

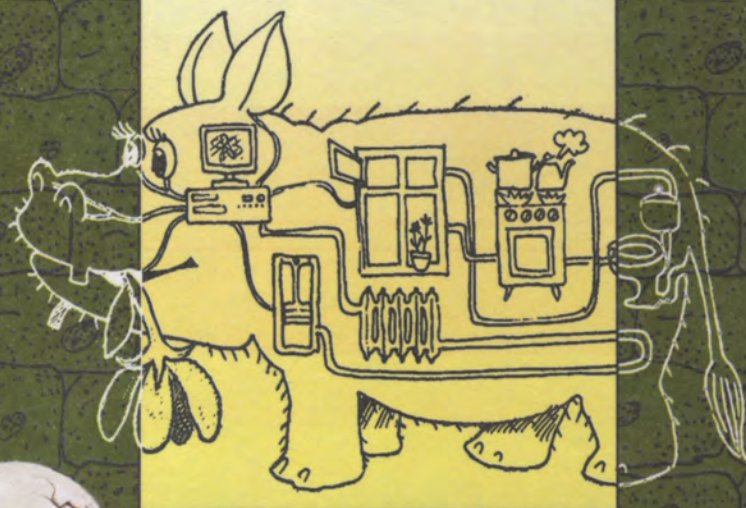
Образовательная система «Школа 2100»

А.А. Вахрушев, О.В. Бурский, А.С. Раутиан

# БИОЛОГИЯ

УЧЕБНИК • 7 класс

ОТ АМЁБЫ  
ДО ЧЕЛОВЕКА



БАЛСС



ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ



ТИП МОЛЛЮСКИ



ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ



ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ



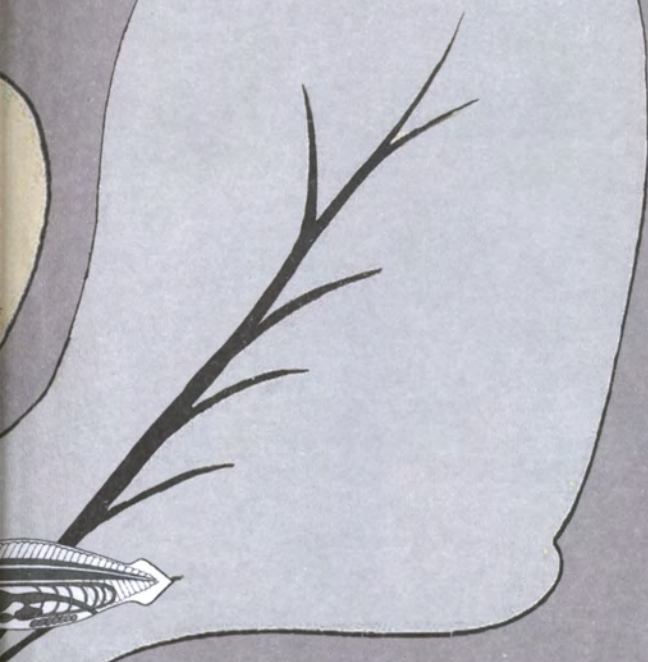
ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ



ПОДЦАРСТВО  
ПРОСТЕЙШИЕ



# ТИП ХОРДОВЫЕ



Пищеварительная система



Нервная система



Дыхательная система



Кровеносная система



Опорная система



Мышечная система



Выделительная система



Система размножения



Эктодерма



Энтодерма

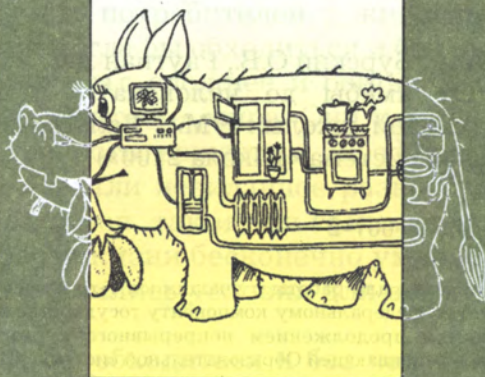
Образовательная система «Школа 2100»

А.А. Вахрушев, О.В. Бурский, А.С. Раутиан

# БИОЛОГИЯ

ОТ АМЁБЫ  
ДО ЧЕЛОВЕКА

7 класс



УЧЕБНИК



РЕКОМЕНДОВАНО  
МИНИСТЕРСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Москва  
БАЛСС

2013

УДК 373.167.1:57+57(075.3)

ББК 28я721

В22

## Образовательная система «Школа 2100»

Руководитель издательской программы –  
доктор пед. наук, профессор, член-корр. РАО *Р.Н. Бунеев*

Руководитель естественно-научного направления –  
канд. биол. наук, доцент, член-корр. АПСН *А.А. Вахрушев*

Совет координаторов предметных линий «Школы 2100» — лауреат премии Правительства РФ в области образования 2008 года за теоретическую разработку основ образовательной системы нового поколения и ее практическую реализацию в учебниках

*На учебник получены положительные заключения  
Российской академии наук (от 23.10.2007) и Российской академии образования (от 06.08.2007)*

Вахрушев А.А., Бурский О.В., Раутиан А.С.  
В22 **Биология** (От амёбы до человека). 7 класс. Учебник  
общеобразовательной школы. – М. : Баласс, 2013. – 320 с., ил.  
(Образовательная система «Школа 2100»)

ISBN 978-5-85939-667-2

Учебник предназначен для работы с учащимися 7-го класса общеобразовательной школы. Соответствует федеральному компоненту государственного стандарта общего образования, является продолжением непрерывного курса и составной частью комплекта учебников развивающей Образовательной системы «Школы 2100».

Учебник 7-го класса посвящен изучению животных. Отличительными чертами учебника являются целостное рассмотрение организма животного каждой систематической группы (планы строения), функциональный подход и объяснение причин возникновения важнейших приспособлений. Методический аппарат учебника ориентирован на проблемно-биологическую технологию. Множество иллюстраций, схем и афористичные названия параграфов и рубрик создают мотивацию к обучению.

Данный учебник в целом и никакая его часть не могут быть скопированы без разрешения владельца авторских прав

ISBN 978-5-85939-667-2

© А.А. Вахрушев, О.В. Бурский, А.С. Раутиан, 2005  
© ООО «Баласс», 2005

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Жизнь существует в форме организмов, а они объединены в экосистемы. Живые организмы исполняют три различные роли.



Какие живые организмы исполняют эти роли в экосистеме? Что означают стрелки?

Мы будем изучать потребителей – животных. Строго говоря, любая экосистема могла бы обходиться и без них. Но с появлением животных мир стал сложнее и богаче. Животные – самые большие «переработчики» мира. Они изменили геологические процессы и круговороты веществ в биосфере. Своей жизнедеятельностью они создали невиданное разнообразие условий как для других организмов, так и для самих себя. В итоге число и разнообразие форм жизни бесконечно умножилось. Наконец, в животном мире появились условия для возникновения человеческого разума.

Природа могла бы обходиться и без человека. Но без него не было бы ни городов и дорог, ни науки и техники, ни музыки и картин. Никто не думал бы о смысле жизни и не мечтал о покорении иных миров.

Позднее вы узнаете из физики, что основной закон природы – в том, что всё сложное с течением времени разрушается, а энергия рассеивается. Жизнь – плотина на пути этих процессов. Законы жизни поддерживают возникновение всего более совершенного, способного дольше задержать и полнее использовать энергию, пока она не рассеялась. Животные и человек наиболее преуспели в этом.

Эта книга посвящена животным. Изучая животных, вы глубже проникнете в понимание законов природы. В ней мы старались не только описать строение животных и их удивительные превра-

щения на пути эволюции, но и разобраться, как и почему это происходит.

В этой книге вы найдете животных, похожих на растения и кристаллы, и животных, которых следует остерегаться. Вы узнаете, почему птица летает и почему одни животные теплые, а другие – холодные. Мы объясним, как природа изобретает без помощи разума и почему на свете так много видов животных.

Мы постараемся объяснить, почему надо ценить и охранять каждый вид. Мы надеемся, что изучение животных поможет вам лучше узнать свой собственный организм и научиться его беречь. Внимательный читатель сможет заметить также, что многие идеи науки и техники, устройства сложных приборов и даже управления обществом люди переняли у животных.

\* \* \*

Каждый параграф учебника посвящен отдельной проблеме из жизни животных. Перед чтением попробуйте сами найти ключ к каждой проблеме, возможные способы ее решения. Вопросы в начале параграфа подскажут, какие знания для этого понадобятся.

Не нужно стараться запомнить все, что вы прочтете, – достаточно хорошо понимать прочитанное. В этом вам помогут рисунки, схемы и вопросы в тексте. Особое внимание стоит обратить на *важные слова*, которые выделены курсивом. Запомнить надо только **основные понятия**, выделенные жирным шрифтом. Главные из них перечислены в конце текста параграфа.

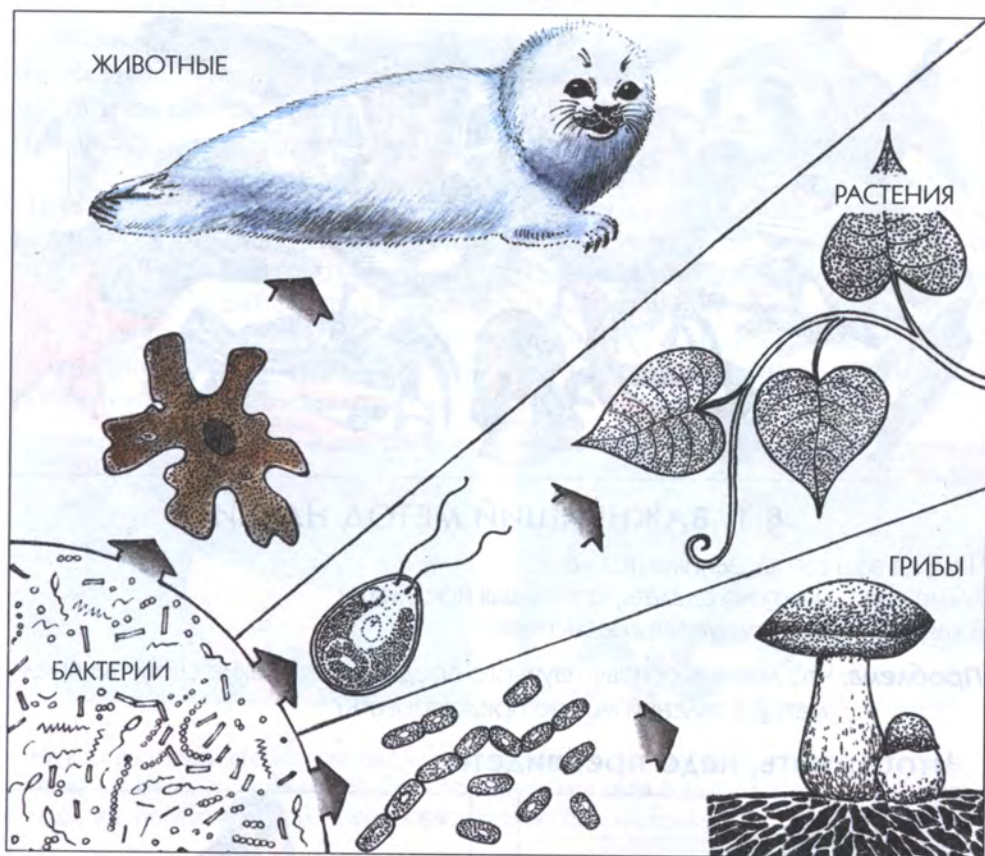
В рамке в конце параграфа вы найдете вывод – краткое обобщение материала. Если вы можете использовать его как план для более подробного рассказа по теме, значит, тема понятна. Простые вопросы в конце параграфа проверяют понимание материала. Вопросы, помеченные звездочкой, – творческие. Они проверяют, можете ли вы пользоваться полученными знаниями, и поэтому могут оказаться более сложными.



Этот текст читать не обязательно. О нем на уроке не спросят. Он – только для интересующихся и особо любопытных.

Желаем успехов!

## КТО ТАКИЕ ЖИВОТНЫЕ



Представители древнейшего царства бактерий обеспечивают свои потребности самыми разными способами. Каждое из трех высших царств, впоследствии образованных от него, избрало единственный способ: растения – фотосинтез, животные – поедание готовой органической пищи, грибы – разрушение мертвой органической материи. Это сделало их непохожими друг на друга, и каждое царство стало объектом отдельной науки. **Зоология** изучает животный мир Земли: его происхождение, развитие, современное состояние и значение для человека. Как всякая наука, она имеет свои особые методы, предмет и закономерности. Им посвящен первый раздел книги.



## ЗООЛОГИЯ – НАУКА О ЖИВОТНЫХ



### § 1. ВАЖНЕЙШИЙ МЕТОД НАУКИ

Чем, на ваш взгляд, занимается наука?

Какие выводы можно сделать, сравнивая предметы?

В каких случаях пользуются сравнением?

**Проблема:** Что лежит в основе научного предвидения? Какие свойства предметов и явлений можно предсказывать?

Чтобы жить, надо предвидеть



Сравните число потомков, которое может дать за всю жизнь пара лягушек и пара обезьян. Значит ли это, что число лягушек постоянно растет?

Среди мелких и просто устроенных организмов смертность очень велика. Звери и птицы не так плодовиты: ведь их потомки выживают за счет заботы родителей. Люди, заботясь о потом-

стве, передают детям опыт, накопленный всем человечеством. Поэтому люди живут долго и хотели бы планировать свое будущее. Но чтобы планировать, надо уметь предвидеть будущее.

Люди издавна пытались предсказывать погоду, урожай, судьбу. Есть много народных примет почти на каждый случай. Правда, они не всегда сбываются. Еще чаще люди ошибаются в своих предсказаниях, когда доверяют суевериям.

Достоверность прогнозов возросла с возникновением науки. **Прогнозом** называют предсказание не только будущего, но и всего неизвестного. Благодаря науке мы научились предвидеть, что произойдет, если вырубить леса, знаем, где можно найти нефть и руду, можем рассчитать, когда пролетит комета и какие свойства будут у нового синтетического материала. **Главная обязанность науки перед обществом – прогнозирование на основе обобщения прежнего опыта.**



На карте климатических поясов слева показана область высоких урожаев кукурузы на ее родине, а справа – распространение посевов в нашей стране в 1960-е годы. Какую урожайность этих посевов можно было предвидеть?

Узнав неизвестное, на него можно повлиять, а к будущему можно подготовиться. Но для того чтобы предвидеть, надо знать устройство окружающего мира. Иногда кажется, что ученые занимаются странными вещами, которые никак нельзя использовать в жизни. Это неудивительно: ведь им нужно изучить все явления и связи между ними.



Полтора века назад английский физик Максвелл, исследовавший природу электромагнитных колебаний, говорил: «Открытые мною радиоволны, несомненно, большой шаг в изучении природы. К сожалению, они так слабы, что вряд ли когда-нибудь их можно будет использовать». Теперь-то мы знаем, как ошибался великий ученый!

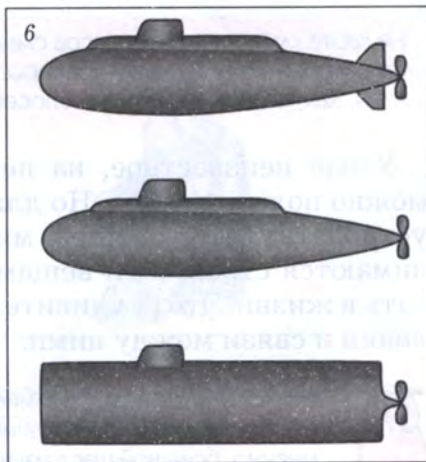
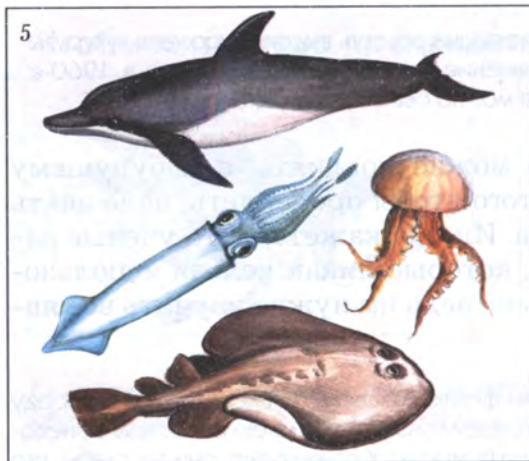
Таким образом, у науки есть еще и вторая задача. **Внутренняя цель науки – создание и совершенствование научного мировоззрения**, – образно говоря, – возведение и реконструкция здания научной картины мира. Она служит фундаментом для выполнения наукой ее внешней, общественной функции.

Поверите ли вы рассказу друга, что он летал над городом, как птица? Какие представления о научной картине мира не согласуются с этим рассказом?

### В чем секрет научного предвидения?

Любые предсказания можно сделать лишь на основе опыта. Мы предсказываем события по **сходству** с теми, с которыми уже встречались. Каждый вечер по опыту мы уверены, что завтра снова настанет утро. Так же и ученые, зная законы строения вещества на Земле, делают верные предсказания о составе звезд.

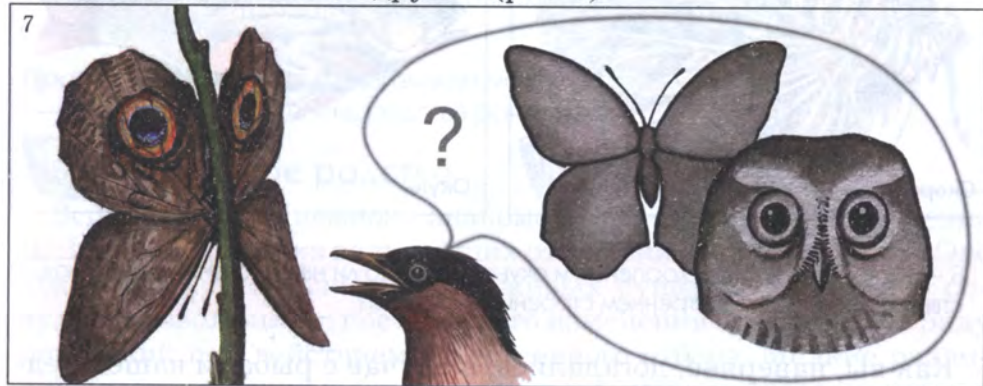
Сходство устанавливают с помощью **сравнительного метода**, с которым мы уже немного знакомы. Сравнение позволяет найти общие, устойчивые, существенные свойства объектов, отнести их к классу объектов с известными свойствами. Например, если мы утром встречаем на улице человека лет двенадцати с портфелем в руках, можно с уверенностью сказать, что он школьник, и представить его рабочий день довольно полно.



Попробуйте предсказать форму быстроходной подводной лодки.

