

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю.В. Зеленева, Н.Б. Глушковская,
Л.Е. Дмитричева

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие в 2 частях

ЧАСТЬ II

Санкт-Петербург
РГГМУ
2022

УДК 57(075.8)
ББК 28.я73
3-48

Рецензент: Невзорова Е.В., доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой медицинской биологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.П. Державина»

Зеленева Ю.В., Глушковская Н.Б., Дмитричева Л.Е.
3-48 Биология. Учебное пособие в 2 частях. Часть II / Ю.В. Зеленева, Н.Б. Глушковская, Л.Е. Дмитричева. – Санкт-Петербург : РГТМУ, 2022. – 144 с.

ISBN 978-5-86813-566-8 (ч. 2)
ISBN 978-5-86813-564-4

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Биология» и рекомендовано для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Экология и природопользование». Учебное пособие может использоваться на лекционных и практических занятиях по биологии студентами других естественнонаучных направлений, а также для самостоятельного изучения дисциплины «Биология». Учебное пособие включает в себя теоретический и практико-ориентированный материал для урочной и внеурочной работы студентов.

Пособие содержит программный материал по биологии за второй семестр. Он включает в себя задание для самоподготовки, лекционный курс, вопросы для самоконтроля и ситуационные задачи.

УДК 57(075.8)
ББК 28.я73

ISBN 978-5-86813-566-8 (ч. 2)
ISBN 978-5-86813-564-4

© Зеленева Ю.В., Глушковская Н.Б., Дмитричева Л.Е., 2022
© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГТМУ), 2022

Тема 1. Изменчивость организмов

Задание для самоподготовки

Знать: 1) фенотипическую изменчивость, её характеристики и значение в медицине; 2) понятие нормы реакции, вариационного ряда, вариационной кривой, частоты группы, среднего арифметического, моды, медианы; 3) комбинационную изменчивость и механизмы её возникновения; 4) мутации, мутагенные факторы; 5) характеристику мутаций на различных уровнях поражения наследственности; 6) хромосомные болезни человека; 7) молекулярные механизмы возникновения генных мутаций, миссенс- и нонсенс-мутаций; 8) понятие репарации; фоторепарация и репарация по типу вырезания; 9) понятие пенетрантности; 10) понятия фено- и генокопирования.

План

1. Модификационная изменчивость.
2. Наследственная изменчивость.
 - 2.1. Комбинативная изменчивость.
 - 2.2. Мутационная изменчивость.

Изменчивость организмов выражается в различиях между особями по ряду признаков или свойств. Эти различия могут зависеть от изменений наследственных факторов генов, полученных ими от родителей и от внешних условий, в которых развивается организм.

Различают 2 формы изменчивости (рис. 1):

- наследственную (генотипическую);
- ненаследственную (фенотипическую = модификационную).

Наследственная изменчивость связана с изменением наследственных факторов. Различают два типа наследственной изменчивости: комбинативную и мутационную.

Комбинативная (гибридная) изменчивость характеризуется появлением новообразований в результате сочетания и взаимодействия генов родительских форм.

Мутационная изменчивость вызывает структурные изменения хромосом, ведущие к появлению новых наследственных признаков организма.

Модификационная изменчивость не вызывает изменения генотипа; она связана с реакцией одного и того же генотипа на изменение внешних условий, в которых протекает развитие организма и которые создают различия в формах его проявления.



Рис. 1. Формы изменчивости живых организмов

1.1. Модификационная изменчивость

Это изменения признаков организмов, не обусловленные изменениями генотипа и возникающие под влиянием факторов внешней среды. Среда обитания играет большую роль в формировании признаков организмов. Каждый организм развивается и обитает в определенной среде, испытывая на себе действие ее факторов, способных изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т. е. их фенотип.

Предполагается, что причинами модификаций могут быть индукция и регрессия каких-либо ферментов.

Примером изменчивости признаков под действием факторов внешней среды является разная форма листьев у стрелолиста: погруженные в воду листья имеют лентовидную форму; листья, плавающие на поверхности воды, – округлую, а находящиеся в воздушной среде, – стреловидную (рис. 2). Под действием ультрафиолетовых лучей у людей (если они не альбиносы) появляется загар в результате накопления в коже меланина, причем у разных людей интенсивность окраски кожи различна.

Модификационная изменчивость характеризуется следующими основными свойствами:

- 1) ненаследуемость;
- 2) групповой характер изменений (особи одного вида, помещенные в одинаковые условия, приобретают сходные признаки);

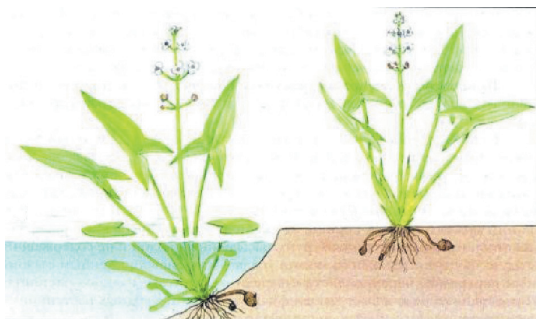


Рис. 2. Стрелолист обыкновенный, растущий в воде и на берегу

3) соответствие изменений действию фактора среды;

4) зависимость пределов изменчивости от генотипа.

Несмотря на то, что под влиянием условий внешней среды признаки могут изменяться, эта изменчивость не беспредельна. Это объясняется тем, что генотип определяет конкретные границы, в пределах которых может происходить изменение признака. Степень варьирования признака, или пределы модификационной изменчивости, называют **нормой реакции**.

Норма реакции выражается в совокупности фенотипов организмов, формирующихся на основе определенного генотипа под влиянием различных факторов среды. Как правило, количественные признаки (высота растений, урожайность, размер листьев, удойность коров, яйценоскость кур) имеют более широкую норму реакции, то есть могут изменяться в широких пределах, чем качественные признаки (цвет шерсти, жирность молока, строение цветка, группа крови). Знание нормы реакции имеет большое значение для практики сельского хозяйства и медицины.

Модификационная изменчивость многих признаков растений, животных и человека подчиняется общим закономерностям. Эти закономерности выявляются на основании анализа проявления признака у группы особей (n). Степень выраженности изучаемого признака у членов выборочной совокупности различна. Каждое конкретное значение изучаемого признака называют **вариантой** и обозначают буквой v . Частота встречаемости отдельных вариантов обозначается буквой p . При изучении изменчивости признака в выборочной совокупности составляется вариационный ряд, в котором особи располагаются по возрастанию показателя изучаемого признака.

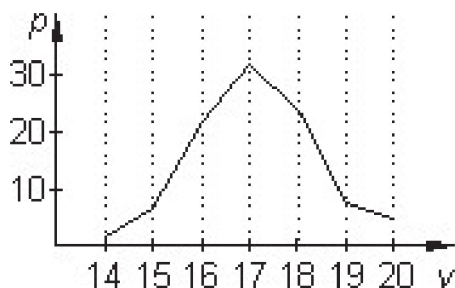


Рис. 3. Вариационный ряд и вариационная кривая

Например, если взять 100 колосьев пшеницы ($n = 100$), подсчитать число колосков в колосе (v) и число колосьев с данным количеством колосков, то вариационный ряд будет выглядеть следующим образом (рис. 3).

Варианта (v)	14	15	16	17	18	19	20
Частота встречаемости (p)	2	7	22	32	24	8	5

На основании вариационного ряда строится **вариационная кривая** – графическое отображение частоты встречаемости каждой варианты.

Среднее значение признака встречается чаще, а вариации, значительно отличающиеся от него, – реже. Это называется «**нормальным распределением**». Кривая на графике бывает, как правило, симметричной.

Среднее значение признака подсчитывается по формуле:

$$M = \frac{\sum(vp)}{n},$$

где M – средняя величина признака; $\sum(vp)$ – сумма произведений вариант на их частоту встречаемости; n – количество вариантов.

В данном примере среднее значение признака (числа колосков в колосе) равно 17,13.

Типы модификаций

1. **Адаптивные модификации** – это ненаследуемые изменения, полезные для организма и способствующие его выживанию в изменившихся условиях. Это наиболее известные модификации.

2. **Морфозы** – это ненаследуемые изменения, возникающие при интенсивном действии некоторых агентов. Чаще всего

морфозы выражены в форме уродств – отклонений от стандартного фенотипа.

В эволюционном отношении значение модификационной изменчивости обуславливается нормой реакции, которая даёт организму возможность выжить и оставить потомство. При наличии такой возможности наследуются генокопии модификаций, то есть мутации, фенотипическое проявление которых кодирует модификационную изменчивость. Они подхватываются естественным отбором и, тем самым, возрастает приспособленность организмов к новым изменяющимся условиям.

Знание закономерностей модификационной изменчивости имеет большое практическое значение в сельском хозяйстве, поскольку позволяет предвидеть и заранее планировать степень выраженности многих признаков организмов в зависимости от условий внешней среды.

Не менее важны знания закономерностей модификационной изменчивости в медицине, усилия которой направлены не на изменение генотипа, а на поддержание и развитие человеческого организма в пределах нормы реакции.

1.2. Наследственная изменчивость

Комбинативная изменчивость

Комбинативная изменчивость возникает в генотипах потомков вследствие случайной рекомбинации аллелей. Сами гены при этом не изменяются, но генотипы родителей и детей различны. Комбинативная изменчивость возникает в результате нескольких процессов:

- независимого расхождения хромосом в процессе мейоза;
- рекомбинации генов при кроссинговере;
- случайной встречи гамет при оплодотворении.

Все три основных источника комбинативной изменчивости действуют независимо и одновременно, создавая разнообразие генов. Из анализа расщепления генов и их взаимодействия видно, что в результате таких процессов могут возникать новые наследственные признаки, играющие существенную роль в эволюционном процессе, как механизм, обеспечивающий сочетание наиболее приспособленные признаки и свойства для выживания организмов.

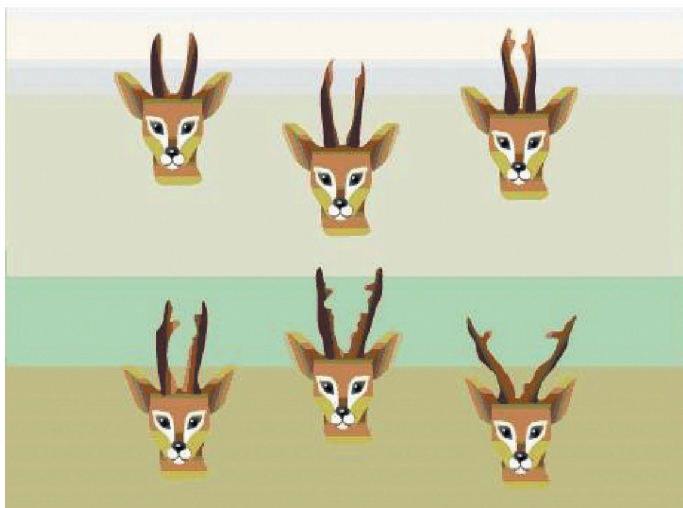


Рис. 4. Комбинативная изменчивость рогов у косули

Комбинативная изменчивость является главным источником наблюдаемого генетического разнообразия. Известно, что в геноме человека содержится примерно 30–40 тыс. генов. Около трети всех генов имеют более чем один аллель, т. е. являются полиморфными. Однако даже при наличии лишь небольшого числа локусов, содержащих по несколько аллелей, только при рекомбинации (вследствие перемешивания генных комплексов) возникает колоссальное множество уникальных генотипов (рис. 4).

Так, только при 10 генах, содержащих по 4 аллеля каждый, теоретическое число уникальных диплоидных генотипов составляет 10 миллиардов!

Поскольку около одной трети генов в геноме человека являются полиморфными, то только за счет рекомбинации создается неисчерпаемое генетическое разнообразие человека. В свою очередь неповторимость генетической конституции во многом определяет уникальность и неповторимость каждого человека.

Мутационная изменчивость

Мутации — это стойкие, внезапно возникшие изменения структуры наследственного материала на различных уровнях его организации, приводящие к изменению тех или иных признаков организма.

Термин «мутация» введен в науку Гуго Де Фризом. Им же создана **мутационная теория**, основные положения которой не утратили своего значения по сей день.

1. Мутации возникают внезапно, скачкообразно, без всяких переходов.

2. Мутации наследственны, т. е. стойко передаются из поколения в поколение.

3. Мутации не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг среднего типа (как при модификационной изменчивости), они являются качественными изменениями.

4. Мутации не направлены – мутировать может любой локус, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков в любом направлении.

5. Одни и те же мутации могут возникать повторно.

6. Мутации индивидуальны, то есть возникают у отдельных особей.

Процесс возникновения мутаций называют **мутагенезом**, а факторы среды, вызывающие появление мутаций – **мутагенами**.

По типу клеток, в которых мутации произошли, различают: генеративные и соматические мутации.

Генеративные мутации возникают в половых клетках, не влияют на признаки данного организма, проявляются только в следующем поколении.

Соматические мутации возникают в соматических клетках, проявляются у данного организма и не передаются потомству при половом размножении. Сохранить соматические мутации можно только путем бесполого размножения (прежде всего вегетативного).

По адаптивному значению выделяют: полезные, вредные (летальные, полулетальные) и нейтральные мутации. **Полезные** – повышают жизнеспособность, **летальные** – вызывают гибель, **полулетальные** – снижают жизнеспособность, **нейтральные** – не влияют на жизнеспособность особей. Следует отметить, что одна и та же мутация в одних условиях может быть полезной, а в других – вредной.

По характеру проявления мутации могут быть **доминантными** и **рецессивными**. Если доминантная мутация является вредной, то она может вызвать гибель ее обладателя на ранних этапах онтогенеза. Рецессивные мутации не проявляются у гетерозигот, поэтому длительное время сохраняются в популяции в «скрытом»

состоянии и образуют резерв наследственной изменчивости. При изменении условий среды обитания носители таких мутаций могут получить преимущество в борьбе за существование.

В зависимости от того, выявлен ли мутаген, вызвавший данную мутацию, или нет, различают **индуцированные** и **спонтанные** мутации. Обычно спонтанные мутации возникают естественным путем, индуцированные – вызываются искусственно.

В зависимости от уровня наследственного материала, на котором произошла мутация, выделяют: генные, хромосомные и геномные мутации.

Генные мутации

Генные мутации – изменения структуры генов. Поскольку ген представляет собой участок молекулы ДНК, то генная мутация представляет собой изменения в нуклеотидном составе этого участка. Генные мутации могут происходить в результате:

- 1) замены одного или нескольких нуклеотидов на другие;
- 2) вставки нуклеотидов;
- 3) потери нуклеотидов;
- 4) удвоения нуклеотидов;
- 5) изменения порядка чередования нуклеотидов.

Эти мутации приводят к изменению аминокислотного состава полипептидной цепи и, следовательно, к изменению функциональной активности белковой молекулы. Благодаря генным мутациям возникают множественные аллели одного и того же гена.

Заболевания, причиной которых являются генные мутации, называются генными (фенилкетонурия, серповидноклеточная анемия, гемофилия и т.д.). Наследование генных болезней подчиняется законам Менделя.

Хромосомные мутации

Это изменения структуры хромосом. Перестройки могут осуществляться как в пределах одной хромосомы – внутривхромосомные мутации (делеция, инверсия, дупликация, инсерция), так и между хромосомами – межхромосомные мутации (транслокация) (рис. 5).

- **Делеция** – утрата участка хромосомы (2);
- **инверсия** – поворот участка хромосомы на 180° (4, 5);
- **дупликация** – удвоение одного и того же участка хромосомы (3);
- **инсерция** – перестановка участка (6).

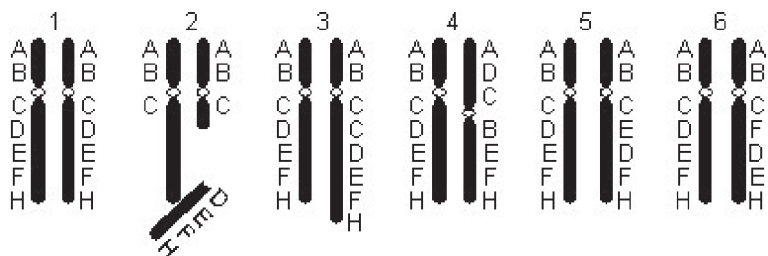


Рис. 5. Хромосомные мутации: 1 – пара хромосом; 2 – делеция; 3 – дупликация; 4, 5 – инверсия; 6 – инсерция

Транслокация – перенос участка одной хромосомы или целой хромосомы на другую хромосому.

Заболевания, причиной которых являются хромосомные мутации, относятся к категории **хромосомных болезней**. К таким заболеваниям относятся синдром «крика кошки», транслокационный вариант синдрома Дауна и др.

Геномные мутации

Геномной мутацией называется изменение числа хромосом. Геномные мутации возникают в результате нарушения нормального хода митоза или мейоза.

Гаплоидия – уменьшение числа полных гаплоидных наборов хромосом.

Полиплоидия – увеличение числа полных гаплоидных наборов хромосом: триплоиды ($3n$), тетраплоиды ($4n$) и т.д.

Гетероплоидия (анеуплоидия) – некрatное увеличение или уменьшение числа хромосом. Чаще всего наблюдается уменьшение или увеличение числа хромосом на одну (реже две и более).

Наиболее вероятной причиной гетероплоидии является нерасхождение какой-либо пары гомологичных хромосом во время мейоза у кого-то из родителей. В этом случае одна из образовавшихся гамет содержит на одну хромосому меньше, а другая – на одну больше. Слияние таких гамет с нормальной гаплоидной гаметой при оплодотворении приводит к образованию зиготы с меньшим или большим числом хромосом по сравнению с диплоидным набором, характерным для данного вида: **нулессомия** ($2n - 2$), **монессомия** ($2n - 1$), **трисомия** ($2n + 1$), **тетрасомия** ($2n + 2$) и т.д.

Заболевания, причиной которых являются геномные мутации, также относятся к категории хромосомных. Их наследование

не подчиняется законам Менделя. Кроме вышеназванных синдромов Клайнфельтера или Тернера–Шерешевского, к таким болезням относятся синдромы Дауна (47, +21), Эдвардса (+18), Патау (47, +15).

Полиплодия характерна для растений. Получение полиплоидов широко используется в селекции растений.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова

«Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и виды, тем полнее сходство в рядах их изменчивости. Целые семейства растений в общем характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды и виды, составляющие семейство».

Открытый Н.И. Вавиловым закон справедлив не только для растений, но и для животных. Так, альбинизм встречается не только в разных группах млекопитающих, но и птиц, и других животных. Короткопалость наблюдается у человека, крупного рогатого скота, овец, собак, птиц, отсутствие перьев – у птиц, чешуи – у рыб, шерсти – у млекопитающих и т.д.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости имеет большое значение для селекции, поскольку позволяет предугадать наличие форм, не обнаруженных у данного вида, но характерных для близкородственных видов. Причем искомая форма может быть обнаружена в дикой природе или получена путем искусственного мутагенеза.

Искусственное получение мутаций

В природе постоянно идет спонтанный мутагенез, но спонтанные мутации – достаточно редкое явление, например, у дрозофилы мутация белых глаз образуется с частотой 1:100 000 гамет.

Факторы, воздействие которых на организм приводит к появлению мутаций, называются **мутагенами**. Обычно мутагены подразделяют на три группы. Для искусственного получения мутаций используются физические и химические мутагены (табл. 1).

Индукцированный мутагенез имеет большое значение, поскольку дает возможность создания ценного исходного материала

для селекции, а также раскрывает пути создания средств защиты человека от действия мутагенных факторов.

Табл. 1. Классификация мутагенов

Название группы мутагенов	Примеры
Физические	Рентгеновские лучи, гамма лучи, ультрафиолетовое излучение, высокие и низкие температуры и др.
Химические	Соли тяжелых металлов, алкалоиды, чужеродные ДНК и РНК, аналоги азотистых оснований нуклеиновых кислот, мн. алкилирующие соединения и др.
Биологические	Вирусы, бактерии

Контроль уровня знаний

1. Вопросы для самоконтроля

1. От чего зависит фенотип организма?
2. Какие признаки фенотипа пластичны?
3. Охарактеризуйте фенотипическую изменчивость.
4. Под воздействием каких факторов происходят генные мутации?
5. Какова роль мутаций в природных популяциях?
6. Раскройте положительные и отрицательные стороны самоопыления при селекции культурных растений.
7. Обоснуйте, почему наследственная изменчивость называется определенной или групповой изменчивостью.
8. Какой вид изменчивости называют модификационной. В чем выражаются статистические закономерности модификационной изменчивости?
9. Укажите, какая из форм изменчивости является наследственной и почему? Какие формы наследственной изменчивости вы знаете? Укажите возможные причины их появления.
10. Раскройте причины возникновения комбинативной изменчивости и покажите ее практическое значение. Какова роль комбинативной изменчивости в эволюционном процессе?
11. Обоснуйте, почему неопределенная изменчивость представляет основу для эволюции.
12. Покажите, в чем сходство и отличие мутационной и модификационной изменчивости.
13. В чем сходство и отличие комбинативной и мутационной изменчивости?

14. Какая форма изменчивости приводит к дивергенции? Приведите доказательства.

15. Каковы перспективы управления генетическими механизмами индивидуального развития?

16. Какими особенностями обладают политенные хромосомы? Что позволяет наблюдать у них проявление активности генов?

17. Какую связь вы можете проследить между этапами эмбрионального развития и изменениями функционирования генома?

18. Как вы понимаете высказывание, что признак формирует не один ген, а весь генотип и влияние среды?

19. Какие мутации можно назвать летальными? Что отличает их от других мутаций? Какие примеры летальных мутаций вы можете привести?

20. Какие вопросы можно решить, проводя опыты с химерными организмами?

21. Какие перспективы открываются перед учеными, создающими трансгенных животных? Какие области человеческой деятельности это может затронуть?

II. Ситуационные задачи

1. У мужчины-дальтоника и женщины с нормальным цветовым зрением (гена дальтонизма в семье женщины не обнаружено) родилась девочка с синдромом Шерешевского–Тернера. Какова вероятность того, что она будет страдать дальтонизмом? Будут ли еще в такой семье дети с синдромами или дети-дальтоники?

2. Под действием мутагена у мужчины при образовании гамет не разошлись половые хромосомы. Напишите кариотипы зигот по половым хромосомам и название вида мутации для каждого случая?

3. Напишите число хромосом, соответствующее следующим случаям гетероплоидии у кукурузы: моносомия, трисомия, тетрасомия, пентасомия, нулисомия, если ее генотип $2n = 20$ хромосом.

4. Какое число хромосом должен иметь фертильный отдаленный гибрид от скрещивания вида с $2n = 24$ хромосомы и вида с $2n = 18$ хромосом?

5. Распишите решение, как можно получить триплоидные арбузы: а) путем действия колхицина; б) путем эуплоидии.

6. При самоопылении растения наблюдается расщепление 9:7. Каким будет расщепление в F_a и как оно изменится при переводе растения на тетраплоидный уровень?

7. Нормальная иРНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:



Произошла мутация, в результате которой в молекуле белка аминокислота изолейцин (Иле) заменилась на аминокислоту метионин (Мет). Определите нуклеотидный состав мутированной иРНК, аминокислотный состав нормального и мутированного белков. Ответ поясните. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода:

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	–	–	А
	Лей	Сер	–	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

8. Исходный фрагмент молекулы ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов (верхняя цепь – смысловая, нижняя – транскрибируемая):

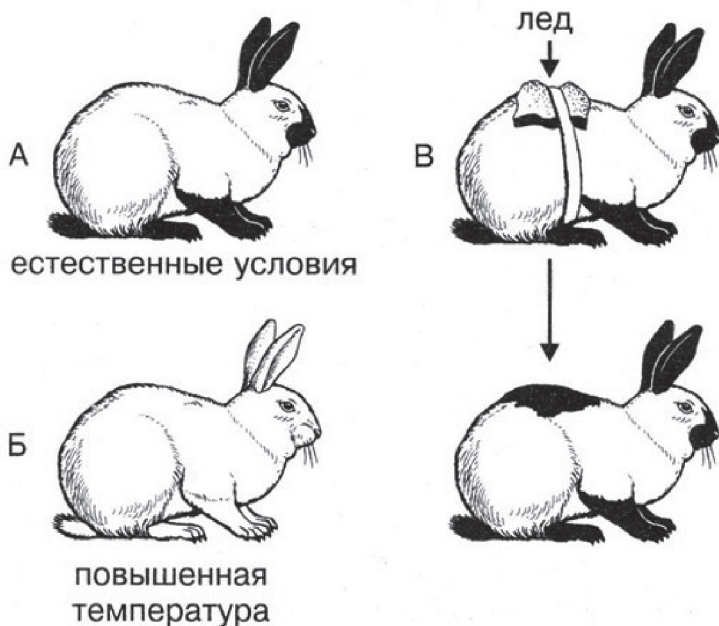


В результате замены одного нуклеотида в ДНК **четвёртая** аминокислота во фрагменте полипептида заменилась на аминокислоту **Вал**. Определите аминокислоту, которая кодировалась до мутации. Какие изменения произошли в ДНК, иРНК в результате замены одного нуклеотида? Благодаря какому свойству генетического кода одна и та же аминокислота у разных организмов кодируется одним и тем же триплетом? Ответ поясните. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

9. Ангиоматоз сетчатки глаза обуславливается доминантным аутосомным геном, пенетрантность которого 50%. Какова вероятность (в процентах) рождения больного ребенка в семье, где оба супруга гетерозиготны по данному гену?

10. В медико-генетическую консультацию обратились две супружеские пары, у которых родились дети с незаращением твердого неба («волчья пасть»). Изучив родословную каждой семьи и выяснив их бытовые и производственные условия, врачи пришли к заключению, что у супругов А все последующие дети, а также внуки не должны иметь этого дефекта, но у супругов Б существует вероятность появления его у детей и внуков. Укажите возможные механизмы появления данного дефекта у детей в семьях А и Б.

11. При рождении горностаевые кролики имеют белую окраску шерсти. Позже на отдельных участках появляется чёрная окраска. Что изучали в данном эксперименте? Какова была его методика? Какие выводы были сделаны из этого эксперимента?



12. В последовательности одной из цепей ДНК (А Г Ц А Г Г Т А А) произошла мутация – выпадение второго нуклеотида в третьем триплете. Используя таблицу генетического кода,

определите исходную аминокислотную последовательность. Изменится ли первичная структура полипептида? Ответ поясните. К какому виду мутаций относится данное изменение?

13. Популяция состоит из представителей четырех генотипов. Средние значения количественного признака в среде X для этих генотипов составляют $G_1 = 50$, $G_2 = 30$, $G_3 = 20$, $G_4 = 30$ единиц, а в среде Y, соответственно, $G_1 = 60$, $G_2 = 10$, $G_3 = 40$, $G_4 = 50$. Изобразить графики нормы реакции и распределения фенотипов для каждого генотипа и популяции в целом.

14. В результате мутации последовательность генов в хромосоме изменилась с ABCDEFGH на ACBEFH. Определите тип хромосомной мутации.

15. Определите хромосомное заболевание и пол у больного, если цитогенетическим методом установлено, что у него 45 хромосом и одна половая X-хромосома.

Тема 2: Эволюция органического мира.

Факторы эволюционного процесса

Задание для самоподготовки

Знать: 1) первую эволюционную теорию Ж.Б. Ламарка; 2) теорию эволюции Ч. Дарвина: факторы эволюции, роль наследственности и изменчивости, естественного отбора в происхождении биологической целесообразности и эволюции органического мира; 3) основные этапы эволюции органического мира; 4) взгляды К. Линнея, Ж.Б. Ламарка, Ж. Кювье, Ж. Сент-Илера и Ч. Дарвина на развитие органического мира.

План

1. Популяция – элементарная эволюционирующая единица.
2. Принцип популяционного равновесия. Закон Харди–Вайнберга.
3. Естественный отбор. Формы естественного отбора.
4. Формы борьбы за существование.
5. Волны жизни. Дрейф генов.
6. Миграции. Изоляция.
7. Адаптация как результат взаимодействия факторов эволюции.

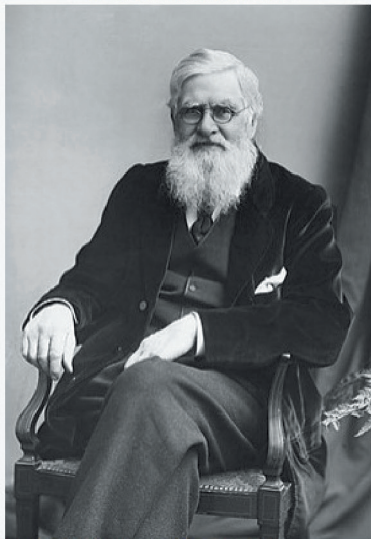
Под эволюцией органического мира понимают процесс исторического развития от древнейших до современных и будущих форм жизни. Сущность этого процесса состоит в непрерывном приспособлении живого к разнообразным условиям окружающей среды, так и в появлении всё более сложно устроенных организмов. В ходе эволюции осуществляется преобразование видов, на этой основе возникают новые виды, постоянно происходит также и вымирание видов. Эволюционная идея в биологии начала формироваться ещё в конце XVIII в. Однако впервые целостная эволюционная концепция была сформулирована в начале XIX в. Крупным французским ученым Жаном-Батистом Ламарком. В своей знаменитой книге «Философия зоологии» он доказывал изменчивость видов и сам факт эволюции. Однако Ламарк допустил серьезные ошибки, прежде всего в понимании движущей силы эволюционного процесса, выводя её из якобы присущего организмам стремления к совершенству. Он также неверно связывал причины возникновения приспособленности с прямым или косвенным воздействием на организм окружающей среды, что породило необоснованное представление о наследовании приобретенных признаков.

Величайшее достижение человеческой мысли – открытие гениальным английским ученым Чарлзом Дарвином факторов эволюционного процесса и построение эволюционной концепции, которая дала материалистическое объяснение эволюционного процесса и заложила прочный фундамент для всех последующих исследований в этой области. Ч. Дарвин пришел к важнейшему представлению о естественном отборе, опираясь на который только и можно дать рациональное объяснение возникновения приспособленности живого и эволюционного процесса от простого к сложному. Ч. Дарвин в своем классическом труде «Происхождение видов» решил вопрос о главных движущих силах (факторах) эволюционного процесса. Это наследственность, изменчивость и естественный отбор. Дарвин указывал на важную роль ограничения свободного скрещивания особей вследствие их изоляции друг от друга. Независимо от Ч. Дарвина к подобным эволюционным идеям пришел талантливый зоолог Альфред Рассел Уоллес, много сделавший для развития эволюционной теории.

Современная теория эволюции впитала в себя также многие важнейшие положения экологии, генетики, молекулярной биологии и других наук. В рамках синтетической теории эволюции

Альфред Рассел Уоллес

англ. *Alfred Russel Wallace*



Дата рождения 8 января 1823
Место рождения Аск, Монмутшир, Уэльс
Дата смерти 7 ноября 1913 (90 лет)
Место смерти Бродстон, Дорсет, Англия
Страна  Великобритания

Чарлз Роберт Дарвин

англ. *Charles Robert Darwin*

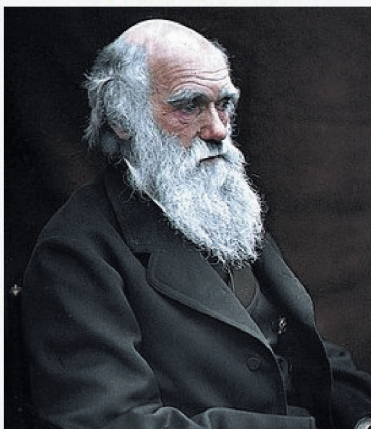


Фото 1869 года

Жан-Батист Пьер Антуан де Моне Шевалье де Ламарк

фр. *Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet,
Chevalier de Lamarck*



Жан Батист Ламарк, работа Шарля Тевенена
(1802 г.)

