания гидробионтов. "Цветение" некоторых видов заметно ухудшает качество воды. Массовое развитие примнезиума маленького (*Prymnesium parvum*) приводит к гибели рыб.

По набору пигментов, составу продуктов ассимиляции, наличию кремния в оболочке клетки золотистые водоросли обнаруживают сходство с диатомовыми, желто-зелеными водорослями. Они представляют собой

самостоятельную ветвь эволюции, берущую начало от каких-то первичных амeboидных организмов. Предполагают, что золотистые водоросли дали начало диатомовым водорослям. Отдел Золотистые водоросли делят на пять классов.

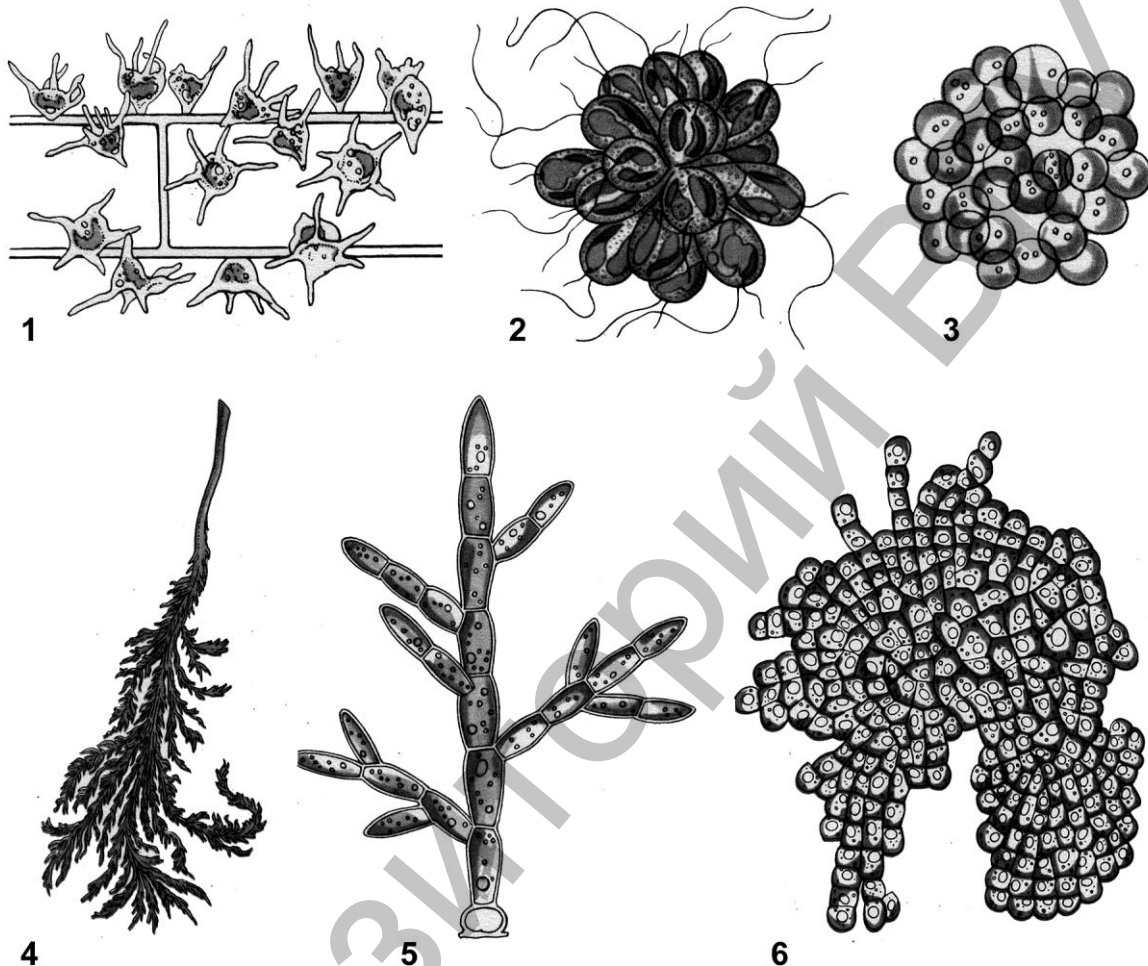


Рис. 29. Основные типы структуры тела золотистых водорослей. 1 – амeboидная (*Brehmiella chrysophydra*); 2 – монадная (*Synochromonas pallida*); 3 – коккоидная (*Chrysobotrys parvula*); 4 – пальмеллоидная (*Hydrurus foetidus*); 5 – разноритчатая (*Phaeothamnion borzianum*); 6 – пластинчатая (*Phaeodermatium rivulare*)

Отдел Диатомовые водоросли (Bacillariophyta)

Диатомовые водоросли – одноклеточные и колониальные организмы.

Строение клетки. Протопласт заключен в прозрачную оболочку из кремнезема. Панцирь напоминает коробочку с крышкой. Наружная (верхняя) оболочка носит название эпитека, внутренняя (нижняя) – гипотека. К каждой створке примыкает поясковый ободок (соединительный), удерживающий створки. Стенки панциря имеют многочисленные отверстия – поры для связи клетки с внешней средой.

Они могут занимать до 75% площади створки. По форме панциря все диатомовые водоросли делятся на классы: класс Центрические (*Centricophyceae*) и класс Пеннатные (*Pennatophyceae*).

У водорослей класса центрические панцирь радиально-симметричный. Пеннатные водоросли имеют двусторонне-симметричный панцирь.

Цитоплазма располагается постенно и в центре клетки. Остальная часть клетки заполнена вакуолью с клеточным соком. Ядро шаровидное и располагается ближе к центру клетки. Хлоропласты различаются по форме, числу и величине. Окраска их желто-бурая. В хлоропластах обнаружено 9 пигментов: хлорофиллы *a* и *c*, каротины *b* и *e* и пять ксантофиллов. Состав и количество пигментов не постоянно.

Пеннатные диатомеи характеризуются тем, что в створке имеется шов, идущий от концов к середине. Помимо связи протопласта с внешней средой благодаря наличию шва происходит движение диатомей.

Запасными веществами клетки являются масло, волютин и лейкозин.

Первоначально диатомовые водоросли появились в морской воде. В настоящее время они живут в морской воде, солоноватых водоемах, в озерах, прудах, болотах, реках, в горячих источниках с температурой около +50 °С, в почве, на снегу. В воде они могут быть в планктоне и бентосе. Хорошая плавучесть диатомей возможна благодаря наличию масла в клетке, пор в панцире, соединению клеток в колонию, появлению выростов и шипиков на панцире.

Размножение. Диатомовые водоросли размножаются вегетативно и половым способом.

При благоприятных условиях – наличие в воде биогенных веществ диатомовые особенно интенсивно размножаются путем деления клетки весной и осенью. В протопласте накапливается масло, клетка увеличивается в объеме, и ее створки с половинным содержимым клетки расходятся. Эпитека достраивает себе гипотеку, а гипотека становится эпитекой и также достраивает гипотеку.

Половое размножение диатомей происходит путем изогамии, анизогамии (гетерогамии) и оогамии:

- При изогамии в двух сблизившихся клетках происходит мейоз и образуются четыре ядра. По три ядра в каждой клетке дегенерируют. Весь протопласт каждой клетки становится гаметой, которые амебообразно двигаются навстречу друг другу, сливаются и образуют зиготу. Зигота имеет эластичную оболочку и растет. Ее часто называют ауксоспора – спорой роста. Затем она вырабатывает створки, эпитеку и гипотеку;
- При анизогамии после мейоза в каждой из сблизившихся клеток отмирают по два ядра из 4-х. Оставшиеся два ядра

формируют две гаметы. Одна гамета неподвижная (женская), другая (мужская) подвижная. Мужские гаметы "переползают" к женским, оплодотворяют их, в результате чего образуется зигота. Зигота становится ауксоспорой и превращается во взрослую клетку с двумя оболочками из кремнезема;

- Оогамия более характерна центрическим диатомовым водорослям. После мейоза в одних клетках (мужских) жизнеспособными являются четыре ядра, формирующие четыре сперматозоида. В женских клетках три ядра из четырех отмирают, а оставшееся ядро становится яйцеклеткой. Створки панциря женской клетки раздвигаются, и сперматозоиды оплодотворяют яйцеклетку. Женская клетка превращается в ауксоспору – спору роста, а затем во взрослую клетку, имеющую эпитеку и гипотеку.

При половых процессах диатомовых водорослей происходит не размножение, а омоложение и обогащение генотипа нового организма. В цикле развития диатомовых водорослей преобладает диплоидная фаза, гаплоидны только гаметы.

Класс *Центрические диатомеи (Centrophyceae)*

Объединяет водоросли, клетки которых имеют радиальную симметрию. Это преимущественно морские водоросли, одиночные или колониальные. Панцирь без шва, хлоропласты многочисленные в виде зерен, дисков, пластин. Форма панциря в виде линзы, диска, призмы. В классе пять порядков. В пресных и водоемах с соленой водой обитают колонии мелозиры (*Melosira*) (рис. 30). Клетки цилиндрические, бочонковидные. Хлоропласты в клетке многочисленные, округлые или лопатные. Вегетативное размножение путем деления клеток и колоний. Половой процесс – оогамия.

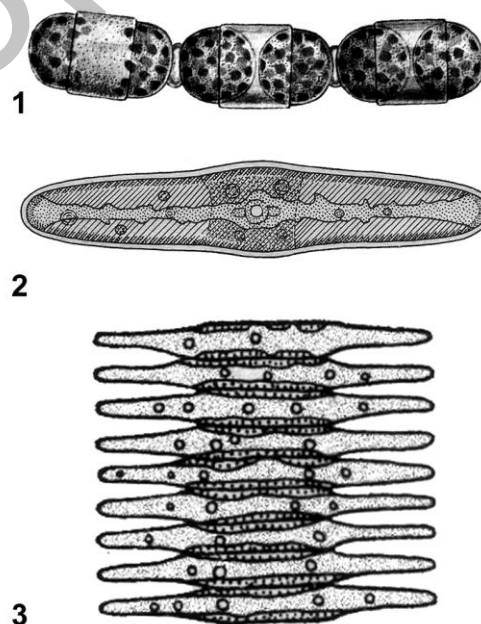


Рис. 30. Диатомовые водоросли. 1 – колония *Melosira*; 2 – *Pinnularia*; 3 – колония *Fragilaria*

Класс Пеннатные диатомеи (*Pennatophyceae*)

Большинство пеннатных диатомей живут в водоемах с пресной водой. Они одноклеточные или колониальные. По форме – ланцетные, линейные, эллиптические. Через их створку можно провести одну-две, реже три плоскости симметрии. У многих имеются поры и шов. Хлоропластов в клетке один или два. Размножаются вегетативно. Половое размножение изо- и анизогамия. В классе четыре порядка. Критерием для выделения порядка является наличие и число швов.

Порядок Двухшовные (*Diraphales*)

К порядку относится пиннулярия (*Pinnularia*) (рис. 30). Живые клетки совершают движение со створки на поясок и наоборот. Створки клетки в форме вытянутых эллипсов. В середине их и по полюсам находятся узелки. Швы вдоль обеих створок чуть изогнуты. На створках видны параллельные штрихи, ребрышки. Это перегородки, формирующие камеры внутри клетки. В клетке имеются два хлоропласта и вакуоли.

Из порядка **Бесшовные** (*Araphales*) в пресных и солоноватых водоемах широко распространены колонии фрагиларии (*Fragilaria*) (рис. 30).

Происхождение диатомовых водорослей

Диатомовые водоросли считаются сравнительно молодым отделом. Первые диатомовые были морскими и относились к центрическим диатомеям. По сходству пигментов, продуктов ассимиляции, наличие оболочки из кремнезема диатомовые имеют отдаленное сходство с золотистыми (*Crysophyta*) и желто-зелеными (*Xanthophyta*) водорослями.

Правильнее считать, что диатомовые водоросли рано отошли от общего предка с золотистыми и желто-зелеными водорослями.

Роль в природе и практическое значение диатомей

Являясь мощным и неиссякаемым источником органического вещества, они служат постоянной кормовой базой для зообионтов. Отмирая, они образуют диатомовый ил, сапропель, а также горную породу "диатомит", которая используется для очистки продуктов в пищевой промышленности. При изучении осадочных пород они используются в стратиграфии.

Отдел Желто-зеленые водоросли (*Xanthophyta*)

Общая характеристика. Желто-зеленые водоросли характеризуются большим морфологическим разнообразием. У них встречаются почти все типы структур за исключением харофитной. Желто-зеленая окраска обусловлена сочетанием хлорофиллов *a* и *c*, каротинов и ксантофиллов. Отличительной особенностью желто-зеленых водорослей с монадной

структурой является наличие у вегетативных клеток и зооспор двух неравных жгутиков. Главный жгутик состоит из оси и перисто расположенных на ней мерцательных волосков, боковой жгутик бичевидный.

Таллом желто-зеленых водорослей может быть одноклеточным, колониальным, многоклеточным и неклеточным. Известны виды с многоядерным талломом в виде голого плазмодия.

Строение клетки. В протопласте содержится несколько желто-зеленых хлоропластов. Они могут иметь дисковидную, звездчатую, пластинчатую корытообразную форму. У подвижных форм на хлоропласте содержится красный глазок. У некоторых имеется пиреноид, одна или две пульсирующие вакуоли. Ядро в клетке одно.

У простейших представителей клетка покрыта нежным перипластом. У большинства видов оболочка плотная цельная или двустворчатая.

Запасным продуктом является масло, реже волютин и лейкозин.

Размножение. Размножаются желто-зеленые водоросли делением клетки или колонии. Собственно бесполое размножение происходит двужгутиковыми зооспорами, автоспорами, амебоидами. Половой процесс редок и представлен изо- и оогамией.

Отдел желто-зеленые водоросли обычно делят на шесть классов.

Класс Ксантосифоновые (Xantosiphonophyceae)

Наиболее высокоорганизованным классом, представители которого широко распространены в пресных водоемах, являются ксантосифоновые (*Xantosiphonophyceae*). Водоросли класса характеризуются неклеточной – сифональной структурой. Характерным представителем класса являются вошерия и ботридиум.

На дне водоемов, на поверхности воды и на почве часто встречается вошерия (*Vaucheria*) (рис. 31-А). Нить с ризоидами и без них представляет собой многоядерную слабоветвящуюся клетку. Цитоплазма постенная с дисковидными хлоропластами. Центр клетки занимает вакуоль с клеточным соком. К осени капли масла, образующиеся в процессе фотосинтеза, сливаются в одну крупную каплю (рис. 31-С).

Размножение. Собственно бесполое размножение (рис. 31-В) происходит с помощью многожгутиковых многоядерных зооспор. Содержимое на концах нити становится более вязким и темным, отделяется перегородкой и превращается в зооспорангий. В нем формируется крупная зооспора со жгутиками по периферии.

Половое размножение у вошерии оогамное (рис. 31-Д). Оогонии и антеридии на нити вошерии располагаются группами. Сперматозоиды антеридия оплодотворяют яйцеклетку оогония, после чего развивается

ооспора с толстой оболочкой. После периода покоя и мейоза ооспора прорастает в нить вошерии.