## Как мы сравниваем

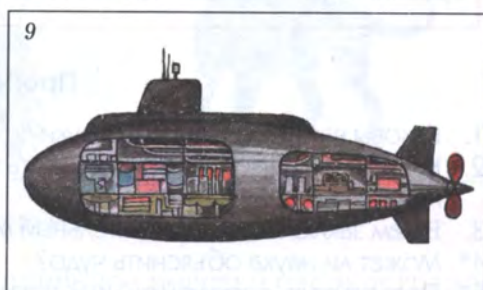
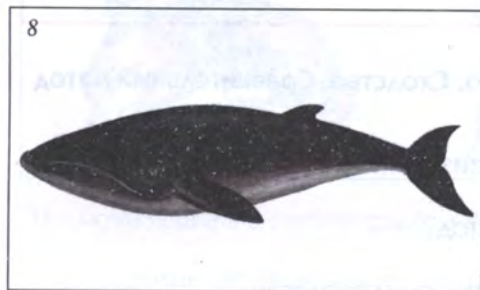
Простое сравнение внешнего вида бывает обманчиво. Некоторые животные специально вводят в заблуждение своих врагов, пытаясь выдать себя за другого (рис. 7).



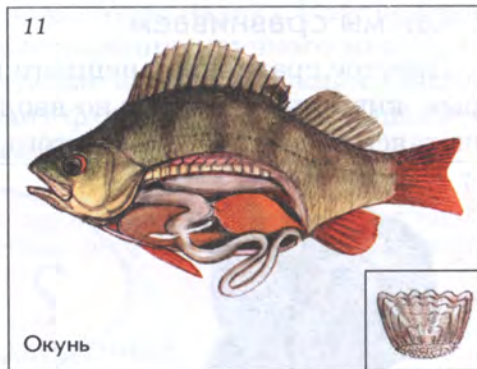
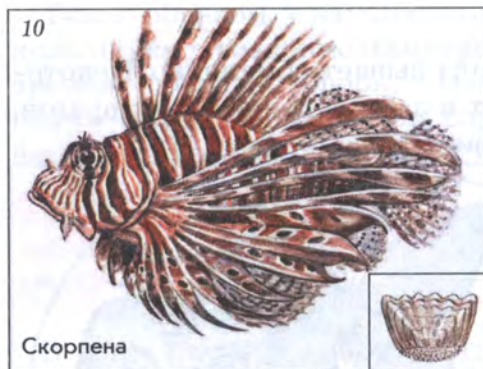
С кем «сравнивает» эту бабочку птица? Какую ошибку она совершает?

Мы видим, что сравнение может быть плодотворным только при сопоставлении *существенных* и *соответственных* признаков. Ведь существенный признак бабочки – не окраска, а строение тела. Чтобы сравнение было соответственным, глаза нужно искать на голове, а не на крыльях.

Сравнивая живые организмы, мы хотели бы знать, какими полезными свойствами они обладают. Какие же признаки более важны при их сравнении? О чем они говорят?



В чем сходство между китом и подводной лодкой? Можно ли на основании этого сходства делать вывод о внутреннем строении кита?



В чем сходство между скорпеней и окунем? Можно ли на основании этого сходства делать вывод о внутреннем строении скорпены?

Как вы, наверное, догадались, в случае с рыбами наше предсказание окажется более верным. Дело в том, что сходство в покровах из чешуи однозначно будет свидетельствовать о принадлежности обоих животных к рыбам, то есть о *родстве их происхождения*. В этом случае мы смело можем сказать, что у камбалы, как и у любой другой рыбы, можно обнаружить жабры, плавники, один круг кровообращения и многие другие признаки.

Наука изучает общие свойства различных предметов и явлений. Научное знание картины мира позволяет предсказывать свойства неизученных предметов и явлений по сходству их с теми, которые доступны для изучения. В основе науки лежит сравнительный метод. Он предполагает, что сравниваемые признаки должны быть соответственными и существенными.

### Прогноз. Сходство. Сравнительный метод

1. Каковы важнейшие задачи науки?
2. Как ученым удастся предсказывать неизвестные свойства предметов и явлений?
3. В чем заключается сравнительный метод?
- 4\*. Может ли наука объяснить чудо?
- 5\*. Попробуйте определить цель и задачи науки биологии.
- 6\*. Как сравнительный метод помогает изучать историю Земли?
- 7\*. Назовите существенные признаки автомобилей.
- 8\*. Найдите соответственные признаки автомобиля и паровоза.

## § 2. ГОМОЛОГИЧНЫЕ ОРГАНЫ

Как пользоваться сравнительным методом?

Что такое борьба за существование? Кто в ней побеждает?

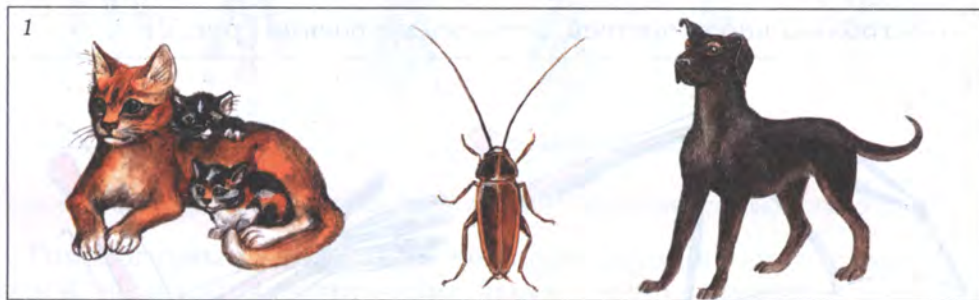
Кто больше похож друг на друга: близкие родственники или дальние?

**Проблема:** Как и по каким признакам можно установить степень родства организмов?



### Эволюционное родство

Вспомним уже немного знакомое нам эволюционное учение Ч. Дарвина – одно из величайших открытий в истории науки. Оно доказывает, что разнообразие живых существ возникло в результате эволюции – постепенного изменения организмов в ряду поколений под действием естественного отбора. Мелкие различия потомков одних и тех же родителей помогали им выживать в тех или иных ситуациях. Через многие тысячи поколений их дальние потомки оказались приспособленными к различным условиям жизни и стали существенно отличаться друг от друга. Так, спустя еще многие миллионы поколений, возникло все разнообразие форм жизни на Земле. Это означает, что все живые существа связаны **эволюционным родством**. Вопрос лишь в том, какие из них связаны *более тесным родством, чем другие*.



Что можно сказать о степени родства этих животных?

В отличие от «кровного» эволюционное родство распространяется не на одно, а на тысячи и даже миллионы поколений. Это понятие применяется учеными в отношении видов или других, бо-

лее крупных систематических групп. В дальнейшем для краткости мы будем использовать слово «родство» именно в этом, эволюционном значении.

### Гомология органов – результат родства

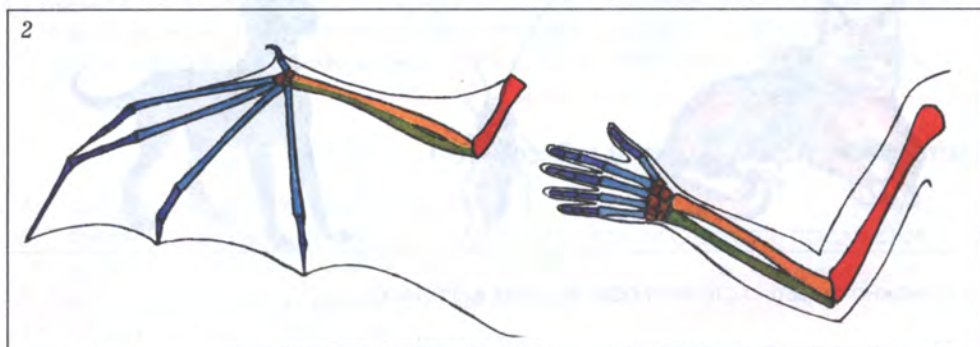
При сравнении, цель которого – доказать родство организмов, ученые исходят из предположения, что если два организма имели общего предка, то оба должны унаследовать от него некоторые общие черты. По крайней мере, и тот и другой потомок должны иметь в основном одни и те же органы, которые расположены в той же последовательности, что и у предка. Органы потомков, которые представляют собой видоизменение одного и того же органа общего предка, называются **гомологичными органами**. В целом, чем ближе родство, тем более сходны гомологичные органы. Причем по многим признакам сходство может доходить до мелких деталей.

Таким образом, чтобы установить степень родства организмов, нужно сравнить их гомологичные органы. Доказать гомологию органов – значит доказать, что они представляют собой *один и тот же видоизмененный орган* предка, а не разные.

### Признаки гомологии

На практике распознать гомологичные органы не так просто. Существует три основных признака.

1. *Сходный набор частей, деталей строения (рис. 2).*



Какому органу человека гомологично крыло летучей мыши? Назовите сходные элементы их строения.

## 2. Сходное положение среди других органов (рис. 3).



Какая часть скелета человека гомологична хвосту?

## 3. Сходство с гомологичным органом промежуточных форм (рис. 4).



Какой палец сохранился у современной лошади? Чему гомологично копыто?

Гомологичными могут быть не только органы или системы органов, но и микроскопические части клеток, процессы внутри организма и даже элементы поведения.

Признаки гомологии позволяют ученым правильно использовать сравнительный метод: сравнивать объекты по *соответственным* и *существенным* признакам – по строению гомологичных элементов. При таком сравнении большое сходство организмов будет означать их близкое родство.



## Аналогия – сходное приспособление к среде

Какую окраску имеет большинство насекомых, обитающих среди листьев? Чем это объясняется?

Самые разные животные, независимо от их строения и «родословной», должны приспособиться к среде обитания либо погибнуть. Поэтому гусеницы, тли, клопы и другие насекомые, обитающие среди листьев, окрашены в оттенки зеленого цвета, что делает их незаметными для хищников. У животных открытых пространств «быстрые» ноги: у одних – чтобы убежать, у других – чтобы догнать. Так или иначе, обитание в одной и той же среде сходно действует на обитателей. Естественный отбор способствует развитию у них сходных, *аналогичных* приспособлений к среде обитания. Внешне похожие органы, функции которых сходны, а происхождение различно, называются аналогичными (рис. 5).

**Аналогия** – сходство по какому-либо признаку предметов или явлений, которые во всем остальном различны.



Как появились эти приспособления? Каким органам предков они гомологичны? Какие еще животные имеют аналогичные приспособления?

Изучение аналогий помогает нам лучше понять направление эволюции организмов в данной среде обитания. Это позволяет восстановить историю происхождения видов и предвидеть их из-

менения. Однако нужно помнить, что сходство аналогичных органов вызвано сходными условиями обитания сравниваемых организмов и никак не может служить подтверждением родства.



Найдите примеры гомологичных и аналогичных органов.

Близость родства организмов определяется по степени сходства их гомологичных органов. Гомология органов – соответствие их одному и тому же органу общего предка. Три признака гомологии: сходство строения, сходство расположения и наличие промежуточных форм. Аналогия органов – внешнее сходство при различном происхождении.

### Эволюционное родство. Гомология. Аналогия

1. Что такое эволюционное родство?
2. Для чего нужно устанавливать гомологию органов?
3. По каким признакам можно установить, что органы гомологичны?
4. Достаточно ли для определения степени родства двух организмов установить гомологию их органов?
5. Какова природа аналогичных приспособлений? С чем они связаны?
- 6\*. Стоит ли сравнивать органы, которые имеют независимое происхождение?
- 7\*. Какой признак доказывает общность строения грибов и растений?
- 8\*. Как доказать, что иголки хвойных – видоизмененные листья?
- 9\*. Можно ли подобрать промежуточные формы между обычным побегом и клубнем картофеля? О чем это свидетельствует?
- 10\*. Могут ли аналогичные органы выполнять различные функции?

### § 3. ЧТО ИЗУЧАЕТ СИСТЕМАТИКА

Какие задачи решает сравнительный метод?

Что такое родословное дерево?

Какие вы знаете систематические группы?

**Проблема:** Какие сведения об организме лучше всего отражают его основные свойства?



#### Естественная система организмов

На Земле обитают миллионы различных видов живых организмов. Каждый из них имеет свою долгую историю эволюции, уникальное строение и свойства. Каждый вид занимает свое особое место в экосистеме и вместе с другими обеспечивает поддержание жизни на Земле.

Лишь небольшая часть этого многообразия культивируется человеком для получения всех продуктов питания, одежды, лекарств, сырья. Другие виды доставляют неприятности: сорняки, вредители, переносчики и возбудители заболеваний.



Ученые продолжают открывать новые свойства живых организмов. Сравнительно недавно, например, в нашей стране выделены бактерии, способные поглощать нефть, разлившуюся в океане при аварии танкера. И кто знает, какие еще их свойства могут оказаться полезными...

Чтобы иметь возможность использовать эту разностороннюю информацию, нужно ее упорядочить: в первую очередь система-



тизировать виды организмов по их признакам (рис. 1). Какие же признаки важнее? Агрономы делят растения на дикие и культурные, садовые и полевые. Фармакологи подразделяют их же по лекарственным свойствам, дизайнеры – по декоративным. Все эти классификации важны, но они *искусственны*, потому что отвечают лишь какой-нибудь одной хозяйственной задаче. Как составить *естественную* классификацию, единую для всех

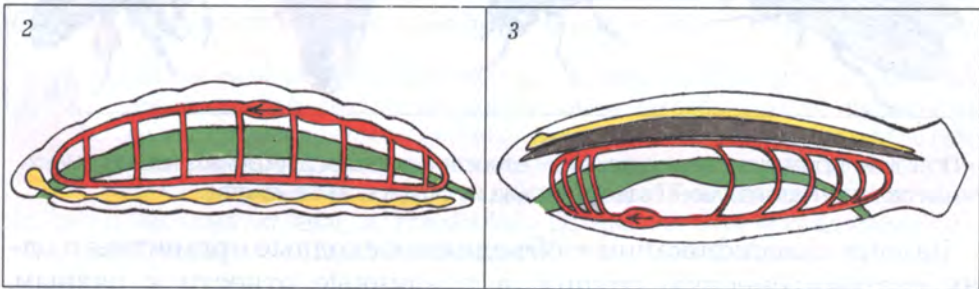
организмов, чтобы она отражала их собственное сходство по всем свойствам, независимо от переменчивых хозяйственных надобностей?

Эту задачу решает наука **систематика**. Она группирует организмы по сходству признаков, связанных с *родственным* происхождением.

### План строения

Чтобы судить о степени родства организмов, конечно, надо провести сравнение не одного гомологичного органа, а всех систем органов. На практике для ученых это обычно не так сложно, потому что гомологии обладают замечательным свойством: они *комплексны*. Если у сравниваемых организмов удалось доказать гомологию внешне различных органов, то и другие, более сходные органы оказываются гомологичными. Степень различия *всего комплекса* органов указывает на давность родства. Чем больше существенных различий найдено, тем раньше и дальше разошлись эволюционные пути сравниваемых видов. Так, пользуясь сравнительным методом, ученые объединяют родственные виды в **систематические группы**.

Общие черты строения организмов, объединенных в систематическую группу, называют **планом строения** этой группы (рис. 2–4). План строения наглядно показывает, из каких частей состоит организм, как эти части расположены и связаны друг с другом у любого представителя данной систематической группы.

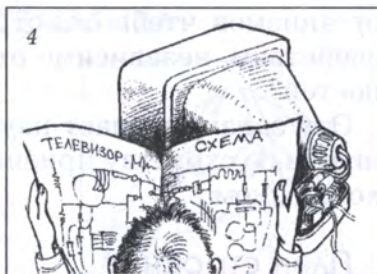


Что означают различные цвета на схемах? В чем основные различия планов строения этих животных?

При описании нового, неизвестного вида ученый сравнивает особенности его строения с планом строения известных систематических групп и решает, к которой его отнести.



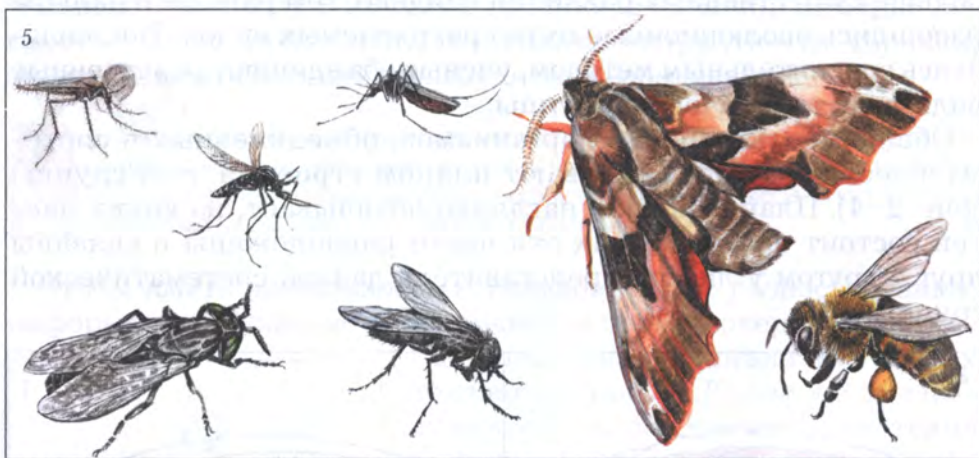
Китов и дельфинов, например, долгое время считали рыбами. Но когда путем научных сравнений установили, что в план строения млекопитающих входит четырехкамерное сердце и легкие, а план строения рыб включает двухкамерное сердце и жабры, то ошибка сразу стала очевидной.



Как называют «план строения» прибора в технике?

Таким образом, основа естественной систематики организмов – классификация их планов строения.

### Соподчинение систематических групп

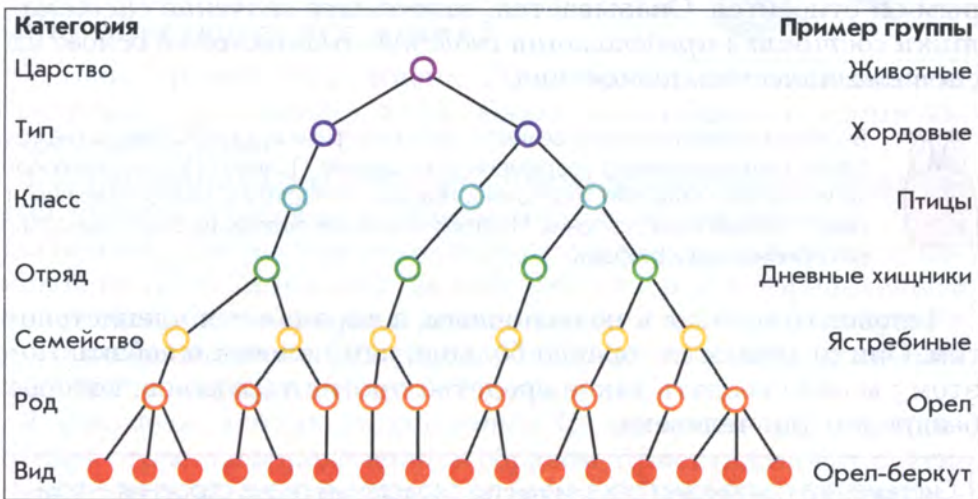


По каким признакам этих насекомых относят к отрядам двукрылых, чешуекрылых или перепончатокрылых? Разделите один из отрядов на семейства.

Задача классификации – объединить сходные организмы в одну систематическую группу, а различные отнести к разным. У бабочек, пчел, мух, комаров, слепней – шесть ног, дыхательные трубочки-трахеи и множество других общих признаков, по которым их относят к классу насекомых. Вместе с тем насекомые

сильно различаются и разделены на отряды. Но и в пределах каждого отряда можно выделить более мелкие систематические группы – семейства. Семейства делятся на роды, роды – на виды.

Класс, отряд, семейство, род, вид – это **систематические категории**, или ранги, которые присваиваются систематическим группам с различным уровнем сходства. Существует семь основных категорий. При этом каждая систематическая группа является частью систематической группы более высокой категории.