Дата рождения 1 августа 1744
Место рождения Базантен (фр. *Bazentin*),
Сомма
Дата смерти 18 декабря 1829
(85 лет)
Место смерти Париж, Франция
Страна  Франция

Имя при рождении англ. *Charles Robert Darwin*
Дата рождения 12 февраля 1809
Место рождения Шрусбери, Великобритания
Дата смерти 19 апреля 1882
(73 года)
Место смерти Даун (сегодня часть
Лондона), Великобритания
Страна  Великобритания

Рис. 6. Выдающиеся эволюционисты.
Создатели эволюционной теории

выделяют следующие *факторы эволюционного процесса*: мутационная и комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, изоляции, естественный отбор.

Эволюция протекает как единый процесс. Однако выделяют два уровня – микроэволюцию и макроэволюцию. Процессы, протекающие на популяционном и внутривидовом уровне, называют микроэволюцией, на уровне выше видового – макроэволюцией. Таким образом, макроэволюция связана с формированием надвидовых таксонов.

Говоря об эволюционных процессах, необходимо четко осознавать, что особь, претерпевая онтогенетическое развитие, не имеет возможности эволюционировать. Такой способностью, как показал Ч. Дарвин, обладают виды, представляющие собой совокупность популяций, каждая из которых способна эволюционировать, т. е. изменяться и приспосабливаться во времени и пространстве. Именно поэтому необходимо детальное изучение процессов, протекающих в популяциях – элементарных эволюционных структурах, для того чтобы понять основные факторы эволюции.

2.1. Популяция – элементарная эволюционирующая единица

Совокупность особей одного вида, длительно населяющих определенное пространство, размножающихся путем свободного скрещивания и в той или иной степени изолированных друг от друга, называют популяцией.

Однако, такое определение приемлемо только для размножающихся половым путем раздельнополым видам.

В генетическом смысле популяция – это пространственно-временная группа скрещивающихся между собой особей одного вида.

Численность популяции может меняться в результате изменения условий среды обитания, колебаний смертности и рождаемости, а также притока и оттока особей из других популяций. Популяции могут объединяться, разделяться, возникать и вымирать. Главное, что популяции постоянно изменяются, и эти изменения представляют собой элементарный эволюционный процесс.

Физико-географические, а также экологические условия обитания в пределах видового ареала далеко не однородны. Распределение популяций также неравномерно.

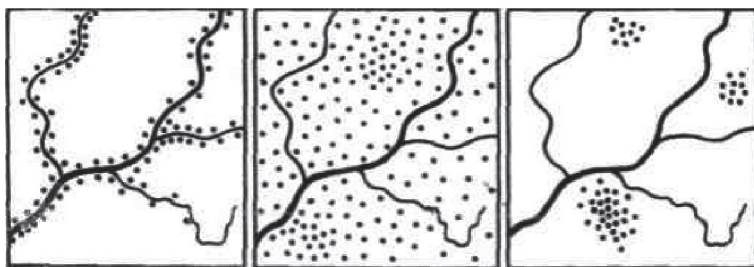


Рис. 7. Типы распределения особей популяции по территории ареала

Неравномерность распределения может выражаться в двух главных формах: «островной», где между группами популяций особи данного вида отсутствуют (например, березовые колки в западно-сибирской лесостепи) и в форме «сгущений», когда весь ареал населен организмами данного вида (распределение берез в средней полосе России: чистые березняки или деревья в биоценозе смешанного леса) (рис. 7).

Популяции, находящиеся на границах ареала, как правило, немногочисленные, в них может возрастать частота близкородственных скрещиваний, что повышает вероятность гомозиготизации многих мутаций.

Две популяции, имеющие равную численность, могут сильно отличаться друг от друга по составу. Например, в одной популяции может быть много молодых особей, а в другой – взрослых. Может существенно отличаться соотношение особей мужского и женского пола у обоеполых видов. Поскольку при описании генетических процессов в популяциях необходимо знать количество размножающихся особей, часто используют понятие *эффективная численность*, т. е. численность размножающихся особей.

Совокупность генотипов всех особей популяции называют *генофондом*. В науку это понятие ввёл крупный отечественный генетик Александр Сергеевич Серебровский (1892–1948).

2.2. Принцип популяционного равновесия. Закон Харди–Вайнберга

В основе популяционной генетики, изучающей генотипы живых организмов без использования скрещиваний, лежит закон Харди–Вайнберга. Его сформулировали независимо друг

от друга двое ученых в 1908 г. Данный закон соблюдается только при определенных идеальных условиях.

Формулировка закона Харди–Вайнберга

Частота генотипов по определенному гену в популяции остается постоянной в ряду поколений и соответствует уравнению:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где p^2 – частота как доля от единицы гомозигот по одному аллелю (например, доминантному – AA); q^2 – частота гомозигот по другому аллелю (aa); $2pq$ – частота гетерозигот (Aa); P – частота в популяции первого аллеля (A); q – частота второго аллеля (a).

При этом $p + q = 1$, или $A + a = 1$ (рис. 8).

Также из законов математики следует:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2.$$

Формула квадрата двучлена используется для одного исследуемого гена, имеющего всего два аллеля.

Может встречаться формулировка не по отношению к генотипам, а по отношению к аллелям: частоты доминантного и рецессивного аллелей в популяции будут оставаться постоянными в ряду поколений при соблюдении ряда условий. То есть значений p и q не будут изменяться из поколения в поколение.

Таким образом, закон Харди–Вайнберга позволяет рассчитывать частоты аллелей и генотипов в популяции, что является важной ее характеристикой, так как именно популяция рассматривается как единица эволюции.

Условия соблюдения закона Харди–Вайнберга

Закон Харди–Вайнберга в полной мере соблюдается при выполнении следующих условий:

- популяция должна иметь большой размер;
- особи не должны выбирать брачного партнера в зависимости от генотипа по исследуемому гену;
- миграции особей из популяции и в нее должны отсутствовать;
- в отношении изучаемого гена (его аллелей) не должен действовать естественный отбор. Другими словами, все генотипы по исследуемому гену должны быть одинаково плодовитыми;
- не должно возникать новых мутаций исследуемого гена.

Отклонение от закона Харди–Вайнберга (это значит, что в популяции частота аллелей гена меняется) говорит о том, что на популяцию действует какой-либо фактор эволюции. Однако

	pA	qa
pA	AA $p \times p = p^2$	Aa $p \times q$
qa	Aa $p \times q$	aa $q \times q = q^2$

Рис. 8. Графическое изображение закона Харди–Вайнберга

в больших популяциях отклонения бывают незначительными, если рассматривать краткосрочный период времени. Данный факт позволяет использовать закон для проведения расчетов. С другой стороны, в эволюционном масштабе динамика генофонда популяции отражает то, как эволюция протекает на генетическом уровне.

Закон Харди–Вайнберга в случае множественного аллелизма

Уравнение Харди–Вайнберга применяется и для случаев множественного аллелизма. При этом для определения частот генотипов в квадрат возводится многочлен из частот аллелей.

Если существует три аллеля гена (a_1, a_2, a_3), то их частоты (p, q, r) в сумме будут давать единицу: $p + q + r = 1$. Если возвести уравнение в квадрат, то получим следующее распределение частот генотипов:

$$(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1.$$

Здесь p^2, q^2, r^2 – это частоты гомозигот: соответственно a_1a_1, a_2a_2, a_3a_3 . Произведения $2pq, 2pr, 2qr$ – частоты гетерозиготных генотипов: a_1a_2, a_1a_3, a_2a_3 .

2.3. Естественный отбор.

Формы естественного отбора

Естественный отбор это процесс, в результате которого выживают и оставляют после себя потомство преимущественно особи с полезными в данных условиях признаками (табл. 2).

Табл 2. Движущие силы эволюции

Направляющие эволюцию	Не направляющие эволюцию
естественный отбор	мутации рекомбинации волны жизни дрейф генов миграции особей изоляция

Естественный отбор классифицируется главным образом на четыре формы: стабилизирующий, движущий, дизруптивный, дестабилизирующий.

Теорию о *стабилизирующем отборе* разработал И.И. Шмальгаузен. Он происходит при постоянных условиях среды. При этом норма реакции сужается, как следствие, остаются особи со средним значением признака. Примером может служить сохранение практически без изменений в течение миллионов лет «живых ископаемых»: гаттерии, латимерии, гинго и др. (рисунки 9, 10).

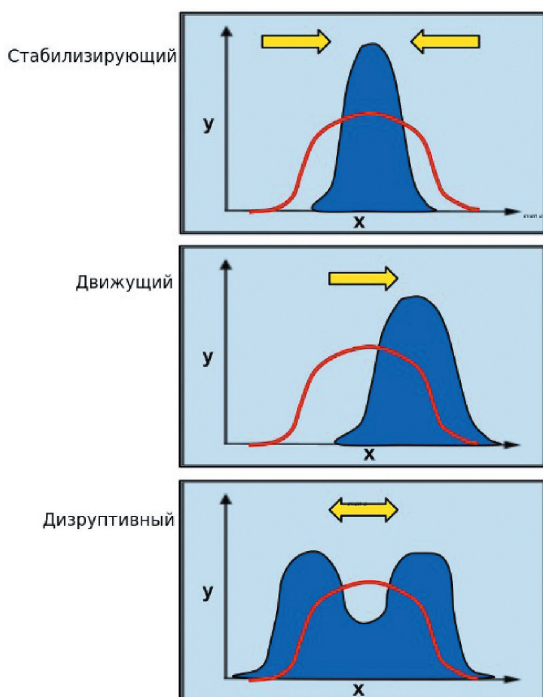
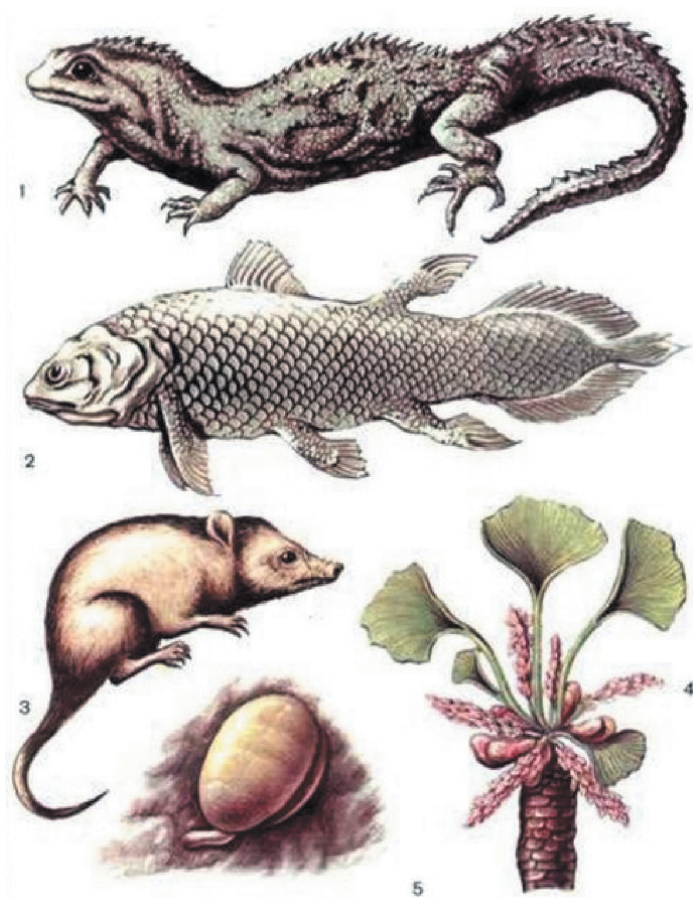


Рис. 9. Формы естественного отбора



Реликтовые организмы:

1 — гаттерия; 2 — латимерия; 3 — опоссум; 4 — побег гинкго; 5 — плеченое животное лингула.

Рис. 10. Реликтовые виды

Теорию о *движущем отборе* сформулировал Ч. Дарвин, современное учение разработал Дж. Симпсон. Этот отбор происходит при постоянном изменении условий среды (рис. 9). При этом норма реакции сменяется постепенно, остаются особи, обладающие крайним значением признака (либо в сторону уменьшения,

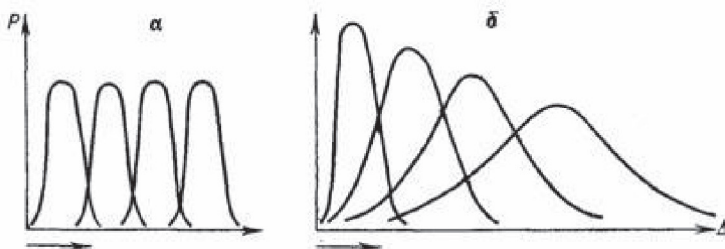


Рис. 11. Движущий отбор в классическом варианте (а) и в эксперименте (б) – на самом деле происходит не плавный сдвиг, а дестабилизация и рост изменчивости

либо в сторону увеличения его значения, т. е. в одном направлении). Пример: появление устойчивости к антибиотикам у болезнетворных бактерий или к ядохимикатам у насекомых-вредителей, крыс и мышей.

Учение о *дизруптивном (разрывающем) отборе* разрабатывали Н.В. Цингер, К. Мазер. Эта форма отбора происходит при резком изменении условий среды (рис. 9). Как результат, норма реакции разрывается, особи со средним значением признака вытесняются, остаются особи с крайними значениями признака (и в сторону увеличения значения и в сторону уменьшения, т. е. формируются две или несколько популяций с новыми нормами реакции – полиморфизм). Примером может служить формирование раннецветущих и позднецветущих растений, быстро и медленно растущих рас хищных рыб.

Дестабилизирующий отбор изучали Д.К. Беляев, Д. Симпсон, Н. Воронцов (рис. 11).

Дестабилизирующий отбор происходит в неоднородной среде, норма реакции расширяется, преимущество получают особи с мутациями с более широкой нормой реакции. Примеры: популяции озерных лягушек, живущие в прудах с разнородной освещённостью, с чередованием участков, заросших ряской, тростником, рогозом, с «окнами» открытой воды; характеризуются широким диапазоном изменчивости окраски.

Кроме перечисленных четырех форм отбора, выделяют также половой, индивидуальный, массовый, искусственный (бессознательный (стихийный), методический (сознательный), массовый, индивидуальный).

2.4. Формы борьбы за существование

Борьба за существование – это совокупность сложных взаимоотношений между организмами и внешней средой, в результате которых одни особи погибают, а другие – выживают (табл. 3).

Табл. 3. Формы борьбы за существование

Форма	Особенности	Пример
Внутри-видовая	Конкурентная борьба между особями одного вида, наиболее острая, так как идет в одной экологической нише; обостряется, когда численность популяции увеличивается	
Межвидовая	Борьба между популяциями разных видов при их непосредственном столкновении (прямая); протекает остро (особенно если виды находятся в одной экологической нише)	
Борьба с неблагоприятными условиями среды	Обостряет межвидовую и внутривидовую борьбу за существование	

2.5. Волны жизни. Дрейф генов

Волны жизни – это изменение численности (периодические или непериодические колебания численности) особей в популяциях, возникающие под влиянием среды и ведущие к изменению интенсивности естественного отбора и генетической структуры популяции. Это явление изучал С.С. Четвериков.

Причины возникновения волн жизни

Обилие или недостаток пищи; активность хищников, паразитов или воздействие болезней; наводнения; сильные морозы; ураганы, пожары.

Периодические колебания численности связаны со сменой сезона года, характерны для короткоживущих форм (однолетние растения, многие членистоногие), которые размножаются в конце теплого периода года: их семена и оплодотворенные яйца или личинки зимуют и весной дают начало новым поколениям. Большая часть зимующих поколений погибает в силу случайных причин, а оставшиеся формируют генофонд вновь образованной популяции.

Непериодические колебания численности связаны с изменениями в биоценозах. Вспышки массового размножения различных животных или растений возникают в связи с постоянным или временным отсутствием естественных врагов или при увеличении пищевой базы.

Значение волн жизни

Меняют концентрацию отдельных генов, некоторые гены могут исчезать.

При росте численности особей популяции увеличивается концентрация мутаций и мутантных особей; доля наследственной изменчивости возрастает.

Случайное повышение концентрации некоторых мутаций даёт новый материал для отбора.

Популяционные волны наряду с мутационным процессом являются поставщиками элементарного эволюционного материала.

Дрейф генов – это случайные колебания частот аллелей в популяциях ограниченного размера.

Основная причина дрейфа генов – это недостаточная выборка, то есть генофонд малочисленной популяции всегда беднее генофонда родительского вида, и подбор аллелей в ней случаен. Естественный отбор происходит эффективно только при

достаточно большой численности особей в популяции, следовательно, дальнейшая судьба генофонда малой популяции определяется главным образом действием различных случайных факторов.

Дрейф генов приводит к уменьшению доли наследственной изменчивости в популяциях и возрастанию ее генетической однородности. Разные популяции одного вида, изолированные друг от друга, могут утратить свое первоначальное генетическое сходство. Так же, дрейф генов способствует изменению частот мутаций и комбинаций (совместно с популяционными волнами) в изолированной малочисленной популяции.

Генетическое разнообразие и «Эффект бутылочного горлышка»

Иногда численность популяций сокращается до нескольких особей. Это может произойти вследствие климатических изменений, увеличения популяций хищников, болезней или катастроф (например, извержений вулканов или других природных катаклизмов). В результате последующим поколениям передают свои гены небольшое количество индивидов. Генофонд популяции сокращается. Выжившие особи не обязательно имеют все наборы признаков изначального генофонда, и частота аллелей может сильно измениться. Помимо эффекта бутылочного горлышка, малые популяции подвержены дрейфу генов и инбридингу.

2.6. Миграции. Изоляция

Миграция – это передвижение особей из одних мест обитания в другие; обмен генами между разными популяциями одного вида в результате свободного скрещивания их особей.

Значение миграции

Гены особей-мигрантов, привнесенные в популяцию, способны увеличивать разнообразие генофонда популяции.

Перемещение небольшой группы особей за пределы исходной популяции может привести к появлению новой популяции, которая характеризуется значительным генетическим разнообразием (будет проявляться эффект основателя (сформулировал Э. Майр), то есть новая популяция будет основана несколькими особями, несущими лишь малую часть генетической информации исходной популяции).

Миграция в результате постоянного притока генов может поддерживать генетическую структуру популяции на одном и том же уровне и сохранить вид без изменений.

Миграции позволяют обновлять генофонд популяций.

Изоляция – это разобщение особей в результате возникновения барьеров для свободного скрещивания (табл. 4).

Табл. 4. Виды изоляции

Географическая (территориальная, механическая, пространственная)	Биологическая (репродуктивная)	
– естественные преграды или большие расстояния между популяциями; – деятельность человека (изменение ландшафта, строительство дорог, отстрел животных); – радиус индивидуальной активности	ограничение скрещивания, обусловленное биологическими факторами	
	<i>предзиготическая</i>	<i>постзиготическая</i>
	экологическая	генетическая изоляция заключается в несовместимости хромосомного набора гамет особей разных видов или появление бесплодных межвидовых гибридов
	временная	
	этологическая	
	механическая (морфофизиологическая)	

2.7. Адаптация как результат взаимодействия факторов эволюции

Приспособленность (адаптация) – комплекс морфологических и поведенческих особенностей организмов, обеспечивающих успех в конкуренции с другими организмами и способность оставлять потомство в данных условиях окружающей среды (табл. 5).

Приспособления организмов к среде обитания вырабатывается в процессе эволюции (исторического развития) под действием естественных причин; все приспособления носят относительный и временный характер, так как помогают выжить организму только в тех условиях, в которых они возникли; при изменении среды обитания приспособления теряют свое значение.

Доказательства относительной целесообразности приспособлений

Защитные приспособления организмов от одних врагов оказываются неэффективными при защите от других (мангусты поедают ядовитых змей).

Табл. 5. Приспособленность (адаптация) организмов

<i>Морфологические приспособления</i>	
1. Форма тела	Зависит от среды обитания (обтекаемая форма тела у птиц; торпедообразная – у водных животных; роющие конечности у обитателей почвы).
2. Покровительственная окраска	Позволяет животным организмам сливаться с окружающим фоном (зеленый кузнечик, белая куропатка).
3. Расчленяющая окраска	Чередование на теле светлых и темных полос или пятен (зебра, тигр).
4. Предостерегающая окраска	Яркая окраска, заранее предупреждающая хищников и врагов о бесполезности и опасности нападения. Обычно, это сочетание красного, желтого или оранжевого и черного цветов. Характерна для ядовитых, жалящих или несъедобных видов.
5. Маскировка	Сочетание окраски и формы тела, при которых организм по внешнему виду напоминает какой-либо неподвижный предмет – камень, лист, ветку. Например, цветок орхидеи брассики напоминает самку пчелы, готовую к спариванию. 
6. Мимикрия	Это подражательное сходство незащищенных организмов с защищенным. Например, бабочка стеклянница похожа на осу. 

7. Средства пассивной защиты	Это образования, увеличивающие вероятность сохранения организма в борьбе за существование, они защищают животных от врагов или препятствуют поеданию растений травоядными животными (иглы ежа, колючки у кактуса).
<i>Этологические приспособления</i>	
1. Приспособительное поведение	– замирание (опосумы, земноводные); – угрожающая поза (кобра); – запасание корма (хомяк, белка); – брачное поведение; – избегание хищников; – миграция; – приобретенные этологические приспособления у животных с высокоразвитой нервной системой.
2. Забота о потомстве	– вынашивание икры в ротовой полости или в складке кожи на животе (самцы тилапии, морской конек); – постройка гнезд; – выкармливание потомства; – обеспечение будущего потомства пищей (жуки-скарабей, наездники).
<i>Физиологические адаптации</i>	
Сохранение организма за счет механизмов саморегуляции обмена веществ и превращения энергии (удаление избытка воды через сократительные вакуоли или почки; потребление большого количества воды морскими рыбами; впадение в состояние зимней спячки, анабиоз животных или зимнего покоя у растений; усиление обмена веществ у теплокровных при наступлении холодов).	
<i>Биохимические адаптации</i>	
Проявляются в виде биохимических реакций, протекающих в клетках организма (особое строение молекулы гемоглобина для транспортировки кислорода, который является сильнейшим окислителем и может нарушить гомеостаз)	

Нецелесообразность поведения (этологические адаптации) организмов (ночные бабочки летят на свет электрической лампы и погибают, обжигая крылья).

Полезный в одних условиях орган становится бесполезным в других (плавательная перепонка на лапах у горного гуся, который хорошо ходит, бежит и практически не садится на воду).

Происхождение приспособлений (адаптаций)

1. Возникают как новые мутации, их комбинации, а также волны жизни, которые обеспечивают генетическую гетерогенность (разнообразие) популяций. Определенные мутации случайным образом, вне зависимости от условий окружающей среды, проявляются в фенотипе.

2. Внутривидовая борьба за существование способствует выживанию тех особей, у которых признаки (фенотипы) в большей степени соответствуют условиям среды.

3. Сохранение естественным отбором особей с новыми адаптивными признаками; эти особи оставляют плодовитое потомство, и численность такой популяции растет.

Контроль уровня знаний

I. Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность эволюционного учения Ч. Дарвина и какое его влияние на развитие биологической науки?

2. Какие движущие силы эволюции видов в природных условиях? Установите их взаимосвязь.

3. Обоснуйте, почему в природе существует естественный отбор. Докажите, что естественный отбор является направляющим фактором эволюции живых организмов.

4. В чем сходство и отличие естественного и искусственного отбора?

5. Что такое борьба за существование и каковы формы ее проявления? Раскройте принципы и последствия борьбы за существование.

6. Приведите доказательства относительности приспособительных признаков в данных условиях существования.

7. К каким биологическим последствиям может привести приобретение популяциями и видами новых приспособительных признаков?

8. Объясните возможные причины возникновения предостерегающей окраски у насекомых.

9. Дайте характеристику основных критериев вида. Обоснуйте, почему для определения видовой принадлежности необходимо учитывать несколько критериев вида.

10. Какие способы образования новых видов вы знаете? Приведите их примеры.

11. Обоснуйте одновременное существование в природе высших и низших организмов.

12. Охарактеризуйте понятие «популяция». Что объединяет особи в одну популяцию?

13. Расскажите о половой, возрастной структуре популяций растений, животных.

14. Что вам известно о пространственной структуре популяции? Дайте характеристику оседлому, кочевому, групповому образу жизни.

15. Расскажите о гомеостазе и динамике численности популяций.

16. Приведите доказательства того, что популяция является единицей эволюции.

17. Обоснуйте, почему разные популяции одного вида отличаются по частоте генов. Каковы причины, препятствующие смешиванию популяций?

18. Сопоставьте понятие «популяция» с понятием «вид». Установите связь между ними.

19. Приведите примеры больших и малых популяций растений и животных, увиденных вами в природе. От чего может зависеть численность особей в популяции?

II. Заслушивание и обсуждение рефератов по теме

1. Додарвиновский период в истории эволюционных идей.

2. К. Линней – великий систематизатор природы. Общая оценка вклада К. Линнея в теоретическую биологию.

3. Трансформизм как концепция превращения живых форм.

4. Эволюционное учение Ж.Б. Ламарка.

5. Теория эволюции органического мира Чарльза Дарвина.

6. Концепция вида Ч. Дарвина.

7. Учение Ч. Дарвина о борьбе за существование как механизме естественного отбора.

8. Концепция естественного отбора.

9. Синтетическая теория эволюции и ее основные положения.

10. Основные этапы развития жизни на Земле.

11. Основные пути эволюции растений. Основные пути эволюции животных.

12. Учение о микроэволюции.

13. Элементарные факторы эволюции (мутационный процесс, популяционные волны, изоляции: пространственная, биологическая).

14. Естественный отбор – движущий и направляющий фактор эволюции.

15. Основные формы естественного отбора (стабилизирующий, движущий, дизруптивный).

16. Возникновение адаптаций – результат действия естественного отбора.

17. Видообразование – результат микроэволюции. Основные пути и способы видообразования.

III. Решение задач по популяционной экологии (уравнение Харди–Вайнберга)

1. Альбинизм у ржи наследуется как аутосомный рецессивный признак. На участке из 84000 растений 210 оказались альбиносами. Определить частоту гена альбинизма у ржи.

Решение

В связи с тем, что альбинизм у ржи наследуется как аутосомный рецессивный признак, все растения-альбиносы будут гомозиготны по рецессивному гену – aa . Частота их в популяции (q^2) равна $210/84000 = 0,0025$. Частота рецессивного гена a будет равна $0,0025$. Следовательно, $q = 0,05$.

Ответ: 0,05.

2. У крупного рогатого скота красная масть не полностью доминирует над белой (гибриды имеют чалую окраску). В районе обнаружены: 4169 красных, 756 белых и 3708 чалых животных. Какова частота генов окраски скота в этом районе?

Решение

Если ген красной масти животных обозначить через A , а ген белой – a , то у красных животных генотип будет AA (4169), у чалых Aa (3780), у белых – aa (756). Всего зарегистрировано животных 8705. Можно рассчитать частоту гомозиготных красных и белых животных в долях единицы. Частота белых животных будет $756 : 8705 = 0,09$. Следовательно, $q^2 = 0,09$. Частота рецессивного гена $q = \sqrt{0,09} = 0,3$. Частота гена A будет $p = 1 - q$. Следовательно, $p = 1 - 0,3 = 0,7$.

Ответ: $p = 0,7$, гена $q = 0,3$.

3. У человека альбинизм – аутосомный рецессивный признак. Заболевание встречается с частотой $1 / 20\,000$. Определите частоту гетерозиготных носителей заболевания в районе.

Решение

Альбинизм наследуется рецессивно. Величина $1/20000$ – это q^2 . Следовательно, частота гена a будет: $q = 1/20000 = 1/141$. Частота гена p будет: $p = 1 - q$; $p = 1 - 1/141 = 140/141$.

Количество гетерозигот в популяции равно $2pq = 2 \times (140/141) \times (1/141) = 1/70$. Так как в популяции 20000 человек, то число гетерозигот в ней $1/70 \times 20000 = 286$ человек.

Ответ: 286 человек.

4. Врожденный вывих бедра у человека наследуется как аутосомный доминантный признак с пенетрантностью 25%. Болезнь встречается с частотой 6:10 000. Определите число гетерозиготных носителей гена врожденного вывиха бедра в популяции.

Решение

Генотипы лиц, имеющих врожденный вывих бедра, АА и Аа (доминантное наследование). Здоровые лица имеют генотип аа. Из формулы $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ясно, что число особей несущих доминантный ген равно $(p^2 + 2pq)$. Однако приведенное в задаче число больных 6/10000 представляет собой лишь одну четвертую (25%) носителей гена А в популяции. Следовательно, $p^2 + 2pq = (4 \times 6) / 10000 = 24/10000$. Тогда q^2 (число гомозиготных по рецессивному гену особей) равно $1 - (24/10000) = 9976/10000$ или 9976 человек.

Ответ: 9976 человек.

Задачи для самостоятельного решения

1. В популяции известны частоты аллелей $p = 0,8$ и $q = 0,2$. Определите частоты генотипов.

2. Популяция имеет следующий состав: 0,2 АА, 0,3 Аа и 0,5 аа. Найдите частоты аллелей А и а.

3. В стаде крупного рогатого скота 49% животных рыжей масти (рецессив) и 51% черной масти (доминанта). Сколько процентов гомо- и гетерозиготных животных в этом стаде?

4. Вычислите частоты генотипов АА, Аа и аа (в %), если особи аа составляют в популяции 1%.

5. При обследовании популяции каракульских овец было выявлено 729 длинноухих особей (АА), 111 короткоухих (Аа) и 4 безухих (аа). Вычислите наблюдаемые частоты фенотипов, частоты аллелей, ожидаемые частоты генотипов по формуле Харди–Вайнберга.

Тема 3. Видообразование и макроэволюционный процесс. Возникновение и развитие жизни на Земле

Задание для самоподготовки

Знать: 1) содержание терминов «биологическая целесообразность», «креационизм», «трансформизм», «эволюционизм»; 2) точки зрения ученых Аристотеля, К. Линнея, Ж.-Л. Бюффона,

Ж. Кювье, Ж. Сент-Илера – по вопросам происхождения живых организмов и изменяемости видов; 3) результаты эволюции: биологическую целесообразность, многообразие видов, появление все более сложно устроенных форм жизни.

План

1. Микроэволюция. Видообразование.
2. Доказательства эволюции.
3. Направления, пути и способы эволюции.
4. Правила эволюции.
5. Гипотезы о происхождении жизни.
6. Основные этапы неорганической и органической эволюции.

3.1. Микроэволюция. Видообразование

Микроэволюция – совокупность эволюционных процессов, протекающих внутри вида и приводящих к видообразованию.

Элементарная эволюционная единица – популяция.

Элементарное эволюционное явление – мутации.

Элементарные эволюционные факторы ненаправленного характера: популяционные волны, изоляция, дрейф генов.

Видообразование – возникновение новых биологических видов и изменение их во времени и пространстве.

Способы видообразования (рис. 12)

Аллопатрический (географический). Возникновение нового вида в ходе распада родительского ареала вследствие территориальной изоляции.