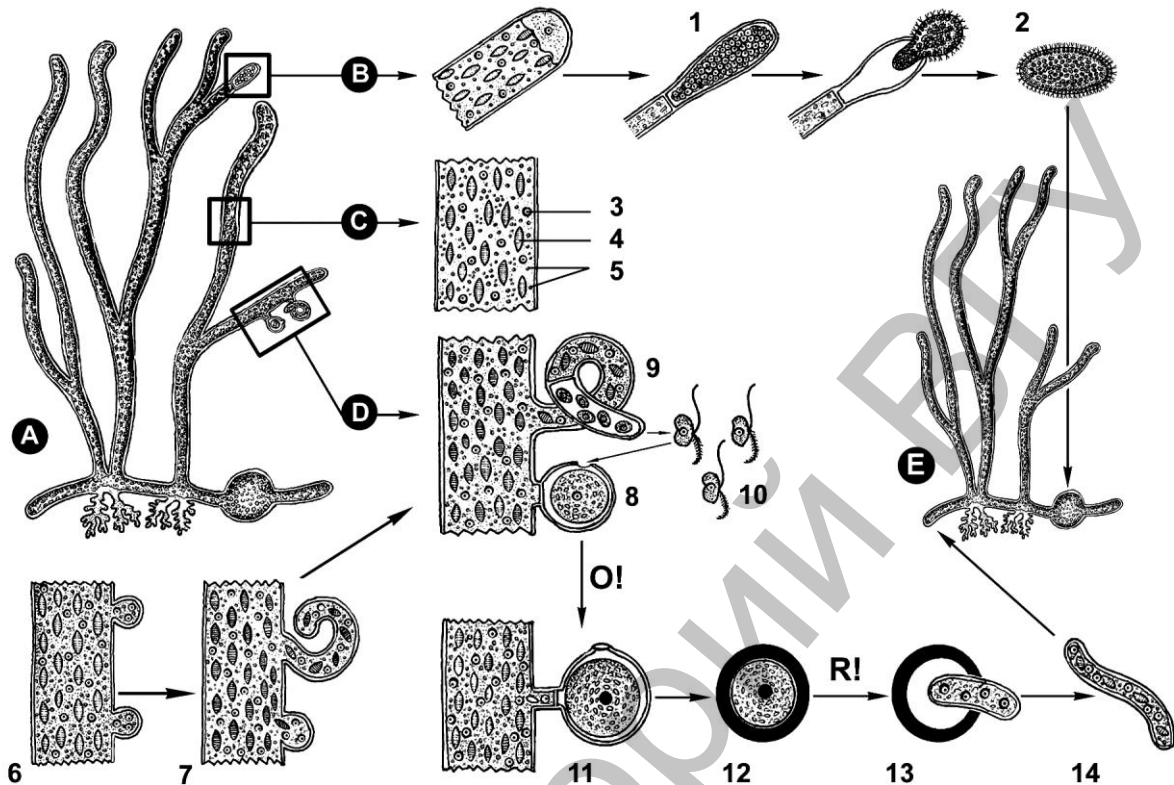


Рис. 31. *Vaucheria*. А – внешний вид нити. В – размножение с помощью зооспор: 1 – зооспорангий; 2 – зооспора. С – микроскопическое строение участка нити: 3 – ядро; 4 – хлоропласты; 5 – капли масла. D – половое размножение: 6-7 – формирование половых органов; 8 – оогоний; 9 – антеридий; 10 – сперматозоиды; 11 – зигота ($2n$); 12 – ооспора ($2n$); 13 – прорастающая ооспора; 14 – новая нить. E – молодая особь. O! – оплодотворение. R! – мейоз

Одним из характерных представителей желто-зеленых водорослей является ботридиум зернистый (*Botrydium granulatum*) (рис. 32). В прудах, в литоральной зоне озер поверхность ила бывает покрыта мелкими желто-зелеными шариками этого вида. Тело представляет собой одну гигантскую многоядерную клетку. Надземная часть ее выполняет функцию фотосинтеза и размножения. Дихотомически разветвленная система бесцветных ризоидов прочно удерживает ботридиум в грунте. В постенном слое цитоплазмы находятся пластинчатые или дисковидные хлоропласты, капли масла. Ризоидальная часть заполнена цитоплазмой с

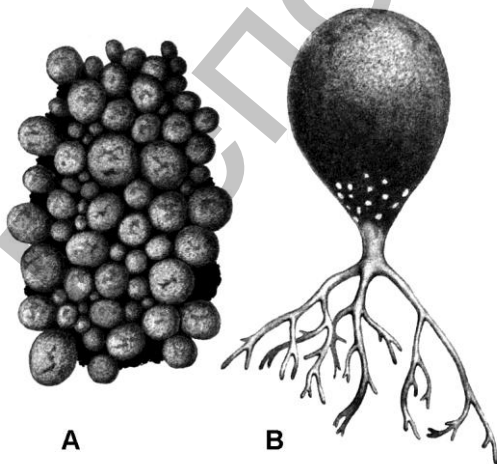


Рис. 32. *Botrydium*. А – поросль на почве; В – отдельная особь

клеточным соком. Оболочка клетки состоит из пектина с примесью целлюлозы.

Собственно бесполое размножение – зооспорами. При этом протопласт надземной части распадается на одноядерные участки, которые затем превращаются в зооспоры. Зооспоры покидают клетку через разрыв оболочки на вершине. Иногда вместо зооспор образуются автоспоры и апланоспоры. При наступлении неблагоприятных условий (пересыхание водоема) содержимое надземной части ботридиума переходит в ризоиды и превращается в особые цисты – ризоцисты. Надземная часть отделяется от ризоидов и отмирает. В благоприятной обстановке ризоцисты прорастают в новый ботридиум или образуют зооспоры, превращающиеся в ботридиум.

Распространение и значение желто-зеленых водорослей

Многие желто-зеленые водоросли находятся в планктоне пресных и морских водоемов. Некоторые предпочитают бентос и ведут прикрепленный образ жизни (вошерия), другие живут в (на) почве.

Желто-зеленые водоросли принимают активное участие в образовании первичной продукции водоемов, сапропеля. Некоторые являются индикаторами качества воды.

Происхождение желто-зеленых водорослей

Желто-зеленые водоросли представляют самостоятельную ветвь эволюции, берущую начало от амебовидных форм.

Отдел Бурые водоросли (*Phaeophyta*)

Общая характеристика. К бурым водорослям относятся многоклеточные, преимущественно макроскопические водоросли. Некоторые из них достигают 50 м длины. По форме слоевища могут быть нитевидными, пластинчатыми, кустистыми, корковидными. Для прикрепления к грунту служат ризоиды. В верхней части слоевищ некоторых бурых водорослей имеются воздушные пузыри, которые способствуют удержанию слоевища в вертикальном положении. Более сложно организованные бурые водоросли (ламинариевые) имеют расчленение слоевища на корнеподобные ризоиды, стеблевидную часть и листовидную пластину. В листовидной пластине различают кору (1-4 поверхностных слоя клеток коры, способных к делению называют – меристодермой или делящейся покровной "тканью"), промежуточный слой, в котором главным образом запасаются продукты ассимиляции и сердцевину. Сердцевина выполняет механическую и проводящую функции.

В клетках бурых водорослей содержится по одному ядру и по несколько мелких дисковидных хлоропластов. Хлоропласты содержат хлорофиллы *a* и *c*, каротин и несколько ксантофиллов – фукоксантин,

виолаксантин, антраксантин, зеаксантин. Присутствием ксантофиллов и каротина объясняется бурая окраска слоевища бурых водорослей. Мелкие пиреноиды располагаются по периферии хлоропластов. Продуктами ассимиляции являются углеводы (ламинарин, манит или сахароспирт), жиры. Цитоплазмы соседних клеток слоевища связаны между собой посредством пор. Оболочка клеток целлюлозная¹, сверху – пектиновое покрытие. Пектиновые вещества образуют слизь, что защищает слоевища бурых водорослей от механических повреждений, временного пересыхания.

Бурые водоросли характеризуются верхушечным и интеркалярным ростом. Слоевище может быть однолетним и многолетним.

Размножение. Для бурых водорослей характерны все способы размножения: бесполое (вегетативное и с помощью спор) и половое.

Для вегетативного размножения служат специальные выводковые почки. Случайно оторванные фрагменты слоевища могут долго вегетировать в неприкрепленном состоянии, но формировать репродуктивные органы они не могут.

Собственно бесполое размножение бурых водорослей происходит с помощью зооспор. У диктиотовых водорослей имеются неподвижные тетраспоры. У некоторых имеются моноспоры.

Половое размножение бурых водорослей осуществляется путем изо-, анизо- (гетерогамии) и оогамии. При изогамии и гетерогамии гаметы образуются в многогнездных, многокамерных гаметангиях. Оогамия свойственна высокоорганизованным бурым водорослям.

В цикле развития большинства бурых водорослей гаметофит и спорофит чередуются. При изоморфной смене генерации спорофит и гаметофит внешне не отличаются.

Гетероморфная смена генераций характеризуется тем, что гаметофит чаще микроскопический, спорофит крупный. У некоторых бурых водорослей (фукусовые) гаметофит развивается в слоевище спорофита. У таких водорослей гаплоидны лишь гаметы. Водоросли, у которых гаметофит как самостоятельная генерация отсутствует, выделены в класс Циклоспоровые. Все остальные водоросли относятся к классу Фэозоспоровые.

Класс Фэозоспоровые (*Phaeozosporophyceae*)

Гаметофиты и спорофиты фэозоспоровых водорослей существуют как самостоятельные формы развития.

¹ Целлюлоза бурых водорослей отличается строением от целлюлозы высших растений и носит название альгулёза.

Порядок *Эктокарповые (Ectocarpales)*

Эктокарповые водоросли растут во всех морях мира. Размеры слоевища колеблются от микроскопических до 30-60 см высоты. Слоевище эктокарповых нитчатые, однорядные. Органами бесполого и полового размножения являются одно- и многогнездные вместилища. Размножаются вегетативно, зооспорами и половым путем.

Вегетативное размножение происходит обрывками нитей слоевища, половое – изогамия. Род эктокарпус (*Ectocarpus*) имеет нитчатое кустистое слоевище размерами 0,1 – 30 см. (рис. 33).

К грунту прикрепляется ризоидами. Ветви слоевища сужаются и на

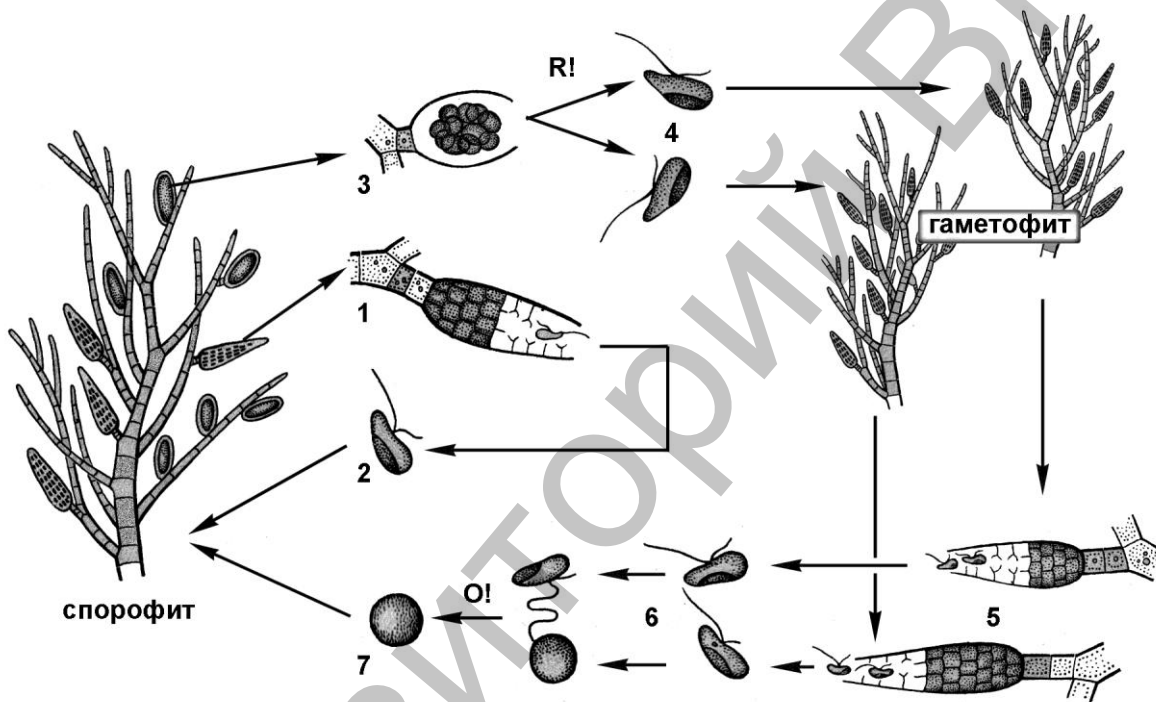


Рис. 33. *Ectocarpus* (цикл развития). 1 – многогнездный зооспорангий; 2 – зооспора ($2n$); 3 – одногнездный зооспорангий; 4 – зооспоры (n); 5 – многогнездные гаметангии; 6 – изогаметы; 7 – зигота. R! – мейоз; O! – оплодотворение

вершине заканчиваются бесцветными клетками. Хлоропласты в виде лопастной пластинки или лентовидные. Спорангии и гаметангии образуются на специальных выростах ветвей. В цикле развития может быть изо- или гетероморфная смена генераций.

Порядок *Кутлериевые (Cutleriales)*

Представители порядка характеризуются трихоталлическим ростом. В растущих частях, по краям пластинчатого слоевища расположены многочисленные волоски с базальной зоной роста. При этом отчленяются клетки наружу и в сторону слоевища. На определенном удалении от зоны роста основания волосков сливаются. В результате этого образуется слоевище паренхиматического плотного строения. Слоевища у

кутлериевых бывают: пластинчатыми, стелющимися, корковидными или прямостоячими.

Цикл развития состоит в чередовании диплоидного спорофита ($2n$) и гаплоидного гаметофита (n). Смена поколений – изоморфная и гетероморфная. Половой процесс у кутлериевых – гетерогамия.

Род кутлерия (*Cutleria*) широко распространен у европейских берегов Атлантики и в Средиземном море. Характеризуется гетероморфной сменой поколений. Гаметофит однолетний. Слоевище вертикальное, веерообразное или кустистое до 15 см (рис. 34). Слоевище спорофита однолетнее и многолетнее корковидное диаметром до 10 см. В спорангиях образуются 8, 16, 32 зооспоры.

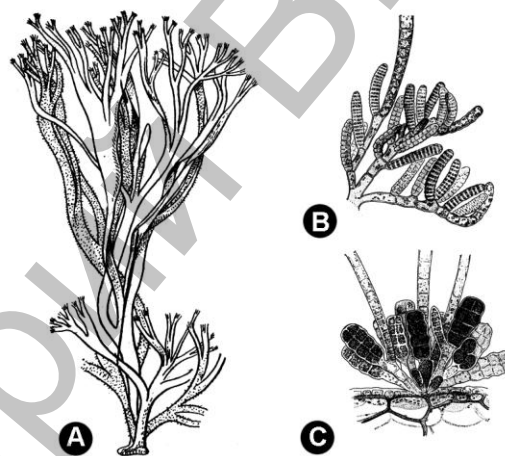


Рис. 34. *Cutleria*. А – внешний вид растения; В – мужские гаметангии; С – женские гаметангии

Порядок Диктиотовые (*Dictiotales*)

Представители порядка имеют пластинчатые, цельные или рассеченные на лопасти слоевища высотой 5-50 см.

Для собственно бесполого размножения на спорофите образуются тетраспорангии, в которых находятся 4 крупные споры. Спорангии располагаются на поверхности слоевища группами (сорусами).

При половом размножении на гаметофитах образуются оогонии с одной яйцеклеткой и антеридии. Гаметофиты раздельнополые и обоеполые. Сперматозоиды (антерозоиды) имеют по одному жгутику. Характерна изоморфная смена гаметофита и спорофита.

Виды рода диктиота (*Dictiota*) характеризуются вильчато-разветвленным слоевищем, лопасти которого расположены в одной плоскости. Высота растений до 20 см. Гаметофиты диктиоты раздельнополые. Виды рода диктиота встречаются в литорали морей Тихого и Атлантического океанов.

Порядок Ламинариевые (*Laminariales*)

Ламинариевые характеризуются гетероморфным циклом развития. Доминирует спорофит высотой 5-6, редко 20-50 м. Слоевище имеет одну или несколько пластин, расположено на стволе, напоминающем стебель.

К грунту прикрепляются ризоидами. На срезе пластины и ствола различают меристодерму, кору, промежуточный слой и сердцевину. Большинство ламинариевых являются многолетними растениями. После выхода спор из спорангиев пластина разрушается. Рост слоевища у ламинариевых интеркалярный. Спорофиты формируют одиночные одноклеточные спорангии, которые образуются на поверхности слоевища. Из спор вырастают раздельнополюе многоклеточные нитчатые гаметофиты. Женские гаметофиты могут быть одноклеточными. Половой процесс оогамный. На женском гаметофите (оогонии) образуется одна яйцеклетка. После созревания она покидает оогоний, но не отделяется от него и оплодотворяется антерозоидом. Образуется зигота, которая отделяется от гаметофита и прорастает в спорофит.

Растут ламинариевые в литеральной зоне главным образом в холодных водах северного и южного полушарий на участках водоема с заметным течением, прибоем. Такие участки водоемов богаты биогенными веществами. Могут встречаться до глубины 200 м.

В морях Мирового океана широко распространены ламинария японская (*Laminaria japonica*), сахаристая (*L. saccharina*), пальчатая (*L. digitata*), северная (*L. hyperborean*). Они являются объектами промысла. Самый ценный промысловый вид – ламинария японская.

К ламинариевым относятся так же роды лессония (*Lessonia*) и макроцистис (*Macrocystis*).

Класс Циклоспоровые (*Cyclosporophyceae*)

Гаметофиты циклоспоровых развиваются в слоевище спорофита в специальных углублениях – канцептакулах. Размножаются только половым путем. Весь жизненный цикл проходят в диплоидной фазе. На спорофите гаплоидны только гаметы. Мейоз происходит при образовании гамет в гаметангиях – оогониях и антеридиях.