Чем соподчинение систематических групп похоже на родословное древо?

Самым высоким уровнем сходства обладают организмы, принадлежащие к одному виду. *Только особи одного вида могут свободно скрещиваться и приносить плодовитое потомство.*



Близкие виды относят к одному роду. Уровень сходства между ними ниже, чем между организмами одного вида. Какими бы сходными они иногда ни казались, отличия в деталях поведения, химического строения или другие приводят к тому, что скрещивание между ними не приносит плодовитого потомства. Но так было не всегда. В недалеком эволюционном прошлом, возможно, около миллиона лет назад, их предки были больше похожи и принадлежали к одному виду. Следовательно, род объединяет наиболее родственные виды.

Нетрудно представить, что виды, принадлежащие к разным родам одного семейства, ведут свою родословную от общего «материнского» вида, жившего на Земле в предыдущие эпохи.

Перебираясь от вида к роду, семейству и так далее, к систематическим категориям более высокого ранга, мы можем представить *восстановленную историю эволюции* этого вида и узнать, какой план строения имели его предки на каждом этапе этой истории.

### Для чего нужно знать систематику?

Систематика дает научный ответ на вопрос, что за организм перед нами, путем указания систематических категорий, к которым он относится. Оказывается, *важнейшее значение систематики состоит в предсказании свойств организмов на основе их систематического положения.*



Всемирно известны опыты великого русского физиолога И.П. Павлова на собаках. Они дали начало современной медицине. Почему? Потому что собака и человек, хоть они и не очень похожи, относятся к млекопитающим и имеют общий план строения. Поэтому основные выводы из опытов на собаках применимы и к людям.

Человек относится к позвоночным, а таракан – к членистоногим. Они отличаются гораздо больше, чем человек и собака. Поэтому можно создать такое средство против тараканов, которое безвредно для человека.

Систематика группирует организмы по сходству их плана строения – комплекса общих признаков, унаследованных от предков. Соподчинение систематических групп отражает их происхождение и делает возможным предсказание основных свойств организмов.

### Систематика. План строения. Систематическая группа. Систематическая категория

1. Что такое план строения?
2. Чем естественная система отличается от искусственной?
3. Перечислите систематические категории от низшей до высшей.
4. Зачем людям знать систематику живых организмов?
- 5\*. Какое значение для систематики имеют унаследованные и приобретенные признаки?
- 6\*. Зачем нужно уметь отличать друг от друга растения семейства пасленовых, змей семейства гадюковых и ужовых, пластинчатые грибы от трубчатых?

## § 4. ПЛАН СТРОЕНИЯ ЖИВОТНОЙ КЛЕТКИ

Почему в экосистеме нет ничего лишнего?  
 Что такое автотрофы и гетеротрофы?  
 Что такое обмен веществ?

**Проблема:** Существует ли общий план строения животного организма? Как отличить животное по единственной клетке?

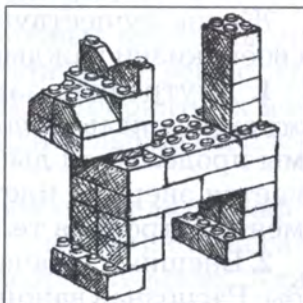
### Что объединяет все живое?

Как ни странно, очень многое. Или, вернее, все самое главное. Все живое и каждая его часть обязательно обладают тремя *общими свойствами*.

**1. Живые организмы устроены чрезвычайно сложно.** Даже самый простой и мелкий организм состоит из нескольких тысяч различных химических веществ, которые не встречаются в неживой природе. Эти вещества содержатся в нем в определенном количестве, занимают свое особое место и взаимодействуют с другими веществами. Молекулы большинства из них включают тысячи строго упорядоченных атомов.

**2. Живые организмы развиваются.** Со временем они усложняют свое строение определенным образом. Кристалл может расти, увеличивая число одинаковых элементов. Дерево не просто растет: у него появляются новые ветки, листья, цветки.

**3. Живые организмы приспосабливаются к окружающей среде.** В ряду поколений они вырабатывают приспособления, защищающие их от вредных воздействий среды обитания. Рыба приспособлена к жизни в воде, паразитическая бактерия – к жизни в другом организме.



Найдите общие признаки живого на рисунках.



## Что нужно каждому организму для жизни?

Жизнь существует в виде отдельных организмов. В течение своей жизни каждый организм решает *три основные задачи*.

**1.** Внутренняя задача организма – постоянно *поддерживать жизнедеятельность* за счет обмена веществ. Даже во время сна мы продолжаем дышать, сердце работает, в клетках вырабатывается энергия, идет строительство и самообновление всех элементов строения тела.

**2.** Внешняя задача организма – *реагировать на изменения среды*. Распознав важные изменения, бактерия превращается в спору, растение тянется к свету, гриб прорастает сквозь почву, животное убегает от врагов.

**3.** Задача будущего – *произвести потомство*. Новые организмы появляются только в результате размножения других таких же организмов. Они хранят информацию о своем строении и передают ее следующему поколению.

Каждую функцию выполняют определенные части тела – *органы* (у одноклеточных их называют *органеллами*, или органоидами, а у многоклеточных при сложном строении – *системами органов*). Поэтому план строения любого организма включает три

обязательные части, выполняющие основные задачи организма (рис. 4).

Вспомним, как с ними справляется одноклеточный организм бактерий. Для поддержания жизни ему служит цитоплазма с органеллами-рибосомами. В цитоплазме вещества, поступающие извне, обрабатываются для получения энергии и строительного материала. Полупроницаемая мембрана и пористая клеточная стенка обеспечивают контакт с внешней средой. Производством потомства руководит наследственное вещество – ДНК, которое хранится прямо в цитоплазме. Все бактерии как организмы, лишенные ядра, образуют надцарство *безъядерных*.



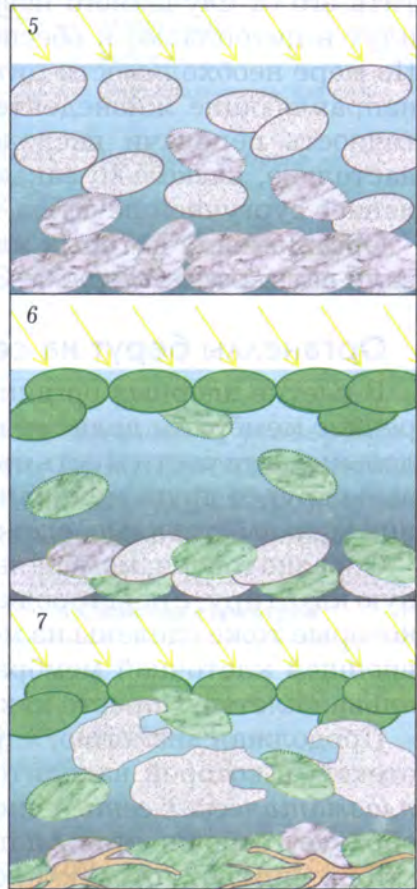
Какие части бактерии, гриба, растения соответствуют этому плану?

## Разделение организмов по способам питания

На заре развития жизни на Земле все клеточные формы были представлены бактериями. Они всасывали органические вещества, растворенные в воде, через поверхность тела. В благоприятных местах обитания, на мелководье, они образовывали большие скопления (рис. 5).

Со временем некоторые бактерии приспособились к **автотрофному питанию** (от «авто» – сам и «трофос» – питание): стали сами производить органические вещества из неорганических. Для создания сложных соединений они использовали энергию природных химических реакций. Позднее появились автотрофные организмы, способные улавливать энергию солнечного света (рис. 6). Для остальных более доступным было **гетеротрофное питание** («гетеро» – разный) – потребление готовых органических веществ и заключенной в них энергии. Возникли первые экосистемы, в которых автотрофы были производителями, а гетеротрофы – разрушителями.

Гетеротрофы-разрушители использовали только древний способ питания: всасывали соки погибших организмов всей поверхностью тела. Но в атмосфере Земли появился кислород, выделяемый автотрофами. Позднее, когда его накопилось достаточно для дыхания, некоторые гетеротрофы смогли ускорить обмен веществ. Это помогло им освоить новый, *животный способ питания*: захватывать добычу кусками и переваривать внутри организма (рис. 7). Они-то и заняли место потребителей в экосистемах.



Назовите способ питания и роль каждого организма в экосистеме.

## Преимущества ядерных организмов

С помощью кислорода можно из той же самой пищи получить гораздо больше энергии. Добавочную энергию можно использовать на усложнение строения: разделение тела на части.

Одно из важнейших достижений жизни – разделение **ядра** и **цитоплазмы** (рис. 8). В ядре находятся молекулы ДНК, хранящие наследственную информацию. От ее сохранности зависит порядок строения и работа не только самой клетки, но и всех ее потомков. Специальная мембрана вокруг ядра позволила защитить его от случайного повреждения теми реакциями, которые идут в цитоплазме и обеспечивают жизнедеятельность клетки. По мере необходимости цитоплазма получает из ядра команды, направляющие жизнедеятельность и развитие клетки. Теперь точность передачи наследственной информации увеличилась настолько, насколько заказное письмо с инструкциями, скрепленное сургучной печатью, надежнее простой записки.

Организмы, у которых ядро отделено от цитоплазмы, образовали надцарство *ядерных*. Это растения, грибы и животные.

## Органеллы берут на себя особые функции

В клетке ядерных организмов отделено не только ядро. Внутренние мембраны делят ее цитоплазму на части – большие и маленькие. Эти части и есть **органеллы**. То, что органеллы изолированы друг от друга мембранами, позволяет выполнять каждой из них свои собственные, сложные и разнообразные функции.

Образно говоря, мембраны превращают клетку в многокомнатную квартиру, с перегородками и проходами, мебелью и посудой, которые тоже сделаны из мембран, по строению очень сходных с внешней клеточной мембраной. По сравнению с этим бактериальная клетка – просто кухня с плитой и парой кастрюль.

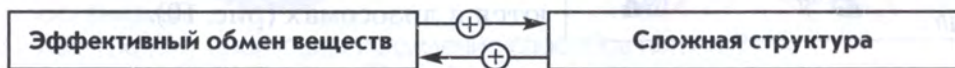
Продолжая аналогию, ядро можно сравнить с большой библиотекой, в которой находится центр управления клеткой. *Эндоплазматическая сеть* – система полостей, поверхность которых образует рабочие столы и полки для оборудования, а сами полости принимают готовую продукцию. На эндоплазматической сети размещаются *рибосомы* – кастрюли, колбы и пробирки, в которых из материала окружающей цитоплазмы создаются нужные клетке вещества. *Митохондрии* – это станции выработки

энергии для клеточных процессов. Важную роль в клетке играет *цитоскелет* – система распорок и канатов, поддерживающих прочность конструкции, а также рельсов и лебедок для перемещения блоков, что особенно важно во время деления клетки.

Живут и работают в этой «квартире» *макромолекулы РНК* – подвижные молекулы-роботы, которые приносят информацию из ядра. Им помогают «лаборанты» – *макромолекулы ферментов*.



Как видим, развитие обмена веществ позволило усовершенствовать структуру клетки, разделить ее на функциональные части. Усложнение структуры привело к новому улучшению функций: способов связи со средой, механизмов жизнеобеспечения.



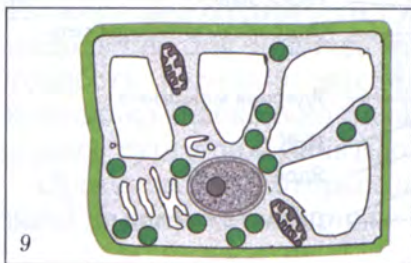
Взаимное усиление двух явлений называется **положительной обратной связью**.

Ядерные организмы получили преимущество в борьбе за существование. Автотрофы дали начало царству растений. Всасывающие гетеротрофы были предками грибов. Организмы, поглощающие пищу кусками, стали первыми животными.

## Способ питания изменил строение клетки

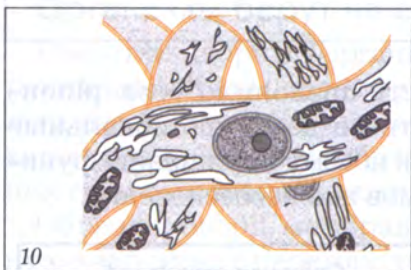
Книжки и тетрадки один раз можно принести в школу под мышкой. Но если это приходится делать каждый день, человек заведет себе портфель. В эволюции тоже за новой функцией всегда следует структура: соответствующее изменение строения или даже создание нового органа.

У гетеротрофных ядерных организмов появились специальные органеллы – *лизосомы*. Это мелкие пузырьки, наполненные ферментами-растворителями. В лизосомах грубая пища животных расщепляется на мелкие молекулы, пригодные для строительства тела и извлечения энергии.



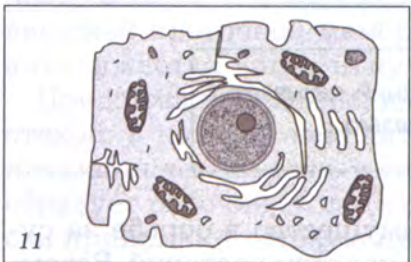
### Автотрофы – растения

Клеточные стенки из целлюлозы и упругие вакуоли создают телу опору. В зеленых хлоропластах из углекислого газа и воды на свету производятся органические вещества (рис. 9).



### Всасывающие гетеротрофы – грибы

Стенки из хитина укрепляют нитевидные клетки, прорастающие к питательному субстрату. Их огромная поверхность всасывает органические растворы. Они перевариваются в лизосомах (рис. 10).



### Гетеротрофы – животные

Клетки имеют компактную форму и окружены эластичной мембраной, не мешающей подвижности организма. Имеются лизосомы, которые переваривают поступающие органические вещества (рис. 11).

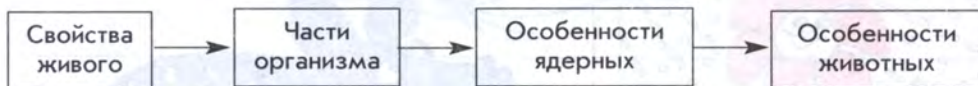
Какие особенности этих клеток связаны со способом питания их хозяев?

Эти три плана строения клетки (см. рис. 9–11), возникшие у первых ядерных одноклеточных под влиянием их особого способа питания, стали основой строения организмов в каждом царстве. Они наилучшим образом соответствовали их роли в экосистеме. Чтобы понять важность всех этих приспособлений, достаточно представить, что на их «изобретение» ушло около половины всего времени эволюции жизни на Земле. Преимущества строения ядерных организмов позволили им повысить численность, занять различные местообитания и породить огромное разнообразие новых видов.

Все живое сходно по главным функциям и строению, а значит, связано общим происхождением. Причиной происхождения животных послужила возможность занять место потребителей в древних экосистемах. Условием их происхождения стало повышение эффективности обмена у ядерных организмов. В результате этих событий возникли организмы, занявшие место потребителей во всех современных экосистемах. План строения клеток их тела – компактная форма, эластичная мембрана, изолированное ядро, широкий набор органелл – приспособлен к особенностям животного способа гетеротрофного питания.

### Автотрофы. Гетеротрофы

1. Назовите общие свойства живого и основные жизненные задачи организма.
2. Какие преимущества в борьбе за существование получили ядерные организмы?
3. Как и почему произошло разделение способов питания?
4. Расскажите о свойствах животной клетки по плану:



- 5\*. Как строение клеток помогает животным решать три основные задачи организма?
- 6\*. Почему среди ныне живущих гетеротрофных организмов немало бактерий?
- 7\*. Приведите примеры выгоды от повышения эффективности и примеры взаимного усиления структуры и функции.

## § 5. ПЛАН СТРОЕНИЯ ЖИВОТНОГО

Что называют планом строения организма?

Что называют тканью, органом?

Чувствуют ли растения?

**Проблема:** Какие свойства наиболее важны для потребителя в экосистеме? Какие органы отвечают за эти свойства?

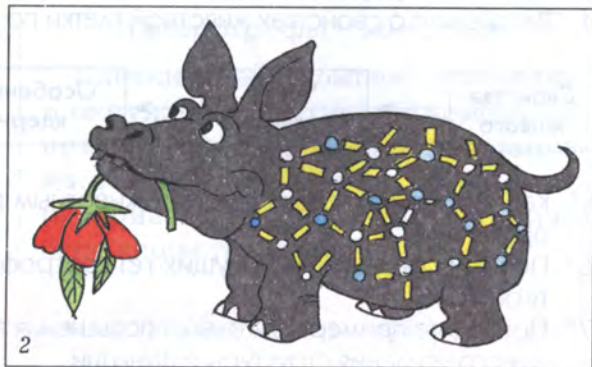
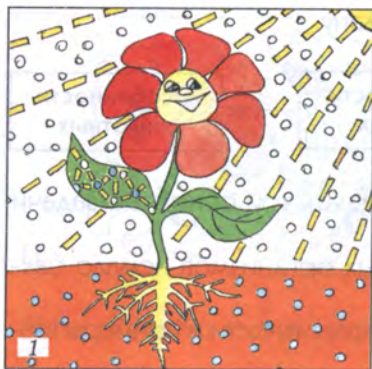
### Каждой функции – свой орган

Эффективная работа клеток открывает новые возможности для приспособлений. Как их использовать? Дела можно выполнить лучше, если за каждое дело возьмется специалист. А работа организма будет более эффективной, если каждую функцию возьмет на себя специальный орган.

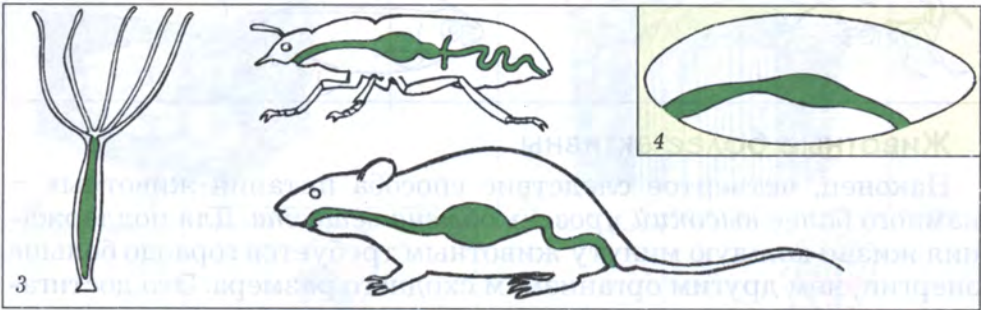
Представим себе многоклеточный организм животного, клетки которого готовы превратиться в любой орган по нашему желанию. Как должен выглядеть такой организм, если ему принадлежит роль потребителя в экосистеме? Попытаемся представить его основные функции и структуры.

### Животные едят грубую пищу

Как мы выяснили, главная причина всех отличий животных от других организмов – их способ питания. Растения питаются мельчайшими молекулами воды и углекислого газа, грибы всасывают мелкие молекулы простых органических соединений (рис. 1). Их пища легко проникает внутрь клеток через поверхность.