Симпатрический (экологический). Возникновение нового вида в пределах материнского ареала вследствие изменений среды, мутаций, хромосомных перестроек и других явлений,

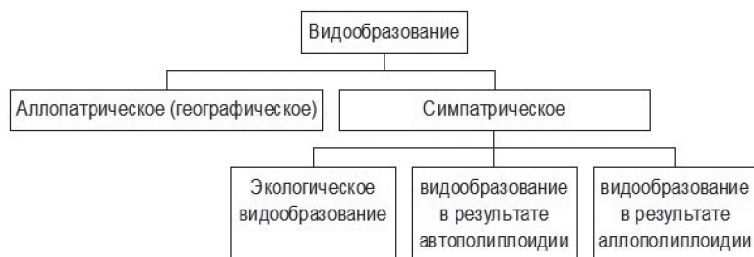


Рис. 12. Способы видообразования

приводящих к генетической изоляции. Особенность способа: всегда приводит к возникновению нового вида, морфологически близкого к исходному.

Основы видообразования

- Прямое преобразование одного вида в другой (филетическое видообразование).
- Скрещивание организмов, разнородных в наследственном отношении (гибридизация).
- Расхождение признаков (дивергенция).

Биологическая изоляция приводит к изменению количества хромосом, различию в наборе генов, утрате способности к скрещиванию, образованию плодового потомства.

3.2. Доказательства эволюции

Эмбриологические:

- биогенетический закон (Э. Геккель, Ф. Мюллер);
- закон зародышевого сходства (К. Бэр);
- наличие в развитии одноклеточной стадии;
- сходство гаметогенеза.

Сравнительно-анатомические:

- формы, сочетающие в себе признаки нескольких крупных систематических единиц;
- промежуточные формы;
- строение передних конечностей некоторых позвоночных;
- гомологичные органы;
- аналогичные органы;
- рудиметы;
- атавизмы;
- реликтовые виды.

Палеонтологические:

- филогенетические ряды;
- ископаемые и переходные формы.

Биогеографические:

- флора и фауна материков;
- флора и фауна островов;

Другие доказательства эволюции:

- биохимические;

- генетические;
- систематические;
- математические.

3.3. Направления, пути и способы эволюции

Макроэволюция – эволюция, в ходе которой образуются более крупные систематические группы (таблицы 6, 7).

Табл. 6. Основные направления эволюционного процесса (по А.Н. Северцову)

Биологический прогресс	Биологический регресс
Увеличение численности особей вида	Уменьшение (снижение) численности особей вида
Расширение ареала	Сужение (уменьшение) ареала
Образование новых популяций, видов и других систематических категорий	Вымирание видов
Причины	
Ароморфоз	Факторы неживой природы
Идиоадаптация	Жизненное состояние
Общая дегенерация	Деятельность человека

Табл. 7. Пути достижения биологического прогресса (по А.Н. Северцову)

Пути достижения биологического прогресса	Определение	Примеры
Ароморфоз (арогенез)	Процесс возникновения крупных морфофизиологических изменений, повышающих общий уровень организации групп организмов, приводящий к выходу в новую адаптивную зону (вся совокупность условий окружающей среды); организмы приобретают принципиально новые, прогрессивные возможности для освоения новой адаптивной зоны; приводит к появлению в природе новых крупных таксонов – классов, типов, отделов.	<i>Ароморфозы общего типа:</i> фотосинтез, клеточное ядро, многоклеточность, половой процесс. <i>Ароморфозы животных:</i> двусторонняя симметрия; кожно-мускульный мешок у плоских червей; хитиновый покров, членистые конечности у членистоногих; трахейное дыхание у насекомых; хорда, пятипалая конечность, лёгочное дыхание, трёхкамерное сердце у земноводных; амнион у рептилий; теплокровность, четырёхкамерное сердце у птиц и млекопитающих; внутриутробное развитие, развитая центральная нервная система у млекопитающих.

Пути достижения биологического прогресса	Определение	Примеры
Идиоадаптация (аллогенез)	Процесс возникновения более мелких прогрессивных морфофизиологических изменений в рамках существующей адаптивной зоны, не влияющих на общий уровень организации; частные приспособления к условиям окружающей среды; приводит к образованию более мелких таксонов – отрядов, семейств, видов.	У животных: особенности строения конечностей (роющие, плавательные, бегательные, прыгательные); особенности строения клюва у птиц (хищные, насекомоядные, зерноядные); покровительственная окраска; особенности формы тела у обитателей воды, почвы, суши. У растений: приспособления к опылению, распространению плодов и семян; видоизменения вегетативных органов.
	Специализация – крайняя степень приспособленности организма к ограниченным условиям среды; норма реакции признака чрезвычайно узка, поэтому существует возможность вымирания вида, особенно при резких изменениях условий среды	Специализация насекомоядных растений; гусеница тутового шелкопряда питается только листьями тутового дерева, коала – листьями эвкалипта; клевер опыляется только шмелями; колибри питаются только нектаром тропических растений.
Общая дегенерация (катагенез)	Процесс приобретения морфофизиологических изменений, приводящих к резкому упрощению уровня организации, строения и функций, к морфофизиологической деградации; связана с переходом к пещерному, сидячему или паразитическому образу жизни	У растения-паразита повилики утрачена способность к фотосинтезу, отсутствуют нормальные листья и корни. У паразитических ленточных червей редуцированы органы чувств, пищеварительная и нервная система

Способы (закономерности или формы) эволюционного процесса

Дивергенция – основа образования новых систематических групп; постепенное расхождение признаков у родственных организмов, в результате образуются *гомологичные органы*, которые имеют общее происхождение, единую морфологическую основу, но по строению существенно различимы, так как у разных организмов они формировались в различных средах и выполняют

различные функции (например, передние конечности позвоночных).

Конвергенция – схождение признаков; результат приспособления к сходным условиям среды; в одинаковых условиях существования животные, относящиеся к разным систематическим группам, приобретают сходные черты строения; возникает при общности функций и ограничивается лишь органами, непосредственно связанными с одними и теми же факторами среды; в результате образуются *аналогичные органы* – органы, выполняющие сходные функции, но имеющие принципиально различное строение и происхождение.

Параллелизм – форма конвергентного развития, которая характерна для генетически близких групп организмов; общее сходство также имеют неродственные млекопитающие, обитающие на разных континентах в близких климатических условиях.

Филетическая эволюция – форма эволюции, которая характеризуется постепенными прогрессирующими приспособлениями одной систематической группы организмов одного вида; позволяет установить, как изменялись во времени отдельные систематические группы организмов; в результате движущего отбора изменяется генофонд вида, это приводит к возникновению новой прогрессивной формы и каждый следующий вид является потомком предыдущего (эволюция лошади, эволюция хоботных).

3.4. Правила эволюции

Правило направленности эволюции

Материалом для эволюции служат случайные ненаправленные мутации, комбинации генов и носят ненаправленный характер. На базе этих случайных изменений естественный отбор преобразовывает популяции в виды, направляет развитие вида в сторону лучшей приспособленности к конкретным условиям среды. Не все формы оказываются эволюционно перспективными, большинство из них становятся тупиковыми и прекращают свое существование.

Правило необратимости эволюции (закон Л. Долло)

Эволюционный процесс необратим, организм (популяция, вид) не может вернуться к состоянию, имевшему место в ряду его предков. Правило необратимости эволюции распространяется на

организм как на целостную систему, но не на отдельные признаки. Например, рептилии не могут дать начало примитивным амфибиям, от которых они произошли.

Правило прогрессирующей специализации (Ш. Депере)

Если группа вступила на путь специализации, то в последующем своем филогенетическом развитии она будет углублять специализацию и совершенствовать приспособления к определенным условиям жизни. Например, усатые и зубатые киты настолько адаптированы к жизни в воде, что никогда не выйдут на сушу.

Правило происхождения от неспециализированных предков (Э. Коп)

Новые крупные систематические группы организмов происходят не от высших представителей предковых групп, а от низших – неспециализированных. Отсутствие специализации предоставляет возможность для возникновения у потомков принципиально новых приспособлений, имеющих большое эволюционное значение. Например, птицы произошли не от летающих рептилий, а от нелетающих.

Правило адаптивной радиации (Г.Ф. Осборн)

Историческое развитие любой систематической группы организмов сопровождается ее разделением на несколько дочерних групп, осваивающих среду обитания. Это правило лежит в основе внутривидовой дивергенции, надвидовой идиоадаптации и конвергенции. Например, в классе Млекопитающих возникли как сумчатые, так и плацентарные животные, которые представлены различными формами и приспособлены к разным условиям среды.

Правило чередования главных направлений эволюции (закон А.Н. Северцова)

После ароморфоза и выхода группы в адаптивную зону начинается ее интенсивная эволюция по пути идиоадаптации, которая приводит к освоению организмами новой среды и разделению исходной материнской группы на множество дочерних.

Правило неравномерности эволюции

Эволюция в разных группах идет неравномерно, т. е. разными темпами. Наряду с прогрессивными формами, способными эволюционировать относительно быстро, имеется достаточное

количество примитивных реликтовых форм, которые эволюционируют более медленными темпами.

Правило ускорения темпов эволюции

Эволюция на Земле характеризуется общей тенденцией к постепенному ускорению. Ускорение темпов эволюции приводит к увеличению разнообразия живых организмов, их расселению по планете во времени и пространстве.

Правило неограниченности эволюции

Естественный отбор постоянно подхватывает адаптивные новшества и совершенствует относительную приспособленность организмов к меняющейся среде. Даже если условия останутся постоянными, эволюция будет продолжаться, т. к. сама жизнь изменяет среду обитания. Эволюция – биологическая необходимость.

3.5. Гипотезы о происхождении жизни

Креационизм – от лат. *creatio* – сотворение. Согласно этой религиозной концепции, имеющей древние корни, все существующее во Вселенной, в том числе жизнь, было создано единой Силой – Творцом, Богом в результате сверхъестественного творения в прошлом.

Гипотеза самопроизвольного (спонтанного) зарождения жизни. На протяжении тысячелетий люди верили в самопроизвольное зарождение жизни, считая его обычным способом появления живых существ из неживой материи. Полагали, что источником спонтанного зарождения служат либо неорганические соединения, либо гниющие органические остатки.

Голландский ученый Ян Ван Гельмонт в XVII в. описал свой опыт, утверждая, что живые мыши якобы зарождались у него из грязного белья и горсти пшеницы, запертых в шкафу. «Положи в горшок зерна, заткни его грязной рубашкой и жди. Что случится? Через двадцать один день появятся мыши: они зародятся из испарений слежавшегося зерна и грязной рубашки». Эти «факты» считались убедительными, до тех пор, пока итальянский врач Франческо Реди (1626–1697) не подверг сомнению теорию спонтанного зарождения.

Гипотеза биогенеза – живое только от живого. В 1668 г. Реди проделал опыт. Он поместил мертвых змей в разные сосуды, причем одни сосуды накрыл кисеей, а другие оставил открытыми.

Налетевшие мухи отложили яйца на 3-х мертвых змеях в открытых сосудах, вскоре из яиц вывелись личинки. В закрытых сосудах личинок не оказалось. Таким образом, Реди доказал, что белые черви, появляющиеся в мясе змей, – личинки флорентийской мухи, и что если мясо закрыть и предотвратить доступ мух, то оно не «произведет» червей. Опровергнув концепцию самозарождения, Реди высказал мысль о том, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни. Подобных взглядов придерживался и итальянский ученый Ладзаро Спалланцани (1729–1799), который решил доказать опытным путем, что микроорганизмы, часто обнаруживаемые в мясном бульоне, самопроизвольно в нем не зарождаются. Он помещал мясной бульон в сосуды, кипятил эту жидкость на огне, после чего сосуды герметично запаивал. В итоге бульон в сосудах оставался чистым и свободным от микроорганизмов. Своими опытами Спалланцани доказал невозможность самопроизвольного зарождения микроорганизмов. Сокрушительный удар по этой гипотезе был нанесен в XIX в. французским микробиологом Луи Пастером (1822–1895). Он показал, что бактерии распространяются по воздуху, и что если в воздухе, попадающем в колбы с простерилизованным бульоном, их нет, то и в самом бульоне они не возникнут. Пастер пользовался для этого колбами с изогнутым S-образным горлышком, которое служило для бактерий ловушкой, тогда как воздух свободно проникал в колбу и выходил из нее. К концу 1870-х гг. практически все ученые признали, что живые организмы происходят только от других живых организмов.

Гипотеза стационарного состояния. Согласно этой гипотезе, Земля никогда не возникала, а существовала вечно. Она всегда была способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то очень мало, виды животных и растений также существовали всегда. Эту гипотезу называют иногда гипотезой *этернизма* (от лат. *eternus* – вечный). Концепция вечной Вселенной до сих пор характерна для восточных религий, таких как индуизм и буддизм. С точки зрения современных астрономических знаний эта гипотеза не рассматривается как научная. Переходные формы живых организмов опровергают эту гипотезу.

Гипотеза панспермии. Эта гипотеза о появлении жизни на Земле в результате занесения из космического пространства так называемых «зародышей жизни». Она была высказана греческим философом Анаксагором в V в. до н.э., который говорил, что

возникновение жизни на Земле произошло из семени, существующего «всегда и везде». Х. Рихтер разрабатывал эту идею в 1865 г., утверждая, что жизненные зародыши были занесены на Землю либо космической пылью, либо метеоритами. Также гипотезу поддерживали такие знаменитые физики, как Герман ван Гельмгольц и Уильям Томпсон, называвшийся позже лордом Кельвином. Тщательно разработал эту идею в 1884–1908 гг. Сванте Аррениус, физико-химик. Его гипотеза гласит: «Жизнь на Земле появилась от спор микроорганизмов или растений, которые были занесены с других планет вследствие светового давления или метеоритами».

Гипотеза биохимической эволюции. Жизнь возникла на земле абиогенным путем (из неживых элементов). Первую научную теорию относительно происхождения живых организмов на Земле создал советский биохимик Александр Иванович Опарин (1894–1980). В 1924 г. он опубликовал работу «Происхождение жизни на Земле», в которых изложил представления о том, как могла возникнуть жизнь на Земле. В 1929 г. появилась статья английского биолога Д. Холдейна на ту же тему. Поэтому позднее гипотеза получила название гипотезы Опарина–Холдейна. Первенство в образовании жизни А.И. Опарин отдавал белкам, а Дж. Холдейн – нуклеиновым кислотам.

Согласно этой теории, жизнь возникла в специфических условиях древней Земли. Земля образовалась около пяти миллиардов лет назад. Первоначально температура ее поверхности была очень высокой, по мере ее остывания образовались твердая поверхность – земная кора. Атмосфера первоначально состояла из легких газов (водород, гелий), затем эти газы заменялись более тяжелыми – водяным паром, углекислым газом, аммиаком и метаном. Когда температура Земли опустилась ниже 100 °С, водяной пар начал конденсироваться, образуя мировой океан. В это время, в соответствии с представлениями А.И. Опарина, в первичных земных океанах, насыщенных разными простыми химическими соединениями, «в первичном бульоне» под влиянием вулканического тепла, разрядов молний, ультрафиолетовой радиации и других факторов среды начался синтез более сложных органических соединений, а затем и биополимеров. Сложные молекулы аминокислот случайно объединялись в пептиды, которые, в свою очередь, создали первоначальные белки. Из этих белков синтезировались первичные живые существа микроскопических размеров. Первичные клетки предположительно возникли при помощи

молекул липидов. Так создавался комплекс упорядоченных молекул жиров, которые за счет прибавления к ним новых молекул постепенно отграничивали от всей окружающей среды некоторое пространство, которое и стало первичной клеткой, или коацерватом – вязкая, гелеобразная капля. Коацерваты оказались способными поглощать из внешней среды различные органические вещества, что обеспечивало возможность первичного обмена веществ со средой. Иногда эту гипотезу называют *коацерватной*.

По Опарину, процесс, приведший к возникновению жизни на Земле, может быть разделен на три этапа:

- 1) возникновение органических веществ;
- 2) образование из более простых органических веществ биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липидов и др.) и образованию коацерватных капель – структур типа геля;
- 3) образование полинуклеотидов – ДНК и РНК и включение их в коацерваты.

Возникают примитивные самовоспроизводящиеся организмы. Огромное достоинство этой теории состоит в том, что большая ее часть может быть проверена. Например, в 1953 г. на установке биолога Стэнли Миллера были проведены такие опыты. Эксперимент Миллера был предельно прост. Аппарат состоял из двух стеклянных колб, соединенных в замкнутую цепь. В одну из колб помещено устройство, имитирующее грозовые эффекты – два электрода, между которыми происходит разряд при напряжении около 60 тыс. вольт; в другой колбе постоянно кипит вода. Затем аппарат заполняется атмосферой, предположительно существовавшей на древней Земле: метаном, водородом и аммиаком. Аппарат проработал неделю, после чего были исследованы продукты реакции. В основном получилась вязкое месиво случайных соединений; в растворе также было обнаружено некоторое количество органических веществ, в том числе и простейшие аминокислоты – так называемый «первичный бульон».

Гипотеза Опарина была лишь первым шагом в развитии биохимических представлений о возникновении жизни. Он говорил о запуске процесса химической эволюции, которая предшествует эволюции биологической. Гипотеза Опарина–Холдейна завоевала много сторонников. Жизнь возникла на земле абиогенным путем (из неживых элементов), и этому есть экспериментальное подтверждение. В настоящее время живое происходит только от живого (биогенное происхождение). Но в этой теории есть и

недостаток: не удалось решить проблему как произошел качественный скачок от неживого к живому.

3.6. Основные этапы неорганической и органической эволюции

1. Планетарная (геологическая) эволюция.

Геоэволюция подразделяется на два этапа: первый – образование планеты Земля, на котором планета выступает как формируемый внешними процессами продукт, второй – внутренняя эволюция планеты, когда она образовывается сама как автономное космическое тело и формируется в направлении возникновения жизни. Это касается образования земной коры и атмосферы как предпосылок формирования биосферы.

Первоначальное формирование планеты связано со столкновением и слипанием кусков и пыли, входящих в исходную планетарную туманность. Качество этой части туманности состояло в том, что на широте Земли она обладала максимальным природным и химическим разнообразием. Слипание планеты рассматривалось разными мыслителями в альтернативных моделях: холодное и горячее слипание, но так или иначе, после формирования Земли она становится горячей. Внутри планеты горят ядро и мантия, которые представляют собой раскаленное и расплавленное вещество, поэтому процессы, протекающие там, носят характер диффузии и расщепления смесей в расплавленном, жидком и коллоидном состоянии. В ходе этого процесса железо «опускается» к центру Земли, а газы высвобождаются и поднимаются к поверхности. Этот процесс гарантирует постоянное выделение газов из недр планеты. Планета представляет собой предмет, постоянно выделяющий вещество в атмосферу. Вместе с тем эти выделения происходят все медленнее, процессы их переработки в биосфере протекают быстрее, так что можно говорить о нарастающей стабилизации условий планеты.

2. Химическая эволюция. Абиогенный синтез органических веществ.

– За счет электрической и световой энергии начался абиогенный синтез органических веществ из неорганических.

– Формирование биологических полимеров из мономеров, которые образовались абиогенным путём.

– Появление самовоспроизводящихся молекул – нуклеиновых кислот (Т. Чек).

– Формирование мембран и возникновение пробионтов (первых одноклеточных организмов).

3. Появление первых клеток.

Первые организмы были гетеротрофами, питались первичным бульоном. Первичная атмосфера кислорода не содержала, поэтому дыхание пробионтов могло быть только анаэробным. Метаболизм осуществлялся путем брожения. Далее усложнялась мембрана. По мере размножения первичных организмов появилась борьба за пищу, начался отбор.

4. Эволюция метаболизма.

Появляются хемосинтетики. Позже появляются фотосинтезирующие организмы. Атмосфера постепенно наполняется кислородом. Фотосинтез обеспечивает запасы органических веществ, что приводит к разнообразию гетеротрофов. Возникают аэробы. Формируется озоновый экран.

5. Эволюция первых клеток.

Первые одноклеточные организмы были прокариотами. Появление эукариот – крупнейший ароморфоз в развитии жизни на Земле.

Контроль знаний

I. Вопросы для самоконтроля

1. Раскройте сущность научных взглядов на происхождение жизни на Земле.

2. Раскройте сущность микроэволюции и на конкретных примерах поясните, какие процессы в ней действуют.

3. Раскройте сущность макроэволюции и на конкретных примерах поясните, какие процессы в ней действуют.

4. Какие главные направления биологической эволюции? Проиллюстрируйте их примерами.

5. Приведите доказательства взаимосвязи основных направлений эволюции.

6. Раскройте содержание понятия «идиоадаптация» и на конкретных примерах покажите значение этого явления для эволюции.

7. Охарактеризуйте понятие «ароморфоз». Приведите примеры и раскройте его значение для эволюции.

8. Приведите примеры биологического прогресса и регресса, раскройте значение этих процессов для эволюции.

9. Объясните причины конвергенции, дивергенции, параллелизма и проиллюстрируйте примерами данные явления.

10. Какие доказательства эволюции органического мира?

11. Раскройте сущность биологического закона Ф. Мюллера и Э. Геккеля.

12. Дайте краткую характеристику эволюции животных в палеозойскую эру.

13. Какие крупные изменения в развитии живых организмов наблюдались в мезозойскую эру и какое их значение для эволюции?

14. Раскройте причины биологического процветания земноводных в каменноугольный период.

15. Какие крупные изменения в развитии живых организмов наблюдались в кайнозойскую эру и какое их значение для эволюции?

16. Объясните, какие эволюционные преимущества имели млекопитающие животные.

17. Укажите важнейшие факторы эволюции человека и на конкретных примерах раскройте значение каждого из них.

18. Какие вы знаете гипотезы, объясняющие появление эукариот?

II. Заслушивание и обсуждение рефератов по теме

1. Проблемы макроэволюции.

2. Основные правила эволюции.

3. Онтогенез – основа филогенеза (анаболия, девиация, архаллакис). Учение о рекапитуляции.

4. Формы филогенеза (филетическая эволюция, дивергенция, конвергенция, параллелизм).

5. Направления эволюции (аллогенез, арогенез, катагенез).

6. Биологический прогресс и пути его достижения.

7. Морфофизиологический прогресс (ароморфоз).

8. Частные приспособления в эволюции (алломорфоз, теломорфоз, гиперморфоз). Морфофизиологический регресс (катаморфоз, гипоморфоз).

9. Место человека в системе животного мира.

10. Доказательства животного происхождения человека.

11. Эволюция приматов (рамапитеки, дриопитеки, австралопитеки).

12. Основные этапы эволюции рода *Номо*: человек умелый, архантропы, палеоантропы, неолантропы.

13. Современный этап эволюции человека. Возможные пути эволюции человека в будущем.

III. Темы к семинарам по теме «Развитие жизни на Земле»

1. Докембрий

- 1) Научные теории происхождения жизни.
- 2) Первые этапы геологической истории Земли – катархей.
- 3) Молекулы живого вещества – в чем отличие от неживых, гипотезы появления.
- 4) Протобионты. Гипотеза «РНК-жизни».
- 5) Что первично: гетеротрофность или автотрофность?
- 6) Становление эукариот как сложных симбиотических систем.
- 7) Теории возникновения многоклеточности.
- 8) «Вендский эксперимент»: формы жизни, которые исчезли в фанерозое.
- 9) Кислородная атмосфера: «экологический кризис» для бактерий?
- 10) Гипотезы происхождения вирусов.

2. Палеозой

- 1) Организмы-фильтраторы и пеллетный транспорт. Изменение условий жизни в начале кембрия.
- 2) Беспозвоночная фауна кембрия.
- 3) Время господства рыб.
- 4) Выход жизни на сушу: гипотезы причин и время события.
- 5) Выход на сушу: значение почвы и симбиозов.
- 6) Беспозвоночная мегафауна карбона.
- 7) Амфибии: как появились и почему не стали господствовать на суше?
- 8) Жизнь из яйца: появление амниот.

3. Мезозой

- 1) Колебания климата в истории Земли – термоэры и криоэры. Причины, время существования тех и других периодов.
- 2) Млекопитающие в мезозое: появление и экологическая роль.
- 3) Господство рептилий: не только динозавры.
- 4) Растительоядные рептилии мезозоя: чем на самом деле они могли питаться?
- 5) Позвоночные, способные к полету. Время появления, анатомические особенности.

- 6) Высшие растения мезозоя.
- 7) Рельефообразовательные процессы и влияние их на биоту.
- 8) Цветы и пчелы, собаки и блохи: новые систематические группы, новые экологические взаимодействия.
- 9) Глобальные вымирания и их причины.
- 4. *Кайнозой*
 - 1) Как изменялся климат на протяжении кайнозоя.
 - 2) Современные биомы: местоположение, разница во времени появления, влияние покровных оледенений.
 - 3) Становление современных экосистем Южного полушария.
 - 4) Плейстоценовое оледенение.
 - 5) Идиоадаптации в отрядах млекопитающих Кайнозоя.
 - 6) Формирование тундры в кайнозое: самый молодой биом Земли.
 - 7) Неотения и всеядность: поиски причин эволюции высшей нервной деятельности у предков человека.
 - 8) Пути расселения предков человека.
 - 9) «Y-хромосомный Адам и митохондриальная Ева»: способы изучения генетики человека.

Тема 4. Царство Растения. Систематика Низших и Высших споровых растений

Задание для самоподготовки

Знать: 1) строение растительной клетки; 2) строение растительных тканей; 3) анатомию вегетативных органов растений; 4) анатомию генеративных органов растений; 5) вегетативное и генеративное размножение растений; 6) фотосинтез у прокариотических и эукариотических клеток; 7) раздражимость и движение растительных организмов.

План

- 1. Развитие растительного мира на Земле.
- 2. Подцарство Багрянки (Красные водоросли). Подцарство Настоящие водоросли.
- 3. Подцарство Высшие споровые растения. Отдел Моховидные.
- 4. Подцарство Высшие споровые растения. Отдел Папоротниковидные, отдел Хвощевидные, отдел Плауновидные.

4.1. Развитие растительного мира на Земле

По мнению ученых, планета Земля образовалась приблизительно 4,5 млрд лет назад.

Остатки первых живых организмов датируются приблизительно 3,5 млрд лет назад. Ими считаются одноклеточные гетеротрофы, пищей которым служила первичная органика. Затем появились хемотрофные прокариоты. Они жили на дне морей и окисляли неорганические соединения, а полученную энергию использовали для синтеза органических веществ из углекислого газа (табл. 8).

Появление фотосинтетических пигментов, а, следовательно, и способности к фотосинтезу привело к появлению автотрофных прокариот – сине-зеленых водорослей (цианей).

Следующий ароморфоз – это появление ядра. Появились автотрофные эукариоты – одноклеточные водоросли.

Далее шло появление многоклеточных организмов. Слоевище многоклеточных водорослей постепенно усложнялось, «ветвилось»: происходило увеличение интенсивности фотосинтеза, более интенсивное образование кислорода. Постепенно формировалась азотно-кислородная атмосфера и озоновый слой.

У водорослей появилось половое размножение, при котором начало новому поколению дает диплоидная (2n) зигота, сочетающая в себе наследственность двух родительских форм.

В эпоху палеозоя очертания суши постоянно изменялись, и большие участки земной поверхности то осушались, то снова затопливались океаном. Отступавшая морская вода задерживалась во впадинах. Осушение этих участков происходило постепенно. У некоторых водорослей стали появляться приспособления к обитанию вне воды. Они дали начало новой группе – псилофитам (риниофитам).

Табл. 8. Геохронология растительного мира

Эра, возраст в млн лет	Период	Состояние растительного мира
Кайнозой- ская, 62–70	Антропоген	Современный растительный мир.
	Неоген	Отступление тропической растительности к югу, развитие кустарников и трав, сокращение флоры голосеменных.
	Палеоген	Господство покрытосеменных растений, пышное развитие тропической растительности.

Эра, возраст в млн лет	Период	Состояние растительного мира
Мезозой- ская, 240	Меловой	Появляются и распространяются покрытосеменные; сокращаются папоротники и голосеменные.
	Юрский	Господствуют современные голосеменные, древние голосеменные вымирают.
	Триасовый	Господствуют древние голосеменные; появляются современные голосеменные; семенные папоротники вымирают.
Палеозой- ская, 570	Пермский	Появляются древние голосеменные; большое разнообразие семенных и травянистых папоротников; древовидные хвощи, плауны и папоротники вымирают.
	Каменно- угольный (карбон)	Расцвет древовидных папоротников, плаунов и хвощей (образовывали «каменноугольные леса»); появляются семенные папоротники.
	Девонский	Развитие, а затем вымирание псилофитов; возникновение основных групп споровых растений – плауновидных, хвощевидных, папоротниковидных; появление первых примитивных голосеменных; возникновение грибов.
	Силурий- ский	Господство водорослей; выход растений на сушу – появление риниофитов (псилофитов).
	Ордовикский	Расцвет водорослей.
	Кембрий- ский	Дивергентная эволюция водорослей; появление многоклеточных форм.
Протеро- зойская, 2600		Широко распространены синезеленые и зеленые одноклеточные водоросли, бактерии; появляются красные водоросли.
Архейская, 3500		Следы жизни незначительны; появление первых клеток – начало биологической эволюции; возникновение прокариот и эукариот

Псилофиты росли по берегам водоемов и были небольшими многоклеточными зелеными растениями. Их организм не был разделен на органы и представлял собой ветвящиеся оси, на подземных частях которых развивались ризоиды. От водорослей их отличало более сложное внутреннее строение: хорошо развитая покровная ткань (кожица) и проводящие ткани (древесина и луб). Размножались псилофиты спорами, созревающими в спорангиях. Ископаемые остатки псилофитов прекрасно сохраняются в очень древних окаменелостях и являются самыми ранними известными сосудистыми растениями. Псилофиты существовали

относительно недолго, уступив место папоротникообразным. От псилофитов произошли высшие споровые растения: мхи, хвощи, плауны и папоротники.

В период теплого и влажного климата папоротники стали господствующей группой наземных растений. Они достигали гигантских размеров и образовывали лесные экосистемы. Их половое размножение зависело от наличия атмосферной и грунтовой воды, так как мужские гаметы – сперматозоиды – перемещались с помощью жгутиков. Именно эта особенность привела большинство их видов к быстрому вымиранию с наступлением холодного и засушливого климата в конце каменноугольного периода.

В это же время в палеозое расцвета достигла еще одна группа споровых растений – *лепидофитов*, относящихся к древним плауновидным. Это крупные (до 40 м) быстрорастущие деревья, жившие не более 20 лет (точнее сказать сложно из-за отсутствия годовых колец). Лепидофиты возникли в Девонском периоде; пережили расцвет в Карбоне, когда были доминирующими растениями углеобразующих лесов; постепенно исчезали в Перми. Одни лепидофиты сильно ветвились (лепидодендроны), другие (сигиллярии) испытывали одно-два дихотомических ветвления.

Лепидофиты имели узкие длинные листья, прираставшие к стволу и ветвям без черешка, постепенно отмирая, листья опадали, но оставляли на стволе характерный рисунок, напоминающий чешую пресмыкающихся, за это они и получили свое название (греч. *lepis* (*lepidos*) – чешуя). На стволе листья располагались спирально.

Лепидофиты, хотя и выглядели как настоящие деревья, таковыми не являются, поскольку, во-первых, их ствол содержал очень мало древесины, а основной частью ствола была кора, которая не отслаивалась; во-вторых, ствол этих деревьев был зеленым, так как места прикрепления опавших листьев оставались фотосинтезирующими органами. Споры формировались в стробилах на концах ветвей. Корни, отходящие от нижней части стебля (ризофора) по спирали, были покрыты чешуевидным спиральным рисунком, соответствующим прикреплению временных придаточных корней. Корни лепидофитов находились в заболоченном грунте и не имели возможности получать кислород из грунта. Поэтому можно предположить, что газообмен у них осуществлялся, как и у полушника, через воздушные полости в корнях, куда доставлялся кислород из листьев.