Все циклоспоровые являются макрофитами, но их размеры не превышают 10 м. Слоевище дифференцировано на ткани: меристодерму, кору, промежуточный слой и сердцевину. У большинства циклоспоровых в талломе имеются воздушные пузыри, позволяющие удерживать водоросли в толще воды в вертикальном положении.

Класс делится на два подкласса: аскозейровые и фукусовые. Подкласс Фукусовые (*Fucophycidae*) включает порядок фукусовые.

Порядок Фукусовые (*Fucales*)

Слоевище фукусовых кустистое, характеризуется верхушечным ростом. На слоевищах фукусовых встречаются криптостомы и цекостомы. Криптостомы представляют собой ямки, из которых растут многоклеточные волоски с базальной зоной роста. Цекостомы – полости под поверхностью слоевища. Криптостомы и цекостомы служат в

основном для поглощения питательных веществ.

Оогонии фуковых сидят в концептакулах на поверхности или располагаются на поддерживающей клетке.

К порядку фуковых относятся роды фукус и саргассум.

Виды рода фукус (*Fucus*) характеризуются дихотомическим слоевищем до 0,5-1,5 м высоты (рис. 35).

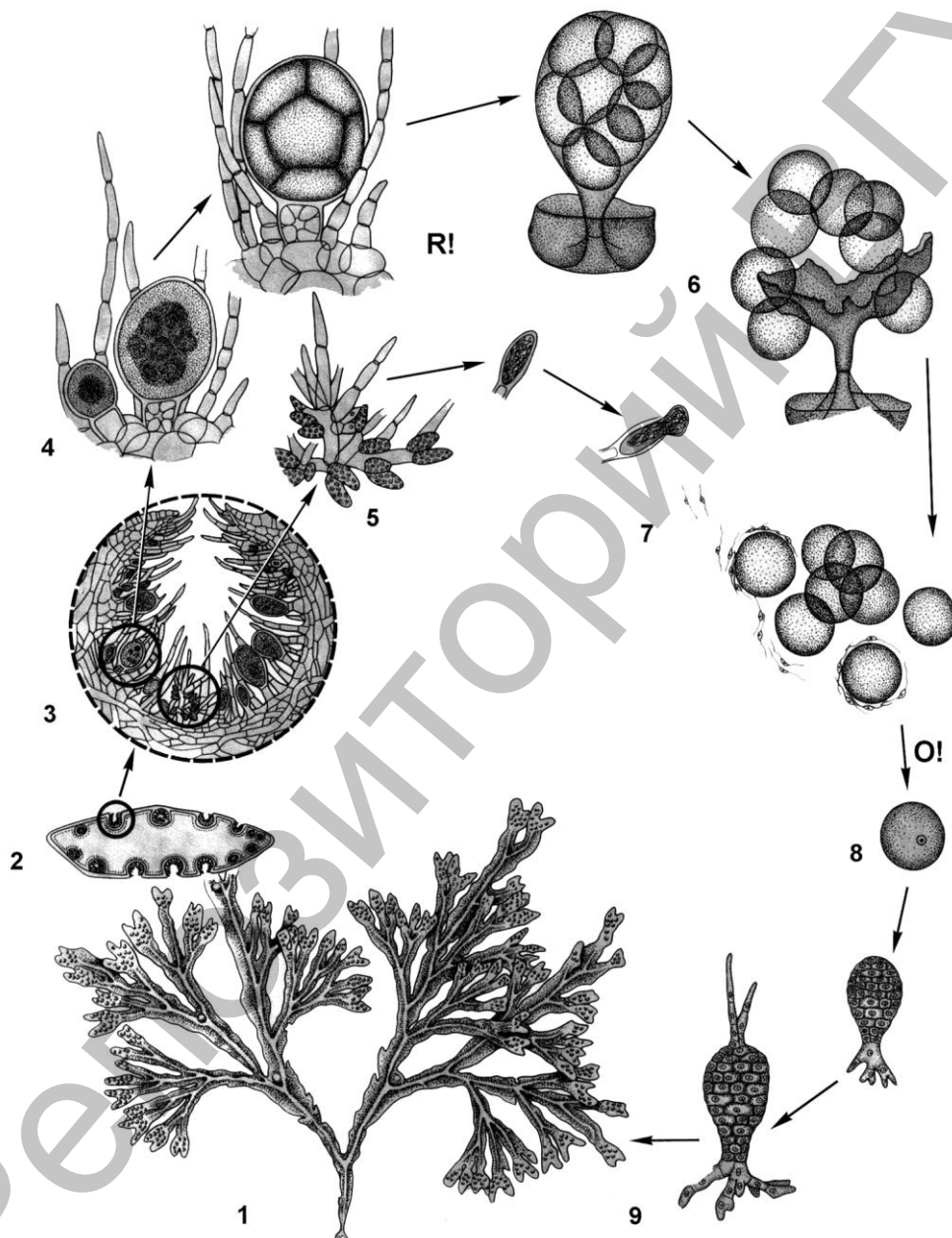


Рис. 35. *Fucus* (цикл развития). 1 – слоевище; 2 – рецептакула; 3 – концептакула; 4 – оогонии; 5 – антеридии; 6 – яйцеклетки; 7 – сперматозоиды; 8 – зигота; 9 – развивающийся спорофит

Плоские ветви фукуса имеют "срединную жилку", которая в нижней части переходит в "черешок". Черешок прикрепляется к грунту ризоидом в виде диска. В слоевище находятся воздушные пузыри. На специальных выростах – рецептакулах формируются концептакулы (скафидии).

В одних скафидиях созревают оогонии с 8 яйцеклетками в каждом, в других – антеридии с многочисленными (64) сперматозоидами (рис. 35). Яйцеклетки покидают оогонии и оплодотворяются сперматозоидами в воде. Зигота прорастает в спорофит¹ без периода покоя.

У водорослей из рода саргассум (*Sargassum*) "листья" пластинчатые с продольным ребром или игловидны, "ствол" короткий. К грунту прикрепляются диском или ризоидами. В Саргассовом море живут свободноплавающие виды. Воздушные пузыри расположены на конечных веточках таллома. Ресептакулы с концептакулами (скафидиями) занимают вершину длинных ветвей, отходящих от верхней части ствола. В оогонии находится только одна яйцеклетка.

Распространение бурых водорослей

Растут бурые водоросли во всех морях мирового океана. Поселяются они от литоральной зоны, где во время отлива оказываются вне моря, до глубины 100 м. Прикрепляются бурые водоросли к подводным скалам, камням, реже – гальке, раковинам моллюсков. Некоторые (саргассум) образуют большие плавающие скопления (в Саргассовом море). Наиболее благоприятные условия для своего произрастания бурые водоросли находят в умеренных и приполярных широтах. Повышенное содержание биогенных элементов в полосе произрастания бурых водорослей объясняется зимним перемешиванием по вертикали теплых и холодных вод. В морях умеренных и приполярных широт наибольшего развития бурые водоросли достигают летом. В тропических морях массовое развитие их отмечается зимой.

Значение бурых водорослей

Заросли бурых водорослей являются укрытием, кормом, местом размножения для водных зообионтов, субстратом для микро- и макроорганизмов.

Велика роль бурых водорослей в хозяйственной деятельности человека. Бурые водоросли – единственный источник получения альгинатов (солей альгиновой кислоты). Особенно ценен альгинат натрия. Добавление альгината натрия повышает качество консервов, мороженого, фруктовых соков, красящих и клеящих веществ. Альгинаты используются при производстве пластмасс, синтетических волокон, для получения лакокрасочных покрытий. С помощью альгинатов готовят хирургические нити, мази, пасты в фармацевтической и парфюмерной промышленности.

Сахароспирт маннит, получаемый из бурых водорослей, находит

¹ Профессор А.Г. Еленевский рассматривает растение фукуса как гаметофит, хотя в жизненном цикле гаплоидными являются только гаметы. Такой цикл развития он определяет как монодиплобионтный.

применение в фармацевтической промышленности для изготовления таблеток, в производстве красок, бумаги, взрывчатых веществ.

В медицине из бурых водорослей готовят заменители крови, препараты предотвращающие ее свертывание.

С давних пор народы Юго-восточной Азии используют бурые водоросли в пищу.

Саргассовые водоросли являются объектом промысла, так как являются источником альгинатов и используются в пищу.

Происхождение бурых водорослей

Бурые водоросли представляют самостоятельную линию эволюции. Сходство пигментов и продуктов запаса с золотистыми водорослями заставляет делать предположение, что у них был общий предок.

Отдел Зеленые водоросли (*Chlorophyta*)

Общая характеристика. Зеленые водоросли – самый обширный по числу видов отдел водорослей. В нем насчитывается от 15 до 20 тыс. видов. Ассимиляционные пигменты – хлорофилл *a* и *b* преобладают над *α*- и *β*-каротинами и ксантофиллами, которых около 10. Поэтому окраска их тела зеленая, но иногда маскируется красным пигментом гематохромом, накапливающимся в запасных питательных веществах.

В морфологическом отношении зеленые водоросли могут быть одноклеточными, многоклеточными, ценобиальными, колониальными. У них отмечены все ступени морфологической дифференциации тела за исключением амебоидной и харофитной. Размеры тела колеблются от микроскопических (хлорелла, хлорококк) до нескольких десятков сантиметров (ульва, монострома).

Размножение. Для зеленых водорослей характерны все способы размножения: бесполое (вегетативное и с помощью спор) и половое.

Вегетативное размножение может происходить делением клетки надвое, частями таллома, специальными клетками с толстой оболочкой – акинетами.

Собственно бесполое размножение происходит 2, 4 жгутиковыми зооспорами, апланоспорами, автоспорами.

Для полового размножения характерны холо-, изо-, гетеро- и оогамия, а также конъюгация.

В циклах развития зеленых водорослей происходит смена ядерных фаз и чередование гаметофита и спорофита. У некоторых – более совершенных водорослей имеет место изо- или гетероморфная смена генераций.

Класс Вольвоксовые (Volvocophyceae)

Включает одноклеточные, ценобиальные и колониальные водоросли. Структура тела – монадная. Предками вольвоксовых могли быть амeboидные формы жизни. Эволюция у вольвоксовых шла по следующим направлениям:

- 1) усложнение полового процесса от холо- к изо-, гетеро- и оогамии;
- 2) эволюция таллома от одноклеточного до колониального;
- 3) утрата подвижности (жгутиков) в вегетативном состоянии.

В жизненном цикле вольвоксовых доминирует гаплоидная фаза. От одноклеточных вольвоксовых в результате утраты жгутиков вероятно произошли одноклеточные протококковые.

К классу Вольвоксовых относятся три порядка: Полиблефаридовые, Хламидомонадовые, Вольвоксовые.

Порядок Полиблефаридовые (*Polyblepharidales*)

Относятся одноклеточные монадные водоросли с тонкой оболочкой. В порядке содержится 10 родов.

Широко распространенным родом порядка является дюналиелла (*Dunaliella*). Виды рода встречаются в водоемах с пересыщено соленой водой. Клетка покрыта тонкой оболочкой или перипластом. Форма клетки удлинено-яйцевидная. Хлоропласт в виде чаши погружен в цитоплазму. На хлоропласте располагается пиреноид. В передней части клетки имеются два жгутика и стигма (глазок). Ядро находится в цитоплазме в центре клетки. Каротиноиды придают клетке кирпично-красную окраску.

Размножение. Размножаются вегетативно – продольным делением клетки. Половой процесс хологамия – слияние двух вегетативных клеток дюналиеллы. Зигота при прорастании дает начало новым вегетативным клеткам.

Порядок Хламидомонадовые (*Chlamidomonadales*)

К порядку относятся одноклеточные водоросли с плотной оболочкой с двумя или четырьмя жгутиками. Основным семейством порядка является семейство Хламидомонадовые (*Chlamidomonadaceae*). Центральный род семейства – хламидомонада (*Chlamidomonas*). К роду относится около 500 видов. Обитают хламидомонады в мелких хорошо прогреваемых водоемах – лужах, канавах. Кроме автотрофного питания хламидомонады способны поглощать растворенные в воде органические вещества, очищая водоемы. При неблагоприятных условиях – пересыхании, недостатке кислорода хламидомонады впадают в пальмеллоидное состояние. Они теряют жгутики, покрываются слизью. При наступлении благоприятных условий хламидомонады переходят в обычное вегетативное состояние.

Плотная оболочка обеспечивает хламидомонаде постоянную форму тела. Клетки большинства видов на переднем конце вытянуты в носик. У основания носика имеются два жгутика, благодаря которым хламидомонада движется. В протопласте в постенном слое находится чашевидный хлоропласт с пиреноидом у основания. В передней части хлоропласта располагается глазок (стигма), благодаря которому клетка передвигается в наиболее благоприятные для фотосинтеза слои воды. Недалеко от жгутиков можно наблюдать две сократительные вакуоли, которые участвуют в процессах выделения продуктов обмена.

Размножение. Бесполое размножение происходит 4-х жгутиковыми зооспорами. Их образуется в клетке 2, 4, редко 8. Половое размножение – изогамия. Зигота покрывается толстой оболочкой и превращается в цисту. После периода покоя она прорастает 4 зооспорами, которые становятся вегетативными клетками с 2 жгутиками.

Порядок Вольвоксовые (*Volvocales*)

К порядку относятся ценобиальные и колониальные формы. Отдельные клетки, слагающие ценобий и колонию, построены по типу хламидомонады. Клетки срастаются оболочками или соединяются общей слизью.

Ценобиальные водоросли представлены родами гониум, пандорина и эвдорина (рис. 36).

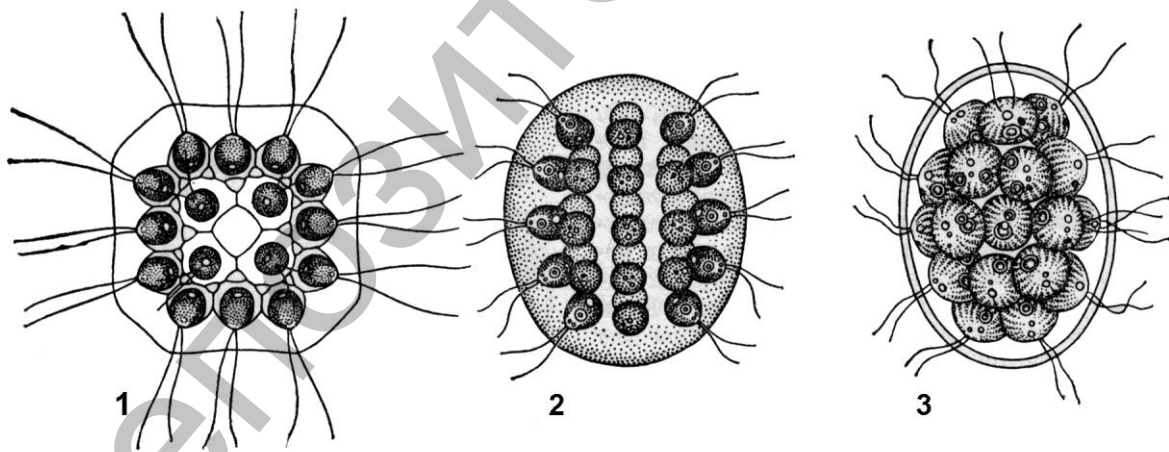


Рис. 36. 1 – *Gonium pectorale*; 2 – *Eudorina elegans*; 3 – *Pandorina morum*

Ценобии рода гониум (*Gonium*) состоят из 4, 8, 16 клеток. Они имеют форму выпукло-вогнутых пластин. Жгутики расположены наружу ценобия и совершают движения синхронно.

Размножаются собственно бесполым способом – зооспорами, которых в каждой клетке ценобия по 16. Они образуют новый ценобий внутри материнской клетки, а затем покидают ее и уходят в воду.

Половое размножение – изогамия.

Род пандорина (*Pandorina*) объединяет виды, ценобии которых состоят из 16, 32 двужгутиковых клеток. Ценобии сферические. Клетки в ценобии соприкасаются боковыми стенками.

При собственно бесполом размножении в материнской клетке из зооспор слагается дочерний ценобий.

Половое размножение – гетерогамия.

У представителей рода эвдорина (*Eudorina*) ценобии эллипсоидные и шаровидные, состоящие из 64, 32, реже 16 клеток. Жгутики обращены наружу и двигаются синхронно. Снаружи ценобий окружен слизистой оберткой.

Собственно бесполое размножение с помощью зооспор, из которых в материнской клетке формируется дочерняя колония.

Половой процесс оогамный. Эвдорины двудомны. Оогонии и антеридии образуются на различных ценобиях.