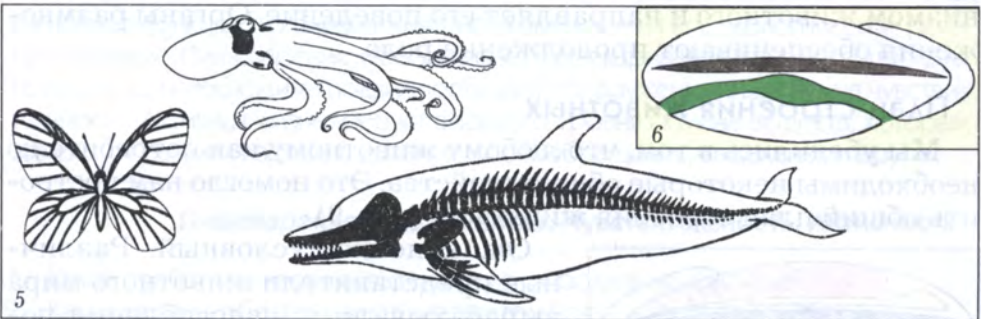


Животный способ питания – поглощение других организмов целиком или кусками несравненно более крупными, чем молекулы (рис. 2). Чтобы усвоить их, животные имеют органы *пищеварения* (рис. 3–4), способные заглотить, размельчить и переварить пищу до состояния, в котором она легко усвоится клетками.



### Животные подвижны

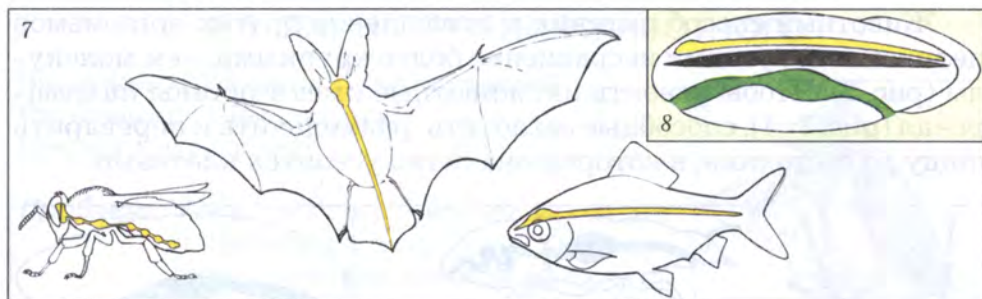
Растения и грибы окружены пригодной пищей со всех сторон. Пища животных размещена неравномерно. Ее нужно разыскивать, догонять, ловить. Поэтому вторая особенность животных – *подвижность*, которая обеспечивается развитием опорно-двигательной системы (рис. 5–6).



### Животные чувствуют

Чтобы искать пищу, необходимы органы чувств. Чтобы добыть ее, нужны быстрые и целенаправленные действия. Поэтому третья особенность животных – *чувствительность*, способность воспринимать сигналы из внешней и внутренней среды и быстро реагировать на них с помощью нервной системы (рис. 7–8).





### Животные более активны

Наконец, четвертое следствие способа питания животных – намного более *высокий уровень обмена веществ*. Для поддержания жизни каждую минуту животным требуется гораздо больше энергии, чем другим организмам сходного размера. Это достигается высокой степенью развития всех систем органов, в том числе и тех, зачатки которых есть у растений или грибов.

Чтобы из пищи получить энергию, нужен кислород – эту возможность дает дыхательная система. Кровеносная система разносит вещества ко всем клеткам тела. Выделительная система удаляет из организма вредные и лишние вещества. Железы внутренней секреции регулируют состояние внутренней среды организма. Центральная нервная система управляет всем организмом животного и направляет его поведение. Органы размножения обеспечивают продолжение рода.

### План строения животных

Мы убедились в том, что любому животному как потребителю необходимы некоторые общие свойства. Это помогло нам построить общий план строения животного (рис. 9).



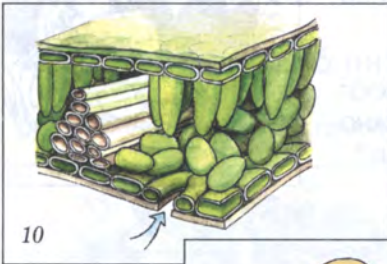
9. План строения воображаемого животного

Что изображает этот план?

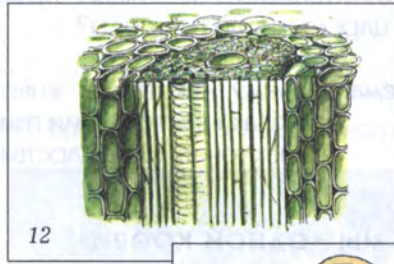
Он, конечно, условный. Различные представители животного мира вырабатывали приспособления по-разному, и не все одинаково преуспели на этом пути. У одних сформировалась целая система органов, у других ту же функцию выполняют разрозненные клетки. У третьих функция органа могла измениться. Чтобы установить план строения

каждой группы животных, нужны подробные сравнительные исследования.

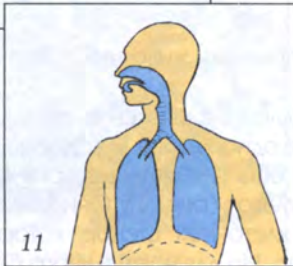
Несмотря на свою условность, общий план строения помогает нам понять отличия животных от других организмов и представить направления их эволюции.



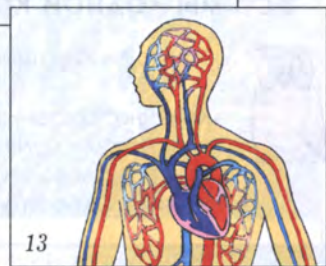
10



12



11



13

Сравните работу аналогичных приспособлений растений и человека.

Основные функции организма животного вытекают из его экологической роли потребителя. Пищеварение обеспечивает переваривание грубой пищи. Для поиска пищи необходима подвижность. Для обнаружения пищи нужна чувствительность. Активная жизнь требует высокого уровня обмена веществ, который зависит от развития органов дыхания, кровообращения, выделения и других.

### Пищеварение. Подвижность. Чувствительность. Активность

1. Какие свойства животных вытекают из их роли в экосистеме?
2. Какие органы обеспечивают чувствительность животных?
3. Почему животным нужно больше кислорода, чем растениям?
4. Перечислите основные функции организма животного.
- 5\*. Можно ли считать отличительной особенностью животных наличие рта?
- 6\*. Почему растения и грибы неподвижны? Что позволяет им перемещаться на новые места?
- 7\*. В каких случаях дыхание легкими будет признаком родства?
- 8\*. Как связаны друг с другом питание, дыхание и выделение?

## § 6. «ИСКЛЮЧЕНИЯ», ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ПРАВИЛО

Какие «профессии» в экосистеме имеют представители разных царств?

Сравните клетки грибов, растений и животных. Какие особенности отличают представителей разных царств живой природы?

**Проблема:** Почему некоторые животные имеют признаки растений или грибов? Можно ли исключить их из царства животных?



### Все мы «одной крови»



Только ли животным свойственны признаки животных? Оказывается, нет.

Конечно, растения совершают медленные движения, связанные с ростом и поворотом к солнцу. Но некоторые одноклеточные водоросли перемещаются в воде довольно быстро. У них есть специальные органеллы движения – жгутики – и светочувствительный глазок (рис. 1). Они даже, как животные, лишены клеточных стенок, которые мешали бы движению. Но для нормального питания им нужен солнечный свет, за что их и относят к растениям.



1. Растение хламидомонада

С этим можно было бы согласиться, если бы не эвглена зеленая (рис. 2). У этого одноклеточного животного тоже есть хлоропласты, в которых идет фотосинтез.



2. Животное эвглена зеленая

Каким же признакам доверять? – спросите вы. Правильный ответ будет: комплексным гомологием. Если внимательно рассмотреть способы питания этих одноклеточных, то окажется, что эвглена может фотосинтезировать только днем, при ярком свете, и то «не досыта», зато остальное время она – настоящий гетеротроф, со всем необходимым для этого комплексом клеточных структур и ферментов. Хламидомонада тоже способна усваивать органику, но удовлетворяет свои потребности в основном за счет фотосинтеза. Тело ее мало, а освещенность переменчива. Вот и выходит, что ей легче самой гоняться за «солнечным зайчиком», чем ждать и увеличивать площадь своих зеленых «солнечных батарей».

Признаки животных и растений начали формироваться еще у бактерий. У них они имели приспособительное значение, то есть были гибкими, поддавались изменениям при смене условий. У одноклеточных ядерных организмов часть этих признаков тоже может возникать или пропадать в соответствующих условиях. Хотя основной способ питания ими уже выбран. Приведенные примеры еще раз доказывают их эволюционную близость к бактериям и подтверждают родство животных и растений.

## Одолжите способ питания...

Присмотритесь к этим «растениям» (рис. 3–4). Вроде бы, ничего необычного...



3. Заросли пельтигеры в тайге



4. Морские «луга» из погонофор

Да не растения это вовсе! Лишайник пельтигера – гриб, растущий на бедной таежной почве, и не просто гриб, а содружество его с одноклеточными водорослями, которых он не просто приютил, а навеки встроил между клеток мицелия. Автотрофные водоросли снабжают клетки гриба углеводами, а он их – водой и микроэлементами. Погонофоры – «лишайники моря». Это животные, в структуру которых встроены автотрофные бактерии. На дне глубоководных впадин, куда не проникает свет дня, эти бактерии синтезируют органическое вещество с помощью энергии химических реакций. Оно идет на питание животных клеток – за «аренду лабораторных помещений».

Эти два случая – примеры симбиоза, тесного взаимовыгодного содружества двух различных видов организмов. Смена способов питания у видов-хозяев здесь кажущаяся. На самом деле они остаются гетеротрофами, но при этом содержат собственную «фабрику» по производству продовольствия и, более того, передают ее по наследству.

Но есть случаи, когда организмы действительно заимствуют способ питания из другого царства, – некоторые должны быть вам знакомы.

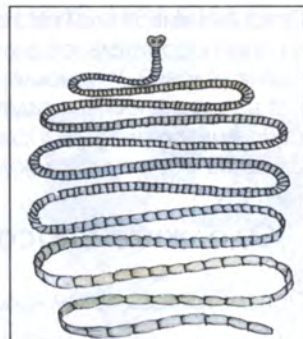
Процесс пищеварения у животных очень сложен. Он включает несколько этапов, на которых пища подвергается особой физической и химической обработке. Росянка



5. Росянка – растение, которое охотится на насекомых



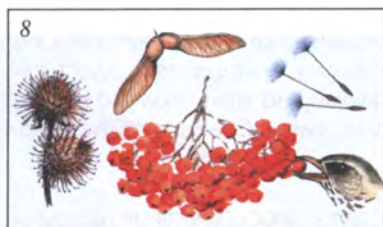
6. Петров крест – растение, лишенное хлорофилла



7. Бычий цепень – животное, всасывающее пищу поверхностью тела

(рис. 5), конечно, не такой «мастер». Она обитает на верховых болотах, где вся вода поступает не из грунтовых растворов, а из атмосферных осадков – абсолютно пресных. Главное, что нужно росянке от комара, – это не органические вещества, а микроэлементы. Остальное она просто не может усвоить.

Паразитическое растение петров крест (рис. 6) приживается там, где – о чудо! – корни его нащупывают раствор сахара. Зачем же ему хлорофилл? Зачем синтезировать то, что и так поступает в достатке! Просто нужно иметь корни, способные проникать в живую древесину. Так же и бычий цепень (рис. 7) – кишечный паразит человека – живет в среде уже готовой пищи, причем пищи именно с точки зрения животного. Ведь они неспособны расщеплять клетчатку, как грибы. Пищеварительная система, служившая предкам цепня, и даже рот утрачены за ненадобностью. Упрощение строения тела обычно для паразитических организмов. Так что и здесь нет оснований говорить о радикальной смене способа питания: скорее это просто утрата собственных приспособлений за счет использования таких же чужих.



8  
Можно ли назвать эти растения подвижными?

### «Если гора не идет к Магомету...»

Насколько подвижность характерна именно для животных?

Мы уже выяснили, что среди одноклеточных подвижность возможна не только у животных. Многоклеточным же пришлось определиться. Необходимость в лучах света привела к развитию большой поверхности тела у растений. У грибов увеличение всасывающей поверхности привело к нитевидной структуре мицелия. Это резко затруднило пере-

движение. Мешали также прочные клеточные стенки. Поэтому подвижность у грибов сводится лишь к росту, а у растений – к небольшим движениям стебля, листьев или лепестков. Всем живым организмам необходимо расселиться. Но это можно сделать, доверив многочисленное потомство ветру, воде, животным (рис. 8).

Отказаться от подвижности легче, чем ее приобрести. Поэтому животным она характерна настолько, насколько полезна. Так, среди водных животных много прикрепленных форм. Они питаются тем, что приносит вода. Но и у них есть органы движения: щупальца для захвата добычи, реснички для усиления фильтрации воды. А главное – многие малоподвижные животные в начале жизни проходят стадию свободно плавающей личинки (рис. 9).



9. Губка и ее личинка

Как видно, даже малоподвижные животные все же подвижнее растений.

## Чувствуют ли растения?



Куда растет росток? Как реагируют на яркий свет растения и животные?

Рисунки 10, 11, 13 вроде бы доказывают: да, чувствуют. Любая живая клетка обладает раздражимостью. Но как скоро наступает ответная реакция? Конечно, у животных – значительно *быстрее*, почти моментально (рис. 12, 14, 15)! Ведь большинство из них воспринимает и реагирует с помощью специальных нервных клеток.



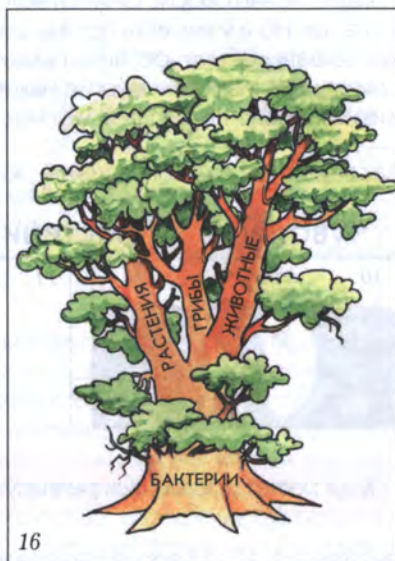
Сравните реакцию животных и растений на точечное раздражение.

Еще больше различие при точечном раздражении: только у животного на него реагирует весь организм. Это происходит благодаря тому, что нервная система объединяет все части организма. Конечно, у разных животных ответная реакция будет различной в зависимости от развития нервной системы. Человек может и вида не подать, когда у него берут кровь из пальца. Но *знать* об этом будет вся его нервная система: она же и удержит его от ответной реакции.

## Три царства – три ствола эволюции ядерных организмов

Приведенные примеры показывают, что история всех живых организмов имела общие корни, но шла разными путями, которые иногда сближались. На ранних этапах эволюции все три группы живых организмов были более сходны между собой и с более древней группой – бактериями.

Основные свойства животных – способ питания, подвижность, чувствительность, интенсивность обмена веществ – иные, чем у растений и грибов. Мы увидели, что в особых условиях животные, растения и грибы могут вырабатывать аналогичные приспособления. Но когда нам казалось, что найдено исключение из правила и у них обнаружены сходные свойства, то при детальном рассмотрении оказывалось, что проявление этих свойств *качественно различно* в разных царствах. Такое сходство признаков напоминает близость листьев разных веток в кроне одного дерева (рис. 16).

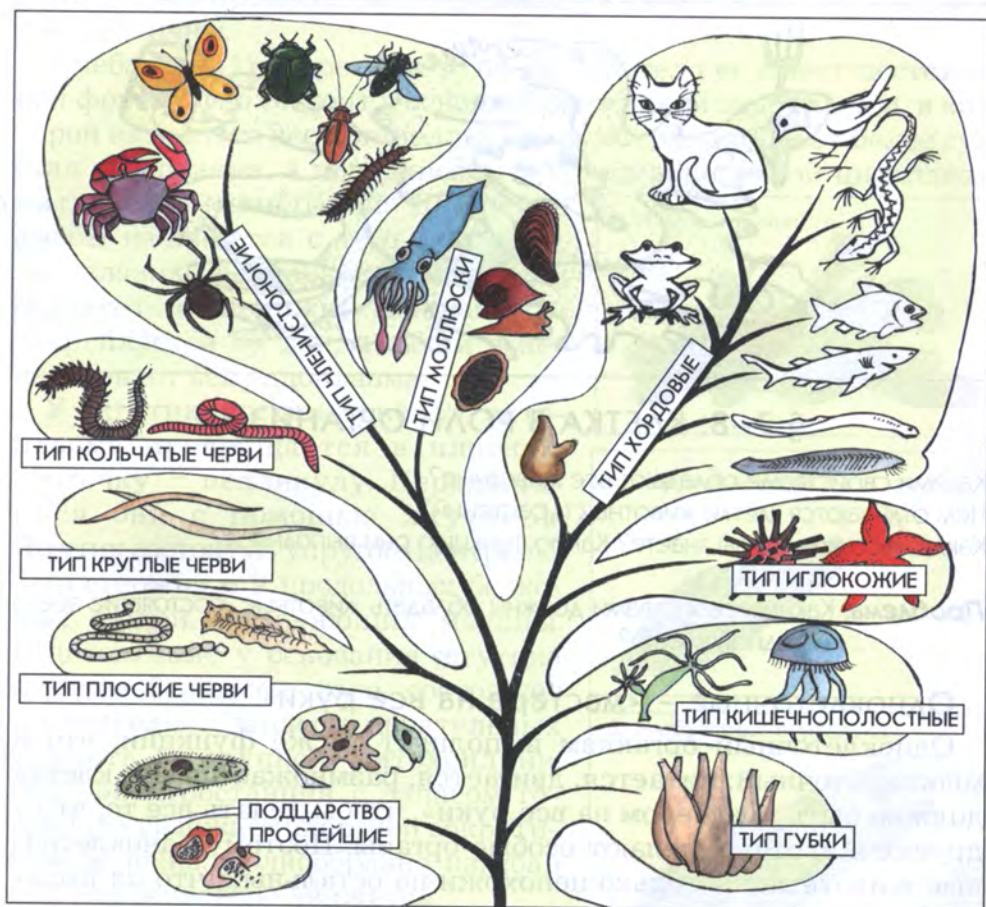


16

Сравнительный метод, выявление аналогичного и гомологичного сходства помогает глубже понять свойства живых организмов и выделить три царства – три основных пути развития в надцарстве ядерных.

1. Почему среди примитивных организмов встречаются и такие, которые трудно отнести к определенному царству?
2. В каких условиях обитают животные, утратившие некоторые признаки, общие для царства животных?
3. Как ученые определяют систематическое положение организмов?

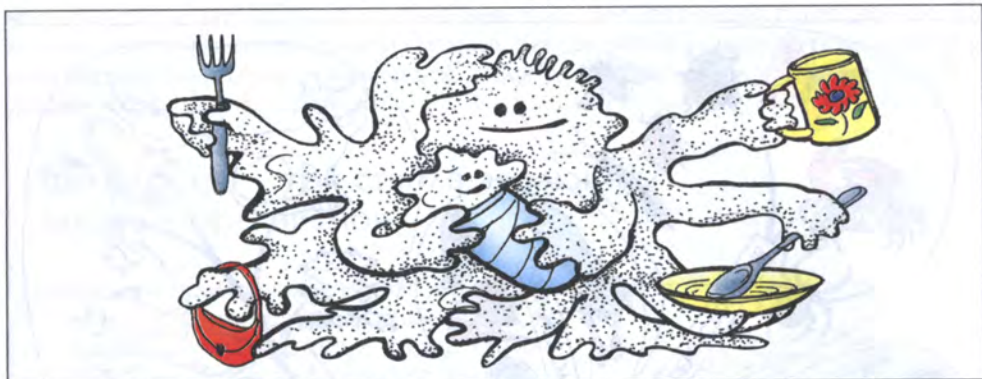
## БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ



С древних времен люди обращали больше внимания на крупных и заметных животных: зверей, птиц, рыб и «гадов». Всех прочих, из-за их малости и невзрачности, почти не различали, объединяя в одну сборную группу – беспозвоночные. Лишь в последние столетия обнаружили, что их почти в 50 раз больше видов, чем позвоночных. Оказалось, что это – разнообразнейшая группа, буквально сотворившая историю Земли. В наши дни без знаний о них немислимы разведка полезных ископаемых, ведение сельского хозяйства, развитие целых отраслей медицины и пищевой промышленности. Познакомимся с ними подробнее.