Голосеменные произошли не от настоящих (типичных) папоротников, а от одной из боковых ветвей древнейших папоротниковидных растений. Эта точка зрения подтверждает правило, сформулированное известным палеонтологом Э. Коном еще в 1904 г., согласно которому в процессе эволюции новые группы организмов обычно происходят не от высших представителей предкового таксона, а от наименее специализированных его представителей.

Первыми голосеменными растениями были семенные папоротники, впоследствии полностью вымершие. Семенные папоротники были древовидными, лиановидными и травянистыми растениями. Они являлись промежуточным этапом эволюции между папоротниками и цикадовыми растениями, похожими на современные пальмы, с которыми они находятся в тесном родстве. Специальных органов для развития семян у них не было. Однако зародыш в семени был лучше защищен и снабжен питательными веществами, чем спора. Кроме того, мужские гаметы – спермии – не нуждались в присутствии воды, распространялись преимущественно ветром, а оплодотворение происходило внутри семязачатков.

В условиях более сурового климата древние голосеменные растения постепенно вымирали, и их место занимали более приспособленные к холодным, сухим условиям древние хвойные голосеменные растения.

Первые отпечатки растений с признаками покрытосеменных обнаружены в пластах раннего мелового периода (130 млн лет назад), а в позднем мелу покрытосеменные оказались доминирующей формой растительной жизни. Цветки покрытосеменных до такой степени разнообразны, что не существует ни одного признака или структурной особенности, которая была бы присуща всем цветкам без исключения. Тем не менее ясно, что именно появление цветка было ключевым событием в происхождении покрытосеменных. На сегодняшний день наиболее «популярной» является гипотеза о происхождении цветковых от ископаемых беннеттитовых голосеменных растений. Наиболее древней группой цветковых растений считается семейство Нимфейные (Кувшинковые) со спиральным расположением частей цветка.

4.2. Подцарство Багрянки (Красные водоросли).

Подцарство Настоящие водоросли

Царство растений принято делить на три подцарства: багрянки, настоящие водоросли и высшие растения.

К настоящим водорослям относятся отделы пиррофитовые, золотистые, диатомовые, желто-зеленые, зеленые и бурые водоросли.

Водоросли – крупная внетаксономическая группа низших растений. Водоросли были первыми растениями, появившимися на нашей планете. Раздел биологии, изучающий водоросли, называется *альгологией*.

Тело водорослей называют талломом, или слоевищем. Оно может быть одноклеточным, колониальным или многоклеточным. Многоклеточный таллом не разделён на ткани и органы и состоит из одинаковых клеток, но может иметь особые нитевидные выросты – ризоиды, служащие для прикрепления. Клетки водорослей имеют типичное для растительных клеток строение, но содержат, как правило, один или несколько хлоропластов. Хлоропласты водорослей называют хроматофорами.

Водоросли распространены повсеместно, они обитают в солёных и пресных водоёмах, а также во влажных местах на суше.

У водорослей встречается бесполое и половое размножение. Бесполое размножение может осуществляться разделением многоклеточного организма на части (фрагментацией), с помощью выводковых веточек или клубеньков, спорами. При половом размножении в клетках образуются специализированные половые клетки – гаметы, которые затем попарно сливаются, образуя зиготу. У некоторых водорослей специализированных половых клеток нет, а происходит конъюгация – слияние содержимого двух вегетативных клеток с образованием зиготы.

Зелёные водоросли – самый обширный отдел, насчитывающий около 20 тыс. видов. У представителей этого отдела преобладает пигмент *хлорофилл*, именно он определяет их окраску.

Поскольку зелёные водоросли содержат хлорофилл, в качестве запасного вещества накапливают крахмал, а также многие имеют клеточные стенки из целлюлозы, учёные полагают, что эта группа организмов дала начало всем высшим растениям.

Зелёные водоросли широко распространены в пресных и морских водах, встречаются также на суше в увлажнённых

местообитаниях: в почве, на коре деревьев, на камнях. Они представлены различными жизненными формами: одноклеточными, колониальными, нитчатыми и многоклеточными, а размеры их талломов варьируются от нескольких микрометров до нескольких метров.

Представителями **одноклеточных** зелёных водорослей являются *хламидомонада* и *хлорелла*.

Представителями **нитчатых** зелёных водорослей являются *улотрикс* и *спирогира*.

Нитчатые зелёные водоросли обитают в стоячих и медленно текущих водах, где нередко образуют скопления тины. Характерным признаком спирогиры является лентовидный, спирально закрученный хроматофор, а у улотрикса хроматофор имеет вид широкого незамкнутого пояса, изнутри опоясывающего клетку.

Талломы некоторых зелёных водорослей имеют пластинчатую структуру. На ранних стадиях развития талломы состоят из прикрепленной к субстрату нити, затем кроме поперечных делений у клеток, образующих нить, наступают продольные, которые ведут к формированию двухслойной пластинки. Пластинчатый таллом имеет, например, *ульва*, обитающая, главным образом, в морях субтропического и умеренного поясов, в России – в Азовском и Чёрном морях. Многие виды этого рода съедобны и известны под названием «морской салат».

Бурые водоросли – это многоклеточные, почти исключительно морские растения. Всего известно около 1,5 тыс. видов из 250 родов, и только 3 рода обитают в пресных водоёмах.

Бурые водоросли в хроматофорах содержат *бурый пигмент*, который маскирует остальные пигменты. Заросли бурых водорослей встречаются до 30–40-метровой глубины, с помощью дополнительных пигментов они могут осуществлять фотосинтез на такой глубине в условиях дефицита света.

Бурые водоросли имеют крупные пластинчатые талломы до 30 м в длину. Талломы имеют ризоиды для прикрепления к субстрату.

Многие из видов бурых водорослей растут в приливно-отливной зоне (на литорали) и во время отлива оказываются на суше. Для защиты от высыхания они образуют много слизистых веществ. Представителями бурых водорослей являются съедобные *фукус* и *ламинария*, а также *макроцистис* – самая крупная

водоросль, таллом которой достигает 200 м в длину, и *саргассы*, затрудняющие движение кораблей.

На глубине более 40 м света не хватает и для бурых водорослей. Там обитают **красные водоросли**, пигменты которых способны использовать синюю часть спектра солнечного света. Основные пигменты этой группы водорослей: *хлорофилл*, *каротиноиды (жёлто-оранжевые)*, *фикобилины (красно-синие)*.

Встречаются красные водоросли и на более мелких участках дна, вплоть до границы воды и суши. В основном это морские растения с пластинчатыми или кустистыми талломами средних размеров, но есть и обитатели пресных вод, и одноклеточные представители. Всего известно около 4 тыс. видов багрянок.

Представители морских красных водорослей: *порфира*, *хондрус*, *филлофора*. Многие виды морских багрянок употребляются в пищу, используются для получения агар-агара и медицинских препаратов.

Экологические особенности и питание водорослей

Основной способ питания водорослей – *автотрофный*. Но некоторые водоросли способны к *гетеротрофному* способу питания:

- впитывая растворённые органические вещества всей поверхностью клетки (хламидомонада, хлорелла);
- заглатывая пищевые частицы через клеточный рот (эвглена).

Несмотря на название, водоросли обитают не только в водной среде, но и на поверхности почвы, в её толще, на коре деревьев, прибрежных камнях, скалах. Существование наземных водорослей тоже тесно связано с водой, однако они довольствуются атмосферной или грунтовой влагой, росой, брызгами волн или водопадов.

Планктонные водоросли вызывают цветение водоёмов. Одноклеточные водоросли рода Плеврококк часто образуют зелёный налёт на коре деревьев.

Водоросли синтезируют органические вещества в процессе фотосинтеза, всасывая воду и минеральные соли всей поверхностью тела. Но толща воды рассеивает и поглощает солнечный свет: по мере погружения световой поток уменьшается и меняется его спектр. Лучи красной части спектра практически не проникают глубже 12 м. А именно эти лучи заставляют «работать» хлорофилл. Поэтому для лучшего обеспечения фотосинтеза у многих

групп глубоководных водорослей появились дополнительные пигменты, поглощающие лучи доступной синей области спектра.

Так, на глубине 20–30 м можно встретить заросли морских бурых водорослей рода Макроцистис, а красные водоросли рода Аспарагопис способны поселяться на глубине до 60 м.

Значение водорослей

- Выделение кислорода.
- Производство органических веществ, начальное звено пищевых цепей.
- Средообразующий компонент: места обитания водных организмов.
- Симбионты.
- Плодородие почвы.
- Образование осадочных пород.

4.3. Подцарство Высшие споровые растения.

Отдел Моховидные

Мохообразные, или Мхи, – группа высших споровых растений, насчитывающая более 30 тыс. видов. Изучением мхов занимается наука *бриология* (от др.-греч. *Bryon* [брийон] – «мох»).

Общая характеристика мхов

Небольшие размеры. Мхи – травянистые формы высотой от 1 мм до 30 см, водные мхи и мхи-эпифиты могут достигать в длину более полуметра. Как правило, это многолетние, реже однолетние растения.

Особенности строения. Тело мхов либо представляет собой слоевище, либо состоит из стебля и мелких листьев. Корней нет, но у многих видов есть ризоиды.

Ткани развиты слабо. Тело мхов в основном состоит из клеток фотосинтезирующей ткани, покровная и механическая ткани не выражены, настоящая проводящая ткань отсутствует.

Обитатели влажных мест. Обычно населяют влажные затенённые места, часто в непосредственной близости от водоёмов. Есть полностью водные виды. Мхи не только растут в заболоченных местах, но и создают условия для их возникновения, так как их тела впитывают и удерживают большое количество воды.

Особенности размножения. Мохообразные размножаются бесполым и половым путём.

Бесполое размножение осуществляется спорами и вегетативным путём – частями слоевища или участками стебля. У некоторых видов есть специализированные органы вегетативного размножения – выводковые почки.

Половое размножение происходит с участием половых клеток (гамет). Для передвижения сперматозоидов к яйцеклеткам необходимо присутствие капельно-жидкой влаги.

Особенности жизненного цикла

У мхов наблюдается чередование поколений.

В отличие от других высших растений, у мохообразных в жизненном цикле преобладает половое поколение (гаметофит), на котором образуются половые клетки (гаметы). Прямо на гаметофите из оплодотворённой яйцеклетки (зиготы) развивается бесполое поколение (спорофит). Обычно спорофит представляет собой коробочку на ножке, в коробочке развиваются споры – одноклеточные структуры бесполого размножения. Мелкие и лёгкие споры разносятся ветром и, попав в благоприятные условия, прорастают сначала в тонкую нить – проросток, или протонему (от др.-греч. *Protos* [прóтос] – «первый» и *nema* [нэма] – «нить»). На протонеме образуются почки, из них – побеги или слоевища.

Мохообразные – это группа (иногда её называют надотделом) высших споровых растений, в которую включают три отдела:

- отдел Моховидные, или Настоящие мхи;
- отдел Печёночники, или Печёночные мхи;
- отдел Антоцеротовые мхи.

Роль мхов в природе

- Среδοобразующий компонент.
- Пионерная растительность.
- Выделение кислорода.
- Водный баланс почвы.
- Образование торфа.

4.4. Подцарство Высшие споровые растения.

Отдел Папоротниковидные, отдел Хвощевидные, отдел Плауновидные

Папоротникообразные (рис. 13) – древняя группа высших споровых сосудистых растений, в цикле развития которых

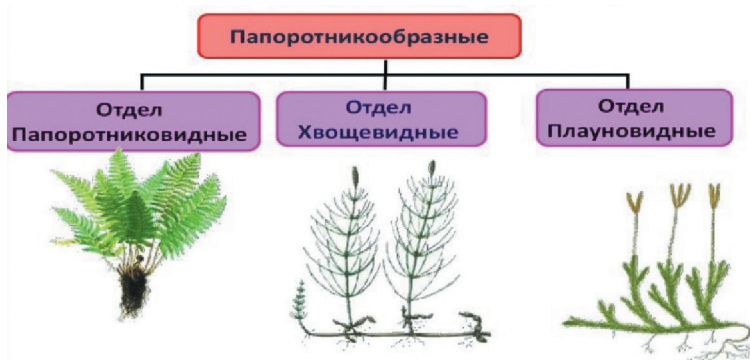


Рис. 13. Классификация папоротникообразных

спорофит преобладает над гаметофитом. Гаметофит сильно редуцирован. Произшли от псилофитов (риниофитов). Развиты все типы тканей. Проводящая ткань впервые образует транспортную систему, объединяющую все органы (древесина и луб). Развиты стебель, корень, лист. Для оплодотворения необходима капельно-жидкая влага.

Папоротниковидные – отдел высших споровых растений, насчитывающий около 10 тыс. современных видов.

Расцвет этой группы пришёлся на конец палеозойской – начало мезозойской эры. Именно в этот период наблюдалось их максимальное видовое разнообразие и численное обилие, а гигантские древовидные папоротники во многом определяли ландшафтный облик планеты. С тех доисторических времён многие виды папоротниковидных вымерли. В настоящее время большинство папоротников произрастают в тропиках, в России – всего 161 вид.

Наука, изучающая папоротники, плауны и хвощи, называется *птеридологией* (от др.-греч. *Pteris* [птэ́рис] – «папоротник»).

Экологические особенности и многообразие папоротников

Представители этой группы широко распространены по земному шару, их можно встретить в разных климатических зонах и растительных сообществах. Предпочитают влажные местообитания, наиболее многочисленны в тропиках и субтропиках.

Жизненные формы: преимущественно многолетние травянистые растения, реже деревья или лианы. Есть эпифитные (оле́ний ро́г) и водные (сальвиния) формы.

Самым крупным классом в отделе Папоротниковидные является класс Папоротниковые, или Настоящие папоротники. В лесах умеренной зоны нашей страны наиболее часто встречаются такие представители этого класса как щитовник мужской, кочедыжник женский, орляк, страусник.

Размножение

Папоротники размножаются бесполым и половым путём.

Бесполое размножение осуществляется спорами, а также вегетативно – укоренением побегов, листьев и, у некоторых видов, выводковыми почками, образующимися на листьях.

Половое размножение происходит с участием половых клеток (гамет). Для передвижения сперматозоидов и успешного оплодотворения необходима капельно-жидкая влага.

Особенности жизненного цикла

В жизненном цикле папоротника чередуются бесполое (спорофит) и половое (гаметофит) поколения.

На вайях образуются расположенные группами органы бесполого размножения – спорангии. Такие группы называются сорусами (от др.-греч. *soros* [сорос] – «куча»).

В спорангиях образуется множество, до нескольких миллионов, спор. Созревшие споры высыпаются и разносятся ветром. Если спора попадает в благоприятные условия, она прорастает, и из неё развивается гаметофит в виде пластинки – заросток. Заростки папоротников обычно надземные, зелёные. На их нижней поверхности формируются органы полового размножения, в которых образуются гаметы (яйцеклетки и сперматозоиды). После оплодотворения прямо на заростке из зиготы начинает развиваться спорофит – растение папоротника.

Плауновидные – отдел высших споровых растений, насчитывающий около 1300 видов. В России встречаются 25 видов, самый распространённый вид – *плаун булавовидный*.

Представители современных плауновидных – многолетние травянистые растения, обычно вечнозелёные.

Побеги стелющиеся, дихотомически (от др.-греч. *dicha* [д́иха] – «надвое» и *tome* [т́омэ] – «сечение») ветвящиеся, укореняются в почве с помощью придаточных корней. Листочки мелкие, простые, с одной центральной жилкой, обычно располагаются на стебле по спирали. На верхушках побегов развиваются спороносные колоски.

В стеблях хорошо развита проводящая ткань, водопроводящими элементами являются трахеиды.

Хвощи – древняя группа споровых сосудистых растений, в настоящее время представленная всего 32 видами из единственного рода *Хвоц.* Обычно эту немногочисленную группу выделяют в отдел Хвоцевидные, но в некоторых источниках их относят к классу Хвощовые отдела Папоротниковидные.

В России произрастают 12 видов хвощей.

Травянистые растения высотой от нескольких сантиметров (виды умеренного пояса) до нескольких метров (тропические виды).

Стебли полые, состоят из отдельных члеников (междоузлий) и выполняют функцию фотосинтеза. От узлов главного наземного побега отходят мутовки боковых побегов, которые часто неправильно принимают за листья. Настоящие листья хвощей мелкие чешуевидные, располагаются в узлах, очень сильно редуцированы и не имеют хлорофилла. Они срастаются между собой, образуя трубку, которая охватывает междоузлие.

Под землёй у хвоща образуется густая сеть корневищ. У некоторых видов боковые выросты корневищ превращаются в клубни, служащие для запаса питательных веществ и вегетативного размножения.

Значение папоротникообразных в природе и жизни человека

- Средообразующий компонент.
- Звено пищевых цепей.
- Выделение кислорода.
- Образование каменного угля.
- Фиксация азота.
- Пищевой продукт.
- Ядовитые виды.
- Сырьё для производства лекарственных препаратов.
- Декоративные растения.

Контроль уровня знаний

I. Вопросы для самоконтроля

1. К каким организмам по типу строения тела и по способу питания относят водоросли?

2. У каких низших растений существует фотосинтез и в каких органеллах он происходит?
3. Какую окраску имеют пресноводные водоросли и какую – морские глубоководные? С какими пигментами это связано?
4. Какая роль водорослей в экологических системах?
5. Какое эволюционное значение имело появление водорослей на Земле?
6. Имеется ли у зеленых водорослей оформленное ядро с хромосомами?
7. Какие органеллы характерны для клеток зеленых водорослей?
8. Какие водоросли относятся к планктону, какие – к бентосу?
9. Каковы способы размножения у водорослей?
10. Чем отличается спора от зооспоры?
11. Чем объяснить разнообразие форм хроматофоров, предшественниками каких органелл они являются?
12. Как объяснить сохранение и процветание водорослей в современных условиях?
13. Какие признаки характерны для высших растений?
14. Из чего развивается спорофит и какой он имеет набор хромосом?
15. Что развивается из спор? Какую функцию выполняет заросток?
16. Чем представлен у мхов гаметофит и чем – спорофит?
17. В чем отличие цикла развития мхов от цикла развития других высших растений?
18. В чем преимущество диплоидного растения по сравнению с гаплоидным?
19. Почему мхи представляют собой тупиковую ветвь эволюции?
20. Чем отличается сфагновый мох от кукушкина льна?
21. Какие растения можно считать более достоверными предками папоротникообразных?
22. При каких условиях древние папоротникообразные могли законсервироваться в виде каменного угля?
23. Где развиваются споры у папоротника, хвоща, плауна?
24. Чем различаются заросток и предросток?
25. Какова роль различных представителей высших растений в природе и хозяйстве?

II. Ситуационные задачи

1. Большинство цветковых растений поражаются насекомыми-вредителями; мхи и папоротники повреждаются ими значительно реже. Почему?

2. В процессе изучения торфяных отложений часто находят микроскопические образования, которые с уверенностью относят к спорам плаунов и папоротников – эти образования имеют характерную форму трехгранной пирамидки. В чем причина такой уверенности? В результате какого процесса образуются споры?

3. Почему не имеет смысла пытаться «отщипнуть» растение папоротника из оранжереи Ботанического сада, чтобы вырастить его дома? Почему условия в квартире не подходят тропическим папоротникам? Каково отношение лесных папоротников к влажности воздуха?

4. По внешнему строению морские водоросли похожи на растения суши, однако ризоиды морской водоросли — не корни, а тело водоросли — не лист. Почему?

5. У деревьев и других растений, произрастающих на суше, вода и минеральные соли передвигаются по сосудам древесины снизу-вверх (от корней к листьям). Органические же вещества передвигаются по сосудам луба от листьев к корням. У водорослей нет проводящей системы. Как у водорослей происходит обмен веществ?

Тема 5. Семенные растения.

Грибы и лишайники.

Экологические группы растений

Задание для самоподготовки

Знать: 1) строение и размножение голосеменных; 2) распространение хвойных; 3) значение голосеменных в природе и хозяйственной деятельности человека; 4) приспособленность покрытосеменных к различным условиям на Земле и господство в современной флоре; 5) влияние хозяйственной деятельности человека на видовое многообразие растений; 6) охрана растений.

План

1. Отдел Голосеменные.

2. Отдел Покрытосеменные (Цветковые) растения.
3. Грибы. Лишайники.
4. Экологические группы растений по отношению к различным факторам среды.

5.1. Отдел Голосеменные

Представители отдела распространены во всех широтах. Представители хвойных растений являются доминирующими в некоторых типах лесов. В северном полушарии ель, лиственница, пихта и сосна образуют большие массивы хвойных лесов, называемых тайгой.

В отличие от споровых растений, голосеменные приспособлены к произрастанию, в том числе в сухих местах, так как для осуществления процесса оплодотворения им не нужна вода.

У большинства голосеменных листья имеют вид иголок (хвоинок) или чешуек.

Растения называются голосеменными, потому что размножаются семенами, которые лежат открыто (голо) на поверхности чешуй особых видоизменённых побегов – шишек. У голосеменных не бывает плодов. Однако у некоторых видов чешуи шишек разрастаются и образуют сочные шишкоягоды, похожие на плоды цветковых растений (можжевельник, тис).

Среди современных голосеменных преобладают древесные формы, в основном деревья и кустарники. У отдельных групп наблюдаются специфические жизненные формы, как, например, у вельвичии удивительной – реликтового дерева.

У подавляющего большинства голосеменных верхушечная почка продолжает рост главного побега всю жизнь, а боковые ветви образуются из боковых почек и обычно развиты хуже главного побега. Для них также характерна стержневая корневая система с мощным главным корнем и многочисленными отходящими от него боковыми корнями. Такое строение подземной части позволяет существовать крупным древесным формам.

Специальных органов бесполого размножения у голосеменных растений нет. Вегетативное размножение им тоже не свойственно: способность к образованию корневой поросли встречается редко (гинкго, секвойя), у кустарников иногда наблюдается укоренение боковых ветвей – самоотводков (можжевельник, тис).

Половое размножение голосеменных происходит с помощью семян. Такой способ размножения имеет преимущество по сравнению с размножением спорами, поскольку семена, в отличие от спор, имеют запас питательных веществ.

Зрелое голосеменное растение представляет собой спорофит. На нём в мужских шишках созревает пыльца, каждое пыльцевое зерно – это мужской гаметофит.

В женских шишках на верхней стороне чешуй зреют семязачатки, внутри которых расположены женские гаметофиты. Женские гаметофиты никогда не покидают растение-спорофит. Пыльца (мужской гаметофит) переносится ветром и попадает на семязачатки, которые открыто (голо) расположены на чешуях женских шишек. Этот процесс называется опылением.

Пыльца прорастает и формирует пыльцевую трубку, по которой спермии (мужские гаметы) достигают яйцеклетки (женской гаметы). Один из спермиев сливается с яйцеклеткой, этот процесс носит название оплодотворения. Оно происходит без участия капельно-жидкой влаги (рис. 14).

Из образовавшейся в результате оплодотворения зиготы развивается зародыш. Сформировавшийся зародыш состоит из корешка, стебелька, нескольких семядолей (5–12) и почечки. Он погружён в ткань женского гаметофита – эндосперм, который

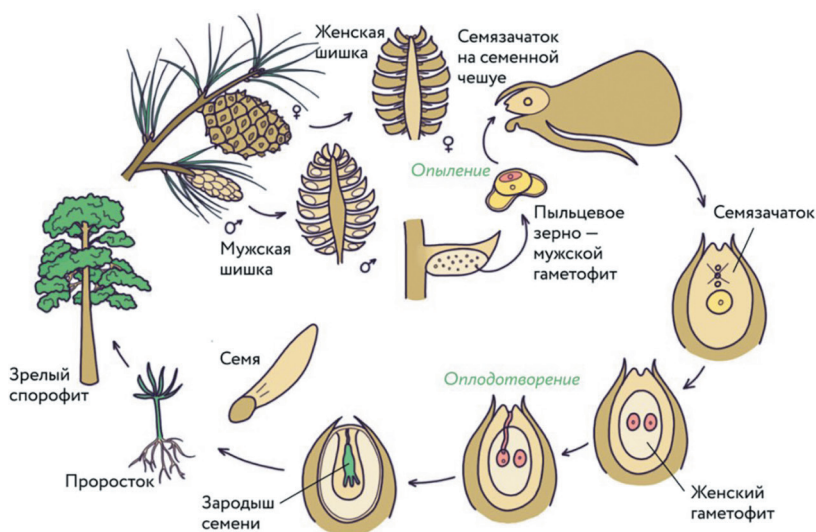


Рис. 14 Жизненный цикл сосны

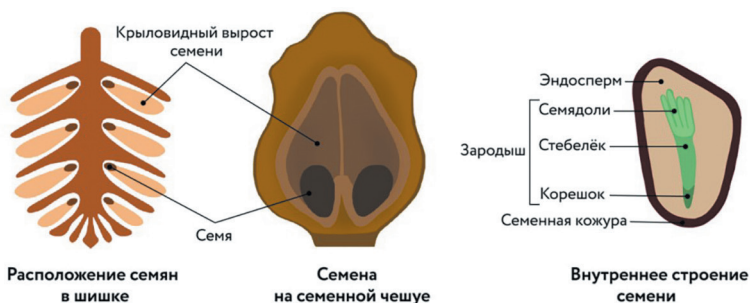


Рис. 15. Схема строения шишки и семени сосны

к этому времени накапливает запасные питательные вещества. Зародыш будет использовать их при прорастании. Покровы семязачатка отвердевают, и он превращается в семя (рис. 15).

В отделе Голосеменные выделяют четыре класса:

- Гинкговые;
- Гнетовые;
- Саговниковые, или Цикадовые;
- Хвойные.

Всего известно около 1 000 видов голосеменных, относящихся к 14 семействам. Самым распространённым, многочисленным и отличающимся высоким видовым разнообразием является класс Хвойные – 7 семейств, приблизительно 650 видов.

Значение голосеменных в природе и жизни человека

- Средообразующий компонент.
- Выделение кислорода.
- Звено пищевых цепей.
- Сырьё для промышленности.
- Топливо.
- Пищевые продукты.
- Сырьё для производства лекарственных препаратов.

5.2. Отдел Покрытосеменные (Цветковые) растения

Покрытосеменные, или Цветковые – отдел высших семенных растений, по числу видов превосходящий другие отделы высших растений. На сегодняшний день описано более 300 тыс.

видов цветковых, но учёные полагают, что общее число видов этой группы растений составляет приблизительно 350 тыс.

Распространение и местообитания

Распространены на всех континентах, во всех климатических поясах.

В отличие от споровых растений, приспособлены к произрастанию в том числе в сухих местах, так как для осуществления процесса оплодотворения им не нужна вода.

Жизненные формы и сообщества цветковых растений

Для покрытосеменных характерны разнообразные жизненные формы: травы, деревья, кустарники, лианы, водные растения и др.

Цветковые – единственная современная группа растений, способная к образованию сложных многоярусных сообществ.

Основные органы цветковых растений: корень, стебель, листья, цветки, семена, плоды.

Листья цветковых растений осуществляют основные вегетативные функции: фотосинтез, дыхание и испарение (транспирацию).

Для активного транспорта веществ покрытосеменные имеют развитую проводящую систему: восходящий ток обеспечивают трахеиды и сосуды древесины (ксилемы), нисходящий ток – ситовидные трубки луба (флоэмы), снабжённые клетками-спутницами.

Размножение

Покрытосеменным растениям свойственны разные способы вегетативного размножения: частями неспециализированных органов (листьев, стеблей, корней, корневищ) или специализированными зачатками дочерних организмов (выводковыми почками, усами, клубнями, луковицами).

Половое размножение происходит с помощью семян. Такой способ размножения имеет преимущество по сравнению с размножением спорами, поскольку семена, в отличие от спор, имеют запас питательных веществ.

В жизненном цикле покрытосеменных преобладает спорофит. На спорофите развиваются специализированные органы полового размножения – цветки (рис. 16). Цветки могут опыляться ветром, водой, насекомыми и другими животными. У насекомоопыляемых растений цветки участвуют в привлечении насекомых-опылителей.



Рис. 16. Строение цветка

Двойное оплодотворение у цветковых растений

Микроспорогенез – процесс образования микроспор в микроспорангиях (гнездах пыльника). Микроспоры формируются из материнских клеток – *микроспороцитов*, имеющих диплоидный набор хромосом. В результате мейоза каждая материнская клетка образует четыре гаплоидных микроспоры. Микроспоры быстро обособляются друг от друга.

Микрогаметогенез – процесс образования мужских половых клеток (спермиев), происходит в пыльцевом зерне, которое является мужским гаметофитом покрытосеменных растений. Развитие мужского гаметофита происходит также в гнездах пыльников тычинок и сводится к одному митотическому делению микроспоры и формированию оболочек пыльцевого зерна. Оболочка пыльцевого зерна состоит из двух слоев: *интины* (внутренней, тонкой) и *экзины* (наружной, толстой). Каждое пыльцевое зерно содержит две гаплоидные клетки: *вегетативную* и *генеративную*. Из генеративной (спермагенной) далее образуются *два спермия*. Из вегетативной (сифоногенной) впоследствии образуется пыльцевая трубка.

Мегаспорогенез – процесс формирования мегаспор. Он происходит в нуцеллусе семязачатка. После заложения семязачатка и формирования нуцеллуса в области микропиле начинает разрастаться одна клетка – *мегаспороцит*, или *материнская клетка мегаспор*. Материнская клетка мегаспор имеет диплоидный набор хромосом. У большинства покрытосеменных из нее путем мейоза образуются четыре гаплоидные мегаспоры. Из четырех мегаспор лишь одна дает начало женскому гаметофиту – зародышевому мешку. Остальные мегаспоры отмирают.

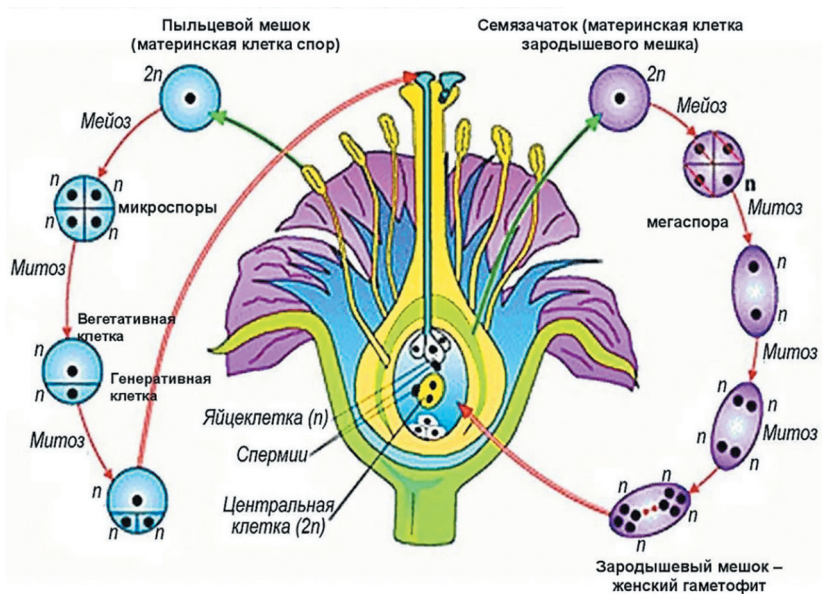


Рис. 17. Схема двойного оплодотворения покрытосеменных растений

Мегагаметогенез – процесс формирования женских половых клеток, происходит в зародышевом мешке. Формирование женского гаметофита начинается с разрастания мегаспоры, которая далее три раза делится митозом. В результате этого образуются восемь клеток, которые располагаются следующим образом: три – на одном полюсе зародышевого мешка (микропиллярном), три – на другом (халазальном), две – в центре. Две оставшиеся в центре клетки сливаются, образуя *диплоидную центральную клетку* зародышевого мешка. Одна из трех клеток, расположенных на микропиллярном полюсе, отличается большими размерами и является *яйцеклеткой*. Две рядом расположенные клетки являются вспомогательными и называются *синергидами*. Группа из трех клеток, находящихся на противоположном, халазальном полюсе, называется *антиподами*. Таким образом, сформированный женский гаметофит включает шесть гаплоидных клеток (яйцеклетка, две клетки-синергиды, три клетки-антиподы) и одну диплоидную клетку.