Колониальные вольвоксовые представлены родом вольвокс (*Volvox*). Клетки вольвокса срастаются боковыми стенками и соединяются между собой с помощью плазмодесм. Благодаря им происходит движение веществ между клетками колонии, которые располагаются по периферии миниатюрного шара диаметром около 2 мм. Клетки колонии имеют такое же строение, как и клетки хламидоманады. Полость шара заполнена слизью.

Размножение. Бесполое размножение происходит с помощью специальных партеногонидиальных клеток, которых в колонии около десятка и находятся они среди вегетативных клеток. В результате многократных делений партеногонидиальной клетки образуется пластинка, которая принимает вид вогнутой сферы, затем выворачивается наизнанку и образует молодой шар, выпадающий в полость материнского. Молодые колонии покидают материнский шар путем его разрыва.

Половое размножение у вольвокса оогамное. Вольвоксы могут быть обоеполыми и раздельнополыми.

Обитают вольвоксы в текущих, но чаще в стоячих водоемах.

Класс Протококковые (*Protococophyceae*)

К протококковым относятся одноклеточные, ценобиальные и колониальные водоросли. В процессе эволюции отдела зеленых водорослей у протококковых приобрела широкое развитие коккоидная – типично растительная структура тела. По строению протопласта протококковые напоминают вольвоксовые. У наиболее "примитивных" протококковых еще сохранились пульсирующие вакуоли, что свидетельствует об их родстве. Оболочка клетки целлюлозная с примесью пектина. Хлоропласт один у коккоидных, или их несколько у ценобиальных водорослей. Форма хлоропластов – чашевидная,

пластинчатая, сетчатая, дисковидная. Ядро одно, или их много. Запасным продуктом является крахмал. Размеры тела колеблются от микроскопических до гигантских. Ценобий водяной сеточки достигает размеров 1,5 м.

Размножение. Протококковые размножаются бесполом (вегетативно и с помощью спор) и половым способами.

Собственно бесполое размножение происходит с помощью гемизооспор, зооспор, автоспор. Гемизооспоры лишены жгутиков и плотной оболочки. Зооспоры подвижны благодаря жгутикам. Автоспоры лишены жгутиков, но копируют в миниатюре материнскую клетку. В клетке их образуется 4 или 8. Автоспоры считаются самыми совершенными клетками бесполого размножения.

Половое размножение происходит с помощью изо-, гетеро-, реже оогамии, но встречается не у всех протококковых.

Протококковые водоросли широко распространены в природе. Распространены они в планктоне и бентосе, на почве, коре. Некоторые являются симбионтами в теле лишайников.

В классе протококковых три порядка: вакуольные, хлорококковые, прототриховые. Вакуольные водоросли – вероятно связующее звено между вольвоксовыми и протококковыми. Возможно, и прототриховые являются связующим мостиком с улотриховыми водорослями.

Порядок Хлорококковые (*Chlorococcales*)

Хлорококковые являются одноклеточными, ценобиальными и колониальными водорослями. Ценобии состоят из 2, 4, 8 клеток. Редко в ценобии насчитываются тысячи клеток. Форма клеток различная, однако, большого разнообразия достигают выросты оболочек. Большинство хлорококковых являются пассивными планктонерами.

В пресных водоемах широко распространены хлорококк, хлорелла, сценедесмус, гидродикцион (водяная сеточка).

Хлорококк (*Chloococum*) характеризуется одиночными шаровидными клетками с целлюлозными оболочками (рис. 37). Постенно в цитоплазме находится глубоко чашевидный хлоропласт с крупным пиреноидом. В центре клетки в цитоплазме имеется ядро.

Размножение только с помощью зооспор, которых образуется в материнской клетке 8, 16, 32 (рис. 37-А). Зооспоры теряют жгутики и принимают форму хлорококка.

Хлорококк обитает в воде, на коре, на почве, в составе лишайников.

Хлорелла (*Chlorella*) от хлорококка отличается меньшими размерами и более плотной двухконтурной оболочкой. В клетке имеются чашевидный хлоропласт с пиреноидом и ядро (рис. 37-В).

Размножается только автоспорами, которых образуется в

материнской клетке 4, 8, 16.

Продуктами ассимиляции являются жиры, углеводы, белки, витамины. Клетки хлорелл образуют антибиотик хлорелин. Белка у хлореллы в 60 раз больше, чем в соевых бобах.

Распространена в воде, на почве, в теле лишайников. Активно размножается, поэтому используется для биологической очистки вод, воздуха в космических кораблях, подводных лодках.

К роду сценедесмус (*Scenedesmus*) относятся ценобии, состоящие из 4, 8 клеток, соединенных боковыми стенками (рис. 37-С). Оболочки крайних клеток с шиповидными выростами. Бесполое размножение с помощью автоспор, которые образуются в любой клетке. Там они образуют молодой ценобий.

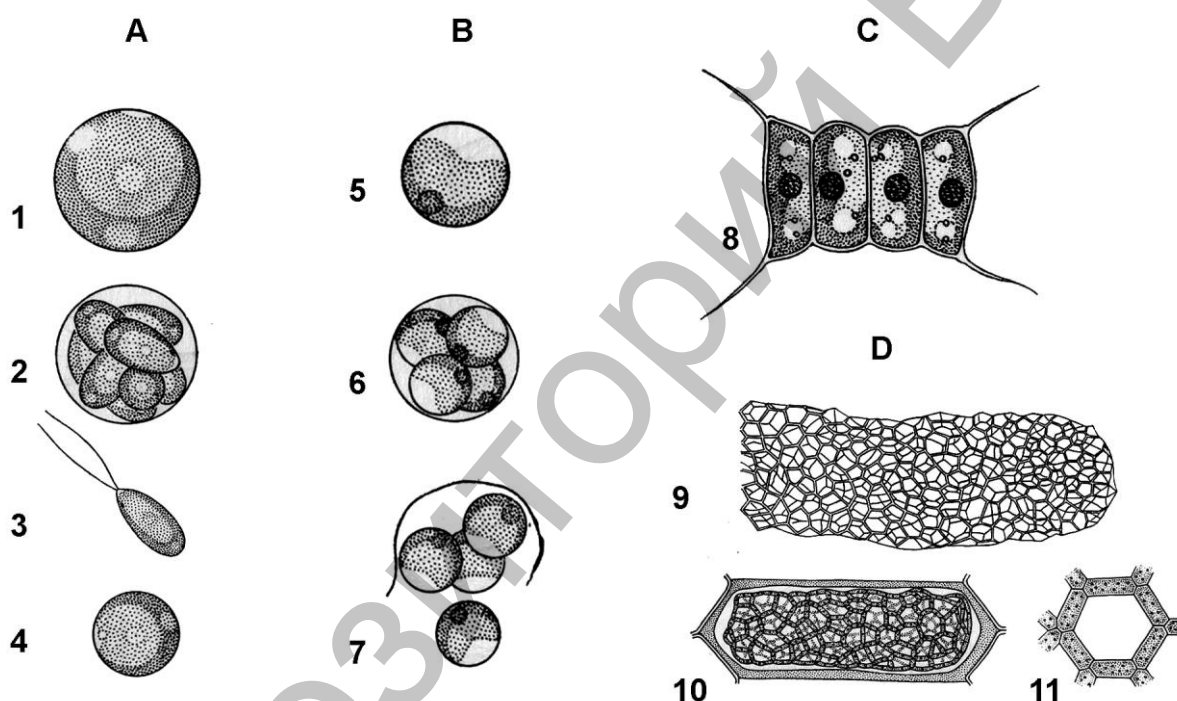


Рис. 37. А – *Chloococcum*: 1 – взрослая клетка; 2 – образование зооспор; 3 – зооспора; 4 – молодая клетка. В – *Chlorella*: 5 – взрослая клетка; 6 – образование автоспор; 7 – выход автоспор из материнской клетки. С – *Scenedesmus*: 8 – четырехклеточный ценобий с шипами. D – *Hydrodictyon*: 9 – часть ценобия при малом увеличении; 10 – молодой ценобий внутри материнской клетки; 11 – часть ценобия при большом увеличении

Род гидродикцион, или водяная сеточка (*Hydrodictyon*) объединяет ценобиальные виды длиной до 1,5 м, шириной 10-15 см. Форма ценобия цилиндрическая. Клетки длиной до 1,5 см формируют 4-6-угольные пустотные ячейки, напоминающие рыболовную сеть (рис. 37-D). Хлоропласт сетчатый. Ядер в клетке 20-30 тысяч. В центре клетки – вакуоль.

При собственно бесполом размножении содержимое клетки

формирует 20 000 двужгутиковых зооспор. После своеобразного "танца" они сбрасывают жгутики и складываются в молодой ценобий, который покидает материнскую клетку.

Половой процесс – изогамия. Внутри материнской клетки образуется до 30 000 изогамет. Изогаметы покидают клетку и в воде попарно копулируют. Образовавшаяся зигота после периода покоя формирует 2, 4 гаплоидные зооспоры. Зооспоры прорастают в угловатое тело – полиэдр (многоугольник). С течением времени полиэдр внутри себя формирует множество зооспор, которые теряют жгутики и складываются в молодой ценобий. Через разрыв стенки полиэдра молодой ценобий уходит в воду и растет.

В водоемах Беларуси со стоячей водой встречается гидродикцион сеточный (*H. reticulatum*).

Порядок Прототриховые (*Prototrichales*)

Вершиной усложнения талома протококковых водорослей являются прототриховые. Они способны формировать коротконитчатые или пластинчатые таломы.

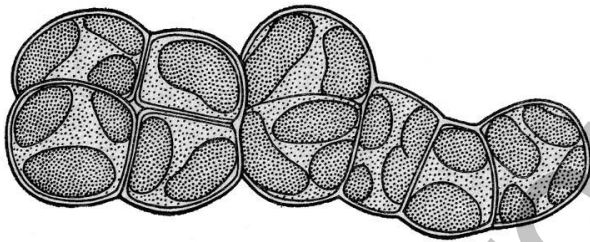


Рис. 38. *Protococcus viridis*

Широко распространенным представителем порядка является протококкус зеленый (*Protococcus viridis*), образующий на коре, деревянных заборах зеленый налет (рис. 38). Размножается только делением клеток.

Класс Улотриховые (*Ulotrichophyceae*)

Улотриховые являются продолжением эволюционной линии протококковые-улотриховые. Характерным признаком улотриховых водорослей является нитчатое или пластинчатое строение. Нити могут вести прикрепленный и плавающий образ жизни, ветвиться, иметь разнонитчатое строение. Пластинчатые формы чаще ведут прикрепленный образ жизни. Они могут быть мешковидными и плоскими.

Порядок Улотриховые (*Ulothrichales*)

У "примитивных" улотриховых нить состоит из рыхло расположенных клеток. Более совершенные улотриховые имеют типично нитчатую неветвящуюся форму. К грунту прикрепляются бесцветной клиновидной клеткой – ризоидом.

Характерным представителем порядка является улотрикс (*Ulothrix*), встречающийся в реках на быстротечье (рис. 39). Слоевище (нить) состоит из коротких цилиндрических клеток. К грунту первоначально прикрепляются ризоидом. Отличительной особенностью

является поясковый хлоропласт с одним или несколькими пиреноидами. Ядро одно.

Вегетативное размножение возможно фрагментами нити.

Собственно бесполое размножение происходит с помощью зооспор (рис. 39-А). Зооспорангиями (1) становятся все клетки нити, начиная с верхних. Осев на грунт после периода покоя, зооспора (2) прорастает в молодую нить улотрикса (3).

В конце вегетационного периода наступает половой процесс. Любая клетка нити (4) может стать гаметангием. Изогаметы (5) покидают

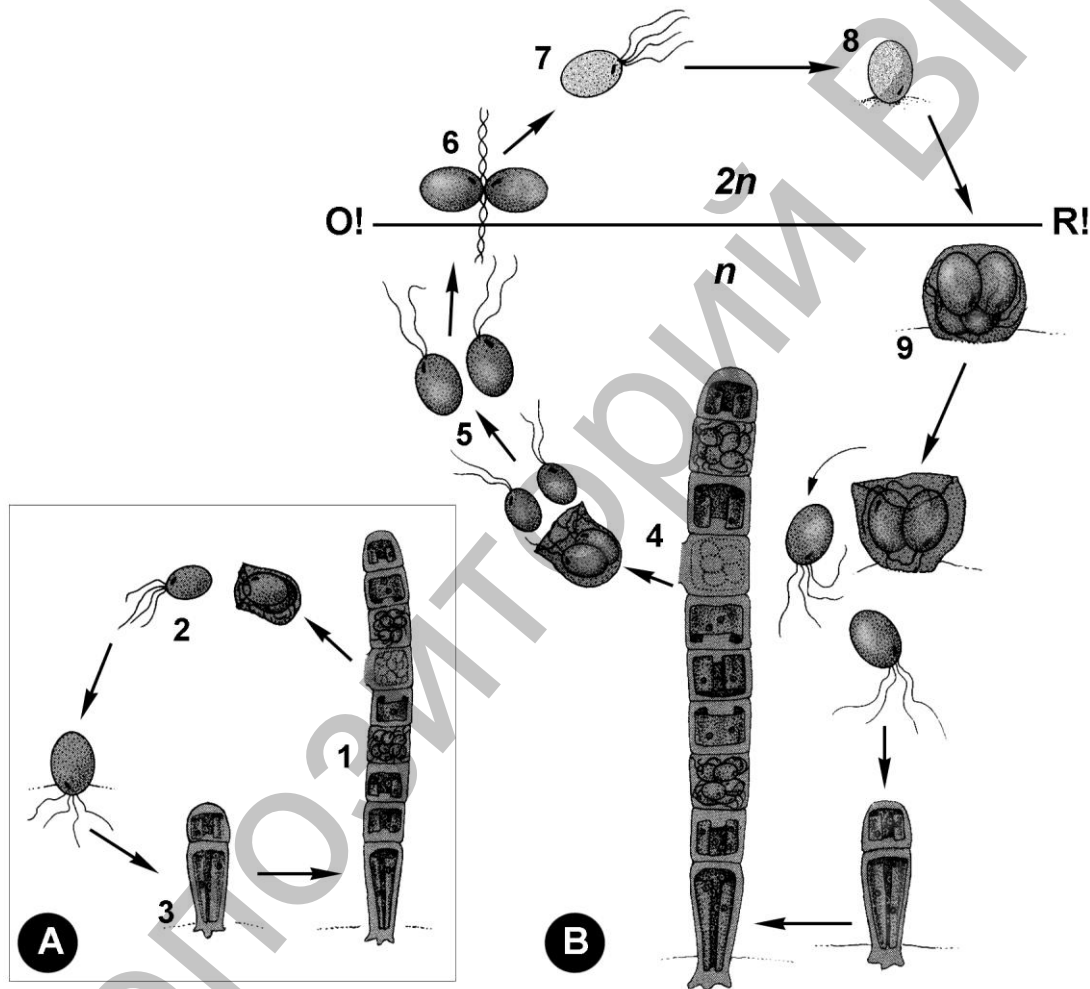


Рис. 39. *Ulothrix* (цикл развития). А – собственно бесполое размножение. В – половое размножение. Пояснения в тексте

клетку и уходят в воду. В воде изогаметы из одной или разных нитей сливаются (6). Зигота (7) оседает на дно (8), покрывается толстой оболочкой, приобретает ризоид, которым прикрепляется к грунту и становится одноклеточным спорофитом (9).

Такая гетероморфная смена генераций характерна для улотрикса опоясанного (*U. zonata*), растущего в наших реках. Для морских видов улотрикса характерна изоморфная смена генераций.

Порядок Ульвовые (*Ulvales*)

К ульвовым относятся макроскопические водоросли паренхимного строения. Способность клеток делиться в двух плоскостях привело к образованию мешковидной и трубчатой структуры слоевища. К грунту прикрепляются ризоидами. Строение ульвовых сходно с улотриковыми.

Для ульвовых характерны все способы размножения. Вегетативное размножение происходит путем отрастания от ризоидов новых "ветвей". Для собственно бесполого размножения служат 4-жгутиковые зооспоры или неподвижные апланоспоры.

Половое размножение происходит с помощью изо- и гетерогамии. Зооспоры и гаметы образуются в любой вегетативной клетке слоевища. В цикле развития у большинства ульвовых преобладает гетероморфное чередование поколений.