## ПРОСТЕЙШИЕ



### § 7–8. КЛЕТКА В РОЛИ ОРГАНИЗМА

Какими свойствами обладают все животные?

Чем отличаются клетки животных и растений?

Какие части клетки вы знаете? Какую функцию они выполняют?

**Проблема:** Какими свойствами должны обладать животные, состоящие всего из одной клетки?

#### Одноклеточные – «мастера на все руки»

Одноклеточный организм выполняет те же функции, что и многоклеточный: питается, двигается, размножается. Его клетка должна быть «мастером на все руки», чтобы делать все то, что у других животных делают особые органы. Поэтому одноклеточные животные настолько непохожи на остальных, что их выделяют в отдельное подцарство **простейших**.

Известны десятки тысяч видов простейших. Мы познакомимся с ними на примере трех обычных видов, которые можно встретить, рассматривая каплю воды из любой лужи. Это *амёба-протей*, *эвглена зеленая* и *инфузория-туфелька*.

#### Простейшие живут в воде

Это может быть и вода озера, и капля росы, и влага почвы, и даже вода внутри нас. Лишь из водного раствора простейшие могут получить еду и кислород. Поверхность их тела очень нежна и без воды моментально высыхает.

## Они подвижны, как и положено животным

Почти все простейшие подвижны, но способы их передвижения различны.

Амёба (рис. 1) «перетекает» по дну. Ее тело не имеет постоянной формы. Оно состоит в основном из жидкой эндоплазмы, в которой находятся все органеллы. Снаружи их окружает более густая эктоплазма, а поверхность покрыта эластичной цитоплазматической мембраной. Движение амёбы начинается с того, что часть эктоплазмы выпячивается вперед и образует **ложноножку**. Ложноножка закрепляется на дне, а затем в нее перетекает вся эндоплазма.

У жгутиконосцев (рис. 2) эктоплазма превращается в плотную оболочку – пелликулу. Передвигаются они с помощью **жгутиков**. Жгутик состоит из упругого центрального стержня и 9 продольных белковых тяжей, заменяющих мышцы. В цитоплазме у основания жгутика имеется базальное тело, состоящее из вакуоли с запасом питательных веществ и крупной митохондрии. Эта «электростанция с запасом горючего» снабжает энергией сократимые волокна. Волнообразно изгибая жгутик, животное движется.

Тело инфузорий (рис. 3) также имеет постоянную форму, но оно крупнее и покрыто множеством коротких жгутиков – **ресничек**. Реснички вращаются, подобно веслам лодки, двигая тело вперед.

1. Амёба-протей



2. Эвглена зеленая



3. Инфузория-туфелька



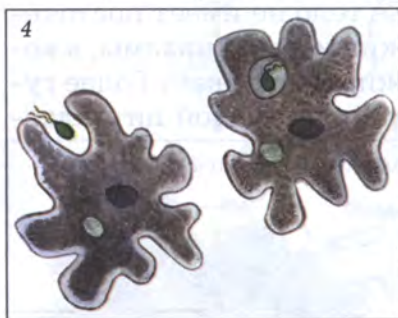
Что можно сказать об образе жизни этих простейших?



Некоторые инфузории слишком велики, чтобы передвигаться. Они ведут прикрепленный образ жизни, но тело их также покрыто ресничками. Движение ресничек создает ток воды, приносящий пищу: бактерии и другие мелкие организмы.

## Рот не всегда остается на месте

Гетеротрофные организмы поглощают пищу не отдельными молекулами, а целыми кусками. Для этого им нужен рот.



В чем преимущества и недостатки таких способов питания?

У амёбы он может «открыться» где угодно (рис. 4). Наталкиваясь на добычу, животное обволакивает ее ложноножками со всех сторон, они сливаются, и добыча оказывается внутри тела. Вокруг нее образуется **пищеварительная вакуоль** (лизосома). В ее полость выделяются пищеварительные ферменты. Пища переваривается и всасывается в цитоплазму. Затем пищеварительная вакуоль подходит к клеточной мембране и открывается наружу, чтобы выбросить непереваренные остатки.

Жгутиковые и ресничные простейшие не меняют форму тела. Поэтому рот у них расположен в определенном месте, обычно ближе к переднему концу тела. *Клеточный рот* инфузории (рис. 5) представляет собой глубокую воронку, окруженную ресничками, которые направляют пищу в нужную сторону. В глубине рта порция пищи окружается мембраной: образуется пищеварительная вакуоль. Пока пища переваривается, вакуоль движется по определенному маршруту к отверстию-*порошице* в задней части тела. Через него остатки пищи уходят в окружающую среду.



Некоторые жгутиковые используют растительный способ питания – фотосинтез – и напоминают одноклеточные водоросли. Эвглена зеленая (рис. 6), например, тоже имеет хлоропласты и светочувствительный глазок. Но если ее поместить в полную темноту на 20–25 дней, добавив в воду картофельный отвар, эвглена не погибнет. Она лишится своей зеленой окраски и полностью перейдет к гетеротрофному питанию. Рот у нее сохраняется постоянно.

## Простейшие дышат и выделяют всей поверхностью

В отличие от пищевых частиц мелкие молекулы свободно проходят сквозь клеточную мембрану. Они направляются туда, где их меньше, до тех пор пока концентрация раствора внутри клетки не станет такой же, как снаружи. Кислород расходуется на клеточное дыхание. Когда его становится меньше, чем во внешней среде, новые молекулы просто проходят внутрь клетки. Молекулы углекислого газа и вредных веществ, накопившихся в результате жизнедеятельности, наоборот, выходят наружу.

Большое преимущество простейших в том, что размер их мал и любая часть тела находится очень близко к поверхности. Поэтому многие из них обходятся без специальных органов дыхания и выделения.



Труднее приходится пресноводным животным. Внутриклеточная среда представляет собой раствор органических веществ, крупные молекулы которых не проходят сквозь мембрану. Молекулы воды гораздо мельче, поэтому они устремляются в клетку, чтобы разбавить этот раствор. Приходится удалять их сильно, затрачивая немалую энергию. А вот у морских и паразитических простейших нет такой необходимости. Ведь они окружены не просто водой, а крепкими солевыми растворами.

Откачиванием лишней воды из организма занимаются **сократительные вакуоли** (рис. 7–8). Под микроскопом хорошо видно, как они постепенно наполняются, а раз в 5–10 минут резко сокращаются и выталкивают воду наружу. У инфузорий две постоянные сократительные вакуоли с подводными к ним канальцами. У амёбы вакуоли могут возникать в любой части клетки.



Где живут изображенные животные?

## Их поведение состоит из таксисов

Простейшие обладают **раздражимостью** – способностью чувствовать и реагировать на сигналы из внешней среды.

Амёба, наползая на предметы, отличает съедобные от несъедобных и захватывает их ложноножками. Она уползает и прячется от яркого света, механических раздражений и повышенной концентрации вредных для нее веществ (например, от кристаллика поваренной соли). Такое поведение, состоящее в движении к раздражителю или от него, называется *таксисом*.

Некоторые виды простейших имеют светочувствительный глазок, который позволяет точнее определять направление к источнику света. Инфузория способна реагировать на появление врага или жертвы и поражать их, выбрасывая тонкие ядовитые белковые нити.

### Как простейшие избегают неприятностей?

Одноклеточные животные очень чувствительны к изменению окружающей среды. При наступлении неблагоприятных условий простейшие приспособились покрываться прочной оболочкой из белка – превращаться в **цисту**. В цисте жизненные процессы приостанавливаются. В таком виде простейшие переносят любую засуху и зимние морозы. Микроскопические цисты могут переноситься ветром. В благоприятных условиях животное переходит к активной жизни (рис. 9).



9. Выход амёбы из цисты

Еще одна форма защиты простейших – способность к **регенерации** (восстановлению). Поврежденная клетка может достроить свою разрушенную часть, но только при условии сохранения ядра, так как там хранится вся информация о ее строении.

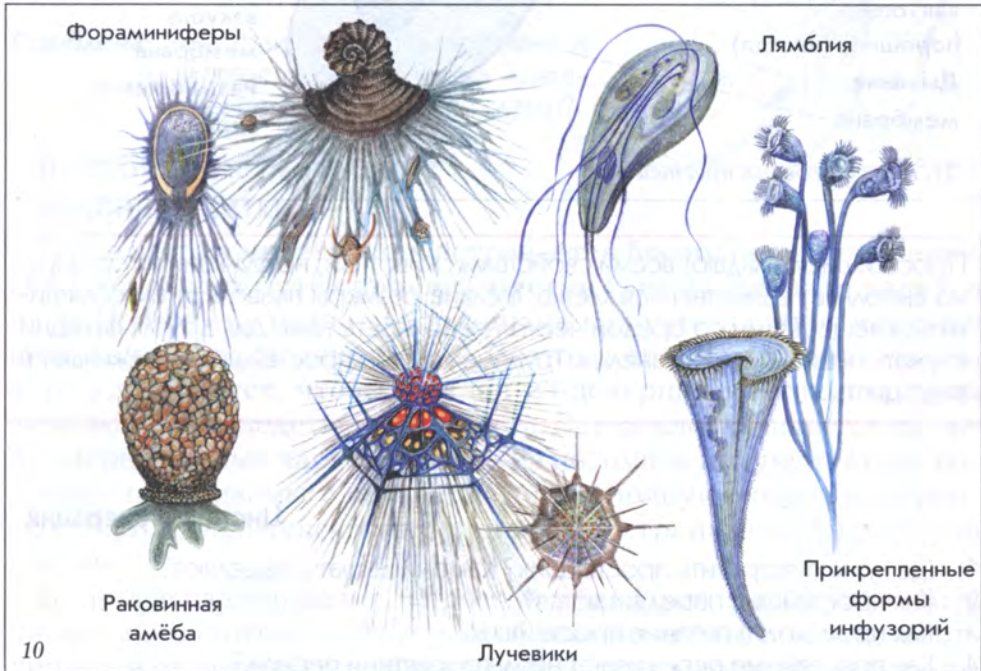
### Многообразный мир простейших



Родственников амёбы и эвглены ученые считают наиболее древними животными. Их объединяют в тип *корненожек* и *жгутиконосцев*. Сюда относятся и самые крупные среди простейших (до 20 см с ножками) – *раковинные амёбы* и *фораминиферы* (рис. 10). Они обитают на дне моря и питаются органическими остатками. Их причудливые раковины состоят из кристаллов извести или кремнезема. Сквозь отверстия в раковине выходят многочисленные и очень длинные ложноножки. Они образуют подобие ловчей сети вокруг животного. Крупные частицы пищи фораминиферы окружают ложноножками и переваривают снаружи раковины. Другая группа – *лучевики* – ведет планктонный образ жизни. Капельки жира в

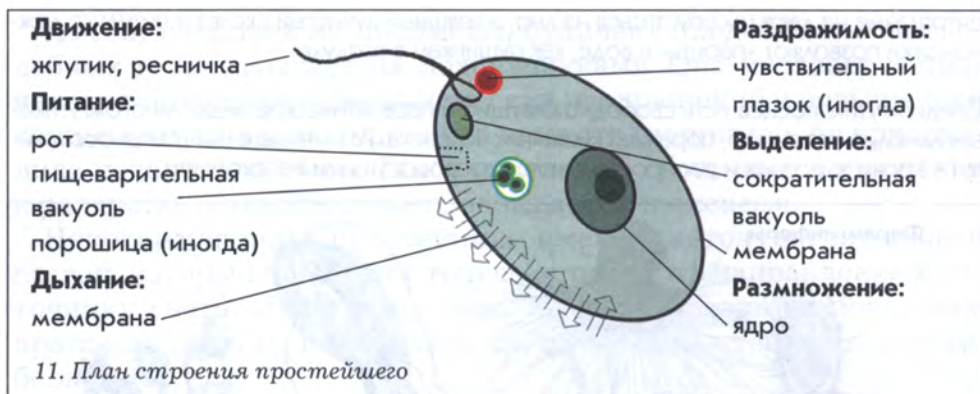
цитоплазме не дают им опуститься на дно, а изящный лучистый скелет и нитчатые ложноножки позволяют «парить» в воде, как пушинкам в воздухе.

Среди жгутиконосцев есть свободноживущие и паразитические виды. Многожгутиковая лямблия, например, поражает кишечник человека. Различные виды трипаносом живут в крови животных и распространяются кровососущими насекомыми.



Тип ресничных простейших, или инфузорий, особенно разнообразен на мелководье. Среди них есть и плавающие, и ползающие по дну, и прикрепленные, и даже своеобразные подземные формы, свободно проходящие между песчинками. Некоторые инфузории – хищники, нападающие на своих собратьев. Такого превосходства инфузории добились за счет сложного строения: их органеллы наиболее разнообразны, хорошо развиты и занимают постоянное положение. Например, реснички на разных участках тела приспособлены к различным функциям: движения, осязания, фильтрации воды или захвата пищи. В отличие от других простейших, инфузории имеют два ядра: малое ядро хранит наследственную информацию, а большое ядро управляет обменом веществ.

Тип споровиков развивался по пути упрощения строения, связанного с паразитическим образом жизни. Их среда обитания – кровь и клетки тела различных животных. *Малярийный плазмодий* и *токсоплазма* вызывают тяжелые заболевания человека, которые мы обсудим позднее.



Простейшие обладают всеми свойствами животных, но функции их организма выполняет единственная клетка. Мелкие размеры позволяют им обмениваться веществами со средой через поверхность тела. Для других функций служат специальные органеллы. Трудные условия простейшие переживают в виде цисты.

### Циста. Регенерация

1. Где можно встретить простейших? Как они дышат и выделяют?
2. Как простейшие передвигаются?
3. Как происходит питание простейших?
4. Как простейшие переживают неблагоприятный период?
- 5\*. Какие органеллы простейших не понадобятся многоклеточным?
- 6\*. Как вы думаете, почему на рисунках простейших обычно не изображены митохондрии, эндоплазматическая сеть, рибосомы?
- 7\*. Почему простейшие не вымерли при появлении многоклеточных?
- 8\*. В чем суть спора о жгутиконосцах между ботаниками и зоологами?

### Лабораторная работа. Наблюдение инфузорий

Нанесите на предметное стекло микроскопа каплю воды с инфузориями-туфельками. Рассмотрите с помощью лупы или микроскопа с небольшим увеличением форму тела животных и их способ передвижения. Положите в каплю несколько волокон ваты для замедления движения. Накройте каплю покровным стеклом и рассмотрите строение инфузории под микроскопом, используя большое увеличение.

Проведите опыт: две капли с инфузориями соедините водяным «мостиком». Положите в одну каплю кристаллик соли. Понаблюдайте и объясните результат опыта.

## § 9. РАЗМНОЖЕНИЕ – ОСНОВА ЖИЗНИ

Что находится в ядре клетки?

Что такое «редукционное деление»?

Какие преимущества у бесполого размножения?

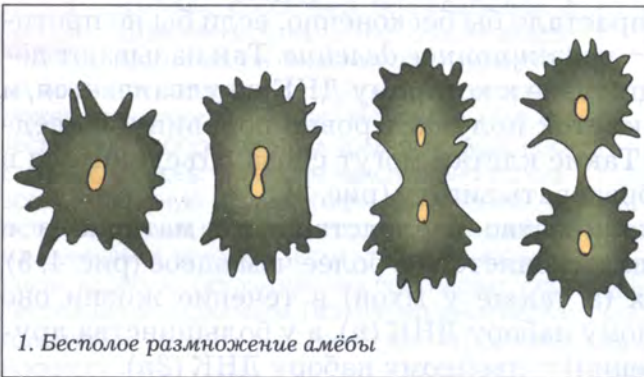
**Проблема:** Чем отличается размножение и какова его роль в жизни животных, состоящих из одной клетки?



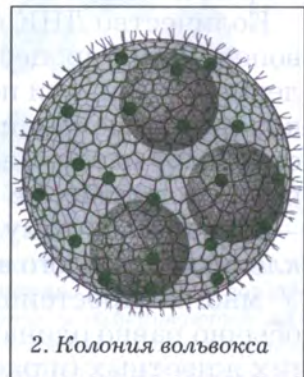
### Бесполое размножение – деление клетки

Чаще всего у простейших встречается **бесполое** размножение. Оно происходит путем **деления клетки** (рис. 1). Вначале делится ядро. Программа развития организма находится в ядре клетки в виде комплекта молекул ДНК. Поэтому еще до деления клетки ядро удваивается, чтобы каждая из дочерних клеток получила свою копию наследственного текста. Затем клетка делится на две примерно равные части. Каждый из потомков получает лишь половину цитоплазмы с органеллами, но полную копию материнской ДНК и, пользуясь инструкциями, достраивает себя до целой клетки.

Бесполое размножение – простой и быстрый способ увеличить число своих потомков. Этот способ размножения, по сути, не отличается от деления клеток при росте тела многоклеточного организма. Вся разница в том, что дочерние клетки одноклеточных в конце концов расходятся, как самостоятельные организмы.



1. Бесполое размножение амёбы



2. Колония вольвокса





Среди жгутиконосцев есть виды, у которых клетки после деления не теряют связи друг с другом. Образуется колония из многих клеток, связанных цитоплазматическими мостиками. Примером служит вольвокс (рис. 2). Этот случай показывает нам, как могли образоваться многоклеточные животные.

## Они бы были бессмертны, но... всего на всех не хватит



При делении клеток родительская особь не исчезает, а просто превращается в двух особей-двойников. Это означает, что при бесполом размножении организм может жить вечно, точно повторяясь в своих потомках. Действительно, ученым удавалось в течение нескольких десятков лет сохранять культуру простейших с одними и теми же наследственными свойствами. Но, во-первых, в природе численность животных строго ограничена запасами пищи, так что выживают лишь немногие потомки. Во-вторых, абсолютно одинаковые организмы вскоре могут оказаться одинаково неприспособленными к изменению условий и все погибнут. Избежать этой катастрофы помогает половой процесс.

## Половой процесс и редукционное деление

Половой процесс состоит в объединении наследственной информации двух особей. У большинства простейших это происходит путем слияния двух клеток, которые называются *гаметами*. С помощью жгутика хотя бы одна из гамет активно перемещается и встречает гамету противоположного пола. Две гаметы полностью сливаются и образуют *зиготу* – клетку с удвоенным набором ДНК. Ее наследственные свойства объединяют свойства обеих родительских гамет.

Количество ДНК возросло бы бесконечно, если бы не противоположный процесс – *редукционное деление*. Так называют деление клетки, при подготовке к которому ДНК не удваивается, и каждая из дочерних клеток получает ровно половину наследственного материала. Такие клетки могут снова объединиться в половом процессе и образовать зиготу (рис. 3).