Оплодотворение. Образование семян и плодов. Процессу оплодотворения предшествует опыление – перенос пыльцы от пыльников тычинок к рыльцам пестиков. Попад

на рыльце пестика, под воздействием веществ, выделяемых пестиком, пыльца начинает прорастать: образуется пыльцевая трубка, внедряющаяся в ткань рыльца. Кончик пыльцевой трубки выделяет вещества, размягчающие ткань рыльца и столбика. В процессе формирования пыльцевой трубки принимает участие сифоногенная клетка. По мере роста пыльцевой трубки в нее переходит спермагенная клетка, которая делится митозом с образованием двух спермиев (у некоторых растений спермагенная клетка дает начало двум спермиям еще до прорастания пыльцы). Пыльцевая трубка продвигается по столбику пестика и врастает в зародышевый мешок, как правило, через микропиле. После проникновения в зародышевый мешок кончик пыльцевой трубки разрывается, и спермии попадают внутрь. Один из спермиев сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу. Второй спермий сливается с центральной клеткой зародышевого мешка, образуя триплоидную клетку, из которой далее формируется эндосперм (питательная ткань) семени, обеспечивающий питание зародыша. Синергиды и антиподы дегенерируют. В целом, выше описанный процесс получил название двойного оплодотворения. Двойное оплодотворение у цветковых растений было открыто в 1898 г. русским ботаником С.Г. Навашиным.

Семена развиваются под защитой плода, образующегося из разросшейся завязи пестика. Сочными частями плодов питаются животные, участвуя в распространении семян.

Распространение и экологические группы

Способность приспосабливаться к различным условиям обеспечила покрытосеменным большое биологическое разнообразие и господствующее положение в растительном мире. Они способны заселять различные почвы (кислые, солёные, малоплодородные), поселяться на камнях, стволах других растений, произрастать в разных климатических зонах — от жаркого тропического пояса до арктических пустынь.

Произрастание в неодинаковых условиях способствовало огромному разнообразию жизненных форм и экологических групп покрытосеменных растений. Среди них есть деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, лианы, травы; есть влаголюбивые и сухолюбивые, свето- и тенелюбивые виды.

Большинство покрытосеменных растений являются автотрофами, но среди них есть виды, питающиеся гетеротрофно, например растения-паразиты и растения-хищники.

Благодаря такому разнообразию цветковые заняли разные местообитания на Земле: от пустынь до болот, от солёных морских побережий до высокогорных скал.

В отделе Покрытосеменные, или Цветковые, выделяют два класса: Однодольные и Двудольные.

В основе деления отдела покрытосеменных растений на классы лежит комплекс признаков, основным из которых является число семядолей. Растения одного класса имеют в семени одну семядолю и называются однодольными, а растения другого – две семядоли и называются, соответственно, двудольными.

Представители разных классов различаются также по строению цветка, корневой системы, жилкованию листьев, внутреннему строению стебля и некоторым другим признакам.

5.3. Грибы. Лишайники

Грибы – царство эукариотических организмов, сочетающих признаки растений и животных. Грибы изучает наука *микология* (от др.-греч. *mykes* [мýкес] – «гриб»).

Строение грибов

Грибы разнообразны по строению, среди них есть микроскопические формы, тела которых представлены одной или несколькими клетками, и более крупные организмы. В обиходе грибами обычно называют плодовые тела некоторых представителей царства грибов (шляпочных грибов).

Вегетативное тело гриба состоит из длинных тонких нитей – гиф (от др.-греч. *huphe* [гифэ] – «ткань, паутина»). Гифы обладают верхушечным ростом и могут ветвиться, образуя густую переплетённую сеть – мицелий (от др.-греч. *Mykes* [мýкес] – «гриб»), или грибницу. Он погружён в субстрат (почву, древесину, ткани живого организма) или располагается на его поверхности и служит для поглощения воды и питательных веществ. Скорость роста мицелия зависит от условий среды и может достигать нескольких сантиметров в сутки.

Плодовое тело – это специализированная структура, служащая для размножения и образующаяся из переплетённых гиф мицелия. Функция плодового тела – образование и рассеяние спор. Не все виды грибов способны образовывать плодовые тела. Грибы, образующие плодовые тела, относят к группе (подцарству) высших грибов.

Все грибы – гетеротрофные организмы, то есть нуждаются в готовых органических веществах.

По используемым источникам органических веществ грибы можно разделить на четыре группы.

1. Сапротрофные грибы питаются мёртвой органикой, разлагая остатки животных и растений. Это делает их важнейшей экологической группой редуцентов – разрушителей органических веществ, превращающих их в неорганическую форму (минеральные соли и воду), доступную продуцентам (растениям).

Грибов-сапротрофов много в почве, особенно в лесной подстилке. К этой же группе относятся культивируемые на органических субстратах вёшенки и шампиньоны, а также дрожжи и плесневые грибы (рис. 18).

2. Паразитические грибы проникают внутрь организмов животных и растений и питаются за их счёт. Иногда гифы таких грибов способны врастать внутрь клеток организма-хозяина и всасывать питательные вещества (рис. 19).

3. Хищные грибы активно ловят добычу (простейших и мелких беспозвоночных) с помощью видоизменённых гиф, образуя присоски и ловчие петли (рис. 20).

4. Симбиотические грибы вступают в симбиоз с различными автотрофными организмами (низшими и высшими растениями), получая от них органические вещества, а взамен поставляя им минеральное питание. Так как площадь всасывания у гиф грибов значительно больше, чем площадь зоны всасывания корней, растение получает гораздо больше минеральных веществ, что позволяет ему активнее расти. Растение, в свою очередь, отдаёт организму гриба часть углеводов – продуктов фотосинтеза (рис. 21).



Рис. 18. Плесневые грибы относятся к сапротрофам



Рис. 19. Трутовик паразитирует на древесине живых деревьев

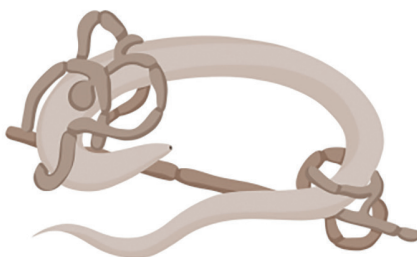


Рис. 20. Ловчие петли хищного гриба *Arthrobotrys anchonia*, поймавшего круглого червя (нематоду)



Рис. 21. Микориза, или грибокорень – симбиоз мицелия гриба с корнями высших растений

Лишайник – это симбиотическая ассоциация гриба, одноклеточных водорослей и/или цианобактерий.

Вегетативное тело лишайника называют слоевищем или талломом.

По форме таллома лишайники делят на три группы:

- **накипные (корковые):** слоевище в виде корки или налёта, прикрепляющееся к субстрату всей своей поверхностью (ризокарпон);

- **листоватые:** слоевище в виде пластинок, прикрепляющееся к субстрату в одной или нескольких отдельных точках с помощью коротких выростов (пармелия, ксантория);

- **кустистые:** прямостоячее или свисающее слоевище, прикрепляющееся к субстрату в одной точке и, как правило, ветвящееся (кладония, уснея).

Внутреннее строение

Основу таллома образуют гифы гриба. Они формируют нижний и верхний коровые слои, обуславливая форму и окраску лишайника. Слоевище прикрепляется к субстрату тоже с помощью гиф. Водоросли занимают полости между гифами (рис. 22).

Особенности экологии лишайников

Лишайники характеризуются очень медленным ростом: от долей миллиметра до нескольких сантиметров в год. Скорее всего, это связано с небольшим относительным объёмом автотрофных водорослей, синтезирующих органические вещества.

Наибольшей скоростью роста обладают кустистые лишайники тропических лесов, наименьшей – обитатели скал и тундры. Накипные лишайники растут своей периферией, а

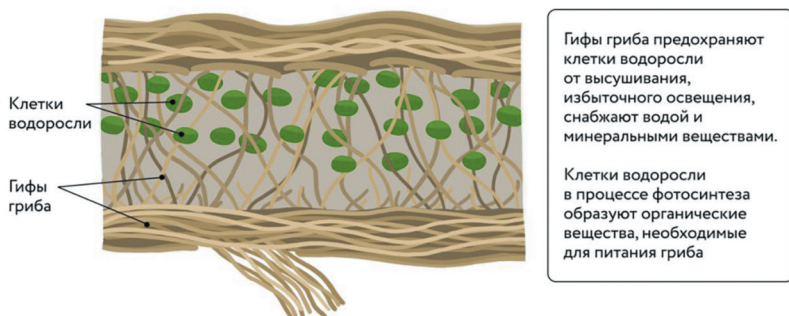


Рис. 22. Внутреннее строение лишайника

кустистые – концами «веточек». Возраст слоевища лишайника может насчитывать несколько сотен и даже тысяч лет.

Низкая скорость роста приводит к тому, что лишайники в основном растут в тех местах, где не встречаются конкуренты со стороны растений. Прежде всего, это горные области, где они являются первопроходцами на камнях и скалах, создавая первичные почвы. Не встречаются лишайники конкурентов и в тундре, где из-за мёрзлых грунтов не могут развиваться корни растений. Часто лишайники растут как эпифиты в кронах деревьев.

Лишайники способны переносить как очень высокие (50–60 °C в пустынях), так и очень низкие (ниже –50 °C в Арктике и Антарктиде) температуры. У арктических видов фотосинтез происходит даже при температуре –25 °C, что невозможно для других растений. Большинство видов предпочитают хорошо освещенные места.

Способность гриба поглощать и удерживать воду позволяет лишайникам существовать в крайне сухих условиях. Они могут поглощать воду не только во время дождей, но и из тумана, и насыщенного водяным паром воздуха.

Многие лишайники очень требовательны к чистоте воздуха, поэтому видовое разнообразие лишайников в городах существенно ниже, чем в дикой природе.

Размножение лишайников

Лишайники могут размножаться вегетативно – кусочками слоевища, содержащими и клетки водоросли, и гифы гриба. Фрагменты слоевища распространяются ветром или животными, а при попадании на подходящий субстрат прирастают к нему, давая начало новому лишайнику.

Гриб, входящий в состав лишайника, способен образовывать плодовые тела и размножаться спорами, которые созревают в этих плодовых телах.

Значение лишайников в природе и жизни человека

- Образование почв.
- Ландшафтообразующий вид.
- Кормовая база для животных.
- Конкуренты грибов.
- Биоиндикация.
- Красители.
- Лекарственное средство.
- Пищевой продукт.

5.4. Экологические группы растений по отношению к различным факторам среды

Растения, приспособившиеся к какому-то одному фактору внешней среды, имеющему важное формообразовательное значение, объединяют в экологические группы.

По отношению к влаге

Ксерофиты – растения, живущие в условиях значительного недостатка влаги (постоянного или временного) (виды родов: маслина, сорго, полынь и др.).

Мезофиты – это растения, живущие на достаточных (не влажных и не сухих) почвах. К ним относятся большинство лесных и луговых трав, цветов, кустарников и деревьев: липа, береза, лещина, крушина, клевер, тимopheевка, костер, луговая овсяница и т.д.

Гигрофиты – это растения, живущие на сильно увлажненных почвах. К ним относятся многие виды папоротников, чаровница (цирцея), адокса, болотный подмаренник и т.д.

Гидатофиты – это растения, большая часть площади которого (или даже все растение целиком) находится в воде. К ним относятся рдесты, кувшинки, кубышки, элодея (водяная чума) и т.д.

Гидрофиты – это растения, начинающий свой жизненный цикл в воде, но со временем стебли и листья которого покидают пределы воды. К ним относятся частуха, тростник, рис и т.д.

По отношению к температуре

Мегатермофиты – это растения, без особых изменений переносящие высокие (свыше 35–40 °С) температуры. К ним относятся растения пустынь и полупустынь: полыни (полынь белая, полынь поздняя, черная полынь, полынь Лессинга), мак павлиний, верблюжья колючка, элимус (волоснец), ковыль Лессинга, типчак, житняк, прутняк, ромашник, камфоросма, качим и т.д.

Мезотермофиты – это растения, живущие в «райских условиях», где температура никогда не поднимается выше 30 °С и не опускается ниже 20 °С. При повышении или понижении температуры эти растения практически сразу гибнут. К ним относятся растения тропиков и субтропиков: бальзамин, бегония, драцена, жасмин, калатея, монстера, раффлезия, гевея, артокарпус, аукуба японская, бересклет японский, гибискус, камелия японская, ливинстона китайская, нандина домашняя, фатсия японская, жимолость японская, лигодиум японский, фикус крохотный, азалия и т.д.

Микротермофиты – это растения, вынужденные довольствоваться невысокой (ниже 20 °С) температурой. Вследствие этого у них краткий вегетационный период. К ним относятся растения умеренного и арктического поясов: яблоня, груша, береза, вишня, вяз, грецкий орех, дуб черешчатый, ива, каштан конский, клен остролистный, ольха, осина, рябина, тополь, черемуха, ясень, бузина, боярышник, ежевика, клюква, калина, все виды лишайников и мхов и т.д.

Гекистотермофиты – очень холодостойкие растения, например, лишайники (растения – дриада восьмилепестковая, арктоус альпийский, кобрезия Белларди).

По отношению к свету

Сциофиты (они же гелиофобы, теневые растения, тенелюбы) – это растения, живущие в нижних ярусах леса. Прекрасно чувствуют себя в полутемных и влажных экотопах. При воздействии прямых солнечных лучей свыше 20–30 мин некоторые из них могут погибнуть от перегрева. К ним относятся кислица, папоротники, плауны, молодая поросль ели и пихты.

Сциогелиофиты (они же теневыносливые растения) – Это большинство растений, произрастающих в умеренном поясе. Отдают предпочтения светлым местам, но могут свободно переносить небольшое затемнение. К ним относятся клен остролистный, липы, многие кустарники (малина, смородина, боярышник) и травы (сныть обыкновенная, купырь лесной, колокольчик персиколистный, марьянник дубравный).

Гелиофиты (они же световые растения, светолюбы) – это растения, живущие на открытых пространствах, с избытком солнечного света. При его недостатке быстро хиреют и даже умирают. К ним относятся береза повислая, дуб черешчатый, сосна лесная, напочвенные кустистые лишайники, клевер ползучий, подсолнечник и т.д.

Целый ряд экологических групп растений выделяют по отношению к особенностям почвы, т. е. по отношению к эдафическим факторам (эдафоморфы), то есть почвенным.

По отношению к общему содержанию в почве минеральных питательных веществ

Олиготрофы – растения удовлетворяются малым содержанием зольных элементов, например, сосна обыкновенная, вереск обыкновенный, цмин песчаный.

Мезотрофы – удовлетворяются умеренным содержанием зольных элементов, например, ель европейская, береза повислая, ежа сборная.

Эвтрофы – требуют большого количества зольных элементов, например, дуб черешчатый, сныть обыкновенная, перелеска многолетняя.

По отношению к засолению почв

Гликофиты – это растения, погибающие при избытке легкорастворимых солей (хлоридов и сульфатов натрия и магния). Это все растения районов с достаточным и избыточным увлажнением.

Галофиты – растения засоленных почв. Они характеризуются высоким осмотическим давлением и содержат высокую концентрацию солей в клетках. В их строении проявляются черты ксерофитов: опушение, жёсткие и сухие рассечённые листовые пластинки или суккулентный облик.

По отношению к реакции почвенного раствора (кислотности)

Ацидофиты – это виды, растущие на кислых почвах с pH меньше 5,5 (например, белоус сжатый, клюква, ринхоспора белая, вереск, кислица обыкновенная).

Нейтрофиты – виды, приуроченные к почвам с pH 5,5–7,5 (большинство культурных растений, дуб черешчатый, крапива двудомная, ежевика сизая).

Базофиты – виды, растущие при pH более 7,5 (например, мордовник обыкновенный, ветреница лесная, ковыль перистый).

Еще выделяют следующие их экологические группы:

Петрофиты – обитают на каменистых выходах пород, например, папоротники асплениум и многоножка обыкновенная, гвоздика Фишера, минуарция.

Кальцефиты – растут на известняковых обнажениях и карбонатных почвах, например, лен желтый, солнцезвезд, венерин башмачок, ирис венгерский.

Псаммофиты – растут на песчаных местах, например, волоснец песчаный, гонкения бутерлаковидная, козелец низкий, роза морщинистая.

Палюдозофиты – растут на переувлажненных почвах, например, вахта трехлистная, сабельник болотный, многие виды осок, камыш, белокрыльник болотный, частуха подорожниковая.

Контроль уровня знаний

I. Вопросы для самоконтроля

1. Какие растения были предками голосемянных растений?
2. Чем отличаются покрытосеменные от высших споровых и голосеменных растений?
3. Что вы знаете о многообразии дикорастущих и культурных растениях и их классификации?
4. По каким признакам отличаются представители класса одностолбчатых от представителей класса двустолбчатых растений?
5. Какие организмы образуют тело лишайника?
6. Каковы формы тела лишайника?
7. Что дает гриб водоросли и что получает взамен?
8. Как отличить тело лишайника от водоросли, от мха?
9. Имеются ли способы размножения, характерные для каждого компонента лишайника отдельно?
10. К какой форме приспособительной эволюции принадлежат лишайники – к ароморфозу, идиоадаптации или дегенерации?
11. Какие особенности строения и жизнедеятельности дрожжей? Укажите не менее четырех особенностей. Ответ поясните.
12. Что такое микориза? Какие организмы образуют микоризу? Какое биологическое значение этого явления?
13. Перечислите основные экологические группы растений по отношению к свету.
14. Перечислите основные экологические группы растений по отношению к воде.
15. Перечислите основные экологические группы растений по отношению к температуре.
16. Перечислите основные экологические группы растений по отношению к общему содержанию в почве минеральных питательных веществ.
17. Перечислите основные экологические группы растений по отношению к реакции почвенного раствора (кислотности).
18. Почему грибы не относят к царству Растения?

II. Ситуационные задачи

1. На спиле ствола сосны можно видеть так называемые годовые кольца.
 - В составе какой ткани они присутствуют? По какой причине они образуются?
 - Есть ли деревья, у которых нет годовых колец в многолетних стволах? Где они могут расти?

2. Считается, что с плодовых деревьев в саду необходимо удалять слоевища лишайников.

– Являются ли лишайники паразитами деревьев?

– Если лишайники действительно вредят деревьям, то как это происходит?

3. В сельскохозяйственной практике производят окучивание растений, однако многие растения в этом не нуждаются. Объясните целесообразность или нецелесообразность подобного агротехнического приема.

– Чем являются клубни картофеля? Где они образуются?

– Какие культуры не требуют окучивания, и даже напротив, нужно, чтобы верхняя часть корня оказалась на свету?

4. Фосфорные удобрения и навоз вносят в почву осенью, а азотные – в первой половине лета в виде подкормки. Почему?

– К чему приводит внесение азотных удобрений? Целесообразно ли это делать осенью?

5. Замечено, что во время сильной бури ветер выкорчевывает ели, а сосны ломает. Почему?

– Будет ли ель выворачиваться вместе с корневой системой, если она растет на песчаной почве?

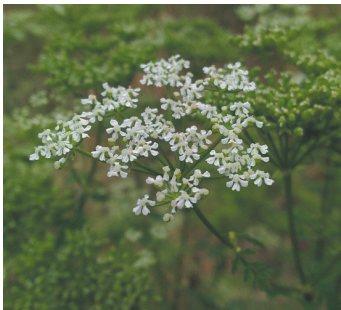
– Почему ель не способна расти в скальном грунте, а сосна – может?

Практическое занятие

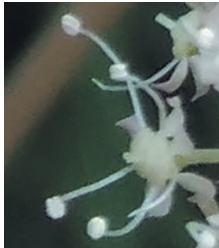
Определение растений с помощью дихотомического ключа (на примере «Иллюстрированного определителя растений Карельского перешейка»)

1. Растения, не образующие цветков, плодов и семян, размножающиеся спорами, которые развиваются в спорангиях ... 2



– Растения, образующие цветки, плоды, или шишки ... 7	Цветки есть. Переход на ступень 7. 
7 (1). Растения развивают шишки с открыто лежащими на их чешуях крылатыми или бескрылыми семенами, реже шишки ягодообразные; листья представлены игловидными хвоинками, реже чешуевидные ... Отдел Голосеменные (Pinophyta) ... 8	
– Растения развивают цветки, состоящие из околоцветника, тычинок и пестика (иногда лишенные какой-либо из этих частей) семена заключены в сухие или сочные плоды; листья разнообразной формы. Отдел Покрытосеменные (Magnoliophyta) ... 9	Цветки и плоды есть. Переход на ступень 9. 
9 (7). Цветки чаще всего трехчленные, их части в числе 3, 6, 9, реже 1–2 или 4–8, околоцветник обычно простой (не разделенный на чашечку и венчик), очень редко двойной, иногда отсутствующий или представленный в виде волосков, щетинок или пленок; листья простые, обычно цельные или цельнокрайние, часто линейные с параллельным или дуговидным жилкованием; стебель часто простой, редко у мелких плавающих растений листообразно сплюснутый; подземная часть представлена системой придаточных мочковатых корней или корневищем с придаточными корнями; проросток с одной семядолей; травянистые растения. Класс Однодольные – Liliopsida ... 10	

– Цветки чаще всего пяти- или четырёхчленные, их части в числе 5 или 10, реже 1, 2, 4, 7 или 8 или частей много, очень редко в числе 3 или 6; околоцветник обычно двойной (с чашечкой и венчиком), реже простой, иногда отсутствующий или представленный щетинками; листья простые или сложные, обычно с перистым или сетчатым, реже дуговидным или вильчатым жилкованием; стебель ветвистый или простой; подземная часть представлена стержневой корневой системой с хорошо развитым главным корнем, корневищем с придаточными корнями, реже мочковатой корневой системой; проросток с двумя семядолями; травы, кустарнички или деревья. Класс Двудольные – Magnoliopsida ... 32	Цветки пятичленные (5 лепестков), околоцветник двойной, листья сложные. Переход на ступень 32.  
32 (9) Соцветия – сережки, состоящие из мелких цветков с редуцированным околоцветником или без него, реже сережки образуют мужские цветки, а женские собраны в почковидные или головчатые соцветия; деревья или кустарники ... 33	
– Соцветия иного типа; травянистые и древесные растения ... 37	Соцветие – сложный зонтик, растение травянистое, переход на ступень 37. 

37 (32) Завязь трехгнездная, на ножке, равной ей по длине или более длинной – Сем. Молочайные – Euphorbiaceae – Завязь сидячая или на короткой ножке ... 38	Завязь нижняя (лепестки выше нее), сидячая, переход на ступень 38. 
38 Цветки без околоцветника ... 39 – Цветки с простым или двойным околоцветником ... 44	Цветки с околоцветником, переход на ступень 44. 
44 (38) Тычинок в цветке больше 12, число их обычно непостоянное ... 45 – Тычинок в цветке от 1 до 12, число их постоянное ... 53	Тычинок 5, переход на ступень 53. (Фото цветка из того же семейства, ниже будет понятно, почему у «нашего» цветка тычинок не нашлось.) 

53 (44) Околоцветник простой, свободный или сросшийся или околоцветник двойной, но тогда венчик раздельнолепестный ... 54	Венчик раздельнолепестный, переход на ступень 54. 
– Околоцветник обычно двойной (иногда чашечка малозаметная из-за срастания с нижней завязью с образованием пленчатой коронки или превращена в хохолок), венчик явно сростнолепестный, очень редко с одной стороны до основания расщепленный ... 102	
54 Соцветие – сложный зонтик – Сем. Зонтичные – Umbelliferae	Семейство определено. 
– Соцветие иного строения или цветки одиночные ... 55	

Далее нужно перейти в определительную таблицу семейства Зонтичные:

1 Прикорневые и нижние стеблевые листья (у земноводных растений – нижние надводные) в очертании узкотреугольные, продолговато-яйцевидные или ланцетные, перистые или дважды-четырежды перистые ... 2	
---	--

– Прикорневые и нижние стеблевые листья (нижние надводные) в очертании широкотреугольные или треугольные, тройчатые, дважды-трижды тройчатые или перистые ... 8	Листья широкотреугольные, перистые, переход на ступень 8. 
8 Прикорневые и нижние стеблевые листья тройчатые или дважды-трижды тройчатые ... 9	
– Прикорневые и нижние стеблевые листья дважды-четырежды перистые ... 11	Листья перистые, не тройчатые, переход на ступень 11. 
11 (8). Прибрежноводные растения, цветки белые ... 12	
– Целиком наземные, прибрежные или болотные растения; цветки желтые, зеленоватые, белые или красноватые ... 13	Растение наземное, цветки белые, переход на ступень 13. 

13. Обертка и оберточки обычно многоступенчатые ... 14	Есть и обертки (листочки у основания всего соцветия) и оберточки (листочки у основания маленьких зонтиков), переход на ступень 14. 
– Обертка отсутствует или состоит из 1–4 рано опадающих листочков; оберточки обычно имеются ... 16	
14. Лепестки желтые, конечные доли прикорневых и стеблевых листьев 4–8 см дл., обратнояйцевидные, в основании клиновидные, на верхушке крупнозубчатые, плоды 4–6 мм дл., яйцевидные, сжатые со спинки, с узкокрылатыми спинными и ширококрылатыми краевыми ребрами; стебли в основании с многочисленными остатками отмерших листьев; культурные и дичающие растения с пряным запахом – Levisticum – Любисток	
– лепестки белые; конечные доли прикорневых и стеблевых листьев 1–1,5 см дл., продолговато-яйцевидные или ланцетные, глубоко перистораздельные; остатки отмерших листьев в основании стебля отсутствуют, дикорастущие растения ... 15	Лепестки белые, доли листа не крупные, переход на ступень 15. 

15. Стебель в основании фиолетовый, конечные доли прикорневых и нижних стеблевых листьев глубоко перистораздельные на линейные или ланцетно-линейные, на конце хрящевато заостренные дольки, плоды около 5 мм дл, широкоэллиптические, сильно сжатые со спинок, с тупыми спинными и крылатыми краевыми ребрами – Peucedanum – Горичник	
– Стебель, особенно в нижней части, покрыт красновато-бурыми пятнами и сизым налетом, конечные доли листьев глубоко перистораздельные на яйцевидно-ланцетные, заостренные дольки, плоды 3–3,5 мм дл, широкояйцевидные, слегка сжатые с боков, с хрящеватыми, извилистыми ребрами – Conium – Болиголов, Омег	Стебель с сизым налетом и красноватыми пятнами, доли листа яйцевидно-ланцетные, плоды широкояйцевидные, с ребрами, не крылатые. Определили род растения. 

В роду *Conium* – Болиголов (Омег) для Ленинградской области указан только один вид:

Растение с сильным неприятным запахом; стебель ветвистый, голый; листья 30–60 см дл., листочки обертки яйцевидно-ланцетные, по краю зазубренные, отогнутые вниз; оберточки односторонние, с яйцевидно-ланцетными, сросшимися в основании листочками. Двулетник, 60–180 см выс., VII–VIII, автохор, антропохор. На мусорных местах, у жилья, обочинах дорог и ж.-д. насыпях. – *Conium maculatum* L. – **Болиголов (омег) пятнистый**. Насекомоопыляемое растение с резко выраженной протерандрией¹. Все части растения ядовиты, особенно плоды. Используется в гомеопатии и народной медицине.

Тема 6. Зоология беспозвоночных

Задание для самоподготовки

Знать: 1) роль животных в природе; 2) признаки, характерные для животных; 3) основные систематические категории; 4) многообразие животных; 5) понятие о симметрии тела; 6) зародышевые листки; 7) виды онтогенеза у животных; 8) эмбриональный период онтогенеза; 9) гистогенез и органогенез; 10) типы дробления зиготы; 11) постэмбриональный период онтогенеза.

План

1. Развитие животного мира на Земле.
2. Подцарство Простейшие.
3. Тип Кишечнополостные.
4. Тип Плоские черви.
5. Тип Круглые черви.
6. Тип Кольчатые черви.
7. Тип Моллюски.
8. Тип Членистоногие.

¹ ***Протерандрия** (андрогиническая дихогамия) – так называется тот случай, когда мужские органы в цветке (тычинки) созревают ранее женских (пестики). Таким образом, цветок первоначально является мужским, а затем обоеполым или, чаще, только женским, так как пыльники ко времени созревания пестиков часто уже пусты, а самые тычинки завяли или даже опали. П. наблюдается у очень многих растений и характерна для целых семейств, каковы, например, колокольчиковые, сложноцветные, зонтичные.

6.1. Развитие животного мира на Земле

Эволюция многоклеточных животных

Первыми многоклеточными животными были радиально-симметричные организмы: губки и кишечнополостные. Все они вели прикрепленный образ жизни.

Далее появились двустороннесимметричные активно передвигающиеся животные: плоские и круглые черви. Они имели головной конец тела, на котором концентрировались органы чувств.

Вендский период

Примерно 650 млн лет назад Землю населяли мягкотелые существа – вендобионты – первые известные многоклеточные животные: губки, медузы, плоские черви. Они были мягкотелыми, поэтому остатки их плохо сохранились.

Кембрийский период

В кембрии (540 млн лет назад) появились хищные организмы и средства нападения и защиты: челюсти, панцири, раковины. Многие животные имели твердый наружный скелет, поэтому сохранилось большое количество остатков кембрийской фауны. В связи с этим ученые назвали этот период «кембрийским взрывом».

От древних ресничных червей произошли кольчатые черви. Древние морские многощетинковые кольчатые черви, вероятно, послужили основой для возникновения типов членистоногих, моллюсков и хордовых.

Расцвет трилобитов – ближайших предков ракообразных.

Появление гигантских хищных ракообразных – аномалокарид (лаггания, аномалокарис, хардия). Первые рыбоподобные позвоночные животные – остракодермы – появились в конце кембрия. Они были покрыты панцирем из костных щитков и не имели челюстей. До наших дней дожили только паразитические представители бесчелюстных – миноги и миксины.

Силур

Период известен массовым вымиранием, в результате которого исчезло около 60% видов существовавших в ордовике морских организмов.

Появились акантоды (колючкозубые рыбы) и челюстноротые рыбы – костнопанцирные и беспанцирные.

Увеличивается видовое разнообразие прямораковинных головоногих моллюсков и граптолитов Брахиподы (плеченогие)

увеличили свое разнообразие в три раза, в силуре к ним относятся 8% всех родов.

Девон

Прוצвтают бесчелюстные панцирные остракодермы (цефаласписы и др.).

Появились и быстро завоевали водные пространства головоногие моллюски аммониты, позже вымершие вместе с динозаврами в меловой период.

В девоне начался расцвет челюстноротых. Для большинства этих животных характерны наличие двусторонней симметрии, третьего зародышевого листка (мезодермы), полости тела, наружного (членистоногие) или внутреннего (хордовые) твердого скелета, прогрессирующая способность к активному передвижению, обособление переднего конца тела с ротовым отверстием и органами чувств, постепенное совершенствование центральной нервной системы.