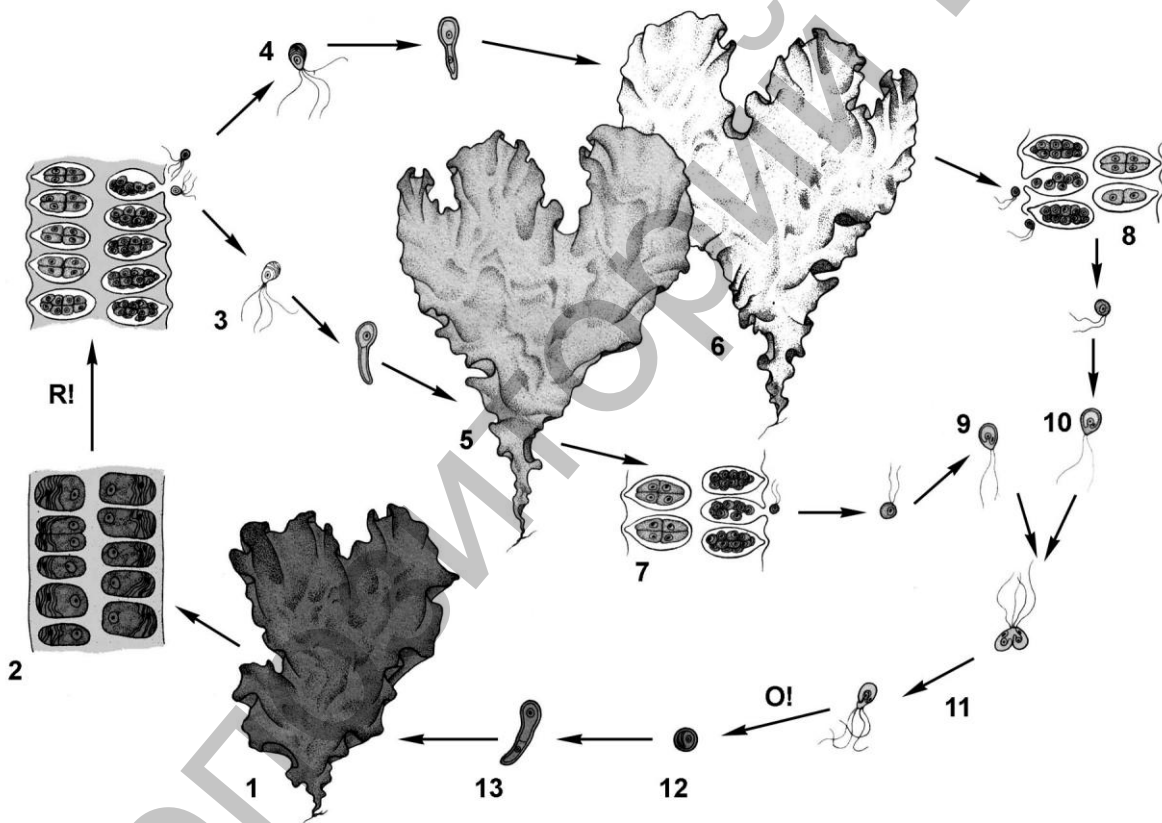


Рис. 40. *Ulva* (схема чередования поколений). 1 – спорофит ($2n$); 2 – спорангии; 3 – плюс-спора; 4 – минус-спора; 5 – плюс-гаметофит; 6 – минус-гаметофит; 7 – плюс-гаметангии; 8 – минус-гаметангии; 9 – плюс-гамета; 10 – минус-гамета; 11 – слияние гамет; 12 – зигота; 13 – прорастающая зигота; O! – оплодотворение (сингамия); R! – мейоз

Растут ульвовые в солоноватых водах – лиманах, устьях рек. Некоторые встречаются в пресных водоемах.

К ульвовым относятся ульва (*Ulva*), энтероморфа (*Enteromorpha*), монострорма (*Monostroma*).

Ульва (*Ulva*) известна под названием "морская капуста". Растет на

мелководье морей. Двухслойное пластинчатое ярко-зеленое слоевище – главное отличие рода от других водорослей.

Ульва характеризуется изоморфной сменой поколений, поэтому по внешнему виду невозможно отличить спорофит и гаметофит (рис. 40).

На спорофите в клетках, где формируются зооспоры, происходит мейоз. Из гаплоидных зооспор, при прорастании образуются гаметофиты.

Размеры ульвы колеблются в пределах 10-100 см.

Порядок Хетофоровые (*Chaetophorales*)

Хетофоровые характеризуются разноразветвленным слоевищем, которое дифференцировано на систему стелющихся и вертикальных разветвленных нитей. Слоевище большинства хетофоровых заканчивается волосками или щетинками.

Собственно бесполое размножение хетофоровых происходит с помощью зооспор. Половой процесс – изогамия. Вегетативное размножение хетофоровых происходит фрагментами слоевища.

Большинство хетофоровых являются пресноводными водорослями. Некоторые поселились на суше.

Широко распространенными родами являются стегеоклониум (*Stigeoclonium*), драпарнальдия (*Draparnaldia*), драпарнальдиопсис (*Draparnaldiopsis*), хетофора (*Chaetophora*), трентеполия (*Trentepolia*).

Драпарнальдия характеризуется тем, что стелющаяся часть таллома заметно редуцирована. Вертикальная часть слоевища дифференцирована на длинные крупные ветви с зубчатым, продырявленным хлоропластом и короткие ветви (рис. 41).

Короткие ветви густо ветвятся и располагаются мутовками вокруг главной оси. Хлоропласт в их клетках пластинчатый, цельный и находится в центре клетки. Короткие ветви выполняют основную ассимиляционную функцию. Функция главных ветвей – опорная.

Обитают драпарнальдии в прибрежье рек и озер. Имеют вид небольших темно-зеленых кустиков.

Собственно бесполое размножение с помощью 4-х жгутиковых зооспор. Половой процесс – изо- или гетерогамия.

У драпарнальдиопсиса ризоиды развиваются по всему слоевищу, образуя плотную обертку вокруг главной оси.

Трентеполия приспособилась к сухопутному образу жизни. Поселяется она на коре деревьев, старых деревянных строениях. Оранжевая окраска таллома обусловлена присутствием в клетках

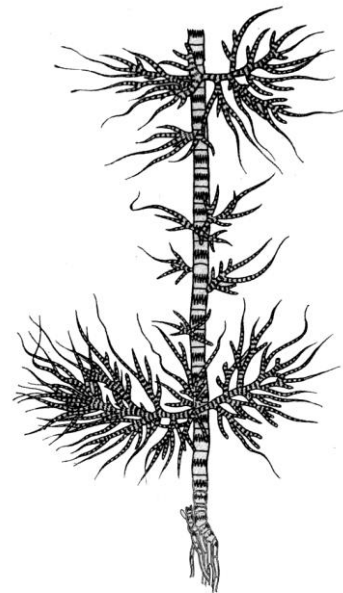


Рис. 41. Драпарнальдия

гематохрома – пигмента из группы каротиноидов.

Слоевище трентеполии имеет одинаково развитые вертикальную и стелющуюся части. Рост нити апикальный. Бочонковидные клетки одеты толстой целлюлозной оболочкой (рис. 42). Клетка трентеполии имеет несколько хлоропластов дисковидной или лентовидной формы. Пиреноиды отсутствуют.

Трентеполия активно размножается вегетативным способом.

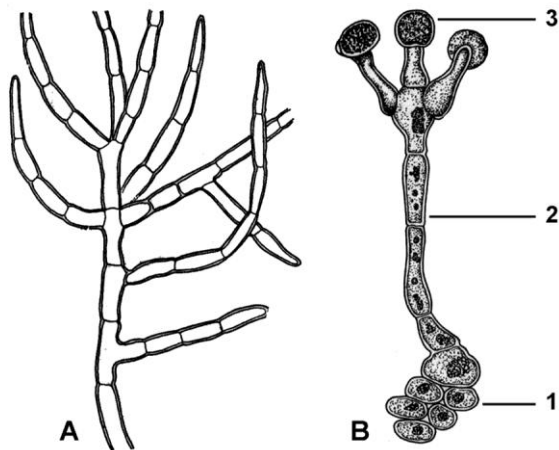


Рис. 42. Трентеполия. А – часть вертикального слоевища; В – нить со спорангиями: 1 – стелющаяся часть; 2 – вертикальная нить; 3 – спорангий на ножке

Фрагменты нити отделяются от слоевища и разносятся ветром на новые экотопы.

Собственно бесполое размножение происходит дву- и четырехжгутиковыми зооспорами, которые образуются в особых спорангиях, имеющих "ножки". Зрелые спорангии отделяются и разносятся ветром. Изогаметы при половом процессе формируются в специальных гаметангиях. Бесполое и половое размножение происходит летом в дождливую погоду.

Трентеполия представляет собой пример специализации хетофоровых водорослей, связанной с наземными условиями жизни. Она проявляется в строении и размножении трентеполии.

Класс Сифоновые (*Siphonophyceae*)

Сифоновые водоросли характеризуются неклеточным сифональным строением. Их слоевище представлено одной гигантской многоядерной клеткой, или разделено на участки (сегменты) перегородками. Сегменты чаще многоядерные. Цитоплазма содержит ядра, хлоропласты, продукты ассимиляции, вакуоли. Хлоропласты дисковидные, веретеновидные. Одиночные хлоропласты имеют сетчатое строение. Кроме обычных пигментов в хлоропластах содержатся специфические пигменты – сифонеин и сифоноксантин. Слоевище сифоновых следует рассматривать как комплекс не вполне разделившихся клеток. Увеличение числа ядер является результатом незаконченного клеточного деления, когда ядро делится, а цитоплазма остается неразделенной.

Сифоновые древняя группа преимущественно морских водорослей. Предками их могли быть хлорококковые с сифональной структурой тела.

Вегетативное размножение происходит выводковыми "почками", акинетами.

Для собственно бесполого размножения служат зооспоры,

апланоспоры. Половое размножение осуществляется изо-, гетеро- и оогамией.

Порядок Сифоновые (*Siphonales*)

В слоевище сифоновых водорослей отсутствуют перегородки. Только у основания ветвей и гаметангиев могут содержаться своеобразные пробки. К порядку относятся роды каулерпа (*Caulerpa*), бриопсис (*Bryopsis*).

У каулерпы слоевище расчленено на стелющиеся трубковидные ризома и вертикальные ассимиляционные "побеги" (рис. 43).

Внутри ризома имеется своеобразный скелет в виде радиальных и перпендикулярных тяжей. Вероятно, внутренний скелет выполняет механическую функцию. Стелющаяся часть слоевища каулерпы может достигать 1 м, вертикальная – 30 см.

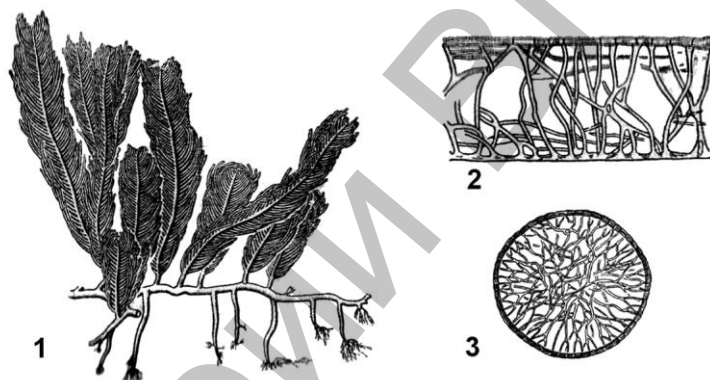


Рис. 43. *Caulerpa*. 1 – общий вид; 2-3 – "внутренний скелет" ризома на продольном и поперечном разрезе соответственно

Вегетативное размножение путем отрастания вертикальных ветвей от ризома. Половой процесс – гетерогамия (анизогамия). Гаметы образуются в любой части ассимиляционных нитей. Собственно бесполое размножение отсутствует.

Порядок Сифонокладовые (*Siphonocladales*)

Сегменты слоевища сифонокладовых напоминают клеточное строение. Образование перегородок слоевища не тождественно таковому у водорослей, имеющих клеточное строение. Перегородки внутри слоевища образуются независимо от деления ядер. Сифонокладовые как и сифоновые, начиная жизнь, долго вегетируют в стадии неклеточного пузыря.

Под оболочкой сегмента находится тонкий слой цитоплазмы с сетчатым хлоропластом, внутри цитоплазма с ядрами, в центре – вакуоль. Из специфических пигментов в хлоропластах присутствует только сифонксантин.

Собственно бесполое размножение – с помощью зооспор.

Половой процесс – изо-, гетерогамия. Гаметы, имеющие два жгутика, формируются, как и зооспоры, в любом сегменте слоевища.

В водоемах Беларуси широко распространена кладофора речная (*Cladophora rivularis*). Значительно реже встречается кладофора эгагропильная (*C. aegagropila*). Она занесена в Красную книгу Республики

Беларусь. Свободноплавающие шары ее достигают 20 см в диаметре.

Слоевище кладофоры речной (рис. 44) имеет вид кустика, и

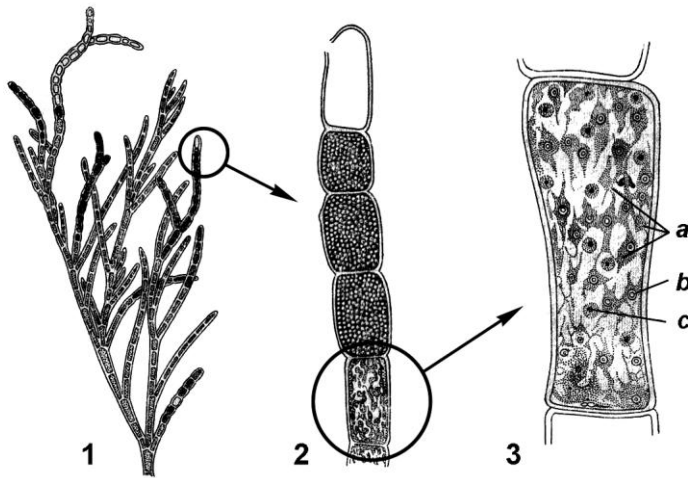


Рис. 44. *Cladophora*. 1 – часть нити с зооспорангиями; 2 – зооспорангии; 3 – многоядерная клетка: а – хроматофор; б – пиреноиды; в – ядро

состоит из ветвящихся нитей (1). Сегменты слоевища имеют клеточное строение (2 и 3).

Размножается кладофора бесполом и половым способами. У пресноводных видов доминирует спорофит (бесполоя генерация). Зооспоры диплоидны. Мейоз происходит только при половом процессе – при формировании гамет.

Кладофора используется для получения грубой бумаги и картона.

Кроме кладофоры к сифонокладовым относятся ризоклониум (*Rhizoclonium*) и хетоморфа (*Chaetomorpha*), встречающиеся в соленых и пресных водах.

Класс Конъюгаты, или Сцеплянки (*Conjugatorphyseae*)

Характерной особенностью конъюгат является половой процесс в виде конъюгации. Собственно бесполое размножение у них отсутствует. К конъюгатам относятся одноклеточные и многоклеточные нитчатые неветвящиеся водоросли, в обилии встречающиеся в пресных водоемах. У одноклеточных таллом имеет симметричное строение с перетяжкой посередине или без нее.

Клетки конъюгат одноядерные. Для конъюгат характерна различная форма хлоропластов с пиреноидами. Они широко распространены в пресных водоемах.

Вегетативное размножение происходит путем деления клетки или фрагментами нити.

Половое размножение – конъюгация может быть (рис. 45):

- лестничной, когда параллельно расположенные нити формируют навстречу друг другу копуляционные каналы. Если скорость перетекания амeboидных протопластов одинакова, то копуляция происходит в копуляционном канале. В таком случае половой процесс называется изогамным. Если же протопласт перетекает из клетки в клетку, где и происходит

половой процесс, половое размножение происходит по типу гетерогамии (анизогамии);

- боковой, при которой сливаются амебоидные протопласты соседних клеток одной и той же нити.

Число проростков, которыми прорастает зигота, положено в основу деления класса на порядки.

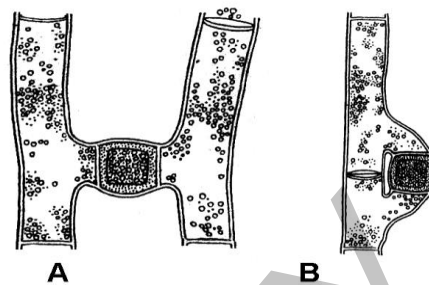


Рис. 45. Типы конъюгации. А – лестничная; В – боковая

Порядок Мезотениевые (*Mezoteniales*)

К мезотениевым относятся в основном одноклеточные водоросли. Зигота мезотениевых дает четыре проростка. Клетка покрыта слизистым чехлом. Клетки прямые или согнутые без перетяжки посередине, цилиндрические, эллипсоидные или веретеновидные. Оболочка клетки однослойная. Почти каждый род мезотениевых имеет свою форму хлоропласта. Пиреноидов на хлоропласте один или два. Ядро – в центре клетки. Размножаются мезотениевые вегетативно – делением клетки. Половой процесс – конъюгация. Обитают они главным образом в торфяных водоемах. Часто встречаются виды родов мезотения, спиротения, цилиндроцистис.