Благодаря этому количество наследственного материала в клетках у каждого вида изменяется не более чем вдвое (рис. 4, 5). У многих простейших (а также у мхов) в течение жизни оно обычно равно одинарному набору ДНК ( $n$ ), а у большинства других животных (и растений) – двойному набору ДНК ( $2n$ ).

## Половое размножение и изменчивость



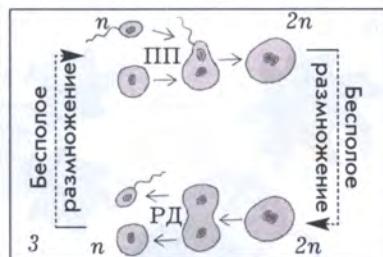
Половой процесс у простейших сам по себе не ведет к увеличению числа организмов, поэтому его нельзя назвать размножением. Но благодаря ему в зиготе образуется новая комбинация наследственных задатков, полученных от каждого из родителей. Последующие деления лишь увеличивают число потомков с данной комбинацией задатков. Таким образом, половым размножением простейших можно назвать половой процесс в сочетании с делением клеток. Его результат – потомство, отличающееся от родителей. Так возникает *изменчивость*, благодаря которой естественный отбор создает формы с новыми приспособлениями.

Половое размножение сопряжено с затратами времени и энергии на поиск партнера и дополнительную подготовку. Но потомство обладает ценным качеством – *изменчивостью*, и некоторые особи могут оказаться более приспособленными, чем родители.

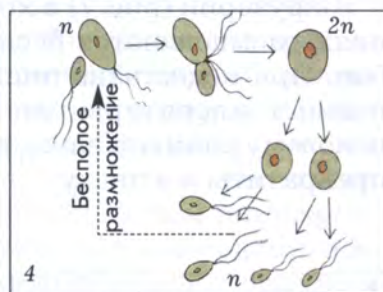
## Простые и сложные жизненные циклы простейших



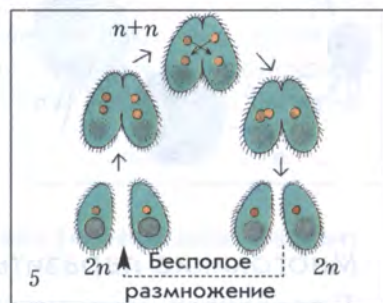
Представьте себя на месте простейших. Мир бесконечно велик, опасности неотвратимы, расстояния непреодолимы, а жизнь так коротка, что нет смысла загадывать на завтра. Если повезет – дожить бы до вечера и позаботиться о продолжении рода: может, детям повезет больше! И в самом деле: естественный отбор сохранил только те виды простейших, которые способны максимально использовать доступную пищу сегодня или умереть, но оставить больше потомков, готовых завтра жить в изменившихся условиях. Если условия хороши и пищи вдоволь, организмы воспроизводят себя бесполом размножением. При наступлении неблагоприятных условий они переходят к половому процессу.



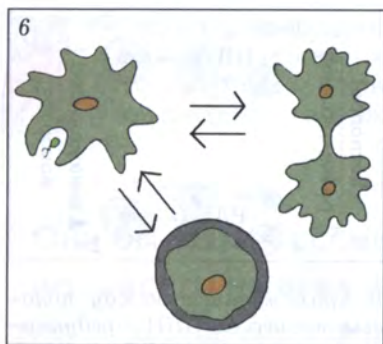
В промежутках между половым процессом (ПП) и редукционным делением (РД) клетки могут жить и размножаться простым делением.



Жгутиконосцы обычно имеют одинарный набор ДНК, так как редукционное деление происходит вскоре после полового процесса.

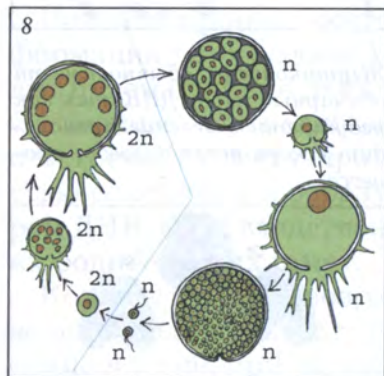
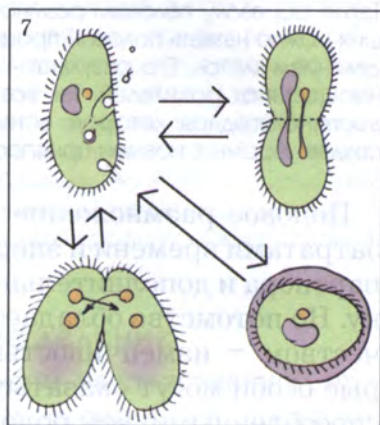


Половой процесс инфузорий – *конъюгация*. Две клетки соприкасаются и обмениваются ядрами – «гаметами» с одинарным набором ДНК.



Жизненный цикл амёбы, эвглены и многих других прост (рис. 6). Клетка растёт, развивается и делится бесполом путем. В плохих условиях любой организм может «временно умереть» – превратиться в цисту. При улучшении условий он «возвращается к жизни» и усиленно размножается.

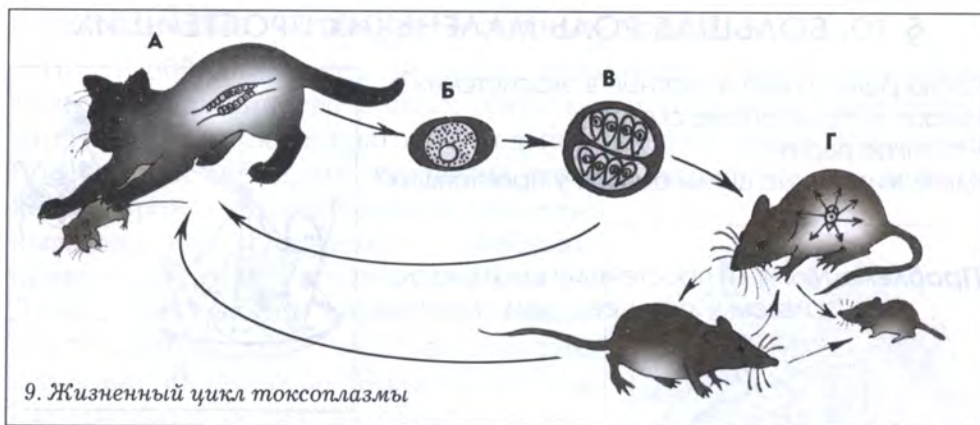
Инфузории (рис. 7) в хороших условиях размножаются бесполом способом. При недостатке пищи или изменении температуры они переходят к половому размножению, а затем могут превратиться в цисту.



У фораминифер в постоянных условиях на дне океана бесполое и половое поколения строго чередуются (рис. 8). Так они поддерживают и количество, и качество потомства.

### Многоликие паразиты

У паразитов, живущих внутри хозяина за его счет, возникает две дополнительные проблемы: не убить хозяина раньше времени и расселить потомков в тела других таких же хозяев. Смена поколений, обладающих различными свойствами, становится важнейшим путем решения этих задач.



У споровика *токсоплазмы* (рис. 9) одно поколение (А) приспособилось жить в кишечнике кошки, не причиняя ей особого вреда. Здесь происходит половой процесс, поэтому кошку называют *окончательным хозяином* паразита. Зигота (Б) превращается в цисту и выходит во внешнюю среду. Внутри цисты происходит деление на споры (В). Из цисты, проглоченной любым теплокровным животным, выходит несколько особей, которые размножаются делением (Г), расселяются и тяжело поражают организм своего *промежуточного хозяина*, например мыши. Потомство мыши рождается зараженным токсоплазмой. Через мышью, съеденную кошкой, токсоплазма снова попадает к своему основному хозяину, и цикл повторяется.

Бесполом размножением простейшие увеличивают численность, а половым – качество потомства. В их жизненном цикле происходит чередование полового и бесполого поколений. Особенно сложные циклы имеют паразитические формы.

### Бесполое и половое размножение. Паразит

1. В чем отличия бесполого и полового размножения простейших?
2. У каких простейших жизненные циклы сложнее?
- 3\*. Чем отличается половой процесс инфузорий от полового размножения?
- 4\*. В каком смысле можно говорить о бессмертии простейших?
- 5\*. В чем сходство и отличие размножения простейших и растений?

## § 10. БОЛЬШАЯ РОЛЬ МАЛЕНЬКИХ ПРОСТЕЙШИХ

Какую роль играют животные в экосистемах?

Имеют ли простейшие скелет?

Что такое паразит?

Какие жизненные циклы бывают у простейших?

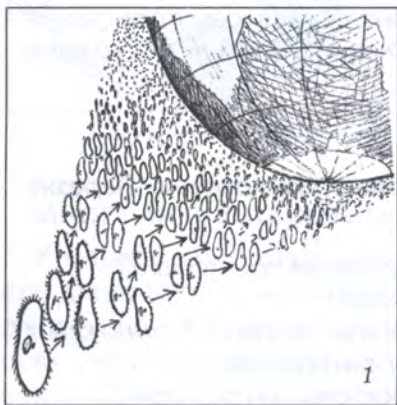
**Проблема:** Могут ли простейшие влиять на экосистему сильнее, чем крупные многоклеточные?



### Две стратегии выживания

Сравним особенности мелких и крупных животных. Организм контактирует с окружающей средой через поверхность: чем больше поверхность, тем больше зависимость от внешней среды. Если взять 70 кг инфузорий, то общая поверхность их тела будет в 20 тысяч раз больше поверхности тела человека с таким же весом. Тут уж никакой «личной жизни», организм полностью подчинен среде. Любая песчинка, комарик или капля дождя таят опасность гибели каждую секунду. Они и гибнут в массе.

То ли дело крупные животные, например, звери: защищены мехом, холод и жара не страшны. Сильные, камнем не задавишь, да и не догнать! С другой стороны, конечно, болезни, голод... Рождают всего несколько детенышей за долгую жизнь. Тигры большие – а вымирают. Взять ту же инфузорию: может удваиваться каждый день, через год покрывает сплошной пленкой весь земной шар (рис. 1)!



Действительно, скорость размножения простейших поистине гигантская. Она позволяет быстро осваивать ресурсы подходящей пищи, где бы они ни появились. Таким образом, природа уравновесила шансы крупных и мелких организмов серьезно влиять на экосистемы.

## Простейшие – строители горных пород

Почти 600 миллионов лет назад произошла «скелетная революция». Большинство живых организмов «оделось» скелетами, защитившими их от врагов. С тех пор бесчисленные поколения простейших гибли, их раковины откладывались на дне морей, километровые толщи осадков спрессовывались под собственной тяжестью, превращаясь в мел и известняк (рис. 2). Движения земной коры поднимали осадочные породы на поверхность, сооружая из них горы. Вода вымывала минеральные вещества обратно в море, где они снова использовались для построения раковин. Так, благодаря простейшим, совершался круговорот минеральных элементов в биосфере на протяжении ее истории.



2. Мел под микроскопом

## Простейшие – важное звено водных экосистем

Пищевые цепи в водных экосистемах начинаются с микроскопических водорослей. Вторым звеном в них обычно являются планктонные простейшие – первые потребители зеленой продукции. Затем они становятся основой питания животоядных обитателей водных экосистем – рачков, мальков рыб и всех последующих потребителей. Когда остатки мертвых растений и животных опускаются на дно, их подбирают донные простейшие.

Немало простейших населяет и каждый миллиметр почвы, насыщенной грунтовой влагой. Вместе с другими обитателями они поддерживают плодородие почв.

## Без простейших не могут существовать растительноядные животные



Ирония судьбы: растительноядные животные сами не в состоянии переварить целлюлозу (клетчатку) – основу растительных тканей! За них это делают простейшие, заселяющие их пищевой тракт с первых дней жизни. Кишечник термита, слепая кишка зайца и желудок коровы «оборудованы» специальными складками для размещения этих «сожителей». Хозяин усваивает лишь результат их пищеварения, а заодно и самих простейших.

## Простейшие – возбудители болезней человека

Дизентерийные амёбы вызывают болезнь кишечника, трипаносомы – сонную болезнь, от которой страдают люди в Африке. Много бед принесла человечеству **малярия**.

Эта болезнь широко распространена в теплом, тропическом климате. Вспышки ее происходят в болотистой местности. Малярию вызывает простейшее из типа споровиков – *малярийный плазмодий*, а переносят ее от больного человека или животного к здоровому комары из рода *анофелес*.

После укуса комара плазмодий с током крови попадает в печень (рис. 3), в клетках которой происходит первая фаза его бесполого размножения. Те особи, что возникли в результате первого деления, вновь возвращаются в кровь,

внедряясь в красные кровяные клетки – эритроциты. В эритроцитах происходит новое деление плазмодиев, также бесполое, но гораздо более масштабное, чем в печени. Эритроциты лопаются от расплодившихся паразитов, и в кровь попадают ядовитые продукты их жизнедеятельности. Это вызывает у человека «приступ лихорадки» – резкий подъем температуры, сильнейший озноб и слабость. От потери эритроцитов больной страдает анемией (малокровием).

Теперь клетки плазмодия готовы для заражения новых комаров. С кровью больного они попадают в кишечник комара и только там приступают к половому размножению. Результат этого размножения – тысячи мельчайших клеток следующей стадии развития плазмодия. Они заполняют полость тела комара, в том числе и слюнные железы. Теперь он готов заразить при укусе следующего человека.



Почему жизненный цикл малярийного плазмодия так сложен?

Борьба с малярией состоит в уничтожении комаров-переносчиков: их травят ядохимикатами, осушают мелкие водоемы, где выводятся комариные личинки. Паразитов, уже проникших в человеческий организм, убивают при помощи хинина – вещества, получаемого из коры хинного дерева.

### Может ли человек избавиться от инфекций?

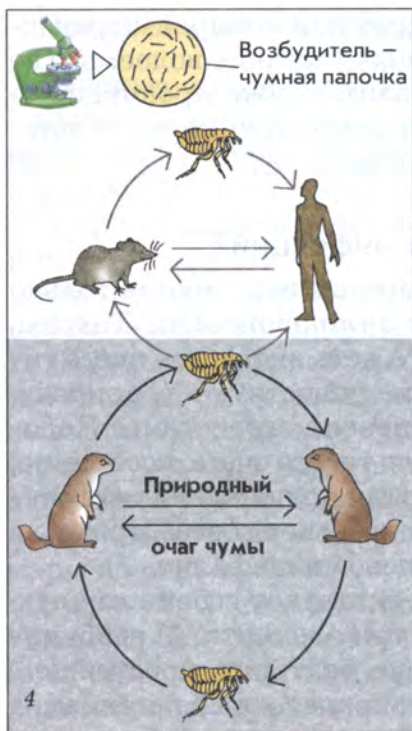
Есть инфекционные заболевания, которые передаются только от человека к человеку: их называют *антропонозами*. Таковы, например, оспа, холера, грипп, СПИД. А есть инфекции иного типа, природно-очаговые: они постоянно существуют в природе, представляя собой естественный компонент экосистемы. Человек заражается, попадая на территорию такого очага, вообще-то, случайно. Ведь эти болезни существовали до появления человека и останутся на Земле, даже если он исчезнет вовсе. Примеры таких болезней – малярия, чума, клещевой энцефалит.

Природно-очаговое заболевание представляет собой сложную систему, в которой есть как минимум три элемента: 1) **возбудитель** – болезнетворный организм (вирус, бактерия, простейшее, паразитический червь); 2) **хозяин** – многоклеточный организм, в том числе человек, являющийся резервуаром для возбудителя; 3) **переносчик** – кровососущее членистоногое (комар, блоха, клещ).

Типичный пример природно-очаговой инфекции – чума. Возбудителем ее служит бактерия чумная палочка, хозяином – различные виды грызунов (сурки, суслики, крысы), переносчиком – блохи. Природные очаги чумы (рис. 4) «тлеют» постоянно – в пустынях Прикаспия, в степях Забайкалья. Обычно болеют и умирают лишь грызуны. Чума – важный регулятор их численности, не позволяющий размножиться сверх меры. Опасность для людей возникает, если заболеют крысы. Они могут занести чуму в человеческое жилище и через блох заразить хозяина. За тем, чтобы этого не случилось, постоянно следит **противочумная служба**, объединяющая врачей-эпидемиологов и зоологов. Такие службы есть во всех странах, где имеются природные очаги чумы.

Человечество может полностью победить инфекции-антропонозы: ведь когда вылечен последний больной, в природе не





Как поддерживается очаг чумы?

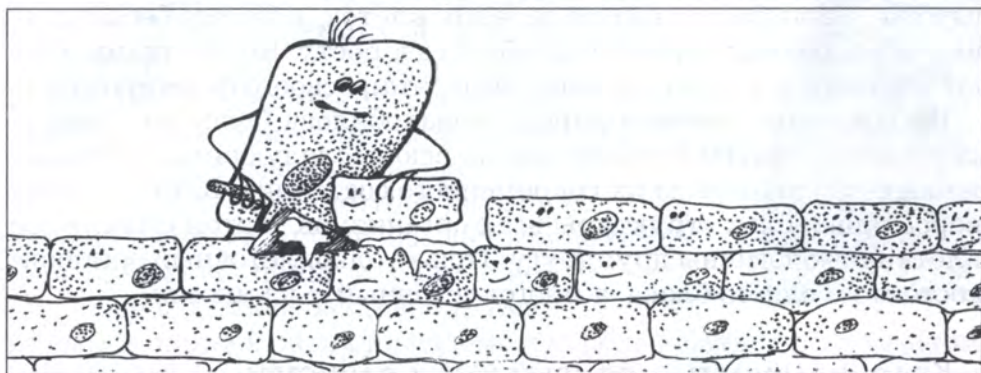
остается источника болезни. Именно так в 90-е годы была окончательно побеждена оспа – теперь эта страшная болезнь осталась лишь в виде микробиологических культур в тщательно охраняемых лабораториях. А вот добиться такой победы над природно-очаговыми заболеваниями – увы! – невозможно в принципе. Можно лишь совершенствовать способы лечения больных, создавать новые прививки, уничтожать переносчиков – но полная и окончательная победа все равно недостижима. Во второй половине XX века проблема малярии в Средней Азии и Закавказье казалась полностью решенной. Однако стоило ослабить борьбу, как малярия тут же вновь стала массовым явлением, причем не только в Средней Азии и Закавказье, но и на юге России и Украины.

Благодаря огромной плодовитости биомасса и роль простейших велика во многих экосистемах, особенно в водных. Скелеты простейших составляют основу осадочных горных пород. Простейшие – возбудители опасных болезней. Особенно трудно победить природно-очаговые болезни.

### Малярия. Природно-очаговые заболевания

1. Какую роль играют простейшие в биосфере Земли?
2. Какова роль простейших в жизни человечества?
3. Почему так трудно людям справиться с природно-очаговыми болезнями?
- 4\*. Предложите способы предохранения людей от малярии и чумы.
- 5\*. Какова роль простейших в обеспечении людей молоком и мясом?
- 6\*. Какие роли в экосистемах более свойственны мелким животным?

## НИЗШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ



### § 11. ВОЗНИКНОВЕНИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ

Какие преимущества имеют одноклеточные животные?

Что такое ткань, орган, регенерация?