От первых челюстноротых возникли лучеперые и кистеперые рыбы. Кистеперые имели в плавниках опорные элементы, из которых позже развились конечности наземных позвоночных. Из жаберных дуг образовались подвижные челюсти, а из кожных складок – плавники. Формирование поясов парных грудных и брюшных конечностей способствовало увеличению маневренности движений.

Двоякодышащие и кистеперые рыбы посредством плавательных пузырей, имеющих связь с пищеводом и снабженных системой кровеносных сосудов, могли дышать атмосферным кислородом.

От кистеперых рыб берут начало древние земноводные – стегоцефалы – сборная группа предков амфибий и рептилий.

Выход на сушу первых позвоночных животных был обеспечен преобразованием плавников в конечности наземного типа, а воздушных пузырей – в легкие.

Карбон (каменно-угольный период)

От стегоцефалов берут свое начало истинно наземные животные – рептилии. Освоение суши пресмыкающимися обеспечили сухие ороговевшие покровы, внутреннее осеменение, богатые желтком яйцеклетки, защитные оболочки яиц, предохраняющие эмбрионы от высыхания и других воздействий среды.

В течение карбона появились много новых видов беспозвоночных: наземные брюхоногие моллюски, морские раковинные

головоногие моллюски белемниты и огромное количество членистоногих. Многие из них были гигантских размеров, по сравнению с современными представителями. Появились котилозавры и звероподобные рептилии.

Мезозой

В триасе (225 млн лет назад) среди рептилий выделилась группа динозавров. Они господствовали в течение более 160 млн лет и вымерли в конце мелового периода (около 65 млн лет назад).

Предполагают, что динозавры были промежуточным звеном между рептилиями и млекопитающими и совмещали в себе признаки обеих групп. Например, они имели строение черепа как у ящериц, зубы в отдельных ячейках, как у крокодилов, но трубчатые кости, строение суставов пальцев и крестцовой кости подобно млекопитающим. Передвигались динозавры на вертикально расположенных конечностях, опираясь только на пальцы (пальцехождение), подобно большинству современных млекопитающих, и отличались от большинства других рептилий, чьи конечности были расположены по бокам туловища. Их вертикальное положение позволило динозаврам при движении легко дышать и вероятнее всего повышало их уровень выносливости и активности.

Первые млекопитающие появились в триасовый период мезозойской эры.

Позднее, также от одной из ветвей пресмыкающихся, произошли птицы. Археоптерикс долгое время считался переходным звеном между рептилиями и птицами. В настоящее время доказано, что он являлся тупиковой ветвью крылатых рептилий.

Для птиц и млекопитающих характерны такие черты, как теплокровность, четырехкамерное сердце, одна дуга аорты (создает полное разделение большого и малого кругов кровообращения), интенсивный обмен веществ. Данные черты обеспечили расцвет этих групп организмов.

В конце мезозоя появляются плацентарные млекопитающие, для которых прогрессивными основными особенностями стали появление плаценты и внутриутробного развития плода, вскармливание детенышей молоком, развитая кора головного мозга.

Кайнозой

Кайнозойская эра началась 66 млн лет назад (эта граница проведена по массовому вымиранию видов в конце мелового периода) и продолжается в настоящее время.

Это эпоха расцвета млекопитающих. Большинство современных отрядов млекопитающих произошло от древних насекомоядных.

В начале кайнозойской эры от насекомоядных обособился отряд приматов, эволюция одной из ветвей которого привела к возникновению человека.

Особенности эволюции животного мира

Прогрессивное развитие многоклеточности и, как следствие, специализации тканей и всех систем органов.

Свободноподвижный образ жизни, который определил выработку различных механизмов поведения, а также относительную независимость онтогенеза от колебаний факторов внешней среды. Развивались и совершенствовались механизмы внутренней саморегуляции организма.

Возникновение твердого скелета: наружного у ряда беспозвоночных – иглокожих, членистоногих; внутреннего у хордовых. Преимущества внутреннего скелета заключаются в том, что он не ограничивает увеличение размеров тела.

Прогрессивное развитие нервной системы стало основой для возникновения системы условных рефлексов и совершенствования поведения.

6.2. Подцарство Простейшие

К подцарству Простейшие относят животных, тело которых состоит из одной клетки. По строению одноклеточные во многом сходны с клетками многоклеточных животных: имеют ядро, цитоплазму с органоидами, окружены плазматической мембраной. Физиологическое отличие состоит в том, что функции организма, которые у многоклеточных существ выполняют специальные клетки, ткани и органы, у одноклеточных принадлежат клеточным структурам – органоидам. Защита от неблагоприятных условий среды, движение, питание, размножение – все эти функции целостного организма выполняет единственная клетка тела простейших. Таким образом, простейшие – это организмы на одноклеточном уровне организации.

В настоящее время известно около 70 тыс. видов простейших. Ранее их группировали в семь типов, но в связи с бурным развитием методов ДНК-анализа современная система классификации постоянно меняется.

Наиболее многочисленными являются *три типа простейших*, которые выделяются главным образом по характерным органоидам движения или их отсутствию, а также некоторым другим признакам.

- Тип **Саркомастигофóры**

Органоиды движения – жгутики или/и ложноножки.

- Тип **Инфузóрии**

Органоиды движения – реснички; в клетке есть ядра двух типов – большие (вегетативные) и маленькие (генеративные); половой процесс – конъюгация.

- Тип **Споровики́**

Органоидов движения нет; исключительно паразиты.

Общая характеристика простейших

Тело состоит из одной клетки, размеры микроскопические (2 мкм – 3 мм). Эукариоты, среди которых есть одноклеточные или многоклеточные виды. Наружная оболочка либо плотная, обуславливающая постоянную форму тела (инфузории), либо тонкая, способная образовывать выпячивания – ложноножки (амёбы).

Экологические особенности. Свободноживущие, симбионты или, реже, паразиты. Среди свободноживущих есть одиночные или колониальные формы. Обитают только в жидкой среде (пресные и морские водоёмы, влажная почва, другой организм). В неблагоприятных условиях образуют цисты. Передвигаются с помощью ложноножек, жгутиков или ресничек.

Питание: гетеротрофы – большинство видов, автотрофы, способные к фотосинтезу – обычно их относят к царству растений, к группе одноклеточных водорослей, миксотрофы, способные как к автотрофному, так и гетеротрофному питанию (эвглена). Органоиды, отвечающие за пищеварение: пищеварительная вакуоль и лизосомы. Часть гетеротрофных видов обладает голозойным способом питания, захватывая твёрдые комочки пищи путём фагоцитоза (амёбы, инфузории). Другие питаются осмотрофно, поглощая растворённые органические вещества (эвглены, споровики). При таком способе питания пищеварительные вакуоли не образуются. Непереваренные остатки пищи удаляются путём экзоцитоза – процесса, обратного фагоцитозу, – в любом месте тела (саркодовые, жгутиконосцы) либо через специальный участок в оболочке клетки – порошицу (инфузории).

Дыхание. Кислород поступает в клетку через поверхность тела путём диффузии. Энергетический обмен – окисление

органических веществ кислородом с получением энергии, осуществляется в митохондриях.

Выделение. Осморегуляцию у пресноводных видов осуществляют специальные органоиды – сократительные вакуоли.

Раздражимость. Реакция на сигналы, поступающие из внешней среды, у простейших обычно реализуется в виде таксиса – движения к источнику раздражения или от него. Благодаря таксисам простейшие отыскивают пищу, находят места с более благоприятными условиями обитания и избегают вредоносных воздействий. У миксотрофов имеется светочувствительный глазок (стигма) и положительный фототаксис.

Размножение. Бесполое размножение – деление клетки надвое (митоз). Половое размножение возможно одним из двух способов: 1) *копуляция*: образование половых клеток (гамет), затем слияние гамет, произведённых разными особями, и образование зиготы; 2) *конъюгация*: обмен генетическим материалом между двумя особями (инфузории).

6.3. Тип Кишечнополостные

Класс Гидроидные полипы

Класс Сцифоидные медузы

Класс Коралловые полипы

Общая характеристика типа

Многоклеточные. Радиальная (= лучевая) симметрия. Двухслойные: эктодерма и энтодерма. Неклеточный слой – мезоглея. Хищники, есть стрекательные клетки. У многих чередуются жизненные формы: прикрепленная форма: полип (чаще колониальные (редко одиночные: гидра, актиния)); свободноплавающая форма: медуза (одиночные).

Значение кишечнополостных

- Входят в состав пищевых цепей.
- Коралловые полипы участвуют в образовании рельефа земной поверхности.
- Коралловые рифы являются местом обитания беспозвоночных животных и рыб.
- С рифообразующих кораллов добывают известняк, который используется как строительный материал.
- Из красного и черного кораллов изготавливают ювелирные украшения.

- В Китае и Японии некоторых медуз употребляют в пищу.
- Коралловые рифы могут быть препятствием для судоходства.
- Гидры и медузы, питаясь мальками рыб, наносящих ущерб рыбному хозяйству.
- Яд стрекательных клеток некоторых медуз очень опасен для человека.

6.4. Тип Плоские черви

Класс Ресничные (турбеллярии)

Класс Сосальщики (трематоды)

Класс Ленточные черви (цестоды)

Общая характеристика типа

Трехслойные животные: между экто- и энтодермой появляется третий зародышевый листок – мезодерма. Из мезодермы впервые развивается мышечная, половая и выделительная система. Полость тела отсутствует. Пространство между органами заполнено паренхимой (мезенхимой) – тканью мезодермального происхождения. Она мало дифференцирована, практически однородна и состоит из отростчатых клеток неправильной формы. Соседние клетки переплетаются этими отростками, и таким образом формируется сетчатая структура. Пространства между клетками заполнены жидкостью. Функции паренхимы: запасные питательные вещества (гликоген, жиры); поступают продукты метаболизма, выводящиеся затем по каналам протонефридиев наружу; регенерация; опорная; транспортная (транспорт веществ между органами).

Двусторонняя (билатеральная) симметрия. Форма тела ленточная или листовидная.

Обособлен передний конец тела, с расположенными на нем основными органами чувств: зрения, осязания, обоняния, хеморецепции, что позволяет этим животным лучше ориентироваться в пространстве и совершать направленные движения.

Скелетную функцию выполняет кожно-мускульный мешок – стенка тела, образованная кожным эпителием и несколькими слоями гладкой мускулатуры: кольцевыми (ближе к гиподерме), диагональными (косыми) и продольными (ближе к центру). Кроме того в паренхиме есть спинно-брюшные мышцы, которые не относятся к кожно-мускульному мешку.

Пищеварительная система замкнутая, состоит из ротового отверстия, глотки (передней кишки) и разветвленного кишечника (средней кишки). Непереваренные остатки удаляются через ротовое отверстие.

Нервная система состоит из парного головного нервного узла (ганглия) и продольных нервных стволов, связанных поперечными кольцевыми перемычками (коннективами). Такой «лестничный» тип нервной системы называется ортогон.

Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют; газообмен происходит непосредственно через поверхность тела.

Выделительная система представлена протонефридиями – парными тонкими каналами, начинающимися звездчатыми клетками с реснитчатым пламенем в паренхиме по бокам тела и заканчивающимися выделительными порами на спинной стороне тела.

Половая система: плоские черви – гермафродиты. Мужская половая система: многочисленные семенники, семявыводящие каналы, впадающие в семяпроводы, семенной пузырь. От семенного пузыря отходит семяизвергательный канал, открывающийся в совокупительный орган (циррус). Женская половая система: яичники, яйцевод, желточники, скорлупковые железы и копулятивная сумка.

Размножение:

– бесполое: фрагментация;

– половое: внутреннее оплодотворение.

Хорошо развита регенерация.

6.5. Тип Круглые черви

Общая характеристика типа

В настоящее время известно около 25 000 видов. Билатеральная симметрия. Трехслойные. Есть первичная полость тела. У круглых червей первичная полость тела представляет собой пространство между мышцами и кишечником, заполненное жидкостью под давлением, выполняющей функцию гидроскелета. В первичной полости расположены все внутренние органы. Функции первичной полости тела: поддержание формы тела; участие в мышечном движении (в комплексе с мышцами и жесткой кутикулой); так как жидкость несжимаема, она хорошо

переносит давление снаружи; транспорт питательных веществ и продуктов обмена.

Тело тонкое (обычно диаметром несколько мм), цилиндрическое, нечленистое, вытянутое в длину и заостренное на концах. На поперечном срезе оно круглое, что дало название типу.

Размеры нематод – от 100–300 мкм для мелких морских и почвенных форм до 8 м у отдельных паразитических форм, хотя наиболее распространенные свободноживущие формы имеют длину несколько миллиметров (до 5 см), а паразитические – до 50 см.

Кожно-мускульный мешок: гиподерма, кутикула и тяжи продольных мышц. Эпителий (гиподерма) выделяет на поверхность жесткую, прочную коллагеновую кутикулу. Эпителий у паразитических форм обычно синцитиальный (без границ между клетками), погруженный (ядра эпителиальных клеток погружены в мышечные слои); содержит запас гликогена для гликолиза (анаэробного дыхания).

Гиподерма образует 4 гиподермальных валика, выступающих внутрь и тянущихся вдоль всего тела. Два из них – спинной и брюшной – содержат нервные стволы, два боковых – выделительные каналы. Валики разделяют мускулатуру на 4 продольных мышечных тяжа. Благодаря их сокращениям тело червя может змеевидно изгибаться.

На заднем конце тела свободноживущих нематод имеются терминальные хвостовые железы, секрет которых служит для прикрепления к субстрату.

Вследствие наличия кутикулы в процессе развития происходит линька. Во взрослом состоянии не линяют. В современной систематике нематод относят к линяющим животным (Ecdysozoa), вместе с членистоногими и некоторыми другими типами.

Пищеварительная система: сквозная кишечная трубка, разделенная на три отдела – переднюю, среднюю и заднюю кишки. На переднем конце рот окружен тремя губами, имеется мускулистая глотка с плотными стенками. Средняя и задняя кишка не имеют мышечного слоя, образованы одним слоем эпителия. На заднем конце с брюшной стороны тела имеется анальное (заднепроходное) отверстие.

Пища свободноживущих нематод: бактерии, водоросли, гниющие остатки. Есть хищники и паразиты грибов, растений, животных. У некоторых в глотке имеются хитиновые выросты кутикулы (стилеты, копыя) для прокалывания покровов жертвы.

Выделительная система: два боковых слепо замкнутых канала, сливающиеся под глоткой в один проток, открывающийся на брюшной стороне тела выделительным отверстием. Конечные продукты жизнедеятельности накапливаются в полостной жидкости, а из нее поступают в выделительные каналы. Пламенных клеток с ресничками нет. Кроме того, аммиак может высвобождаться из тела нематод путем диффузии через стенку тела.

Дыхательной системы нет: газообмен у свободноживущих происходит через поверхность тела. У паразитов – анаэробное расщепление гликогена.

Кровеносной системы нет. Транспорт веществ осуществляет первичной полостью тела.

Нервная система: кольцевой окологлоточный ганглий, два продольных нервных ствола – спинной и брюшной, проходящие в валиках эктодермы и соединенные между собой полукольцевыми нервными перемычками. Кроме того, имеются нервные волокна, идущие вдоль тела.

Органы чувств представлены многочисленными сенсиллами и осязательные бугорки у ротового отверстия: механо- и хеморецепторами. Имеются органы вкуса, осязания, а у свободноживущих круглых червей есть светочувствительные глазки.

Половая система: большинство раздельнополые. Часто: половой диморфизм.

♀: парные яичники, яйцеводы, матка и половое отверстие на брюшной стороне.

♂: непарный нитевидный семенник и семяпровод, впадающий в кишку перед самым анальным отверстием (по сути клоака). Имеется сложный копулятивный аппарат с приспособлениями для удержания самки при копуляции. Сперматозоиды амeboобразные. Оплодотворение внутреннее, развитие проходит с неполным превращением (4 личиночные стадии).

Многообразие паразитических круглых червей

Наиболее известными представителями паразитических круглых червей человека являются аскарида человеческая, острица детская, власоглав, трихина, анкилостома (кривоголовка). Паразиты растений: картофельная, свекловичная, земляничная, пшеничная, луковая нематоды.

6.6. Тип Кольчатые черви

Класс Многощетинковые кольчатые черви

Класс Малощетинковые Кольчатые черви

Класс Пиявки

Класс Эхиуриды

Около 18 тысяч видов, обитающих в морских и пресных водах и в толще почвы. Некоторые виды пиявок перешли к наземному образу жизни в тропических лесах.

Общая характеристика типа

Размеры от 0,25 мм до 6 м. Тело кольчатое, с числом сегментов от нескольких десятков до нескольких сотен. Кожно-мускульный мешок состоит из несбрасываемой кутикулы, кожного эпителия (гиподермы), продольных и кольцевых мышц. Есть выросты кутикулы – хитиновые щетинки. У многощетинковых червей на каждом сегменте имеются пароподии – боковые выросты, снабжённые щетинками и иногда жабрами.

Передвижение осуществляется за счет сокращения мускулатуры у одних видов и движений пароподий у других.

Вторичная полость тела (целом) заполнена целомической жидкостью, которая выполняет роль внутренней среды организма. Целом в каждом сегменте имеет собственную эпителиальную выстилку. Целом разделен перегородками на сегменты, которым соответствует наружная кольчатость; отсюда название типа – «кольчатые черви».

С сегментацией тела связана метамерия (сегментация) внутренних органов – нервной, выделительной и кровеносной систем. Целом отсутствует или упрощён у некоторых пиявок. Пищеварительный тракт сквозной.

Кишечник состоит из трёх функционально различных отделов: передней, средней и задней кишки. У некоторых видов имеются слюнные железы. Передний и задний отделы – эктодермальные, а средний отдел пищеварительной системы энтодермально происхождения.

Кровеносная система замкнутая, основу её составляют спинной и брюшной сосуды, соединённые кольцевыми сосудами. Сердца нет, его роль выполняют участки спинного и циркулярных сосудов, содержащие сократительные элементы.

Дыхание кожное, у морских видов – с помощью жабр на пароподиях.

Выделительная система: метанефридии – парные мерцательные воронки, многократно повторяющиеся в каждом сегменте тела. При этом сама воронка располагается в одном сегменте, а выводной канал, проходя через перегородку между сегментами, открывается выделительным отверстием сбоку следующего сегмента тела.

Нервная система складывается из окологлоточного кольца с крупным надглоточным и подглоточным ганглиями, от которого отходит брюшная нервная цепочка. В каждом сегменте имеется свой нервный узел.

Органы чувств: на голове – глаза, органы осязания и химического чувства; на теле – чувствительные клетки.

Половая система: раздельнополы, у некоторых (дождевых червей, пиявок) вторично развит гермафродитизм. Оплодотворение может происходить как во внешней среде, так и в организме. Развитие у многощетинковых червей происходит со стадией свободно плавающей личинки – трохофоры, у остальных – прямое.

6.7. Тип Моллюски

Класс Брюхоногие

Класс Двустворчатые

Класс Головоногие

Тип моллюски насчитывает примерно 130 тысяч видов.

Общая характеристика типа

Трёхслойные первичноротые животные. Целом представлен перикардом (полостью околосердечной сумкой) и полостью гонад (половых желез). Обитают в морских и пресных водоемах, на суше. Как правило, имеют двусторонне-симметричное, несегментированное тело, состоящее из трёх отделов: головы, туловища и ноги.

У большинства моллюсков туловище покрыто кожной складкой – мантией. Между мантией и туловищем образуется мантийная полость.

В мантийной полости размещаются органы дыхания, туда же выходят протоки выделительной системы, половых желез и анальное отверстие. Таким образом, функция мантийной полости: дыхание и выделение.

Снаружи тело большинства моллюсков защищено известковой раковиной. Раковина состоит из трёх слоёв: органического (наружного), фарфорового из карбоната кальция, перламутрового (внутреннего). Два последних состоят из углекислого кальция. Раковина синтезируется мантией.

Нервная система разбросанно-узлового типа: окологлоточное нервное кольцо (очень крупный надглоточный ганглий) и несколько крупных ганглиев, соединенных нервными стволами.

Органы чувств: глаза (зрение), щупальца (осязание), осфрадии (хемотрецепция),статоцисты (органы равновесия).

Кровеносная система незамкнутая. Сердце состоит из желудочка, одного или двух предсердий и окружено околосердечной сумкой – перикардом.

Из желудочка кровь выбрасывается в аорту и течет в передний конец тела. Там кровь изливается в полость тела, течет в промежутках между органами – происходит газообмен между кровью (гемолимфой) и тканями. Затем она поступает в жабры (или лёгкие), где насыщается кислородом. Из жабр кровь по венам засасывается в предсердия, откуда поступает в желудочек.

Дыхательный пигмент: гемоглобин или медьсодержащий гемоцианин (у некоторых глубоководных головоногих и брюхоногих). Дыхательная система: жабры или легкое (видоизмененная мантийная полость). У некоторых – кожное дыхание.

Пищеварительная система: ротовое отверстие – ротовая полость и слюнные железы – глотка – пищевод – желудок – средняя кишка – задняя кишка – анальное отверстие.

Во рту имеется хитиновая зубчатая пластина – радула, позволяющая соскабливать и измельчать пищу. Имеется крупная пищеварительная железа – печень.

Выделительная система: метанефридии (почки) открываются воронками в перикард, а порами – в мантийную полость. Таким образом, перикард – часть выделительной системы. Секрет: мочевая кислота, вода, соли.

Половая система: встречаются как раздельнополые виды, так и гермафродиты. Оплодотворение может быть наружным или внутренним. Из оплодотворённого яйца выходит либо личинка (у морских видов), парящая некоторое время в воде, а затем оседающая на дно, либо сформировавшийся моллюск (у пресноводных и сухопутных видов). Яйцеживорождение – у некоторых брюхоногих (например, у лужанок).

6.8. Тип Членистоногие

Класс Ракообразные

Класс Паукообразные

Класс Насекомые

Является наиболее многочисленной группой среди животных. Один только класс насекомых (Insecta) включает в себя больше видов, чем все прочие группы животных вместе взятые. Членистоногие адаптированы почти ко всем типам местообитаний и встречаются от высокогорий до океанических глубин. В большинстве групп членистоногих известны паразитические виды.

Общая характеристика типа

Первичноротые. Билатеральная симметрия. В эмбриональный период целом сливается с первичной полостью; в результате формируется смешанная полость тела (миксоцель), содержащая внутренние органы и наполненная гемолимфой. Тело сегментировано. Метамерия (посегментное строение). Тело состоит из головы, груди и брюшка. Иногда грудь сливается с головой, образуя головогрудь.

Конечности членистые. У более продвинутых форм развивается специализация конечностей.

Тело покрыто плотной хитиновой оболочкой, образующей наружный скелет, к ней присоединяются внутренние мышцы. Оболочка состоит из нескольких слоёв и у большинства видов водонепроницаема, что позволило членистоногим заселить сушу.

Рост сопровождается линькой – сменой хитинового покрова. Так как хитиновую выстилку имеет эпителий передней и задней кишки, во время линьки животные не питаются.

Нет кожно-мускульного мешка. Мышцы из поперечно-полосатой мышечной ткани представлены отдельными пучками. Обычно один конец мускула прикрепляется к стенке одного сегмента тела или членика конечности, другой – к стенке другого сегмента.

Нервная система: головной ганглий, брюшная нервная цепочка.

Органы чувств хорошо развиты. У некоторых групп развиваются фасеточные глаза.

Кровеносная система не замкнута. Сердце – спинной сердечный сосуд.

Дыхательная система: жабры, легкие или трахеи – в зависимости от среды обитания.

Пищеварительная система: ротовое отверстие снабжено придатками, развивающимися из конечностей головных сегментов.

Ротовое отверстие – ротовая полость и слюнные железы – глотка – пищевод – желудок – средняя кишка + печень – задняя кишка – анальное отверстие.

Выделительная система: почки (метанефридии), мальпигиевы сосуды (у наземных форм).

Половая система: раздельнополые. Внутреннее оплодотворение. Яйца обычно крупные и богаты желтком. Развитие с метаморфозом.

Контроль уровня знаний

I. Вопросы для самоконтроля

1. По каким признакам выделен тип простейших?
2. Чем различаются классы типа простейших между собой?
3. В каких условиях среды обитают представители простейших?
4. Как осуществляется осморегуляция у простейших?
5. У каких простейших существует половой процесс и какое это имеет значение?
6. Что такое инцистирование?
7. По каким признакам выделен тип Кишечнополостные?
8. Какие клетки дифференцируются в эктодерме, в энтодерме у кишечнополостных.
9. Имеются ли у кишечнополостных системы органов?
10. Какие кишечнополостные образуют колонии и почему появилась такая форма жизни?
11. По каким признакам выделен тип Плоские черви? На какие классы делят тип Плоские черви?
12. Кто считается окончательным и кто – промежуточным хозяином в цикле развития паразитических животных?
13. Какие меры борьбы осуществляют с паразитическими червями?
14. Чем заполнена полость тела у круглых червей?
15. Какие признаки более высокой организации характерны для круглых червей по сравнению с плоскими червями?
16. Какие признаки более высокой организации имеются у кольчатых червей по сравнению с плоскими и круглыми червями?

17. Какие признаки отличают тип Моллюсков от других типов животных?

18. На какие классы подразделяют тип Моллюсков?

19. Дайте общую характеристику классу ракообразные.

20. Дайте общую характеристику классу паукообразные.

21. Какие признаки строения клещей свидетельствуют об их идиоадаптации в связи с паразитизмом.

22. Дайте общую характеристику классу насекомые.

23. Что такое биологические методы защиты растений?

II. Ситуационные задачи

1. В приюте для бродячих животных производился ветеринарный контроль содержания животных. При обследовании кошек в их фекалиях были найдены яйца кошачьей двуустки.

1) Являются ли больные животные источником опасности гельминтоза для работников приюта?

2) Напишите инвазионную стадию для человека и пути заражения данным гельминтом.

2. В бочке с дождевой водой обнаружены личинки с сифоном, плавающие вниз головой и прикрепляющиеся к поверхностной пленке воды.

1) Назовите отряд насекомых, которым они принадлежат.

2) Опишите эпидемиологическое значение этих насекомых и стадии жизненного цикла.

3. Два друга поспорили: один утверждал, что скорпион – представитель ракообразных, а другой — что скорпионы относятся к паукам. Кто из них прав?

1) Назовите органы дыхания ракообразных и хелицеровых.

2) Перечислите способы питания ракообразных и хелицеровых.

3) Назовите типы конечностей ракообразных и хелицеровых.

4. Почему при использовании химических препаратов для уничтожения тараканов рекомендуется исключить доступ тараканов к воде?

1) Как устроены пищеварительная и выделительная система насекомых?

2) Зачем нужны жировые тела, имеющиеся у тараканов и других насекомых?

5. Изучив внешнее строение скорпиона, сенокосца и клеща, сделайте вывод о времени возникновения этих животных.

1) Как питаются эти животные? Какой тип питания является исходным для хелицеровых?

2) Какие отделы тела можно выделить у этих животных? Что является более специализированным (а, значит, и появившимся позже) – слитое тело без сегментов, или наличие большого числа сегментов?

3) Какие изменения претерпевает организм, переходя к паразитическому образу жизни?

6. С чем связана возможность регенерации тела дождевого червя при разрезании его пополам? На сколько частей его можно разрезать, чтобы все части успешно регенерировали?

1) Как устроена кровеносная система кольчатых червей? За счет чего происходит движение крови по системе кровообращения?

2) Как устроена вторичная полость тела дождевого червя? Всё ли ее содержимое вытечет при рассечении тела червя, или определенная часть?

7. В начале XX века Генри ван Питерс Уилсон поставил эксперимент, во время которого он протирал тело губки через мелкое сито, разделяя его на отдельные клетки. Помещённые в стеклянную чашку клетки начинали группироваться в бесформенные комки красноватого цвета, которые затем обретали структуру и превращались в организм губки.

1) Почему существует возможность деления тела губки на отдельные живые клетки?

2) Можно ли считать, что губки – настоящие многоклеточные организмы? Почему?

8. Если побеспокоить божью коровку, то на конечностях, у ротового отверстия и по краям надкрыльев у нее появляются ярко-желтые капельки. Дайте объяснение этому явлению.

1) Какой тип кровеносной системы у насекомых? Как устроена полость тела насекомых?

2) Перечислите функции гемолимфы насекомых. Зачем появилась необходимость ее выделения на поверхность тела?

9. Мелкие свободноживущие плоские черви (турбеллярии) имеют мешковидный кишечник, а более крупные – трехветвистый или многоветвистый. С чем связана корреляция размеров тела и сложность устройства кишечника турбеллярий?

1) Как устроена пищеварительная система свободноживущих плоских червей?

2) Имеется ли кровеносная система у плоских червей?

10. Назовите причину цефализации (скопления нервных узлов на головном конце тела) плоских червей.

1) Какие органы чувств расположены на головном конце турбеллярий?

2) Какой тип строения нервной системы развит у плоских червей?

Тема 7. Зоология позвоночных

Задание для самоподготовки

Знать: 1) развитие ротового аппарата (первичноротые, вторичноротые); 2) полость тела (бесполостные, первичнополостные, вторичнополостные, миксоцель); 3) интенсивность обмена веществ (пойкилотермные, гомойотермные); 4) классификацию и особенности тканей животных; 5) типы питания у животных; 6) типы дыхания у животных; 7) особенности кровеносной системы животных; 8) особенности выделительной системы у животных; 9) особенности нервной системы у позвоночных и беспозвоночных животных.

План

1. Надкласс Рыбы. Классы Хрящевые и Хордовые рыбы.
2. Класс Земноводные (Амфибии).
3. Класс Пресмыкающиеся (Рептилии).
4. Класс Птицы.
5. Класс Млекопитающие.

7.1. Надкласс Рыбы.

Классы Хрящевые и Хордовые рыбы

Среда обитания – океаны, моря, реки, озера, пруды и болота. Образ жизни – свободноживущие; тело имеет обтекаемую форму, состоит из головы, туловища и хвоста. Тело покрыто чешуей, кожа содержит многочисленные одноклеточные слизевыделительные железы. Органы передвижения – плавники. Осевой скелет – позвоночник. Дыхание – жаберное. Сердце двухкамерное, один круг кровообращения. Органы выделения – парные туловищные почки. Раздельнополые. Оплодотворение наружное – в воде. Развитие прямое.

Ароморфозы: скелет: позвоночник и череп, парные конечности – плавники; двухкамерное сердце, зубы на челюстях, внутреннее ухо, туловищные почки.

Систематика: Класс Хрящевые рыбы.

Надотряд Акулы

Надотряд Скаты

Надотряд Химеры

Класс Костные рыбы

Подкласс Лопастеперые

Надотряд Кистеперые

Надотряд Двоякодышащие

Подкласс Лучеперые

Надотряд Ганоидные

Надотряд Костистые

Тело представителей класса Хрящевые рыбы покрыто плакоидной чешуей. Передняя часть головы вытянута в удлиненное рыло. Рот расположен на брюшной стороне в виде поперечной щели. Парные плавники расположены горизонтально. Хвостовой плавник неравнолопастный. Пять–семь пар жаберных щелей. Жаберные крышки и плавательный пузырь отсутствуют. Скелет хрящевой. Хорда сохраняется в течение всей жизни. Осеменение внутреннее. Выметывают икру, также характерно яйцеживорождение и живорождение.

Костные рыбы могут жить в соленой или пресной воде, а также переходить из морской воды в пресную и наоборот (проходные). Тело рыб покрыто ганоидной или костной (циклоидной или ктеноидной) чешуей. Скелет костный или хрящевой, укрепленный накладными костями. Лопасты плавников поддерживаются хрящевыми или костными лучами. Жабры не разделены перегородкой. Имеются жаберные крышки и плавательный пузырь. Осеменение и оплодотворение наружное, есть живородящие формы.