Мезотениум (*Mezotaenium*) объединяет виды, представленные как одноклеточными так колониальными организмами. Хлоропласты в виде осевых пластин.

У спиротении (*Spirotaenia*) хлоропласты спиралевидные или осевые (рис. 46-А). Большинство видов рода одноклеточные планктонные.

Цилиндроцистис характеризуется тем, что в клетке содержатся два звездчатых хлоропласта с пиреноидом в каждом. Ядро находится в цитоплазме между хлоропластами. Клетки эллиптические или коротко цилиндрические.

Порядок Зигнемовые (*Zygnematales*)

Зигота зигнемовых прорастает одним проростком. Слоевидное многоклеточное из однорядных нитей. Важнейшими систематическими признаками зигнемовых являются форма и положение хлоропласта. Вегетативное размножение – фрагментами нити, половое – лестничная или боковая конъюгация. Часто встречаются спирогира, зигнема, мужоция.

Спирогира (*Spirogyra*). В клетках разных видов спирогиры может быть от 1 до 16 лентовидных хлоропластов, располагающихся постенно (рис. 46-В). На хлоропластах находятся пиреноиды. Ядро с ядрышком занимают центр клетки и находятся на цитоплазматических тяжках. В процессе ассимиляции накапливаются крахмал, масло. Могут вести

прикрепленный образ жизни.

Зигнема (*Zygnema*) отличается наличием в клетке двух звездчатых хлоропластов. Каждый из них содержит по одному пиреноиду. Между хлоропластами на цитоплазматическом мостике находится ядро. Клетки цилиндрические, соединены в нить и покрыты слизистым чехлом.

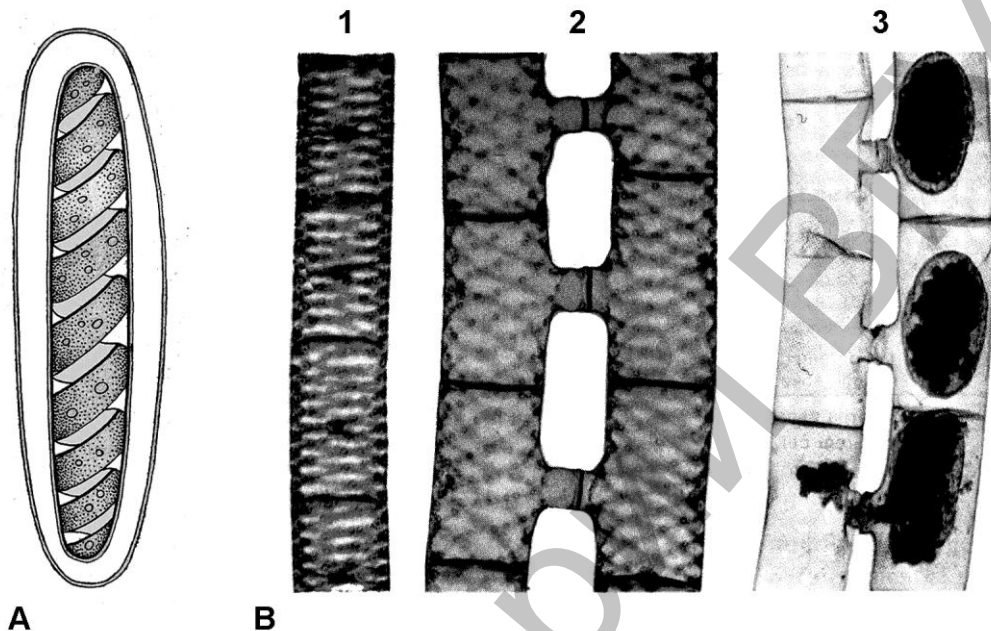


Рис. 46. А – *Spirotaenia*. В – *Spirogyra*: 1 – фрагмент нити; 2 – образовании конъюгационных мостиков; 3 – последовательные стадии формирования зиготы

Мужоция (*Mougeotia*) содержат пластинчатый хлоропласт в виде осевой пластинки. Он наблюдается в микроскоп или широкой стороной, или узкой – в виде ребра. Цитоплазма постенная. Ядро в центре клетки. Обитают в стоячих и медленно текущих водоемах, карьерах, известковых водах.

Порядок Десмидиевые (*Desmidiales*)

Десмидиевые в основном одноклеточные организмы, редко встречаются колониальные формы. Клетки разнообразны по форме. Клетка десмидиевых водорослей состоит из двух симметричных полуклеток. В перешейке на цитоплазматическом мостике находится ядро. Оболочка клетки трехслойная. Внутренние слои состоят из целлюлозы, а наружный – пектиновый. Он выделяет слизь, выполняющая защитную функцию и улучшающая плавучесть клетки. Слизью клетки могут соединяться в колонии. Десмидиевые водоросли способны двигаться благодаря крупным порам, расположенных на концах клеток. Протопласт заполняет всю полость клетки. В цитоплазме расположены ядро, вакуоли, хлоропласты. Полуклетки содержат по одному хлоропласту. Хлоропласты у десмидиевых двух типов: осевые и постенные.

При вегетативном размножении ядро делится на две части. Каждое из образовавшихся ядер занимает центр полуклетки. Делятся также и все органоиды клетки. В середине перешейка образуется перегородка. Область перешейка вытягивается, и полуклетки отделяются одна от другой и достраивают недостающую полуклетку.

Половое размножение – конъюгация десмидиевых совершается безжгутиковыми апланогаметами. Гаметы двух клеток сливаются и образуют зиготу. Слияние ядер в зиготе происходит перед ее прорастанием. В результате мейоза образуются четыре гаплоидные ядра. Жизнеспособные проростки образуют два реже одно или четыре ядра.

Десмидиевые встречаются в водоемах с нейтральной или кислой реакцией среды. Широко распространены кластериум, космариум, десмидиум.

Род кластериум (*Closterium*) объединяет виды, клетки которых чаще серповидно-изогнутые без срединной перетяжки (рис. 47). В клетке имеется по одному или по два осевых хлоропласта (по одному в полуклетке). На хлоропласте находятся пиреноиды. Ядро занимает центр клетки и располагается в цитоплазме между хлоропластами. На концах клетки имеются по 1-3 вакуоли и поры, благодаря которым происходит движение кластериума.

Вегетативное размножение путем деления клетки. Половое – с помощью конъюгации.

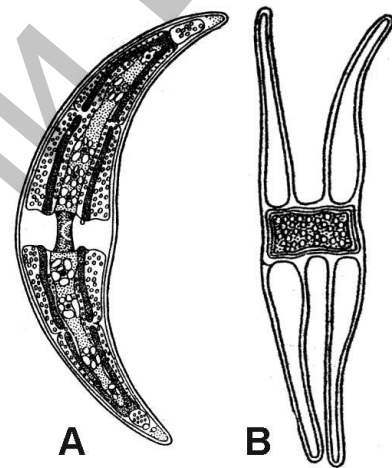


Рис. 47. *Closterium*. А – вид клетки; В – конъюгация

Распространение и происхождение зеленых водорослей

Зеленые водоросли распространены по всему земному шару. Большинство встречается в пресных водоемах, на почве, на коре, камнях. Могут жить как эпифиты, симбионты (в теле лишайников).

Предками их могли быть одноклеточные жгутиковые флагелляты. Эволюция в пределах отдела могла идти по следующим направлениям морфологической эволюции:

- 1) от манадной структуры к коккоидной;
- 2) от многоклеточных нитчатых к кустистым;
- 3) сифональная структура представляет свое направление эволюции.

Отдел включает пять классов: Вольвоксовые, Протококковые, Улотрикссовые, Сифоновые и Конъюгаты.

Отдел Харовые водоросли (*Charophyta*)

Общая характеристика. Харовые – своеобразные макроскопические водоросли высотой 20-30 см, но могут достигать 1 и даже 2 м. Внешне они напоминают хвощи. К грунту прикрепляются ризоидами (рис. 48-1). Кустистое слоевище имеет членисто-мутовчатое строение. На основной нити слоевища, располагаются мутовки боковых "побегов". Места расположения мутовок называются узлами, а участки стебля между ними – междуузлиями. Каждое междуузлие – одна гигантская многоядерная клетка длиной до нескольких сантиметров. Клетки узла многочисленные, короткие, одноядерные. Рост таллома верхушечный.

Хлоропласты в клетках многочисленные, дисковидные. Основные пигменты те же, что и у зеленых водорослей – хлорофиллы *a* и *b* и каротиноиды. Хлоропласты расположены в постенном слое цитоплазмы.

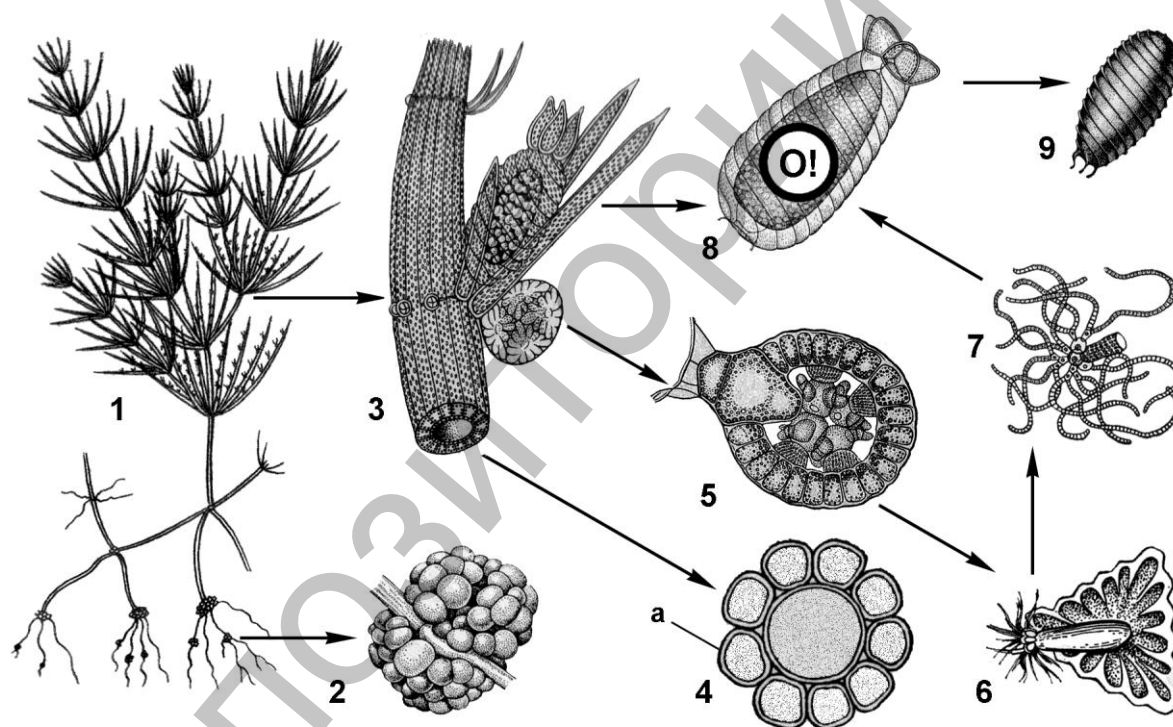


Рис. 48. *Chara*. 1 – общий вид; 2 – клубеньки на ризоидах; 3 – часть слоевища; 4 – поперечный разрез слоевища (а – клетки коры); 5 – антеридий (разрез); 6 – щиток с рукоятками (вид изнутри); 7 – рукоятка с антеридиальными нитями; 8 – оогоний; 9 – зрелая ооспора; O! – оплодотворение

Центральная часть клетки занята вакуолью. С ней граничит протоплазма с многочисленными ядрами. Продуктом ассимиляции является крахмал.

Междуузлия у водорослей рода хара (*Chara*) обрастают слоем специальных клеток, получивших название коры (рис. 48-4а). Клетки коры расположены параллельными рядами.

Харовые водоросли растут в пресных водоемах с пресной и солоноватой водой на глубинах от 0,5 до 10, реже – 30-40 м.

Распространены они на всех континентах. Для некоторых необходимо повышение содержание извести в воде.

Размножение. Вегетативное размножение осуществляется, фрагментами оторванного слоевища, клубеньками, которые образуются на ризоидах (рис. 48-2) и погруженных в грунт частях слоевища.

Половой процесс – оогамия. Харовые представлены как однодомными, так и двудомными растениями. Органы полового размножения – оогонии и антеридии многоклеточные. У обоеполых видов рода хара оогонии занимают пазуху листа, а антеридии – на внешней стороне. Оогонии эллипсоидной или яйцевидной формы около 1 мм в длину. Яйцеклетка оогония окружена пятью спирально закрученными клетками. На вершине оогония хорошо различима пятиклеточная корона. У рода нителла (*Nitella*) корона 10-клеточная. Антеридии округлые, до 0,5 мм в диаметре, зрелые – кирпично-красные. Стенку антеридия формируют 8 клеток – щитков. Внутри антеридия сложным путем формируются многочисленные (около 40000) мужские половые клетки – антерозоиды.

Значение харовых водорослей.

Разрастаясь во внутренних водоемах (озерах) харовые оказывают заметное воздействие на экосистему водоема. На талломах харовых развиваются многочисленные эпифиты – микроскопические водоросли, которые являются кормовой базой для зообионтов. Заросли харовых водорослей создают убежище для мальков рыб. Ооспоры харовых – ценнейший корм для водоплавающих птиц во время осенних перелетов.

В Красной книге Беларуси – нителла грациозная (*Nitella gracilis*), хара грубая (*Chara rudis*).

Происхождение и классификация харовых водорослей

Первые остатки ископаемых харовых водорослей известны с силурийского периода палеозойской эры.

Сходство в наборе основных пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) и мутовчатое строение слоевища позволяет предполагать, что харовые водоросли произошли от зеленых водорослей типа хетофоровых.

Современные харовые водоросли относятся к классу харовые (*Characeae*), порядку харовых (*Charales*). В порядок входят два семейства – нителловые (*Nitellaceae*) и харовые (*Characeae*). Нителловые отличаются от харовых тем, что их таллом без "прилистников" и без коры. Корона у них из десяти клеток, расположенных в два яруса.

ЛИХЕНОЛОГИЯ



Наука, изучающая лишайники называется **лихенология** (от лат. *lichen* – лишайник и греч. *logos* – слово, учение).

Лишайники (*Lichenophyta*) – своеобразный отдел низших организмов, тело (слоевище) которого постоянно состоит из двух компонентов – автотрофной водоросли и гетеротрофного гриба. Взаимоотношения водоросли и гриба являются симбиотическими, однако этот симбиоз характеризуется умеренным паразитизмом обоих компонентов. Природу лишайников установил в 1867 г. немецкий ботаник С. Швенденер.

Лишайниковое сожительство должно быть постоянным, исторически сложившимся. Длительная эволюция привела к формированию особых морфологических типов и жизненных форм, встречающихся только у лишайников. Лишайники характеризуются только им присущим типом обмена веществ.

В состав слоевища лишайников (фикобионт) часто входят такие представители сине-зеленых водорослей, как *Nostoc*, *Gloecapsa*, *Chroococcus*, *Rivularia*. Из отдела зеленых водорослей чаще встречаются *Trebouxia*, *Chlorococcum*, *Protococcus*, *Trentepolia*. Нередко в симбиоз вступают желто-зеленые и бурые водоросли.

Грибной компонент (микобионт) в слоевище лишайников представлен сумчатыми, базидиальными и дейтеромицетами.

В связи с жизнью в воздушной среде, грибница в теле лишайников имеет более толстые оболочки клеток и более узкий просвет, заполненный протоплазмой. Сообщение протопластов соседних клеток гиф происходит с помощью плазмодесм. Клетки могут быть одно-, дву- и многоядерными. Благодаря наличию в оболочках клеток пектиновых веществ, клетки способны набухать и ослизняться при увлажнении и наоборот. У грибного компонента (микобионта) имеются специальные типы гиф:

- жировые гифы могут накапливать капли жира;
- ищущие гифы ищут и охватывают клетки водорослей;
- двигающие гифы переносят клетки водорослей в растущий край слоевища.

В процессе воздушного образа жизни и симбиоза с водорослями грибы образуют сложную вегетативную структуру с различными анатомическими слоями с особыми органами прикрепления.

При формировании двухкомпонентного слоевища лишайника все зависит от того, сможет ли водоросль существовать среди грибницы в тесном контакте с ней.

Около половины известных лишайников (7-10 тыс. видов) своим

фикобионтом имеют одноклеточную зеленую водоросль требуксин. Из сине-зеленых водорослей чаще других встречаются носток и глеокапса. В умеренной зоне земного шара фикобионтами в теле лишайников доминируют хлорококковые зеленые водоросли (83%). Лишайниковые водоросли оказались очень устойчивыми к воздействию высокой температуры и способны переносить длительное высыхание.