**Проблема:** Почему и как животные стали многоклеточными?

#### Клеточная структура организма

Чтобы слепить снеговика, надо скатать три снежных кома. Дом строят из бревен, кирпичей или панелей, египетские пирамиды – из каменных блоков. Из детского конструктора, в котором всего несколько типов деталей, можно построить почти любое сооружение. Почему всё большое и сложное строят из блоков, простых и маленьких?

Во-первых, их легко придумать или даже найти готовые. Во-вторых, их нетрудно сделать по одному шаблону или чертежу. В-третьих, если сооружение начнет разваливаться, можно не строить его заново, а заменить негодные блоки. В-четвертых, достаточно добавить или усовершенствовать отдельные блоки – и можно создать новую конструкцию, еще лучше.

Все живые организмы (кроме вирусов) имеют клеточное строение. Клетки – это «кирпичики», блоки, из которых построено тело. Клетки могут различаться по форме, размерам, строению и исполняемым функциям. Клетки многоклеточных могут даже

сливаться, образуя многоядерную ткань. Так выглядят, например, мышечные волокна. Покровы жуков снаружи однородны, но они состоят из затвердевших выделений клеток, лежащих глубже. Тело растет путем деления клеток, поэтому бесклеточные образования теряют способность к росту. Но все ткани имеют клеточную структуру хотя бы на этапе своего формирования.

На создание клетки природе понадобилось более миллиарда лет – значительно больше, чем на всю последующую эволюцию живых организмов до их современного состояния. Клетка – универсальный блок структуры всех организмов. В этом смысле все клетки гомологичны друг другу. Только одноклеточный организм состоит из одного блока, а многоклеточный – из многих.

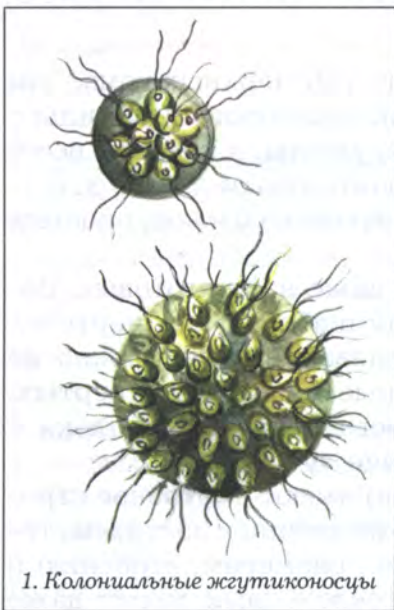
### Колониальность – первый шаг к единству

Если дочерние клетки простейшего не расходятся после деления, возникает объединение организмов – **колония**. Это еще не организм, так как каждая клетка может жить самостоятельно. Но у колонии есть ряд преимуществ перед одиночной клеткой.

Колония (рис. 1) крупнее и поэтому лучше противостоит внешнему воздействию. Ее гораздо труднее повредить целиком: ведь

нападающие (бактерии, простейшие, грибы) были явно мельче. При повреждении части колонии оставшиеся клетки путем деления восстанавливают недостающие блоки. Ведь заново «построить домик» легче, чем склеить лопнувший шарик!

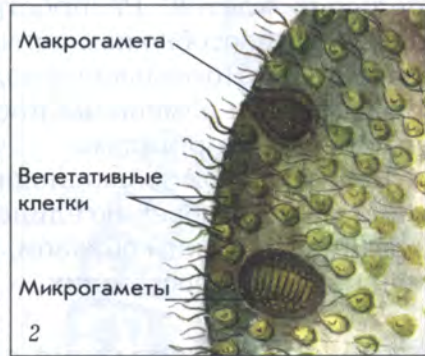
Объединение клеток, как и всякое достоинство, имеет свою обратную сторону. Колония крупнее, а способы движения – те же. Поэтому подвижность и эффективность сбора корма снижаются. Внешняя поверхность колонии, через которую происходит обмен веществ, меньше, чем у разрозненных клеток, а это затрудняет не только питание, но также дыхание и выделение.



1. Колониальные жгутиконосцы

## Второй шаг – разделение функций

Объединение самостоятельных клеток в колонию служит предпосылкой к **разделению функций** между ними (рис. 2). Клетки, расположенные снаружи, способны обеспечивать движение колонии и захват пищи. Тогда клетки, расположенные под их защитой внутри колонии, смогут лучше обеспечить переваривание пищи и размножение. Конечно, такое разделение имеет смысл, когда каждая клетка может пользоваться результатом «труда» остальных, то есть когда вещества могут переходить из одной клетки в другую.



Знакомая ситуация: Маша дала Тане списать сочинение, зато сама списала у нее контрольную по алгебре. Это временно улучшило их оценки, но не прибавило знаний, необходимых каждой. В клетках колонии мы встречаем ситуацию иную, подобную настоящему разделению труда в обществе. Например, при возникновении ремесел кузнец в деревне не просто делал свое дело лучше других. Он один имел свою кузницу и полностью обеспечивал подковами, топорами и боронами всю округу, а за это получал другие товары в избытке.

Как мы знаем, между совершенствованием структуры и функций существует положительная обратная связь. «Разделение труда» между клетками сказалось и на их облике: они стали различаться соответственно своим функциям. Это позволило им делать свое дело еще эффективнее.

## Третий шаг – координация

Однако разделение функций сделало клетки более зависимыми друг от друга: они уже не могут существовать самостоятельно. Возникает необходимость в **координации** совместной деятельности клеток.

На первых порах она была пассивной, простой суммой таксисов клеток: все плывут к свету, и колония плывет к свету. Но клеткам внутри колонии бесполезно тратить энергию на движение. Поэтому естественный отбор закрепил выработку специаль-

ных веществ, возбуждающих или тормозящих активность отдельных клеток. Распространение подобных веществ между клетками способно изменять деятельность колонии в нужном направлении. Но только гораздо позже, с возникновением нервной системы, эти изменения превратились в моментальные слаженные реакции организма.

Решение этой эволюционной проблемы, в конечном счете, привело к возникновению единства, свойственного многоклеточному организму. Таким образом, многоклеточный организм гомологичен колонии простейших.

### Губки: опыт создания единого организма

Пока координация и транспорт веществ между клетками еще не налажены, сохраняется правило: чем больше колония – тем больше трудности как с движением, так и с обеспечением внутренних слоев клеток необходимыми веществами. Поэтому в период становления многоклеточности самыми крупными были неподвижные организмы – *губки*. Это тип животных, которые во взрослом состоянии ведут сидячий образ жизни.

Личинка губки (рис. 3) тем не менее похожа на небольшую колонию жгутиконосцев. Благодаря жгутикам она плавает и обеспечивает расселение вида. На свободном месте она прикрепляется ко дну, сворачивается жгутиками внутрь и разрастается.

**Личинка** – стадия развития многоклеточного организма с момента перехода к самостоятельной жизни до полового созревания.

Взрослое животное напоминает пористый бокал (рис. 3–4). Снаружи он защищен слоем покровных клеток, а изнутри выстлан жгутиковыми клетками. Они обеспечивают ток воды, которая поступает через поры и уходит наружу через общее устье. Они же вылавливают из проточной воды мелкие частицы пищи. Между этими двумя слоями клеток находится выделенная ими бесструктурная студенистая масса. В ней образуются твердые кристаллы, создающие скелетную основу. В студенистом слое перемещаются амебоидные клетки. Часть их занимается транспортом питательных веществ. Другие же представляют собой резерв, готовый превратиться в клетки любого типа.

Таким образом, губки используют крупные размеры своего тела для пассивного питания, как растения. Они создали большую, хорошо защищенную поверхность контакта с внешней средой. Как деревья ловят проходящий поток света, так губки ловят своей огромной живой поверхностью поток воды, чтобы отфильтровать из нее частицы пищи.

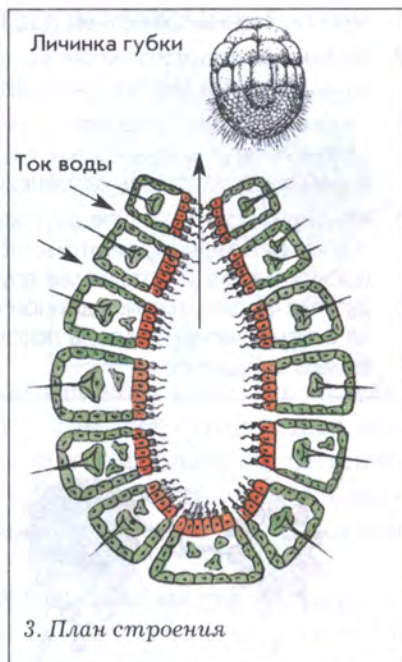
Губки по уровню организации занимают промежуточное положение между колонией клеток и целостным многоклеточным организмом. Как единый организм, губка обеспечивает ток воды сквозь тело. Как единый организм, она реагирует на раздражение: медленно сжимает устье, а затем столь же медленно восстанавливает его форму. Замедленность этой реакции указывает на слабую связь между клетками. Губка похожа на колонию простейших еще и тем, что после разрушения ее тело может быть восстановлено почти из любой отдельной клетки.

Со времен древних греков очищенные скелеты некоторых губок применяли как мочалку. Искусственные «губки» современная промышленность научилась делать у природы.

### Дорога в будущее



Колониальные одноклеточные организмы, существующие сегодня, подсказали ученым наиболее вероятные пути происхождения многоклеточных в истории развития жизни на Земле (рис. 5).



4. Пресноводная губка-бадяга

1. Многоклеточные животные произошли от колониальных простейших.
2. Эффективность колониального образа жизни повысилась в результате разделения функций клеток внешней и внутренней части колонии.
3. Сидячие формы приспособились к донной фильтрации путем «выворачивания наизнанку»: жгутиковые клетки, переместившись внутрь колонии, обеспечили постоянный ток воды сквозь колонию и извлечение из нее мелких частиц пищи.
4. Колонии, образовавшие внутреннюю полость, смогли использовать ее сокращения как реактивный двигатель, чтобы приподняться над уровнем дна. Эта же полость послужила для захвата более крупной добычи.
5. Другие формы, питаясь донной органикой, освоили передвижение по дну: сначала с помощью жгутиков, а потом – и более сложных движений тела. Их ожидало большое будущее.



Клетка – сложнейший универсальный элемент строения всех живых существ, гомологичный организму простейшего. Шагами на пути возникновения многоклеточных животных были объединение простейших в колонию, разделение функций клеток, усложнение координации между ними. Губки – один из первых природных «экспериментов по многоклеточности».

### Многоклеточность. Колония. Губки

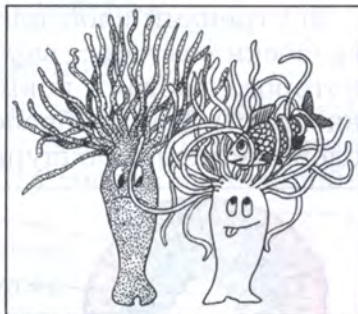
1. Из каких блоков состоят все живые организмы?
2. Какие особенности строения и функций отличают многоклеточных?
3. В чем преимущества и недостатки многоклеточного животного?
- 4\*. Как способность к регенерации связана с уровнем сложности организма?
- 5\*. Почему губок нельзя назвать настоящими многоклеточными?

## § 12–13. НАСТОЯЩИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ

Чем многоклеточное животное отличается от колонии клеток?

В чем преимущества и недостатки крупных размеров тела?

**Проблема:** Что нужно для охоты на крупную добычу?



### «Общий котел»

Сквозь тело губки непрерывно прокачивается вода. Это удобно, чтобы улавливать мелкие частицы пищи, доступные для переваривания внутри клеток. Но ведь кругом плавает столько крупной добычи! Первыми ее сумели использовать *кишечнополостные*: они освоили **внеклеточное** пищеварение в кишечной полости.

К типу кишечнополостных относятся морские медузы и кораллы, а в пресных стоячих водах можно встретить *гидру* (рис. 1). Ее тело длиной около сантиметра имеет вид продолговатого мешочка с венчиком щупалец наверху. Нижним концом – подошвой – она прикрепляется ко дну или растениям, а щупальцами ловит проплывающих мелких рачков. Гидра легко справляется с задачей, которая для нас – все равно что проглотить курицу целиком.



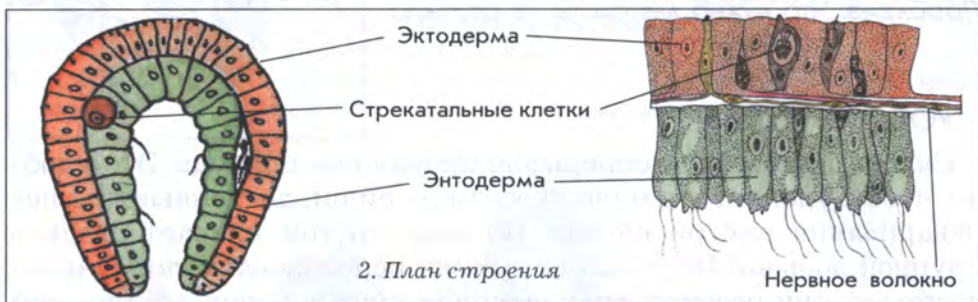
1. Гидра

Кишечнополостные, как следует из названия, имеют замкнутую **пищеварительную**, или **кишечную**, **полость**. У нее только один вход – рот. Крупная добыча переваривается в этой полости, как в котле, под действием соков пищеварительных клеток, выстилающих стенки. После первого этапа внеклеточного пищеварения оно продолжается внутри клеток. Когда в пищеварительной полости оказываются остатки жертвы, которые невозможно переварить, и отходы клеточного обмена веществ, она сжимается и опорожняется.



## «Двухслойный мешок»

Внутренний слой клеток (рис. 2) называют **энтодермой** (по-гречески «энтос» – внутри, «дерма» – кожа). Внешний слой, из которого состоят покровы, называют **эктодермой** («эктос» – внешний). Таким образом, кишечнополостные похожи на двухслойный мешок со щупальцами вокруг входа.



Ну и что в этом особенного? Особенного – действительно, ничего. Наоборот, оказалось, что стадию «двухслойного мешка», или, по-научному, *гастрюлы*, проходят в своем развитии все животные, о которых говорится дальше в этой книге, – все без исключения. При делении оплодотворенной яйцеклетки вскоре образуются два слоя клеток, два **зародышевых листка** – энтодерма и эктодерма. Дальше пути их развития полностью расходятся, потому что в зависимости от расположения клетки команды о развитии считываются с разных участков ДНК. У взрослых животных разные зародышевые листки превращаются в различные ткани, органы и системы. Кишечник, например, у всех образуется из энтодермы, а нервная система – из эктодермы.

**Ткань** – система клеток, сходных по происхождению, строению и функциям в организме.



Эктодерма и энтодерма – *ткани* кишечнополостных животных. Клетки энтодермы переваривают пищу. Эктодерма несет покровную функцию, защищая тело от повреждений. В ее состав входят стрекательные клетки. В каждой из них спрятана напружиненная нить с едкой жидкостью (рис. 3). Стоит прикоснуться к такой клетке, и «гарпун» выстрелит.

Кишечнополостные не имеют особой ткани, ответственной за движения. Эту функцию выполняют оба слоя клеток с помощью мускульных отростков, расположенных между слоями. Отростки клеток эктодермы вытянуты вдоль тела, а отростки клеток энтодермы опоясывают

его поперек. Их слаженная работа позволяет гидре изменять форму тела, двигаться, опорожнять кишечную полость.

### Нервная система координирует действия

Чтобы сократить пищеварительную полость или схватить жертву, усилий отдельных клеток недостаточно. Необходимо резкое сокращение множества клеток. Их согласованное действие обеспечивает **нервная система**.

Нервные клетки (рис. 4) рассеяны по всему телу кишечнополостного в основании эктодермы. Их чувствительные окончания реагируют на изменения во внешней и внутренней среде. А длинные двигательные окончания образуют нервные волокна, которые опутывают все тело. В ответ на раздражение по ним, как по проводам, летят электрические импульсы. Они заставляют сокращаться мускульные отростки клеток.



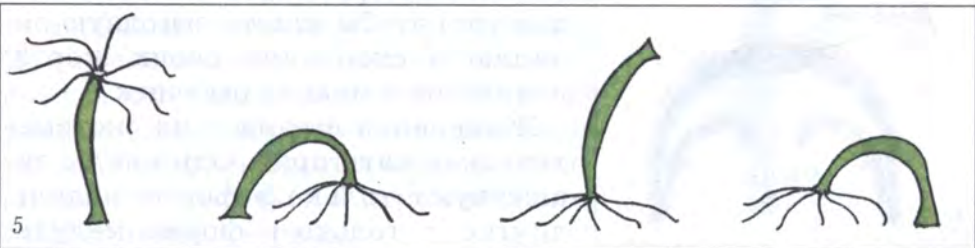
4. Нервная система

Электрические импульсы доходят гораздо быстрее, чем химические сигналы. Благодаря нервной системе крупный организм способен моментально и слаженно реагировать на раздражение. Поэтому возросшее единство организма кишечнополостных позволяет считать их первыми настоящими многоклеточными.

### Органы приходят на смену органеллам

**Орган** – часть тела, образованная различными тканями и действующая как единое целое при выполнении сложной функции.

До сих пор все функции организма выполняли органеллы клеток – каждой в отдельности. Щупальца кишечнополостных – это настоящие органы захвата и нападения. Гидра использует их даже для «ходьбы», медленно переваливаясь то на щупальца, то на подошву (рис. 5).



5

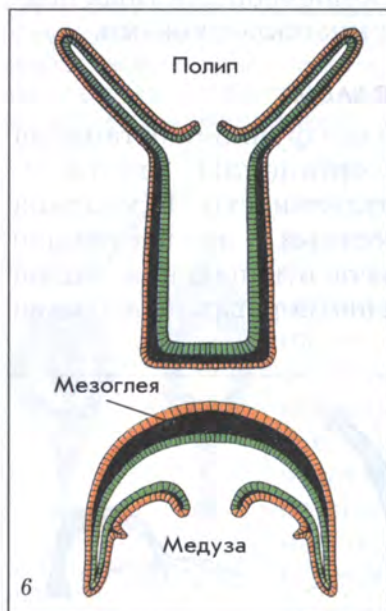
Каждое щупальце состоит из эктодермы и энтодермы. Внутри его заходит даже пищеварительная полость: иначе клетки остались бы «голодными». Стрекательные клетки на щупальцах – главное оружие, способное обездвигить жертву. За счет сокращения мускульных отростков клеток щупальца могут изгибаться, обвивать жертву, направлять ее ко рту. Нервные клетки заставляют действовать все клетки щупальца как единое целое и направляют его действия.

### Полип и медуза – жизненные формы

Одни кишечнополостные приспособились к питанию планктоном в придонном слое, другие – в толще воды. В соответствии с этими способами существования выработались две жизненные формы: *полип* и *медуза* (рис. 6).

**Жизненная форма** – группа животных, имеющих сходные приспособления для обитания в одинаковой среде.

**Полип** прикрепляется ко дну подошвой так, что противоположный, ротовой полюс обращен вверх: сверху может появиться пища. **Медуза** по плану строения сходна с перевернутым полипом и напоминает прозрачный «зонтик».



и энтодермой всех кишечнополостных выделяется неклеточная прослойка – *мезоглея*. У медуз она сильно разрастается в виде упругой студенистой массы и служит хорошей опорой для двух слоев клеток. Мышечное кольцо по краю зонтика может сжиматься, выталкивая из-под него воду и поддерживая медузу на нужной глубине. Движение ей служит не для преследования добычи, а для того чтобы занять выгодную позицию в скоплении своих жертв: планктона и мелких рыбешек.