7.2. Класс Земноводные (Амфибии)

Первые наземные позвоночные, не утратившие связь с водой. Тело разделено на голову и туловище, у некоторых имеется хвост. Кожа тонкая, голая, содержит многочисленные железы, вырабатывающие слизь. Имеют две пары пятипалых конечностей. Скелет представлен позвоночником, черепом, скелетом свободных конечностей и их поясами. Грудной клетки и ребер нет. Дыхание

легочное и кожное. У головастиков – жаберное. Сердце – трехкамерное, два круга кровообращения. Кровь смешанная. По сравнению с рыбами лучше развит передний мозг. Мозжечок развит слабо. Глаза имеют веки. Орган слуха представлен внутренним и средним ухом с барабанной перепонкой. Кишечник заканчивается клоакой. Имеются пищеварительные железы. Выделительная система – парные туловищные почки. Раздельнополые. Размножение и развитие связано с водой. Развитие с метаморфозом. Личинка отличается от взрослых особей – головастик.

Ароморфозы: конечности пятипалые наземного типа, трехкамерное сердце, два круга кровообращения, легочное дыхание, среднее ухо с барабанной перепонкой.

Произошли от кистеперых рыб.

Многообразие земноводных

Класс Земноводные, или Амфибии, делят на три отряда.

Отряд Бесхвостые земноводные

Известно более 7 тыс. видов. Это лягушки, жабы, квакши, жерлянки, чесночницы, крестовки, древолазы и др.

Бесхвостые амфибии обладают широким телом с очень короткой шеей, короткими передними и длинными задними конечностями. Характерный способ передвижения – прыжки.

Отряд Хвостатые земноводные

Известно более 700 видов, распространённых в основном в умеренной зоне Северного полушария. Представители: саламандры, тритоны, углозубы, лягушкозубы, амбистомы, протеи. Большинство видов ведёт водный образ жизни.

Хвостатые амфибии имеют вытянутое тело с довольно длинным хвостом, маленькой головой и конечностями приблизительно одинаковой длины. У некоторых хвостатых земноводных конечности непропорционально малы или настолько редуцированы, что теряют опорную функцию. Размеры тела обычно средние (7–25 см), но китайская исполинская саламандра достигает 180 см в длину и массы 70 кг.

Отряд Безногие земноводные, или Червяги

Известно около 200 видов, распространены в тропиках и субтропиках. Населяют лесную подстилку и верхний слой почвы, обитают во влажных местах.

Для безногих амфибий характерно змеевидное тело, обычно с поперечными перехватами, напоминающими членики червя. Конечности не развиты. Размеры варьируются от 10 до 150 см.

7.3. Класс Пресмыкающиеся (Рептилии)

Современные пресмыкающиеся представляют собой лишь разрозненные остатки богатого и разнообразного мира рептилий, населявшего Землю в мезозойскую эру.

Сейчас насчитывается около 7000 видов рептилий, т. е. почти втрое больше, чем современных земноводных.

Систематика

Класс Пресмыкающиеся (Рептилии)

Отряд клювоголовые (единственный современный представитель – Гатерия)

Отряд черепахи

Отряд крокодилы

Отряд чешуйчатые

Основная характеристика

Пресмыкающиеся являются первыми настоящими наземными позвоночными. Размножаются на суше яйцами. Дышат только лёгкими; механизм дыхания у них всасывательного типа (при помощи изменения объёма грудной клетки). Кожа покрыта роговыми чешуйками или щитками, кожных желёз почти нет. В желудочке сердца имеется неполная или полная перегородка, вместо общего артериального ствола от сердца отходят три самостоятельных сосуда. Почки тазовые. Способны жить в сухом климате: в степях, пустынях и полупустынях. Большинство видов – в тропиках и субтропиках.

Тело состоит из головы, туловища, конечностей и хвоста.

Покровы: эпидермис покрыт чешуйками или щитками и практически не содержит желёз (экономия воды). У ящериц роговые чешуйки перекрывают друг друга, напоминая черепицу. У черепах сросшиеся щитки формируют сплошной прочный панцирь. Смена рогового покрова происходит путём полной или частичной линьки, которая у многих видов происходит несколько раз в год.

Позвоночник расчленяется на шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой отделы.

Из позвонков шейного отдела два передних образуют сустав, позволяющий голове не только двигаться в вертикальной плоскости относительно первого шейного позвонка, но и поворачиваться.

В туловищном отделе от 16 до 25 позвонков, каждый с парой рёбер. Первые несколько рёбер прикрепляются к груди, образуя грудную клетку.

В крестцовом отделе всего два позвонка, к широким поперечным отросткам которых причленяется таз.

В некоторых группах рептилий осевой скелет имеет отличия. У змей позвоночник отчётливо делится лишь на туловищный и хвостовой отделы, грудина отсутствует. У черепах позвонки туловищного отдела срастаются со спинным щитом панциря, вследствие чего неподвижны.

Череп пресмыкающихся значительно более окостеневший, чем у земноводных.

Свое название пресмыкающиеся получили благодаря особенному положению тела. Бедренные и плечевые кости расположены параллельно земной поверхности и расставлены в стороны, а тело провисает между конечностями, практически касаясь грунта. При передвижении конечности не выпрямляются, и брюхо соприкасается («пресмыкается») с субстратом.

Пояс передних конечностей: лопатки, ключицы и каракоиды.

Скелет передних конечностей: плечо, предплечье и кисть.

Пояс задних конечностей: сросшиеся парные подвздошная, седалищная и лобковая кости.

Скелет задних конечностей: бедро, голень и стопа.

На фалангах конечностей расположены когти.

Ароморфозы: грудная клетка, дыхательные пути дифференцированы. Легкие с крупноячеистой или складчатой внутренней дыхательной поверхностью. Неполная перегородка в желудочке сердца, зачатки коры больших полушарий, тазовые почки, зародышевые оболочки (серозная и амнион) и оболочки (скорлуповые) яйца.

Произошли от первых земноводных (стегоцефалов) в каменноугольном периоде палеозойской эры.

7.4. Класс Птицы

Основная характеристика

Тело обтекаемой формы. Кожа тонкая и сухая. Кожные железы отсутствуют (над основанием хвоста – копчиковая железа; функция: уход за перьями, защита от намокания). Тело покрыто перьями. Перья – производные эпидермиса, образованы роговым веществом – кератином; эволюционно произошли от роговых чешуй пресмыкающихся. Скелет птиц лёгок и в то же время прочен,

что важно для полёта. Скелет имеет множество морфофункциональных адаптаций для полёта:

- передние конечности – крылья – адаптированы к полёту;
- пневматические кости – кости с воздушными полостями;
- многочисленные срастания костей (грудная кость, сложный крестец; цевка и пряжка);
- бесшовное срастание костей черепа, крупные глазницы, отсутствие зубов – всё для уменьшения массы;
- открытый таз (откладывание крупных яиц);
- киль – вырост грудины для крепления мощной крыловой мускулатуры.

Скелет головы: череп птиц отличается большой тонкостенной мозговой коробкой, огромными глазницами, беззубыми челюстями. У взрослых птиц кости черепа полностью срастаются, что обеспечивает его прочность. Роговой клюв лёгкий и прочный.

Позвоночник состоит из пяти отделов (шейного, грудного, поясничного, крестцового и хвостового), но многие позвонки срастаются.

Киль – вырост грудины птиц (кроме тех, которые утратили способность к полёту), к которому с обеих сторон прикрепляются мощные грудные и подключичные мышцы, приводящие в движение крыло.

Плечевой пояс состоит из трёх пар костей: саблевидных лопаток, лежащих вдоль позвоночника; тонких ключиц, которые срастаются нижними концами в вилочку, распирающую основания крыльев; коракоидов – массивных костей, соединяющихся одним концом с лопатками и основаниями плечевых костей, а другим – с грудиной.

Скелет крыла:

- пневматические кости плеча,
- кости предплечья (локтевая и лучевая),
- пряжка – сросшиеся кости запястья и пясти,
- сильно редуцированные фаланги II, III и IV пальцев, I и V пальцы атрофированы.

Тазовый пояс образован тонкими подвздошными, лобковыми и седалищными костями, срастающимися у взрослых птиц в единую кость. Задние концы лобковых и седалищных костей у большинства птиц (кроме некоторых страусов) не сходятся, поэтому таз остается снизу открытым.

Скелет задних конечностей:

- кости бедра;
- малая берцовая кость сильно редуцирована и приращена к большой берцовой кости;
- цевка (сросшиеся кости предплюсны и плюсны);
- фаланги пальцев.

Обычно ноги птицы четырёхпалые, но иногда число их сокращается до трёх и даже двух (африканский страус). Из четырёх пальцев в большинстве случаев три направлены вперед и один – назад.

Нервная система: головной мозг с крупными большими полушариями переднего мозга (кора развита слабо), сильным развитием зрительных бугров среднего мозга. Крупный складчатый мозжечок (точная координация движений).

Органы чувств развиты у птиц в различной степени. Хорошо развито зрение (крупные, сложно устроенные глаза). Органы обоняния развиты слабо. Орган слуха включает внутреннее и среднее ухо с одной слуховой косточкой.

Кровеносная система: два круга кровообращения. Сердце четырёхкамерное: два предсердия и два желудочка; полное разделение потоков артериальной и венозной крови – все органы снабжаются только артериальной кровью – высокий уровень обмена веществ – теплокровность.

Органы дыхания приспособлены к усиленному газообмену. Лёгкие птиц имеют губчатое строение. Бронхи, входя в лёгкие, распадаются на всё более мелкие ветви. Последние заканчиваются тончайшими слепыми канальцами – бронхиолами, в стенках которых проходят капилляры кровеносных сосудов.

Двойное дыхание

Лёгкие у птиц имеют дополнительные придатки – лёгочные мешки, расположенные между мышцами, среди внутренних органов и в полостях трубчатых костей крыльев. Дыхание птиц осуществляется путём расширения и сжатия воздушных мешков. Этот процесс получил название двойного дыхания, поскольку отдача кислорода в кровь происходит как при вдохе, так и при выдохе.

При подъёме крыльев воздушные мешки растягиваются, и воздух засасывается в лёгкие и в задние мешки. При опускании крыльев происходит выдох, причём воздух, находящийся в лёгких, перемещается в передние мешки, а в лёгкие проходит воздух из задних мешков.

При попадании каждой новой порции воздуха в легкие, происходит газообмен и поступление в кровь кислорода.

Пищеварительная система

Зубы у современных птиц отсутствуют – их частично заменяют острые края рогового чехла клюва, которым птица захватывает, удерживает и иногда размельчает пищу.

Ротовая полость – длинный пищевод – зоб (пища обрабатывается слюной) – железистый желудок с пищеварительными соками – мускульный желудок с ребристыми стенками и мелкими камешками, заглоченными птицей, – тонкая кишка с протоками печени и поджелудочной железы – толстая кишка – клоака. В клоаку открываются мочеточники и протоки половых желез.

Выделительная система: парные тазовые почки. Мочеточники открываются в клоаку. Густая моча поступает в клоаку, откуда выводится наружу вместе с калом.

Половая система: раздельнополые. Внутреннее оплодотворение. Половой диморфизм.

В зависимости **от степени развития птенцов**, только что вылупившихся из яиц, птиц делят на три группы:

- *выводковые*: птенцы опушённые, зрячие, способны через короткое время самостоятельно питаться (курообразные, гусеобразные, страусы);

- *полувыводковые*: птенцы вылупляются зрячими и опушёнными, но выкармливаются родителями до приобретения способности к полёту (чайки, чистики, буревестники);

- *птенцовые*: птенцы голые, слепые, длительное время остаются в гнезде, где их интенсивно кормят родители (воробьиные, дятлы, голуби).

Птиц можно разделить на **три экологические группы**:

- *оседлые* – остаются в тех местах, где проходило их размножение, а если и меняют места обитания, то улетают не далее, чем за несколько десятков километров (глухари, рябчики, дятлы, воробьи, синицы);

- *кочующие* – регулярно перемещаются в пределах одной природной зоны (свиристели, чечётки, снегири, клесты);

- *перелётные* – совершают дальние миграции, улетая на зимовку в другие природные зоны (журавли, ласточки, трясогузки).

Деление птиц на оседлых, кочующих и перелётных осложнено тем, что один и тот же вид в разных частях своего ареала может вести себя различно. Так, серая ворона на юге европейской части нашей страны – оседлый вид, а на севере – перелётный.

Изменение погодных и кормовых условий по годам также сказывается на характере подвижности птиц. В тёплые зимы при достаточной обеспеченности кормом некоторые перелётные для данного района виды остаются зимовать в местах своего размножения (утки, грачи, дрозды). Это свидетельствует о том, что основная причина перелётов птиц заключается в сезонных изменениях условий существования. В районах, где эти изменения по сезонам выражены резче, число перелётных видов больше.

Ароморфозы: теплокровность, полное разделение венозной и артериальной крови, четырехкамерное сердце, двойное дыхание, совершенная терморегуляция.

Произошли от древесных форм рептилий в мезозойскую эру (начало юрского периода). Древняя птица – археоптерикс – имела черты сходства с пресмыкающимися и с птицами.

Систематика

Класс Птицы

Надотряд Плавающие птицы

Отряд Пингвины

Надотряд Бескилевые

Отряд Африканские страусы

Отряд Американские страусы

Отряд Эму

и др

Надотряд Килевые

Отряд Дятлообразные

Отряд Куриные

Отряд Воробьинообразные

и др.

7.5. Класс Млекопитающие

Основная характеристика

Кожа состоит из эпидермиса, дермы и подкожно-жировой клетчатки. Развит волосаный покров и многочисленные сальные и потовые кожные железы. У некоторых видов волосаный покров редуцирован.

Скелет головы: крупный череп с подвижно прикрепленной нижней челюстью. В углублениях челюстей находятся зубы.

Скелет позвоночника состоит из пяти отделов:

– шейный отдел: 7 позвонков;

- грудной отдел: 12 позвонков; обеспечивает прикрепление грудной клетки;
- поясничный отдел: 6–7 позвонков;
- крестцовый отдел: 4 позвонка; прикрепление пояса нижних конечностей;
- хвостовой отдел с разным числом позвонков.

Позвонки плотно, но подвижно соединены между собой. Задние дуги позвонков образуют длинную трубку, внутри которой расположен спинной мозг.

Скелет грудной клетки: парные рёбра соединены одним концом с грудными позвонками, другим – с непарной грудиной.

Пояс передних конечностей (плечевой пояс): парные лопатки и ключицы (отсутствует у некоторых псовых и непарнокопытных). Отсутствует воронья кость (коракоид).

Скелет передних конечностей: парные плечевые кости, кости предплечья (локтевая и лучевая), кости кисти (кости запястья, пясти и фаланги пальцев).

Пояс задних конечностей (тазовый пояс): парные сросшиеся подвздошные, седалищные и лобковые кости.

Скелет задних конечностей: парные кости бедра, кости голени (большая и малая берцовая), кости стопы (кости предплюсны, плюсны и фаланги пальцев).

У большинства млекопитающих наиболее развиты мышцы спины, конечностей и их поясов. Межрёберные мышцы поднимают и опускают грудную клетку, выполняя дыхательные движения.

Диафрагма – плоская мышца, разделяющая грудную и брюшную полости тела.

Головной мозг млекопитающих состоит из пяти отделов. Наиболее развит передний мозг, имеющий крупные полушария с развитой корой. У млекопитающих с более сложным поведением (хищников и приматов) поверхность полушарий имеет многочисленные борозды и извилины, которые существенно увеличивают площадь коры головного мозга.

Кора больших полушарий – центр высшей нервной деятельности млекопитающих.

Усложнение нервной системы отражается на поведении животных. В основе всех поведенческих актов лежит рефлекс.

Органов чувств у млекопитающих пять: зрение, слух, обоняние, осязание, вкус. Степень развития того или иного органа чувств определяется особенностями образа жизни и типа питания.

Сердце четырёхкамерное: правая сторона сердца – венозная, левая – артериальная. Левая дуга аорты.

Лёгкие альвеолярные – построены из мелких пузырьков (альвеол). В альвеолах лёгких происходит газообмен между кровеносными капиллярами и воздухом окружающей среды. Альвеолы значительно увеличивают дыхательную поверхность лёгких.

Вентиляция лёгких происходит благодаря расширению грудной клетки. Это обеспечивается работой межрёберных мышц и диафрагмы.

Раздельнополые. Половой диморфизм. Внутреннее оплодотворение. Живорождение (исключение – Яйцекладущие). Вскармливание детенышей молоком: у самок – молочные железы). Развитая забота о потомстве.

Ароморфозы: теплокровность, полное разделение венозной и артериальной крови, четырёхкамерное сердце, дифференцированная кора головного мозга, диафрагма, живорождение, внутриутробное развитие, вскармливание детенышей молоком.

Предками млекопитающих были примитивные малоспециализированные палеозойские пресмыкающиеся – зверозубые ящеры. Зубы у них были дифференцированы на резцы, клыки и коренные и располагались в ячейках.

Систематика

Класс Млекопитающие

Подкласс Яйцекладущие (Первозвери, Клоачные) – утконос и ехидна

Подкласс Сумчатые (Низшие звери)

Подкласс Плацентарные (Высшие звери)

Отряды: Насекомоядные, Рукокрылые, Китообразные, Грызуны, Хищные, Ластоногие, Хоботные, Зайцеобразные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Приматы.

Контроль уровня знаний

I. Вопросы для самоконтроля

1. Какое место в эволюции животных занимают хордовые?
2. На какие подтипы и по каким признакам подразделяют тип хордовых животных?
3. На какие классы делят подтип позвоночных? Назовите эти классы в порядке их появления в истории Земли.
4. Какие признаки отличают рыб от других животных?

5. Назовите признаки идиоадаптации, появившиеся у рыб в связи с водной средой обитания.

6. Что такое нерест? Как подразделяются рыбы по способу нереста?

7. Чем отличается рыбоводство от рыборазведения?

8. Как происходит процесс размножения и развитие зародыша у лягушки?

9. Какой экологический фактор определяет распространение земноводных?

10. Почему вымерли гигантские пресмыкающиеся?

11. Какой экологический фактор определяет местообитание современных пресмыкающихся?

12. С чем связаны перелеты птиц?

13. Чем различаются птенцовые и выводковые птицы? Приведите примеры.

14. Какие животные были предками земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих?

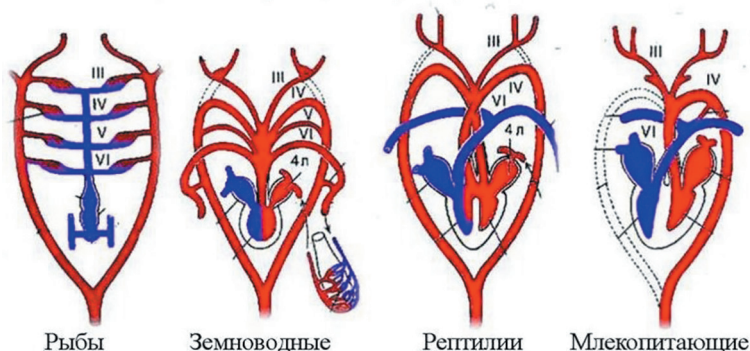
15. Перечислите ароморфозы млекопитающих.

16. Какие меры проводятся в нашей стране по охране живой природы?

17. В чем заключается охрана окружающей среды – одна из основных проблем современности?

II. Ситуационные задачи

1. В процессе развития сердца человека можно проследить повторение этапов филогенетических преобразований сердца в ряду позвоночных. На рисунке представлены схемы строения сердца разных классов позвоночных и стадий развития сердца зародыша человека.





1) Приведите сравнительную характеристику стадий развития сердца в эмбриогенезе человека и представителей разных классов позвоночных.

2) Перечислите основные эволюционные преобразования сердечнососудистой системы в ряду позвоночных.

3) Какие изменения в сердечнососудистой системе происходят в связи со сменой среды обитания – переходом из водной среды обитания к наземной?

4) Какой закон отражает связь индивидуального и исторического развития и в чем его сущность?

2. Человек является представителем отряда Приматов, подотряда Человекоподобных обезьян. Эволюция древних древесных приматов – дриопитеков привела к появлению многочисленной и разнообразной группы австралопитеков. Способность австралопитеков к прямохождению стала решающим моментом начала эволюции человека.

1) Какие черты организации отряда приматов являются антропоморфными?

2) Назовите черты морфофункциональной организации австралопитековых, позволяющие считать их предками человека.

3) Какие факторы эволюции являлись определяющими на прегоминидной стадии эволюции? Приведите доказательства.

4) Какие факторы биологической эволюции оказывают влияние на эволюцию современного человека?

3. Некоторые холодолюбивые рыбы живут у побережий Антарктиды – в воде, находящейся на грани замерзания. Предположите, как объяснить такую холодоустойчивость этих рыб.

1) Что происходит с межклеточной жидкостью при температуре, близкой к нулю?

2) Почему в антарктических водах могут существовать организмы без эритроцитов в крови?

3) Что придает розовый цвет мышечным клеткам?

4. Питон отыскивает свою жертву даже ночью в полной темноте. Предположите, как это происходит, ведь змеи видят и слышат очень плохо.

1) Какие органы чувств есть у рептилий?

2) К какому классу позвоночных относятся потенциальные жертвы питона?

5. У большинства животных зубы располагаются в ротовой полости и служат для захватывания и размельчения пищи. Как измельчают пищу птицы?

1) Как устроена пищеварительная система птиц?

2) Чем кормят птенцов гнездовые птицы?

6. У змей размеры потенциальной добычи часто превышают диаметр тела змеи в спокойном состоянии. Как змеи поглощают добычу, хотя и не могут ее разорвать зубами?

1) В чем состоит особенность скелета грудного отдела змей?

2) Как прикрепляется нижняя челюсть к черепу змеи?

7. У акул на голове часто встречаются массивные выросты и выдающийся нос. Зачем нужна такая форма головы?

1) Какие органы чувств есть у хрящевых рыб?

2) При каком расположении глаз – боковом или фронтальном – легче оценить расстояние до добычи? Почему?

8. При приготовлении акульего супа используют только плавники, остальное мясо морских акул несъедобно. Почему? Почему в этом случае черноморскую акулу катрана можно употреблять в пищу целиком?

1) Какова соленость океанических вод и вод внутренних морей? Какая система органов животных отвечает за солевой обмен?

2) Какие способы регуляции солевого обмена можно предположить у солоноводных рыб?

9. Крокодилы не преследуют длительно добычу, а ловят ее стремительным броском. Определите, какого цвета мышечная ткань скелетных мышц крокодила – светлая, как грудные мышцы курицы, или темная, как мышцы ног курицы, если известно, что птицы отряда куриных плохо летают.

1) Чем определяется цвет мышечной ткани?

2) От чего зависит длительность работы мышц?

10. Зимой в городе можно часто видеть снегирей. Куда перелетают снегири летом?

1) Какие типы перелетов встречаются у птиц?

2) Чем питаются снегири зимой и летом?

11. Заполните таблицу

Основные признаки типов животных

	Губки (<i>Porifera</i> или <i>Spongia</i>)	Пластинчатые (<i>Placozoa</i>)	Гребневики (<i>Ctenophora</i>)	Стрекающие или кишечнодышущие (<i>Cnidaria</i>)	Плоские черви (<i>Plathelminthes</i>)	Коловратки (<i>Rotatoria</i>)	Мшанки (<i>Bryozoa</i>)	Кольчатые черви (<i>Annelida</i>)	Моллюски или мягкотелые (<i>Mollusca</i>)	Нематоды или круглые черви (<i>Nematoda</i>)	Членистоногие (<i>Arthropoda</i>)	Иглокожие (<i>Echinodermata</i>)	Хордовые (<i>Chordata</i>)
Количество зародышевых листков													
Наличие полости тела (если есть, указать, какая)													
Наличие стадии личинки (если есть, указать, какая)													
Наличие скелета (наружный / внутренний, вещества, участвующие в его постройке)													
Спиральный/радиальный тип дробления зародыша													
Сидячий / подвижный взрослый организм													
Пищеварительная система (отсутствует / замкнутая / сквозная)													
Тип нервной системы													
Система, обеспечивающая транспорт веществ													
Система, обеспечивающая транспорт кислорода													
Другие особенности, которые кажутся вам важными (обратите внимание на разнообразие внутри крупных групп, как членистоногие или хордовые)													

Дополнительный материал.

Основные принципы биологической систематики

Задание для самоподготовки

Знать: 1) критерии выделения биологических видов; 2) условия видообразования; 3) механизмы мейоза и митоза.

Систематика живых организмов традиционно строится как отражение их филогении, то есть исторического развития и родства, поэтому именно систематика позволяет объяснить существование у тех или иных живых организмов тех или иных свойств. Современная систематика животных и растений рассматривает и морфологические, и биохимические (генетические) признаки для построения классификации.

Задачи систематики – построение и обоснование системы (т. е. классификации) живых организмов; конкретные элементы такой системы называются таксонами. При этом абстрактные понятия, такие как класс или вид, называются рангами таксонов. Таксоны иерархически соподчинены, то есть таксоны более низкого ранга входят в состав таксона более высокого ранга.

Если таксон включает несколько таксонов низшего ранга, он называется политипическим; если таксон включает лишь один подчиненный таксон, он называется монотипическим.

Следует рассматривать отдельно три принципиально различные категории таксонов:

- виды (объединения особей, связанных единым генофондом);
- надвидовые таксоны (объединения видов, связанных только общим происхождением, но не влияющих на генофонды друг друга в настоящее время);
- подвидовые таксоны (не имеющие в настоящее время репродуктивной изоляции друг от друга).

Виды. Реальность существования видов

Всю совокупность живых организмов принято делить на конечное число дискретных множеств – виды. На вопрос, являются ли эти виды реальными (то есть естественными, существующими без оценки человека) или нет (то есть искусственными, выделяемыми исследователями) может быть один из двух вариантов ответа:

1. Можно рассматривать только ныне живущие организмы.

Во многих случаях современные организмы объединены в естественные виды, внутри которых благодаря половому размножению происходит обмен генами в ряду поколений, тогда как между видами обмен генами отсутствует. В таких случаях говорят о хороших видах. Помимо «хороших» видов, существуют спорные виды, например, гибриды между разными видами ивы или березы.

2. Можно рассматривать не только современные, но и те вымершие организмы, от которых известны ископаемые остатки. Палеонтологическая летопись выхватывает из всего существовавшего многообразия организмов лишь отдельные фрагменты филогенетического дерева, поэтому эти виды естественны.

3. Можно рассматривать все когда-либо существовавшие организмы. В этом случае все многообразие живых организмов предстает в виде непрерывного ветвящегося филогенетического дерева, в котором нигде нет разрывов, и которое поэтому нельзя естественным образом разделить на виды. Эволюционные изменения видов происходят постепенно, и потомки не могут отличаться от своих родителей как хорошие виды, и в этом случае деление на виды является искусственным (исследователь сам проводит границу между «старым» видом и «новыми»).

Естественные границы между видами определяются репродуктивным критерием, и могут быть найдены с помощью вспомогательных критериев — морфологического и географического.

Критерии биологического вида

1. *Репродуктивный критерий.* Является единственным естественным критерием биологического вида. Этот критерий выражается в том, что особи, репродуктивно изолированные друг от друга, относятся к разным видам, а особи, способные скрещиваться и давать плодовитое потомство, относятся к одному виду. Для организмов, не имеющих полового размножения (например, бактерии), репродуктивный критерий не применим; для них устанавливают условные виды, подобные видам у организмов, имеющих половое размножение.

2. *Морфологический критерий.* Когда репродуктивный критерий вида не может быть применен непосредственно, используют морфологический критерий. Морфологический критерий вида является вспомогательным по отношению к репродуктивному.

Морфологический критерий выражается в том, что если две формы имеют полное различие по каким-либо морфологическим

(или любым другим – цитологическим, биохимическим, физиологическим и др.) признакам, то они, скорее всего, репродуктивно изолированы и, следовательно, относятся к разным видам.

3. *Географический критерий*. Понятие «географический критерий» формулируется следующим образом: если две морфологически различающиеся формы обитают на одной территории и не образуют гибридов, они, скорее всего, относятся к разным видам. В такой формулировке географический критерий является вспомогательным для морфологического (который, в свою очередь, является вспомогательным для репродуктивного).

4. *Критерий Хеннига*. В отличие от предыдущих критериев, этот критерий производит разделение на виды не в конкретный момент времени, а в историческом (временном) направлении.

Отдельными видами на филогенетическом древе предлагается считать каждую ветвь, начиная от ее места отхождения от другой ветви, если эти ветви приводят к репродуктивно изолированным видам; кроме того, отдельными видами считаются все отрезки филогенетических ветвей, находящиеся между местами ответвлений видов.

Если вид А существует во времени, никак не изменяясь, но от него ответвляется вид В, то, согласно критерию Хеннига, мы должны считать, что после ответвления вида В вид А перестал существовать и вместо него образовался новый вид С (хотя никаких различий между А и С нет). Это формализует каталогизацию видов (то есть сделано для удобства исследователей), в связи с чем данный критерий является искусственным.

Систематика надвидовых таксонов

Большинство современных систематиков считают, что знание филогении необходимо для построения классификации. Слово филогения, или филогенез (от греческого *phylum* – племя, и *genia* – происхождение) используется в двух несколько разных значениях: в широком смысле – это историческое развитие организмов, то же что «эволюция» в современном значении слова; и в узком смысле – это последовательность ветвлений родословного (т. е. филогенетического) дерева. Обычно применительно к систематике используют второй подход.

Графически филогения изображается в виде разветвляющейся линии (дендрограммы), которая называется филогенетическим деревом (рис. 23). Одно из измерений – это графика – обозначает время, а другое – степень различия в строении организмов.



Рис. 23. Филогенетическое дерево Amniota (по Кляге, 1988).

Иногда на филогенетической схеме время обозначается в каком-либо масштабе (чаще оно измеряется в геологических периодах и эрах, реже – в миллионах лет, вычисленных на основании изотопного анализа).

Всякая филогенетическая схема является не законченным рисунком, а лишь фрагментом единой филогенетической схемы всего мира живых организмов, так что основание филогенетической схемы всегда показывают как отрезанное в произвольном месте.

Геккелевская триада

Принято считать, что реконструкция филогении возможна при сочетании трех взаимодополняющих методов – эмбриологического, палеонтологического и сравнительного (или сравнительно-морфологического). *Сочетание этих трех методов*, предложенное во второй половине XIX в. Э. Геккелем, называют «Геккелевской триадой».

Эмбриологический метод основывается на «биогенетическом законе», согласно которому каждый организм в процессе своего онтогенеза в сокращенной и измененной форме повторяет свой филогенез, то есть, более древние признаки должны появляться в индивидуальном развитии раньше, чем эволюционно более молодые признаки. Для обоснования «биогенетического закона» используют примеры, в которых организмы из разных таксонов на более ранних стадиях онтогенеза имеют большее сходство между собой, чем те же организмы на более поздних стадиях онтогенеза. Но даже в примере с онтогенезом рыбы, птицы и человека это не так – эти организмы на самых ранних стадиях онтогенеза

(дробление, гастрюла и др.) имеют более резкие внешние различия, чем на стадии жаберных щелей.

В то же время данные эмбриологии чрезвычайно важны и зачастую являются незаменимыми для реконструкции филогении — многие важнейшие филогенетические ветви выявлены только благодаря наличию общих признаков на ранних стадиях онтогенеза. Здесь, однако, данные эмбриологии используются не в качестве особого эмбриологического метода, а как материал для сравнительного метода.