Благодаря особенностям морфологии, биохимического состава и метаболизма лишайники способны расти на самых разнообразных субстратах: на гранитах, гнейсах, кварцах, почве, деревьях, металле. Растут они медленно. Корковые лишайники прирастают в год на 0,2-0,3 мм, кустистые и листоватые – на 2-3 мм.

Морфология слоевища лишайников

Окраска слоевища лишайников зависит от наличия пигментов, которые откладываются в оболочках гиф, реже протоплазмы¹. Иногда цвет слоевища лишайников зависит от окраски лишайниковых кислот. По форме различают три основных морфологических типа лишайников:

- **накипные** – их слоевище напоминает по виду корочки, сросшиеся с субстратом.

Наиболее просто устроены накипные лишайники лепрозного типа. Они имеют вид порошка и состоят из скоплений водорослей, окруженных грибными гифами. Структура слоевища высокоорганизованных накипных лишайников дифференцирована на кору из грибницы, слой водорослей и сердцевину. К субстрату прикрепляются гифами. К накипным лишайникам так же относятся лишайники шаровидной формы, известные под названием кочующих лишайников. Встречаются они в засушливых районах, и ветер переносит их с места на место.

- **листоватые** – их слоевище напоминает листовидную пластинку, горизонтально распростертую на субстрате. На нижней стороне слоевища имеются органы прикрепления – ризоиды, ризины, гофм (толстая короткая ножка из гиф).

У монофильных листоватых лишайников слоевище представлено одной листовидной пластинкой. Если слоевище лишайника состоит из нескольких листовидных пластин, оно называется полифильным. Листоватые лишайники имеют дозо-вентральное строение, при котором верхняя сторона по строению и окраске отличается от нижней стороны.

Листоватые лишайники являются лучше организованными по отношению к корковым. Промежуток между слоевищем и субстратом способствует лучшему газообмену внутренних слоев слоевища. Между

¹ У лишайников различают пять групп пигментов: зеленые, синие, фиолетовые, красные, коричневые. Механизм образования их до сих пор не выяснен, но важнейшим фактором, влияющим на этот процесс, является свет.

слоевищем и субстратом задерживаются влага и вещества, которые могут быть использованы лишайником. Листоватая форма способствовала образованию в слоевище нижнего корового слоя.

В слоевище листоватых лишайников различают 4 слоя (рис. 49-В):

- 1) верхнюю кору из гиф;
 - 2) слой водорослей (гонидиальный или альгальный);
 - 3) сердцевину из грибницы и
 - 4) нижнюю кору.
- кустистые – к субстрату прикрепляются небольшим участком нижней части слоевища. Рост слоевища у них верхушечный. Слоевище в виде разветвленных стоячих или свисающих кустиков до 30-50 см.

У некоторых видов усней, слоевища, свисающие в виде бород с деревьев, могут достигать 7-8 м. Слоевища могут иметь плоские и округлые лопасти. Слоевища с плоскими лопастями содержат два слоя водорослей – один ниже верхней коры, второй выше нижней. Более совершенной является радиальная структура слоевища кустистых лишайников. Водоросли в ней располагаются по кругу, что способствует равномерному освещению и лучшему фотосинтезу. Типично радиальную структуру имеют виды родов уснея (*Usnea*) и алектория (*Alectoria*). На поперечном срезе слоевища таких лишайников различают:

- 1) хорошо развитый коровой слой, под ним расположен;
- 2) слой водорослей, а в центре;
- 3) тяж из гиф, который придает прочность сильно вытянутому слоевищу.

По уровню организации кустистая форма лишайников выше листоватой.

Анатомическое строение лишайников

У лишайников различают два типа слоевищ (рис. 49):

- 1) гомеомерное – водоросли равномерно распределены среди гиф гриба;
- 2) гетеромерное – водоросли образуют обособленный слой.

Лишайники с гомеомерным строением слоевища считаются более архаичными. У менее совершенных лишайников с гетеромерным типом слоевища выделяют три слоя (рис 49-В):

- верхний слой коры;
- слой водорослей (гонидиальный или альгальный);
- сердцевину.

У некоторых лишайников может присутствовать и нижняя кора. Кустистые лишайники с плоскими лопастями имеют дополнительный слой водорослей у нижней коры (рис 49-В).

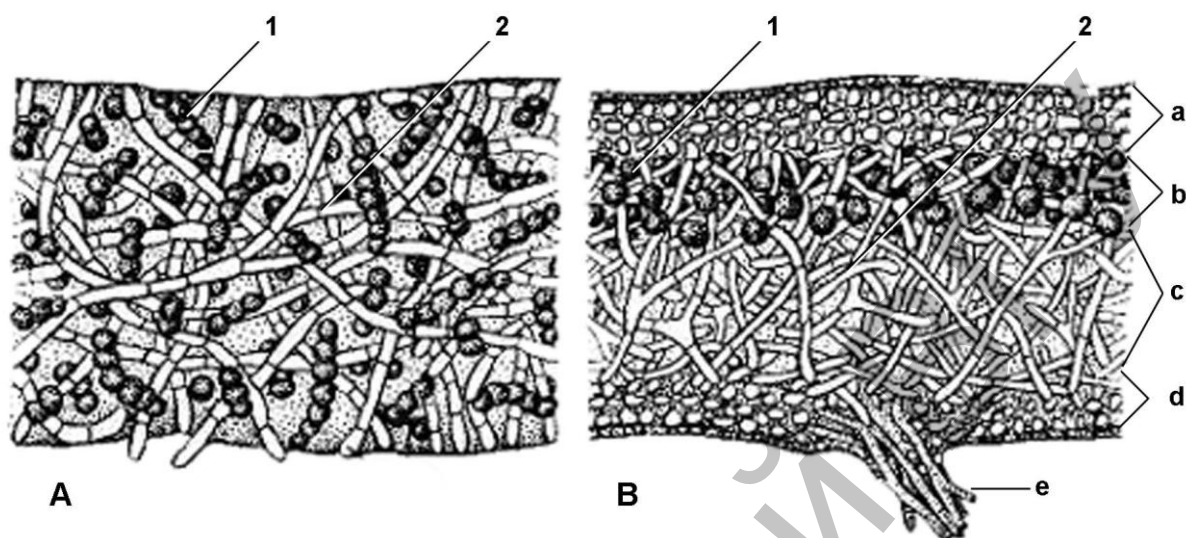


Рис. 49. Типы слоевищ у лишайников. А – гомеомерное; В – гетеромерное. 1 – клетки водорослей; 2 – гифы гриба; а – верхняя кора; б – слой водорослей; с – сердцевина; d – нижняя кора; e – ризины

Кустистые лишайники с радиальным слоевищем содержат только три слоя:

- кору, которая выполняет три функции:
 - защитную;
 - прикрепление к субстрату с помощью ризоидов (ризин, гомф);
 - газообмен.
- водорослевый (альгальный) слой, его функция:
 - фотосинтез.
- сердцевину, значение которой:
 - аэрация водорослевого слоя,
 - укрепление на субстрате.

Размножение лишайников

Лишайники размножаются:

- 1) бесполом путем:
 - a) вегетативно и
 - b) спорами.
- 2) половым способом.

Вегетативное размножение происходит фрагментами слоевища и

специальными образованиями (рис. 50):

- 1) соредиями, которые имеют вид клубочков, состоящих из одной или нескольких клеток водорослей, окруженных грибницей. Размещаются они под верхней корой в зоне водорослей. Когда клубочков образуется много, они прорывают кору и разносятся ветром на новые места.
- 2) изидиями, которые как и соредии представляют собой клубочки из водорослей и грибницы, но имеют кору. Располагаются они в виде выростов на поверхности слоевища. Оторванные от него изидии формируют лишайник на соответствующем субстрате.

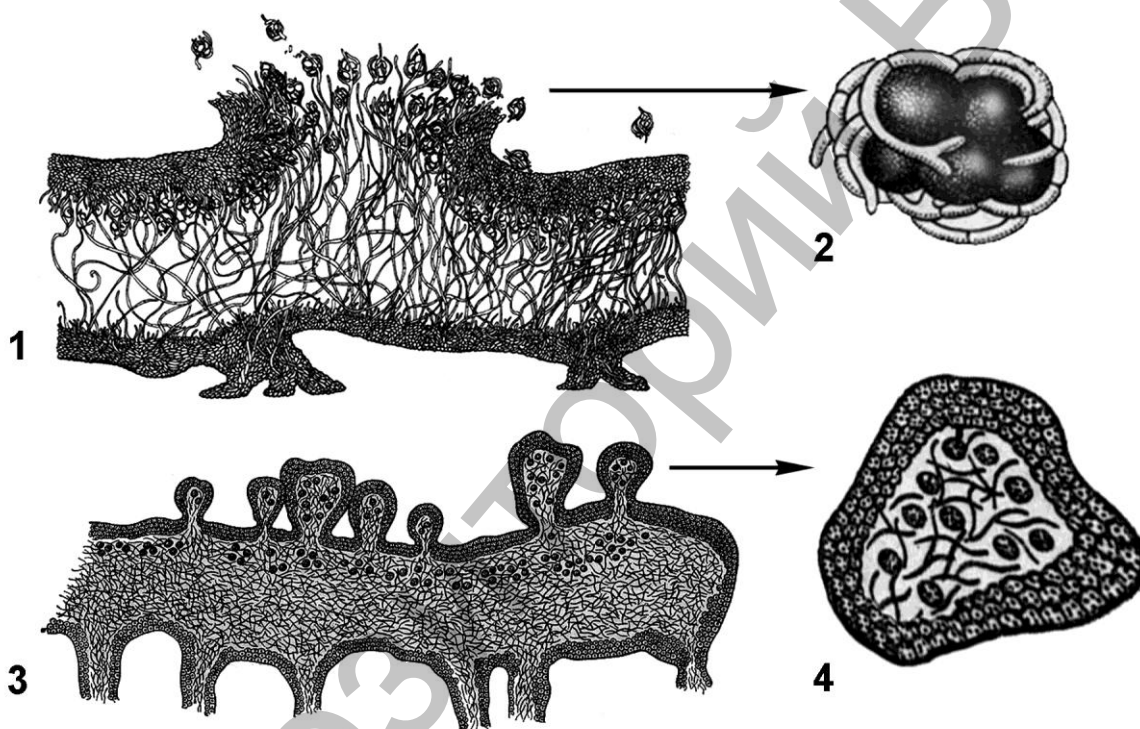


Рис. 50. Соредии (2) и изидии (3) лишайников. 1 – фрагмент слоевища с разорванной верхней корой и разлетающимися соредиями; 2 – соредий при увеличении; 3 – фрагмент слоевища с изидиями; 4 – изидий при увеличении

Спороношения у лишайников происходят с помощью конидий, пикноконидий и стилоспор, которые возникают экзогенно на поверхности конидиеносцев. Конидии образуются на конидиеносцах, расположенных на слоевище лишайника. Пикноконидии и стилоспоры формируются в особых вместилищах – пикнидиях.

Половое размножение характерно для грибного компонента лишайника. В результате полового процесса образуются плодовые тела апотеции, перитеции и гастеротеции. У некоторых лишайников споры образуются по 4 на базидиях.

Апотеции – это плодовые тела открытого типа, которые имеют

многие лишайники. Внешне это округлые дисковидные образования, напоминающие миниатюрные блюдца, размер которых может достигать 1-3 см (рис 51). В апотеции различают:

- центральную часть – плоский диск и
- периферическую – округлый валик.

Плодущей частью апотеция служит диск, состоящих из гимениального слоя с сумками и парафизами.

Перитеции – кувшинообразные плодовые тела с отверстием на вершине, через которое происходит выбрасывание сумок со спорами (рис. 51).

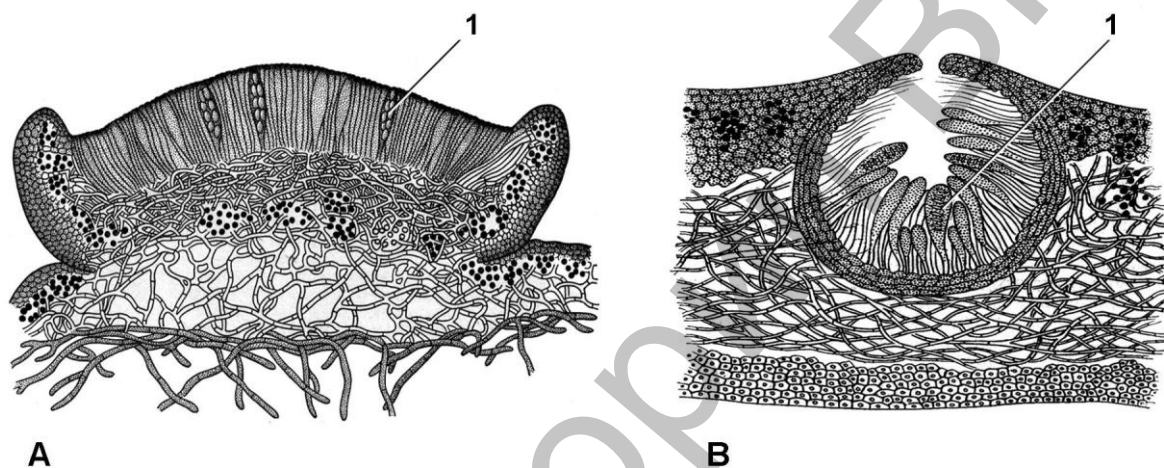


Рис. 51. Апотеции (А) и перитеции (В) у лишайников. 1 – сумки со спорами в гимениальном слое

Гастеротеции, как и апотеции, являются плодовыми телами открытого типа. В отличие от апотециев их плодовые тела сильно вытянутые. Диск в виде тонкой полоски. Гастеротеции встречаются у лишайников редко.

Экологические особенности лишайников

Исследования показали, что интенсивность фотосинтеза у лишайников гораздо ниже, чем у высших растений. Процесс фотосинтеза зависит от освещенности, температуры, влажности. Наиболее благоприятный температурный режим для лишайников находится в пределах от +10 до +25 °С. Ассимилировать они могут и при –5-10 °С. Для нормального фотосинтеза в слоевище должно содержаться определенное количество воды. Фактор влажности является у лишайников одним из основных. Они могут впитывать воду до 100-300 % от сухой массы слоевища. Для лишайников характерна низкая интенсивность дыхания.

Лишайники по-разному реагируют на загрязненность воздуха. При малейшем загрязнении одни погибают, другие, наоборот живут только в

городах и населенных пунктах. Присутствие двуокиси серы в пределах $0,5 \text{ мг/м}^3$ губительно для лишайников произрастающих в природных ландшафтах (вне городов). Кроме двуокиси серы на произрастание лишайников пагубно влияют окиси азота, углерода, соединения фтора.

Роль лишайников в природе и жизни человека

В биогеоценозах лишайники образуют определенные растительные группировки. Они играют заметную роль в круговороте веществ и жизни биоценозов, являясь пионерами заселения экотопов иногда малопригодных для жизни других растений, создавая среду для их обитания. С лишайниками связана жизнь многих позвоночных и беспозвоночных животных. В тундре они служат незаменимым кормом для оленей.

Сплошной лишайниковый покров препятствует прорастанию спор высших растений. В этом их отрицательная роль. Лишайниковые боры пожароопасны.

Заметна роль лишайников в жизни человека. Они имеют эстетическое значение. Из лишайников готовят антимикробные и антибиотические препараты. В парфюмерной промышленности некоторые лишайники являются сырьем для получения ароматических веществ и укрепления запаха. Мировую ценность имеет эверния сливовая (*Evernia prunastri*). Из нее получают ароматическое вещество, которое используется для производства духов.