Палеонтологический метод предполагает, что можно непосредственно увидеть результат эволюционного преобразования, если сравнить современные организмы с ископаемыми остатками их предков. Однако в настоящее время нет никаких прямых методов для того, чтобы установить, является ли этот ископаемый организм непосредственным предком какого-либо современного организма.

Палеонтологическая летопись во многом является случайной — например, мягкотелые животные имеют гораздо меньше шансов сохраниться, чем животные с твердым скелетом, поэтому наличие в древних отложениях животных со скелетом и отсутствие там мягкотелых животных отнюдь не свидетельствует о том, что современные мягкотелые животные возникли в результате утраты скелета. Поскольку наземные животные и растения захоранивались преимущественно в озерных осадках, наибольшее число их ископаемых остатков относится к озерным и прибрежным видам; но из этого отнюдь не следует, что эти виды древнее всех прочих, или что в древних фаунах преобладали прибрежноводные виды. Богатые коллекции ископаемых получены из отдельных месторождений, где условия осадконакопления способствовали хорошей сохранности ископаемых; но из того факта, что в эти локальные захоронения не попали те или иные виды, отнюдь не следует, что эти виды в то время не существовали.

Поэтому палеонтологический метод сам по себе не дает желаемых результатов. В то же время данные палеонтологии имеют огромное значение для реконструирования филогении. Во многих случаях ископаемые организмы имеют такие признаки и сочетания признаков, которые не встречаются у современных видов. Поэтому сравнительный анализ ископаемых дает результаты, которые нельзя было бы получить, изучая лишь современные формы. Но в этом случае используется не особый палеонтологический

метод, а сравнительный метод, применяемый к палеонтологическим объектам.

Сравнительный метод является по существу единственным действенным методом реконструирования филогении. Он также называется сравнительно-морфологическим. Слово «морфология» здесь надо понимать широко: кроме внешней морфологии организма, в это понятие надо включать и анатомию, гистологию, цитологию, биохимию, и все врожденные свойства организма (физиологию, поведение и др.). Сравнительный метод распространяется не только на свойства взрослого организма, но на все стадии онтогенеза (то есть использует данные эмбриологии), и не только на современные организмы, но и на ископаемые (то есть использует данные палеонтологии).

Кладистический анализ

Основоположником кладистического анализа (от греческого *cladus* – ветвь) считается немецкий энтомолог Вилли Хенниг (1913–1976), опубликовавший в 1950 г. книгу «Основы теории филогенетической систематики». Заслуга Хеннига состоит в том, что он впервые ясно и последовательно описал методы реконструирования филогении, и именно его публикации заставили последующих авторов ясно формулировать принципы, которые они используют для своих филогенетических реконструкций.

Хенниг ввел в употребление несколько важных терминов.

Термин *апоморфия*, или *апоморфный признак* – это прогрессивный, то есть продвинутый (или производный, вторичный) признак. Термин *плезиоморфия*, или *плезиоморфный признак*, означает примитивный признак, называемый также исходным, предковым признаком. Плезиоморфия и апоморфия – это два альтернативных состояния признака, соответственно до и после произошедшего с признаком эволюционного изменения. Термины «апоморфный» и «плезиоморфный» определяют направление эволюционного изменения конкретного признака.

Апоморфия, отличающая данный таксон от всех прочих, называется его *аутапоморфией*, а апоморфия, общая для нескольких таксонов, называется их *синапоморфией*. Плезиоморфия, общая для нескольких таксонов, – это их *симплезиоморфия* (рис. 24).

Кладистический анализ базируется на предположении, что эволюционные преобразования неповторимы. Следовательно, если у нескольких видов имеется синапоморфия, это свидетельствует о том, что все эти виды унаследовали этот признак

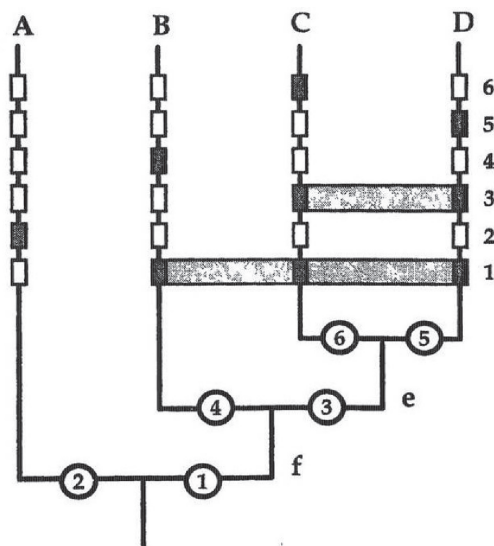


Рис. 24. Реконструкция филогенетических отношений четырех таксонов (A, B, C < D) на основе анализа шести признаков (1–6): е и f – гипотетические (неизвестные на данный момент) предковые таксоны, белые прямоугольники – плезиоморфное состояние признака, черные прямоугольники – апоморфное состояние признака, серая полоса, соединяющая ветви – синапоморфия (по Кляге, 1988).

от своего общего предка и, следовательно, эти виды образуют единую филогенетическую ветвь.

Филогенетическое дерево, построенное только на основе кладистического анализа, называется *кладограммой*. Она содержит только информацию о последовательности ветвления и не содержит информации об абсолютном времени ветвления, степени различий между ветвями и числе видов в каждой ветви.

Для выяснения, какое состояние признака является плезиоморфным, а какое апоморфным, используется принцип внешней группы, который выражается в следующем: плезиоморфными окажутся те состояния признаков, которые помимо данной филогенетической ветви встречаются также где-то за ее пределами, а апоморфными – те состояния, которые за пределами данной ветви нигде не встречаются.

Если вместо фенотипических признаков использовать генотипические признаки, родственные связи организмов могут быть выявлены более достоверно. Однако непосредственное изучение

генотипов связано с техническими трудностями, поэтому чаще проводится традиционный анализ фенотипических признаков.

Последовательность аминокислотных остатков в белках позволяет более однозначно судить о генах, чем другие фенотипические признаки. Поэтому с целью возможно более достоверного реконструирования филогении проводятся сравнительные исследования первичных структур определенных белков у представителей разных таксонов. С этой же целью проводится непосредственное изучение последовательностей нуклеотидов в определенных молекулах ДНК или РНК у представителей разных таксонов.

Поскольку в хромосомном аппарате имеются сложные регуляторные механизмы, имеются высоко- и низкомутабельные локусы; в определенных локусах хромосом многократно могут независимо возникать идентичные мутации. Надежными синапоморфиями являются только те замены нуклеотидных оснований, которые находятся в низкомутабельных локусах.

Принципы систематики надвидовых таксонов

Считается общепринятым, что классификация видов живых организмов должна строиться по строго иерархическому принципу: каждая систематическая группа (таксон) входит в состав таксона более высокого ранга, причем один и тот же таксон не может входить в состав двух или более таксонов одинакового ранга. Система живых организмов создавалась как отражение объективно существующей в природе закономерности, но лишь с развитием эволюционной теории стал в общих чертах понятен природный механизм, благодаря которому существует эта закономерность. Единство каждого таксона обеспечивается происхождением всех элементов этого таксона от общего предка, а иерархия системы обеспечивается тем, что увеличение числа видов происходит путем дивергенции (разделения одного предкового вида на два или несколько дочерних). А образование одного вида от двух или нескольких предковых в большинстве случаев невозможно (как, например, симбиотические организмы, что является проблемой для применения традиционной систематики в настоящее время). Здесь следует обратить внимание на одну деталь, часто упускаемую из вида. Естественную иерархическую систему можно составить лишь для временного среза филогенетического древа. Если же взять всю совокупность когда-либо существовавших организмов (что можно сделать лишь мысленно), то они образуют

единое филогенетическое древо, то есть непрерывную ветвящуюся цепь поколений, и не могут быть разбиты ни на виды, ни, тем более, на таксоны более высокого ранга. До сих пор нет полного единогласия по поводу принципов построения системы живых организмов.

Все таксоны можно разделить на монофилетические, полифилетические, парафилетические и голофилетические.

Монофилетическим в широком смысле слова называется таксон, включающий в себя предка, общего для всех членов этого таксона, а также все филогенетические ветви, идущие от этого предка к каждому члену этого таксона.

Голофилетическим или *строго монофилетическим* является таксон, который включает не только общего предка и все филогенетические ветви, идущие от этого предка к каждому члену этого таксона, но и всех потомков этого предка. Среди признаков, характеризующих голофилетический таксон, обычно имеются апоморфии, являющиеся при этом синапоморфиями всех групп, входящих в этот таксон.

Из определения следует, что голофилетический таксон не может быть предковым для какого-либо другого таксона, поскольку любые формы, произошедшие от членов голофилетического таксона в результате эволюционных преобразований, входят в этот же таксон.

Парафилетическим называется таксон, включающий в себя предка, общего для всех членов этого таксона, и все филогенетические ветви, идущие от этого предка к каждому члену этого таксона, но включающего не всех потомков этого предка. В отличие от голофилетического, парафилетический таксон является предковым для другого таксона (или нескольких других таксонов). Классическим примером парафилетического таксона является класс рептилии (Reptilia). Согласно общепринятой теории о филогении этой группы, от динозавров произошли птицы; при этом динозавры помещаются в класс Reptilia, а птицы не входят в этот класс, и для них выделяется особый класс Aves.

Полифилетическим называется таксон, не включающий в себя предка, общего для всех членов данного таксона, либо не включающий в себя какие-либо участки филогенетических ветвей, соединяющий общего предка таксона с каким-либо из его членов (точнее сказать, эти предки не удовлетворяют диагнозу таксона). Признаки, на которых основан диагноз полифилетического

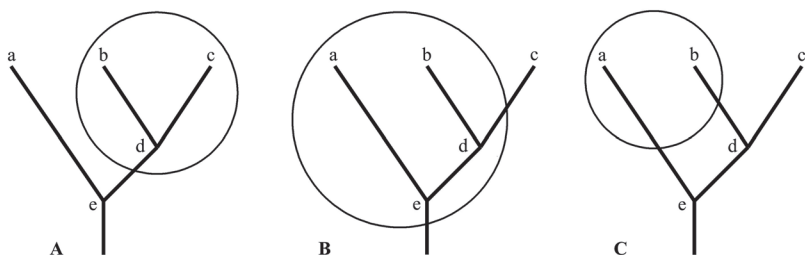


Рис. 25. Выделение голо-, пара- и полифилетических таксонов

таксона, возникали в эволюции независимо несколько раз. Если на филогенетической схеме обвести замкнутой линией полифилетический таксон, то эта линия пересечет филогенетическое дерево более чем в одном месте – не менее двух раз на разных входах в таксон (рис. 25).

Долгое время общепризнанным таксоном был отдел Algae (водоросли), объединявший зеленые, синезеленые, красные, бурые и другие водоросли, характеризовавшийся только плезиоморфиями и являвшийся парафилетическим таксоном. На определенном уровне знаний отдел Algae казался вполне приемлемым и естественным, несмотря на отсутствие апоморфий. Однако исследование тонких структур клеточной организации выявило синапоморфии части водорослей с прочими растениями, с грибами и животными, тогда как у другой части водорослей эти апоморфии отсутствуют. На основании этого система живых организмов была изменена таким образом, что часть бывшего отдела Algae вместе с растениями, грибами и животными объединена в голофилетический таксон Eucariota, а другая часть водорослей вместе с бактериями объединена в таксон Procariota.

Кладизм (филогенетическая систематика)

Кладизм является единственным последовательным и четко сформулированным принципом построения системы. Однако его положения выглядят слишком новаторскими, в связи с чем некоторые авторы его не признают. Принципы кладизма были сформулированы в книге Вилли Хеннига.

Суть кладизма можно сформулировать кратко: все таксоны должны быть только голофилетическими. Не допускается присутствие в системе не только полифилетических, но и парафилетических таксонов.

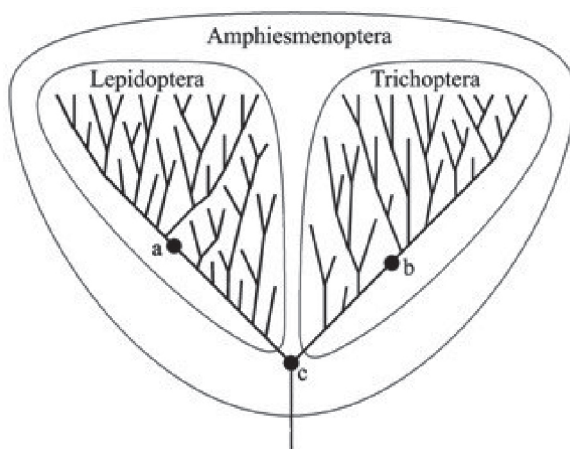


Рис. 26. Границы таксонов Lepidoptera, Trichoptera и Amphiesmenoptera в кладистической систематике. Тонкой линией обведены границы таксонов; жирными точками показаны следующие предковые виды: а – общий предок всех современных Lepidoptera; b – общий предок всех современных Trichoptera; c – общий предок Lepidoptera и Trichoptera, не входящий в эти таксоны, но входящий в таксон высшего ранга Amphiesmenoptera.

Согласно этому принципу иерархия таксонов оказывается однозначно соответствующей иерархии ветвления филогенетического дерева. Благодаря этому устраняется произвол в построении системы: если все таксоны должны быть только голофилетическими. Не остается возможности выбора между разными способами разделения филогенетического дерева на таксоны: во всех случаях граница между таксонами наиболее высокого ранга должна проходить по наиболее раннему по времени ветвлению рассматриваемой части филогенетического дерева. Принцип кладизма влечет за собой важные следствия.

1) Если все таксоны являются голофилетическими, то никакие таксоны не могут быть материнскими (предковыми) и дочерними, а могут быть только сестринскими.

2) Не все виды организмов могут быть отнесены к таксонам всех рангов (рис. 26).

Традиционализм (эволюционная систематика)

Традиционализм возник как противопоставление кладизму и ставит своей целью защиту и обоснование тех положений, которые традиционно существуют в систематике, но отвергаются

кладизмом. В имеющихся на сегодняшний день системах живых организмов присутствуют не только голофилетические, но и заведомо парафилетические таксоны. По мнению традиционалистов, парафилетические таксоны не только могут, но и должны существовать наряду с голофилетическими (тогда как полифилетических таксонов, по мнению традиционалистов, так же, как и по мнению кладистов, быть не должно). При этом утверждается, что естественный таксон должен, прежде всего, характеризоваться общими признаками, унаследованными от предка; такими признаками являются не только апоморфии (характеризующие голофилетический таксон), но и плезиоморфии (характеризующие парафилетический таксон). В соответствии с этим, в традиционализме существует понятие предкового таксона – то есть ближайшие таксоны одного ранга могут быть не только сестринскими, но и материнским–дочерним.

Ранги надвидовых таксонов

Часто (но не всегда) каждому таксону присваивают определенный ранг. Список рангов, употребляемых в современной систематике, приведен в табл. 9.

**Табл. 9. Названия наиболее употребляемых рангов таксонов
(в порядке от более высоких к более низким)**

Латинский термин	Русский термин	В зоологической систематике	В ботанической систематике
imperium	империя	основной	основной
regnum	царство	основной	основной
phylum	тип	основной	—
divisio	отдел	—	основной
classis	класс	основной	основной
legio	легион	дополнительный	—
cohors	когорта	дополнительный	—
ordo	отряд, порядок	основной	основной
familia	семейство	основной	основной
tribus	триба	дополнительный	дополнительный
genus	род	основной	основной
sectio	секция	—	дополнительный
series	серия	—	дополнительный
species	вид	основной	основной
varietas	разновидность	дополнительный	дополнительный
forma	форма	дополнительный	дополнительный

Из перечисленных в таблице рангов *regnum* (царство), *classis* (класс), *ordo* (отряд в зоологии или порядок в ботанике), *genus* (род) и *species* (вид) использовались в качестве обязательных в классических работах К. Линнея (середина XVIII в.). Позже в качестве обязательного добавились ранги *familia* (семейство), зоологический ранг *phylum* (иногда называвшийся также *typus* – тип) и аналогичный ему ботанический ранг *divisio* (отдел).

Ранги являются привычным компонентом систематики. Только один ранг – вид – имеет научно обоснованное определение. Значение всех остальных рангов сводится лишь к тому, чтобы показать иерархическую соподчиненность таксонов: таксон более высокого ранга делится на таксоны более низкого ранга.

Биологическая номенклатура

Общее число видов живых организмов неизвестно. Их значительно больше миллиона, и ежегодно описываются десятки тысяч неизвестных ранее видов животных и растений. Огромное число видов вызывает большие трудности с номенклатурой, усугубляемые нестабильностью существующей классификации. Проблемы с названиями видов и других таксонов заставили создать международные кодексы номенклатуры.

Существуют 3 независимых международных кодекса номенклатуры.

1) Международный кодекс зоологической номенклатуры (МКЗН). В настоящее время действует четвертое издание Кодекса, вступившее в силу с 1 января 2000 г.

2) Международный кодекс ботанической номенклатуры (МКБН). Новое издание этого кодекса принимается каждые 5 лет на очередном ботаническом конгрессе и публикуется через 1–3 года после принятия. Распространяется не только на растения в современном понимании, но также и на синезелёные водоросли, которые по существу являются бактериями, на грибы, а также на оомицеты, хитридиомицеты и слизевики, которых относят к грибоподобным организмам.

3) Международный кодекс номенклатуры бактерий (МКНБ). Опубликовано в 1975 г. (русский перевод вышел в 1978 г.).

Кроме того, могут быть зависимые кодексы: например, Международный кодекс номенклатуры культурных растений является зависимым от Международного кодекса ботанической номенклатуры.

Цель этих кодексов – обеспечить стабильность и универсальность научных названий живых организмов, так чтобы название каждого таксона было единственным и отличным от других. При этом кодексы имеют дело только с названиями, не вмешиваясь в систематику.

Принцип приоритета

Принцип приоритета выражается в том, что если один и тот же таксон имеет более одного пригодного названия, то действительным является лишь одно из этих названий, а именно то, которое было раньше других опубликовано; остальные названия считаются его младшими синонимами. Принцип приоритета обязательно должен быть ограничен: он распространяется только на названия, опубликованные после определенной даты (исходной даты приоритета); все названия, опубликованные до этой даты, считаются непригодными. В зоологической номенклатуре исходной датой приоритета является 1 января 1758 г. Эта дата считается датой опубликования 10-го издания *Systema Naturae* К. Линнея (именно в этом издании Линней последовательно придерживался принципа биномиальной номенклатуры). Это значит, что все названия, опубликованные до 1758 г. автоматически считаются непригодными. В ботанической номенклатуре, в отличие от зоологической, имеется не одна, а несколько исходных дат приоритета – разные даты для разных групп растений. Для большинства растений это 1 января 1753 г. – дата опубликования 1-го издания «*Species Plantarum*» К. Линнея. Для некоторых групп растений и грибов установлены особые даты ограничения приоритета, соответствующие годам опубликования фундаментальных ревизий. Другой особенностью ботанической номенклатуры является то, что названия, данные современным таксонам, имеют приоритет над названиями ископаемых.

Для каждого названия таксона обозначается тип (типовой таксон). Для названия вида или внутривидового подразделения типом является экземпляр. В зоологической и ботанической номенклатуре тип вида представляет собой коллекционный экземпляр, снабженный специальной этикеткой и хранящийся особенно бережно: тип не может быть заменен, даже если он сильно испорчен. В номенклатуре бактерий (в систематике которых особенно большое значение имеют биохимические признаки) типом считается не коллекционный экземпляр, а живой клон.

Для названия рода или внутривидового подразделения типом является типовой вид (в старой литературе иногда тип рода

назывался генотип, сейчас это слово по понятным причинам не используется). Типовой вид рода указывается в первоначальном описании рода, а для старых названий (где это не было сделано первоначально) – в одной из последующих публикаций.

Каждое название таксона ранга семейства имеет типовой род.

Типы служат для того, чтобы название не переносилось с одного таксона на другой. Например, если то, что ранее считалось одним родом, разделяют на несколько более мелких родов, прежнее родовое название сохраняется за тем родом, к которому относится типовой вид. Номенклатурные типы служат для того, чтобы определить, какому виду или надвидовому таксону присвоить то или иное название; то есть они служат не для решения вопросов систематики, а для решения вопросов номенклатуры.

Синонимами называются разные пригодные названия, данные одному и тому же таксону. В соответствии с приоритетом и типовым таксоном, действительным (валидным) признают только одно из этих названий, называемое старший синоним; остальные пригодные названия – младшие синонимы – являются недействительными. Младшие синонимы не употребляются, но и не изымаются из номенклатуры (то есть остаются пригодными): при изменении системы могут стать действительными.

Омонимами называются одинаковые названия, данные разным таксонам. Кодексы предписывают устранять омонимию, при этом, как и в случае с синонимами, действует принцип приоритета.

В зоологической номенклатуре название таксона ранга вида не должно повторяться в пределах одного рода, а название таксона ранга рода не должно повторяться во всем царстве животных.

В ботанической номенклатуре название внутривидового таксона не должно повторяться в пределах одного вида; название вида – в пределах одного рода; название рода – во всей ботанической номенклатуре.

При этом зоологическая, ботаническая номенклатура и номенклатура бактерий являются независимыми друг от друга, то есть в каждой из этих номенклатур не учитываются названия других номенклатур; поэтому, например, одно и то же слово может быть названием рода животного и рода растения, но не может быть названиями двух разных родов животных.

Кодексы регулируют не только выбор названий, но и их написание. Названия являются латинскими или латинизированными

(то есть записанными латинскими буквами и читаемыми по правилам латинской грамматики); по этимологии они могут быть любыми (латинскими, греческими, взятыми из любых других языков, либо произвольными сочетаниями букв). Все названия таксонов родовой группы и группы семейства пишутся только с заглавной буквы, а названия видовой группы (в ботанике называемые эпитетами) – со строчной буквы, независимо от места в предложении (в современной зоологии – всегда только со строчной буквы, независимо от их этимологии; в ботанике эпитеты, представляющие собой имена собственные, пишутся с большой буквы). В тексте биномен, как правило, пишется курсивом. Видовой эпитет не следует приводить отдельно от имени рода, поскольку без имени рода оно лишено смысла (у нескольких разных видов может быть одинаковый эпитет). В некоторых случаях (например, при повторном использовании названия в статье) допускается сокращение имени рода до одной буквы или стандартного сокращения.

Название вида является бинарным, то есть состоит из родового и видового названия, пишущихся раздельно без знаков препинания между ними, например *Cloeon dipterum*. Название подвида в зоологии состоит из трех слов: собственно подвиговое название пишется после соответствующего родового и видового названий также без знаков препинания, например *Heptagenia sulphurea dalearlica*. В ботанике перед внутривидовым эпитетом сокращенно указывается его ранг (subsp., var., subvar, f. или subf.), например *Acer palmatum* var. *dissectum*.

В бинарном названии вида второе слово (собственно видовое название), если это прилагательное, должно сочетаться в грамматическом роде с родовым названием.

Приведение фамилии автора названия является необязательным, но во многих случаях желательно. Фамилия автора относится только к последнему слову в названии. Фамилия автора пишется после названия без каких-либо знаков препинания, часто ставится также год опубликования, отделенный от фамилии автора запятой. Если после первого опубликования названия вида было изменено его родовое название, фамилия автора видового названия заключается в круглые скобки. Например, *Cetraria islandica* (L.) Ach., 1803 – вид лишайника, в современном понятии описанный Э. Ахариусом в 1803, но ранее описанный К. Линнеем в составе рода *Lichen* как вид *Lichen islandicus* L.

МКЗН не рассматривает названия таксонов выше надсемейства; МКНБ не рассматривает названия таксонов выше порядка; МКБН лишь дает рекомендации для образования и употребления названий таксонов выше семейства. Для высших таксонов, названия которых не регулируются кодексами, используются латинские или латинизированные названия, пишущиеся с заглавной буквы. Для таких названий нет однозначных правил приоритета и нет типовых таксонов, поэтому выбор пригодного названия осуществляется произвольно.

Некоторые авторы отстаивают необходимость введения для высших таксонов унифицированной номенклатуры. При этом предполагается все названия высших таксонов, подобно названиям таксонов группы семейства, образовывать от названия типового рода с добавлением суффикса и окончания, соответствующего рангу таксона. Какими именно должны быть суффиксы и окончания для тех или иных рангов – по этому поводу существуют разногласия между разными авторами и устанавливаются разные традиции для разных групп организмов. Достоинством такой унифицированной номенклатуры является то, что каждое название содержит в себе информацию о типовом роде и о придаваемом этому таксону ранге.

Ситуационные задачи

Задача 1. В систематике принята бинарная (биномиальная) номенклатура, в которой название вида состоит из двух слов. В чем ее преимущества и недостатки по сравнению с: (а) униномиальной, когда название состоит из одного слова и (б) полиномиальной, когда название состоит из трех и более слов?

Задача 2. Кораллы, губки, грибы и бактерии, когда-то считались растениями. Как вы думаете, на основании каких признаков это делалось, и почему в настоящее время перечисленные группы исключены из царства растений?

Задача 3. Даны характеристики 5 видов растений. Необходимо:

- 1) Проанализировать признаки внешней группы и выбрать апоморфные (продвинутые) признаки.
- 2) Составить таблицу, отражающую признаки этих видов и их (апоморфное или плезиоморфное) состояние.
- 3) Построить кладограмму так, чтобы любые две соседние ветви характеризовались общей апоморфией. Если кладограмм

получается несколько, установить критерий выбора и выбрать одну из них.

Подорожник большой (*Plantago major* L.): Главный корень отмирает в первые недели жизни; корневище менее 1 см в длину; листья округлые; с черешками; плод – остроконическая коробочка; в каждой коробочке 6–11 семян.

Подорожник средний (*Plantago media* L.): Главный корень сохраняется; корневище более 1 см в длину; листья яйцевидные; с черешками; плод – овальная коробочка; в каждой коробочке 2–4 семени.

Подорожник приморский (*Plantago maritima* L.): Главный корень сохраняется; корневище 1 см в длину; листья узколинейные; без черешков; плод – остроконическая коробочка; в каждой коробочке 1–2 семени.

Подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata* L.): Главный корень сохраняется; корневище более 1 см в длину; листья яйцевидные или более узкие ланцетные; с черешками; плод – округлая коробочка; в каждой коробочке 2 семени.

Подорожник топяной (*Plantago uliginosa* F. W. Schmidt): Главный корень отмирает в первые недели жизни; корневище менее 1 см в длину; листья яйцевидные или ланцетные; с черешками; плод – остроконическая коробочка; в каждой коробочке 12–30 семян.

Внешняя группа:

Род Псиллиум (*Psyllium*): Главный корень сохраняется; корневище отсутствует (но есть у других претендентов на роль внешней группы, скажем, у рода Вероника (*Veronica*) длинное (свыше 1 см) корневище); листья узколинейные; без черешков; плод – округлая коробочка; в каждой коробочке 2 семени.

Использованные и рекомендованные источники

Учебники и учебные пособия

1. Биология: учебник и практикум для вузов / В.Н. Ярыгин [и др.]; под ред. В.Н. Ярыгина. – 2-е изд. – Москва: Юрайт, 2022. – 378 с.

2. *Дмитричева Л.Е., Глушкова Н.Б.* Практикум по анатомии и гистологии организмов. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2022. – 132 с.

3. *Зеленева Ю.В.* Биология: рекомендации к лекционным занятиям Том 2. – Тамбов: ООО «Принт-Сервис», 2016. – 172 с.

4. *Клюге Н.Ю.* Принципы систематики живых организмов: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. – 88 с.

5. *Инге-Вечтомов С.Г.* Генетика с основами селекции: учебник для студентов высших учебных заведений. – 3-е издание, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2015. – 720 с.

6. *Кустов С.Ю., Гладун В.В.* Зоология беспозвоночных: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2022. – 271 с.

7. *Машинская Н.Д. и др.* Зоология позвоночных: учебное пособие для вузов. – Москва: Юрайт, 2022. – 213 с.

8. *Северцов А.С.* Теории эволюции: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2022. – 384 с.

Интернет источники

9. МегаОбучалка: <https://megaobuchalka.ru>. (дата обращения: 03.08.2022).

10. Юрайт – образовательная платформа: <https://urait.ru/> (дата обращения: 25.09.2022).

11. Российская государственная библиотека: <https://www.rsl.ru/> (дата обращения: 25.09.2022).

Содержание

Тема 1. Изменчивость организмов	3
1.1. Модификационная изменчивость	4
1.2. Наследственная изменчивость	7
Контроль уровня знаний	13
Тема 2: Эволюция органического мира. Факторы эволюционного процесса	17
2.1. Популяция – элементарная эволюционирующая единица	20
2.2. Принцип популяционного равновесия. Закон Харди–Вайнберга	21
2.3. Естественный отбор. Формы естественного отбора	23
2.4. Формы борьбы за существование	27
2.5. Волны жизни. Дрейф генов	28
2.6. Миграции. Изоляция	29
2.7. Адаптация как результат взаимодействия факторов эволюции	30
Контроль уровня знаний	33
Тема 3. Видообразование и макроэволюционный процесс. Возникновение и развитие жизни на Земле.	36
3.1. Микроэволюция. Видообразование	37
3.2. Доказательства эволюции	38
3.3. Направления, пути и способы эволюции	39
3.4. Правила эволюции	41
3.5. Гипотезы о происхождении жизни	43
3.6. Основные этапы неорганической и органической эволюции	47
Контроль знаний	48
Тема 4. Царство Растения. Систематика Низших и Высших споровых растений.	51
4.1. Развитие растительного мира на Земле	52
4.2. Подцарство Багрянки (Красные водоросли). Подцарство Настоящие водоросли.	56
4.3. Подцарство Высшие споровые растения. Отдел Моховидные.	59
4.4. Подцарство Высшие споровые растения. Отдел Папоротниковидные, отдел Хвощевидные, отдел Плауновидные	60
Контроль уровня знаний	63

Тема 5. Семенные растения. Грибы и лишайники.	
Экологические группы растений	65
5.1. Отдел Голосеменные	66
5.2. Отдел Покрытосеменные (Цветковые) растения	68
5.3. Грибы. Лишайники	73
5.4. Экологические группы растений по отношению к различным факторам среды	78
Контроль уровня знаний	81
Практическое занятие	82
Тема 6. Зоология беспозвоночных	90
6.1. Развитие животного мира на Земле.	91
6.2. Подцарство Простейшие	94
6.3. Тип Кишечнополостные.	96
6.4. Тип Плоские черви	97
6.5. Тип Круглые черви	98
6.6. Тип Кольчатые черви	101
6.7. Тип Моллюски.	102
6.8. Тип Членистоногие.	104
Контроль уровня знаний	105
Тема 7. Зоология позвоночных	108
7.1. Надкласс Рыбы. Классы Хрящевые и Хордовые рыбы.	108
7.2. Класс Земноводные (Амфибии).	109
7.3. Класс Пресмыкающиеся (Рептилии).	111
7.4. Класс Птицы	112
7.5. Класс Млекопитающие.	116
Контроль уровня знаний	118
Дополнительный материал. Основные принципы биологической систематики	123
Задание для самоподготовки.	123
Ситуационные задачи	139
Использованные и рекомендованные источники	140

Учебное издание

Зеленева Ю.В.,
Глушковская Н.Б.,
Дмитричева Л.Е.

БИОЛОГИЯ

ЧАСТЬ II

Начальник РИО А.В. Ляхтейнен
Редактор Л.Ю. Кладова
Верстка М.В. Ивановой

Подписано в печать 28.12.22. Формат 60×90 $\frac{1}{16}$. Гарнитура Times New Roman.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 9. Тираж 10 экз. Заказ № 1315.
РГГМУ, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., 79.