В зависимости от систематической принадлежности гриба лишайники делят на классы: сумчатые и базидиальные.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Латинские названия

A

Acsomycetes · 18
Agaricales · 28
Alectoria · 84
Amanita
 phalloides · 29
Anabena · 42
Aphylophorales · 27
Ascosphaerales · 20
Aspergillus · 35

B

Bacillariophyta · 51
Bangia · 47
Bangiophyceae · 44, 47
Batrachospermum
 moniliforme · 47
Boletus
 edulis · 28
Botrydium
 granulatum · 56
Boveria · 35
Bryopsis · 75

C

Calvatia · 29
Caulerpa · 75
Chaetomorpha · 76
Chaetophora · 73
Chaetophorales · 73
Chara · 80
 rudis · 81
Charophyta · 80
Chlamidomonas · 65
Chloococcum · 68
Chlorella · 68
Chlorococcales · 68
Chlorococcum · 82
Chlorophyta · 64
Chroococcophyceae · 41

Chroococcys · 82
Chrysophyta · 49
Chytridiales · 13
Chytridiomycetes · 13
Cladophora
 aegagropila · 75
 rivularis · 75
Clavicipitales · 22
Closterium · 79
Coniophora
 puteana · 28
Conjugatophyceae · 76
Cutleria · 60
Cutleriales · 59
Cyanobionta · 40
Cyanophyta · 40
Cyclosporophyceae · 61

D

Deuteromycetes · 34
Dictyota · 60
Diraphales · 54
Dotidiales · 25
Draparnaldia · 73
Dunaliella · 65

E

Ectocarpales · 59
Ectocarpus · 59
Enteromorpha · 72
Entomophthora
 muscae · 18
Erisiphales · 22
Erisiphe · 22
Euascomycetidae · 20
Eucaryota · 5, 43
Eudorina · 67
Eurotiales · 21
Exobasidiales · 27

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

F

Florideophyceae · 44, 47
Fomitopsis
 annosa · 28
 pinicola · 28
 rosea · 28
Fragilaria · 54
Fucales · 61
Fucophycidae · 61
Fucus · 62
Fungi · 5

G

Gloecapsa · 82
Gloeocapsa · 41
Gonium · 66

H

Helotiales · 24
Hemiascomycetidae · 19
Holobasidiomycetidae · 27
Hormogoniophyceae · 41
Hydnotria
 bombicina · 25
 borchii · 25
 tulasnei · 25
Hyphomycetales · 35

L

Lactarius
 necator · 29
Laminaria
 digitata · 61
 hyperborean · 61
 japonica · 61
 saccharina · 61
Laminariales · 60
Leccinum
 aurantiacuae · 28
Lessonia · 61
Lucogala · 7
Lyceperdon · 29
Lycoperdales · 29
Lyngbya · 41

M

Macricystis · 61
Melampsora
 lini · 34
Melosira · 53
Mezotaenium · 77
Mezoteniales · 77
Mixobionta · 5
Monilinia
 fructigena · 24
Monoblepharidales · 14
Monoblepharis · 14
Monostroma · 72
Morchella · 24
Mougectia · 78
Mucor · 17
Mucoraceae · 17
Mucorales · 17
Mycobionta · 9
Mycrocystis · 41
Myxogasteromyces · 5
Myxomycota · 5, 7

N

Nitella · 81
 gracilis · 81
Nostoc · 82
 pruniforme · 43
Nostocales · 42

O

Olpidium · 13
Oscillatoria · 41
Oscillatoriales · 41

P

Pandorina · 67
Penicillium · 35
Peronosporales · 15
Pezizoles · 24
Phaeophyta · 57
Phaeozosporophyceae · 58
Phallales · 29
Phallus · 29
 impudicus · 29
Phycobiouta · 48

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Phytophthora
 intestans · 15
Pinnularia · 54
Plantae · 43
Plasmadiophora
 brassicae · 8
Plasmodiophoromycetes · 7
Plectascales · См. Eurotiales
Pleurotus
 ostreatus · 29
Polyblepharidales · 65
Porphyra · 47
Porphyridium · 44, 47
Procaryota · 40
Protococcophyceae · 67
Protococcus
 viridis · 70
Protococus · 82
Prymnesium
 parvum · 50
Puccinia
 graminis · 32
Pyrrophyta · 48

R

Rhizoclonium · 76
Rhodobionta · 43
Rhodophyta · 43
Rivularia · 42, 82

S

Saprolegnia · 15
Saprolegniales · 15
Sarcoscypha
 coccinea · 25
Sargassum · 63
Scenedesmus · 69
Serpula
 lacrymans · 28
Siphonales · 75
Siphonocladales · 75
Siphonophyceae · 74
Sphaerotheca
 mors-uvae · 22
Spirogyra · 77
Spirotaenia · 77
Spirulina · 41
Spongospora · 8
Stigeoclonium · 73

Suillus · 29
Synchytrium · 14

T

Taphrinales · 20
Teliosporomycetidae · 30
Tilletia · 30
 caries · 31
Trebouxia · 82
Trentepolia · 73, 82

U

Ulothrichales · 70
Ulothrix · 70
 zonata · 71
Ulotrichophyceae · 70
Ulva · 72
Ulvales · 72
Uredinales · 31
Usnea · 84
Ustilaginales · 30
Ustilago · 30

V

Vaucheria · 55
Venturia
 inaequalis · 25
 pirina · 25
Volvocales · 66
Volvocophyceae · 65
Volvox · 67

X

Xantosiphonophyceae · 55
Xantxopxyta · 54

Z

Zygnema · 78
Zygnematales · 77
Zygomycetes · 16

Русские названия

А

Абабок · 28
Акинета · 64, 74
Алектория · 84
Альгинаты · 63
Альгология · 36
Анабена · 42
Антеридии · 19
Антерозоиды · 60
Апотеции · 21, 86
Архикарп · 19
Аскогон · 19, 21
Аскофера
 пчелиная · 20
Аспергилл · 21, 35
Ауксиллярные клетки · 45

Б

Базидия · 26
Бангия · 47
 черно-пурпурная · 47
Батрахосперм
 четковидный · 47
Белый гриб · 28
Бентос · 39
Березовик · 28
Бледная поганка · 29
Боверия · 35
Боровик · См. Белый гриб
Ботридиум
 зернистый · 56
Бриоптис · 75

В

Вентурия
 грушевая · 25
 неравная · 25
Верпа · 24
Веселка · 29
 обыкновенная · 29
Вешенка
 обыкновенная · 29
Водоросли
 криофильные · 39

размножение · 38
 вегетативное · 38
 половое
 типы · 38
 спорами · 38
 структура тела · 36
Вольвокс · 67
Волютин · 52
Вошерия · 55

Г

Гаметангиогамия · 11
гаметогамия · 11
Гаметофит · 38
Гастеротеции · 87
Гельвелла · 24
Гемизооспоры · 68
Гетерогамия · 11, 38
Гетерокариоз · 11
Гетероцисты · 41, 42
Гидродикцион
 сеточный · 70
Гимений · 26
Гименофор · 27
Гипотека · 51
Гиромитрин · 24
Гифы
 типы · 82
Глеокапса · 41, 83
Глотка · 48
Гнездовка
 обыкновенная · 29
Головач · 29
Головня
 пшеницы · 31
 пыльная · 30
Гонидии · 41
Гонимобласт · 45
Гониум · 66
Гормогонии · 42
Грибы
 водные · 12
 почвенные
 хищные · 12
Груздь
 настоящий · 29
 черный · 29

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Д

Дождевик · 29
Домовой гриб · См. Серпула
плачущая
Драпарнальдия · 73
Дрожжи
 винные · 20
 пивные · 20
 хлебные · 20
Дюналиелла · 65

З

Зигнема · 78

И

Изидии · 86
Изогамия · 11, 38

К

Карпоспорангии · 45
Карпоспорофит · 45
Каулерпа · 75
Кератинофилы · 11
Кладофора
 речная · 75
 эгагропильная · 75
Классификация
 водорослей · 39
Клейстотеции · 21
Клостериум · 79
Кокки · 41
Кониофора
 обыкновенная · 28
Концептакулы · 62
Конъюгация · 38
 типы · 76
Копрофилы · 11
Коремии · 18, 35
Корневая губка · См. *Fomitopsis*
 annosa
Криптостомы · 61
Ксантофиллы · 36, 43
Ксилофиты · 12
Кутлерия · 60

Л

Ламинарин · 58
Ламинария
 пальчатая · 61
 сахаристая · 61
 северная · 61
 японская · 61
Лейкозин · 49, 52
Лессония · 61
лингбия · 41
Лихенология · 82
Лишайники
 кустистые · 84
 листоватые · 83
 накипные · 83
 слоевище
 типы
 гетеромерное · 84
 гомеомерное · 84
Ложа · 18, 35

М

Макроцистис · 61
Манит · 58
Маннит · 64
Масленок · 29
Мезотениум · 77
Мелампсора
 льняная · 34
Мелозира · 53
Микобионт · 82
Микоризообразователи · 28
Микроцистис · 41
Миксоамеба · 7
мицелий
 видоизменения · 9
Мицеляльные тяжи · 9
Млечник · 29
Монилиния
 фруктовая · 24
Моноблефарис · 14
Монострома · 72
Морская капуста · См. Ульва
Моршелла · 24
Мужоция · 78
Мукор · 17
Мухоморы · 29

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Н

Нейстон · 39
Нителла · 81
 грациозная · 81
Носток · 43, 83
 сливовидный · 43

О

Ольпидиум
 капустный · 13
Оогамия · 11, 38
Опланогаметы · 79
Осиновик
 красный · 28
Осциллятория · 41

П

Пандорина · 67
Паразиты · 12
Пармогонии · 41
Парша · См. Вентурия неравная
Пеницилл · 21, 35
Перикарп · 45
Перитеции · 21, 87
Перифитон · 39
Пецица · 24
Пикниды · 35
Пиннулярия · 54
Пиронема · 24
Плазмодесмы · 41
Плазмодий · 5
Плазмодиофора
 капустная · 7
Планококки · 41
Плектенхима · 9
Плеоморфизм · 11
Плодовые тела
 типы · 21
 форма · 26
 эволюция · 29
Порфира · 47
Порфиридиум · 47
 багряный · 47
Почки
 выводковые · 58, 74
Примнезиум · 50
Протококкус · 70

Р

Размножение
 половое · 11
Рецептакула · 29, 62
Ржавчина
 стеблевая злаков · 32
Ривулярия · 42
Ризоклониум · 76
Ризоморфы · 9
Ризоцисты · 57
Роса
 мучнистая · 22

С

Сапролегния
 паразитная · 15
Сапротрофы · 12
Саргассум · 63
Саркосцифа
 ярко-красная · 25
Серпула
 плачущая · 28
Симбиолиты · 12
Синхитриум · См. Рак
 картофеля
Скафидии · См. Концептакулы
склероции · 23
Склероции · 9, 23, 24
Смена генераций
 гетероморфная · 38
 изоморфная · 38
Соматогамия · 11
Соредии · 86
Спермации · 34, 45
Спирогира · 77
Спиротении · 77
Спирулина · 43
 большая · 42
Спонгоспора · 7, 8
Спородохии · 18, 35
Спорофит · 38
Споры
 авто- · 68
 апано- · 75
 артроспоры · 9
 базидио · 26
 пикно- · 32, 34
 телейто- · 30, 32
 уредо- · 32
 хламидоспоры · 9
 эцидио- · 32, 34

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Спорынья
 пурпурная · 23
Стегеоклониум · 73
Сферотека
 крыжовника · 22
Сценедесмус · 69

Т

Тетраспорофит · 46
Требуксин · 83
Трентеполия · 73
Трихогина · 19, 21, 45
Трутовик
 окаймленный · 28
 розовый · 28
Трюфель
 беловатый · 25
 желковистый · 25
 красно-бурый · 25

У

Улотрикс · 70
 опоясанный · 71
Ульва · 72
Уснея · 84

Ф

Фикобионт · 82
Фикоциан · 36
Фикоэритрин · 36, 43
Фитопланктон · 39
Фитофтора
 инфекционная · 15

Фрагеларии · 54
Фукоксантин · 36
Фукус · 62

Х

Хара · 80
 грубая · 81
Хетоморфа · 76
Хетофора · 73
Хламидомонада · 65
Хлорелин · 69
Хлорелла · 68
Хлорококк · 68
Хологамия · 38

Ц

Цекостомы · 61
Цилиндроцистис · 77

Ш

Шампиньон
 двуспоровый · 29

Э

Эвдорина · 67
Эктокарпус · 59
Энтеромофа · 72
Энтомофтора
 муховая · 18
Эпитека · 51

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

- Рис. 1. *Lucogala*
 Рис. 2. *Plasmodiophora brassicae*
 Рис. 3. *Spongospora solani*
 Рис. 4. *Olpidium*
 Рис. 5. *Synchytrium*
 Рис. 6. *Санролежня*
 Рис. 7. *Phytophthora infestans*
 Рис. 8. *Mucor*
 Рис. 9. *Entomophthora muscae*
 Рис. 10. *Saccharomyces cerevisiae*
 Рис. 11. Конидиеносцы
 Рис. 12. *Sphaerotheca mors-uvae*
 Рис. 13. *Claviceps purpurea*
 Рис. 14. *Monilinia fructigena*
 Рис. 15. Апотеций *Morchell*
 Рис. 16. *Venturia inaequalis*
 (*V. pirina*)
 Рис. 17. Формирование базидия
 Рис. 18. *Ustilago tritici*
 Рис. 19. *Puccinia graminos*
 Рис. 20. Типы морфологической
 структуры тела водорослей
 Рис. 21. Типы полового процесса
 Рис. 22. Строение клетки сине-
 зеленых водорослей
 Рис. 23. *Oscillatoria*; *Spirulina*;
Lyngbya
 Рис. 24. *Nostoc*, *Anabena*, *Rivularia*
 Рис. 25. Строение карпогона у
 красных водорослей
 Рис. 26. Жизненный цикл
Polysiphonia
 Рис. 27. *Криптомонада*
 Рис. 28. Морфологическое
 разнообразие золотистых
 водорослей
 Рис. 29. Основные типы
 структуры тела золотистых
 водорослей
 Рис. 30. Диатомовые водоросли
 Рис. 31. *Vaucheria*
 Рис. 32. *Botrydium*
 Рис. 33. *Ectocarpus*
 Рис. 34. *Cutleria*
 Рис. 35. *Fucus*
 Рис. 36. *Gonium pectorale*,
Eudorina elegans, *Pandorina*
morum
 Рис. 37. *Chloococcum*, *Chlorella*,
Scenedesmus, *Hydrodictyon*
 Рис. 38. *Protococcus viridis*
 Рис. 39. *Ulothrix*
 Рис. 40. *Ulva*
 Рис. 41. *Драпарнальдия*
 Рис. 42. *Трентеполия*
 Рис. 43. *Caulerpa*
 Рис. 44. *Cladophora*
 Рис. 45. Типы конъюгации
 Рис. 46. *Spirotaenia*, *Spirogyra*
 Рис. 47. *Closterium*
 Рис. 48. *Chara*
 Рис. 49. Типы слоевищ у
 лишайников
 Рис. 50. Соредии и изидии у
 лишайников
 Рис. 51. Апотеции и перитеции у
 лишайников
 Диаграмма 1. Классификация
 царства Грибы
 Диаграмма 2. Способы
 размножения у грибов

Л И Т Е Р А Т У Р А

Основная

- 1) Ботаника. Систематика растений М., 1975. – 608 с.
- 2) Жизнь растений. Собрание сочинений в 6 томах. М., 1976, т. 2. – 479 с.; 1977, т. 3. – 520 с.
- 3) Курс низших растений М., 1981. – 520 с.
- 4) Стрельская О.Я. Низшие растения. Систематика. Мн., 1985. – 218 с.
- 5) Мир растений. В 7 т. / Редкол. А.Л. Тахтаджян (гл. ред.) и др. М., 1991.

Дополнительная

- 1) Гарибова Л.В. В царстве грибов. М., 1981. – 192 с., ил.
- 2) Горбач Н.В. Лишайники Белоруссии. Мн., 1973. – 336 с.
- 3) Гордеева Т.Н. и др. Практический курс систематики растений. Л., 1953. – 364 с.
- 4) Лемеза Н.А., Шуканов А.С. Малый практикум по высшим растениям. Мн., 1994. – 288 с.
- 5) Мхи-папоротники /К.Г. Лаврова, Н.В. Лебедева, А.С. Лантратова и др. Петрозаводск, 1979. – 80 с., ил. (Растительный мир Корелии).
- 6) Петров В.В. Мир лесных растений. М., 1978. – 167 с., ил.
- 7) Петров В.В. Рассказы о лесных растениях, 1970. – 128 с., ил.
- 8) Практикум по систематике растений и грибов. Под ред. А.Г. Еленевского. М., Academia, 2001. – 157 с.
- 9) Сержанина Г.И. Съедобные и ядовитые грибы. Определитель. Мн., 1976. – 179 с.
- 10) Сержанина Г.И. Шляпочные грибы Белоруссии. Мн., 1984. – 407 с.
- 11) Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь. Мн., 1993. – 559 с.
- 12) Stern K. Introductory Plant Biology / K. Stern – Wm. C. Brown Publishers, 1994. – 537 p.: ill.
- 13) Enger E., Ross F. Concepts in Biology / E. Enger, F. Ross – Wm. C. Brown Publishers, 1997. – 458 p.: ill.
- 14) Raven P., Johnson G. Biology/ P. Raven, G. Johnson. – Times Mirror/Mosby College Publishing, 1989. – 1229 p.: ill.
- 15) Botany / R. Moore, D. Clark, K. Stern, D.Vodopich. – Wm. C. Brown Publishers, 1995. – 893 p.: ill.

Репозиторий ВГУ