Жизненная форма – не систематическая категория. Одни виды существуют только в форме полипа, другие – только в форме медузы.

Но есть и такие, у которых поколение полипов чередуется с поколением медуз.

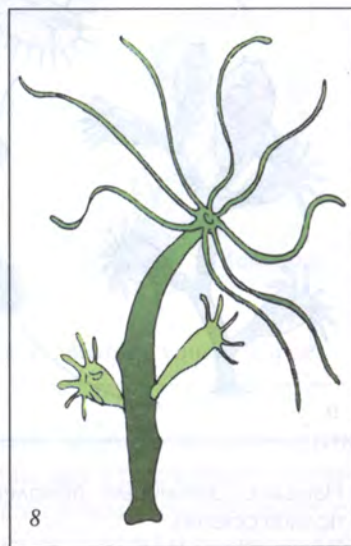
### Лучевая симметрия

Что у полипов, что у медуз образ жизни малоподвижный. Они не ищут добычу, а довольствуются той, что подплывает сама, причем с любой стороны. Поэтому их щупальца расходятся от ротового отверстия лучами во все стороны. Вдоль тела животного можно мысленно построить различные плоскости, которые разделят его на зеркально похожие половины (рис. 7). Симметрию такого типа называют *лучевой*, или *радиальной*. Она широко встречается у растений. Сходство с растениями подтверждает, что полипы и медузы различают в пространстве только верх и низ; остальные направления для них равноценны.



### Жизненный цикл гидры

Гидры относятся к классу *гидроидных*. Они ведут образ жизни одиночного полипа. В благоприятный период гидра размножается бесполом путем – *почкованием*. На ее теле образуется небольшой бугорок – почка, которая растет и превращается в маленькую копию родительской особи, а потом отделяется (рис. 8). Перед наступлением зимы гидра переходит к половому размножению. На ее теле созревают яичники и семенники, в которых формируется большое яйцо или мелкие, подвижные сперматозоиды. После оплодотворения яйцо покрывается оболочкой и переживает неблагоприятный период.





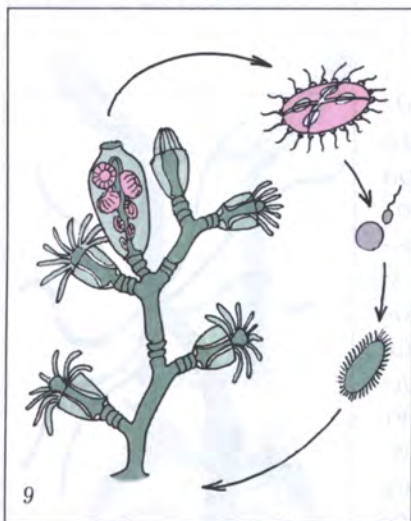
Гидру так назвали по имени мифологического чудовища, с которым боролся Геракл. У чудовища на месте срубленной змеиной головы тут же вырастала новая. У настоящей гидры способности к регенерации тоже развиты превосходно. Разрезанная на несколько частей, гидра может восстановить свое тело из каждой части. Недостающие части развиваются из неспециализированных *промежуточных* клеток, расположенных в слое эктодермы.



Среди гидр наших водоемов есть один удивительный вид – зеленая гидра. В клетках ее покровов поселяются одноклеточные водоросли-хлореллы. Благодаря взаимовыгодному сотрудничеству – симбиозу – гидра получает кислород и крахмал, а хлореллы – защиту и минеральные вещества, необходимые для роста.

### Чередование поколений у морских гидроидных

Морские гидроидные полипы ведут колониальный образ жизни. Иногда колонии образуют целые «заросли» бурого цвета – так называемый «морской мох». Тела полипов покрыты защитным скелетом органического происхождения. Новые особи, выросшие из почек, остаются на материнском организме и имеют общую кишечную полость. Так колония достигает довольно крупных размеров, и ее члены меньше зависят от случайностей.



9

Найдите различные поколения полипа обелии.

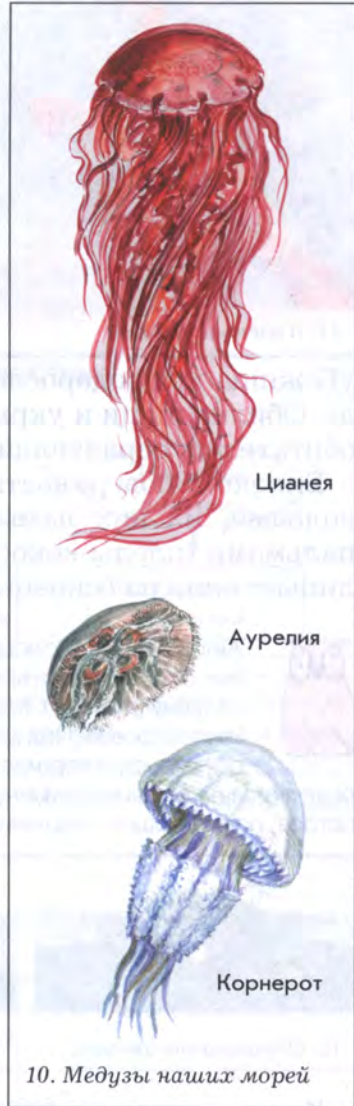
Обычные члены колонии имеют рот с венчиком щупалец. Они ловят добычу и кормят всех членов колонии. Другие выглядят иначе: от них отпочковываются маленькие медузы (рис. 9). Это – половое поколение животных, способное расселяться с током воды. Со временем на них созревают гонады (семенники или яичники). Вышедшие наружу гаметы сливаются. Из зиготы развивается личинка, похожая на личинку губок. Она закрепляется на подходящем участке дна и дает начало новой колонии полипов.

## Сцифоидные предпочитают образ медузы

Класс *сцифоидных* объединяет кишечнополостных, у которых стадия полипа скоротечна (рис. 10). Он не образует колоний, недолго растет и вскоре начинает отпочковывать медуз – половое поколение.

Эти медузы живут долго и достигают крупных размеров. Так, медуза цианея имеет зонтик до 2 м в диаметре, ее щупальца свешиваются вниз на 20–30 м. Размеры позволяют медузам питаться крупной добычей (планктонные беспозвоночные, небольшие рыбы). Их щупальца усеяны стрекательными клетками, так что для купальщика они – хуже крапивы. Медузы передвигаются реактивным способом, за счет сокращений зонтика.

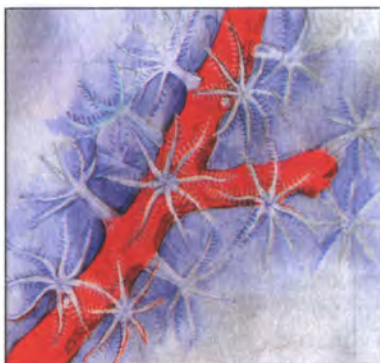
Увеличение размеров потребовало усложнения строения животных. Мезоглея у сцифоидных медуз развита особенно сильно. Кишечная полость подразделена на каналы, проникающие сквозь мезоглею ко всем частям тела. В нервной системе выделяются скопления клеток – узлы, координирующие движения. По краям зонтика на укороченных щупальцах развиваются многоклеточные органы чувств. Таких щупалец обычно бывает восемь, причем каждый несет два глазка и орган равновесия.



10. Медузы наших морей

## Строители «каменных садов»

На мелководных участках тропических морей ныряльщик встречает чудесные разноцветные «сады» из «растений» причудливой формы. При ближайшем рассмотрении оказывается, что все это – постройки *коралловых полипов* – еще одного клас-



11. Красный коралл

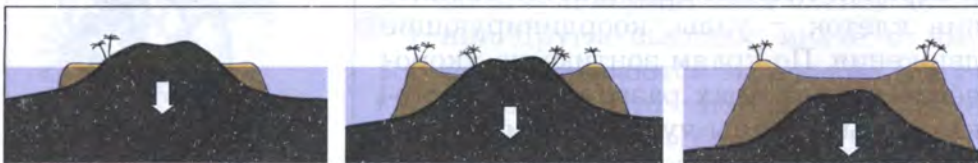
са кишечнорастворимых животных (рис. 11). Каждая постройка представляет собой колонию. Прочность сооружению придает известковый скелет, соединяющий всех членов колонии.

Колонии кораллов сильно разрастаются, тысячи лет достраивая скелет «на плечах» своих предков, и образуют массивные рифы на сотни и даже тысячи километров. Коралловые рифы возникают там, где много планктона. Сами они, в свою очередь, создают убежища для водорослей, которые служат источником кислорода. Обилие пищи и укрытий привлекает сюда множество других обитателей, образующих особую экосистему.

Близко к поверхности кораллы гибнут, их скелеты крошатся волнами, из них намываются острова, поросшие кокосовыми пальмами (плоды кокоса расселяются по воде). Коралловые полипы – одни из основных создателей известняков.



Автор теории эволюции Чарльз Дарвин обратил внимание на то, что коралловые острова почти всегда имеют форму кольца. Выдающийся ученый раскрыл их тайну (рис. 12). Коралловые полипы поселяются только на мелководье, вокруг островов. Под действием геологических сил дно океана может медленно опускаться, а кораллы – нарастать с той же скоростью. Со временем остров опускается на большую глубину, а на поверхности остается лишь атолл – коралловый остров, повторяющий очертания бывшей береговой линии.



12. Образование атолла

### Коралловые полипы всегда остаются полипами

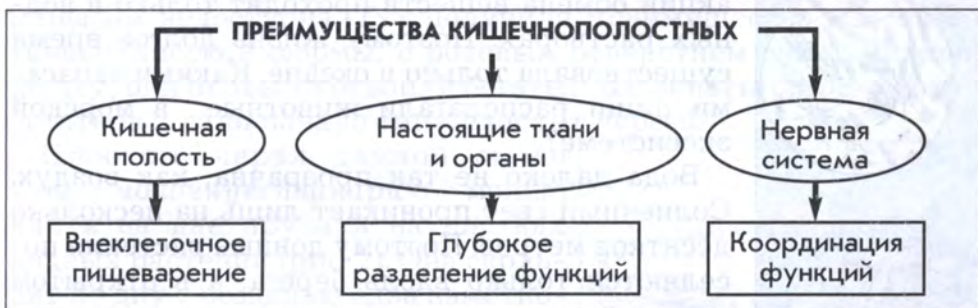
У коралловых полипов поколения не чередуются. Чаще они размножаются почкованием, но у отдельных особей созревают гонады. Из оплодотворенных яиц развивается личинка, которая выполняет функцию расселения и превращается в полип.

Наряду с колониальными кораллами среди представителей класса есть обширная группа одиночных, довольно крупных животных – актиний (рис. 13). Их кишечная полость имеет множество складок, увеличивающих контакт пищевых частиц с клетками энтодермы. Кроме того, у этих животных образуются настоящие мускульные клетки.



13. Рако-отшельник и актиния

Объясните, в чем смысл сотрудничества актинии и рака.



Кишечнополостные освоили полостное внеклеточное пищеварение. Их тело имеет двухслойное строение. Оно подразделено на ткани и органы и имеет лучевую симметрию. Возникновение нервной системы позволило кишечнoполостным стать настоящими многоклеточными. Они существуют в форме полипов и медуз.

### Кишечная полость. Нервная система. Эктодерма. Энтодерма

1. В чем заключается способ питания кишечнoполостных?
2. Какие элементы строения наиболее характерны для кишечнoполостных?
3. Чем отличается образ жизни полипа и медузы?
4. Как защищаются кишечнoполостные?
5. Что такое лучевая симметрия и с чем она связана?
6. Чем отличаются жизненные циклы различных кишечнoполостных?
7. Какую роль играют кишечнoполостные в природе и жизни человека?
- 8\*. О чем говорят находки коралловых известняков под Москвой?
- 9\*. Каковы преимущества простого строения кишечнoполостных?
- 10\*. Почему кишечнoполостных иногда принимают за растения?



## § 14–15. РОЖДЕННЫЕ ПОЛЗАТЬ

Почему кишечнорастворимых считают настоящими многоклеточными?

С чем связана лучевая симметрия животных?

**Проблема:** Как использовать пищу, которая скапливается на дне?



### Несметные богатства океана



Живые клетки не переносят высыхания. Реакции обмена веществ проходят только в водных растворах. Поэтому жизнь долгое время существовала только в океане. Какими запасами пищи располагали животные в морской экосистеме?

Вода далеко не так прозрачна, как воздух. Солнечный свет проникает лишь на несколько десятков метров. Поэтому донные растения поселяются только вдоль берега, а в открытом море органическое вещество производят микроскопические водоросли – *фитопланктон*, населяющий верхний слой воды. Их поедает *зоопланктон* – животные, свободно «парящие» в толще воды (рис. 1).

Жизнь мелких планктонных организмов очень непродолжительна, а плодовитость огромна. Часть их продукции успевают съесть многоклеточные потребители, но в конце концов умирают и они. Под действием силы тяжести все погибшие организмы постепенно опускаются на дно. Этот «мертвый дождь» достается донным животным. В противоположность планктону их называют *бентосом*. Известные нам бентосные организмы-разрушители (бактерии, фораминиферы, губки) поедают только микрочастицы, другие же (полипы) питаются планктоном и еще не осевшей взвесью.

Таким образом, в начале палеозойской эры, когда формировались основные группы многоклеточных животных, на дне океана постоянно накапливались огромные массы органической материи, недоступной для существующих потребителей.

### Новый способ передвижения

Ребенок шевелит ручками-ножками с рождения, а вот ползать не может еще целых полгода. Так и многоклеточные животные на ранних этапах эволюции не могли добраться до корма, который буквально «лежал под ногами». Медузы, с их реактивным движением, могли держаться в толще воды, но донная пища им недоступна. Тут получили преимущество многоклеточные плоской формы, с ротовым отверстием снизу. Ползая по дну, они первыми освоили богатейшие запасы органических остатков и дали начало типу *плоских червей*.

Плоского червя длиной около 2 см – *молочную планарию* – можно найти на дне пруда и на листьях водных растений (рис. 2). Она скользит по дну с помощью едва заметного волнообразного сокращения мышц тела. Это и есть главное «достижение» плоских червей.



### Кожно-мускульный мешок

У примитивных плоских червей пища, попавшая через рот, дальше поступает в распоряжение пищеварительных клеток. Но большинство плоских червей обзавелось замкнутым *кишечником* из энтодермы. Это позволило им, как и кишечнополостным, достичь крупных размеров и питаться крупной добычей.

Отличие состоит в том, что в их плоском теле между энто- и эктодермой развился третий зародышевый листок – *мезодерма*. Часть ее клеток стала упругим наполнителем тела – *паренхимой*, а другие превратились в мышечные волокна (рис. 3). Так мезодерма вместе с эктодермой образовали *кожно-мускульный мешок*. Именно он обеспечил типичный для червей способ ползания.



### Первые органы выделения

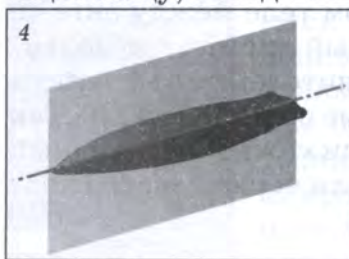
Обмен веществ, усиленный при движении, приводит к накоплению продуктов распада в клетках тела. Но многие клетки лежат далеко от поверхности. Поэтому для очистки организма появляется специальная **выделительная система**, представляющая собой тонкие, пронизывающие тело канальцы – *протонефридии*. Они открываются наружу и выводят продукты обмена (см. рис. 3).

В многослойном теле обостряется задача газообмена сквозь эктодерму. Поэтому тело первых многослойных животных имеет листообразную форму с большой относительной поверхностью.

### Двусторонняя симметрия

Двусторонняя симметрия червя (схема): через продольную ось тела можно построить только одну плоскость симметрии.

Подобно кишечнополостным, черви различают низ и верх. Снизу находится дно, источник пищи, а сверху – все опасности. Но при движении по дну возникают также различия между передним и задним концами тела. Продвигаясь вперед, животное ищет пищу, а сзади пища уже съедена. Гораздо удобнее, когда рот



и органы чувств находятся на переднем конце тела. Поэтому через длинную ось тела червя можно провести только одну плоскость симметрии, которая делит его на равные половины (рис. 4). Так в результате движения тело животных стало двусторонне-симметричным.

## Ресничные черви – обитатели водоемов

В водоемах встречаются представители класса *ресничных червей*; к нему принадлежит и молочная планария. Их тело покрыто ресничками, которые помогают при движении. Большинство ресничных червей охотится на мелких донных животных.

Некоторые реснички преобразованы в органы осязания и химического чувства. У планарии есть и глаза, устроенные сравнительно просто. От всех чувствительных клеток нервные волокна идут в «головной мозг» – нервный узел на переднем конце тела. От «мозга» команды распространяются назад по двум нервным стволам и дальше ко всем клеткам (см. рис. 3). Так что нервная система у свободноживущих (непаразитических) червей развита лучше, чем у малоподвижных кишечнорастных.

Жизненный цикл ресничных червей сравнительно прост. Они размножаются половым путем и откладывают яйца, из которых вырастают новые черви. Для некоторых видов известно бесполое размножение: тело перетягивается поперек и делится на две части, после чего каждая достраивает передний или задний конец. Способность к регенерации у планарии не хуже, чем у гидры.

А вот половая система у них устроена сложнее. Все ресничные черви – **гермафродиты**, то есть каждая особь имеет как мужские, так и женские половые органы (см. рис. 3). Это облегчает половое размножение, так как любые две особи могут оплодотворить друг друга. Женские половые железы – *яичники* – и мужские половые железы – *семенники* – имеют собственные протоки. Специальные органы позволяют осуществлять внутреннее оплодотворение, повышающее вероятность выживания яиц. Выживанию потомства способствуют также запас питательных веществ в яйце и его защитные оболочки.

## Как плоские черви стали паразитами?

Плоские черви освоили огромные пищевые ресурсы океанского дна. Но развитие жизни на Земле на этом не остановилось: появились и более сложные животные, потеснившие плоских червей. Теперь их разнообразие в морях и пресных водоемах не так велико. Огромное большинство видов плоских червей сменило водную среду обитания на **паразитический** образ жизни.



Живой организм, будучи проглочен, начнет перевариваться и погибнет. Как же паразиты приспособились к жизни внутри хозяина? Предполагают, что всё началось с использования крупных животных в качестве транспортного средства. При этом некоторые приспособились питаться тканями хозяина, став наружными паразитами. Дальше шаг за шагом преимущество получали черви, которые приспособились погружаться в его тело. Так сформировались сосальщики и ленточные черви – внутренние паразиты.

Образ жизни паразита позволяет ему выполнять часть функций организма за счет хозяина: не надо самому добывать пищу, не надо заботиться о поддержании постоянных условий среды. Но возникает необходимость в других, специальных приспособлениях.

Паразиты пищеварительного тракта, прежде всего, рискуют быть переваренными. Поэтому они имеют специальные **покровы**, защищающие от переваривания. У некоторых паразитов покровы сходны по строению со стенкой кишечника хозяина и позволяют всасывать готовую пищу. Органы прикрепления – присоски и крючья – дают возможность закрепиться на стенке кишечника.



Объясните, как сосальщики приспособились «беречь» своего хозяина.

Паразит должен расселяться, заражая других животных своими потомками. Но если он заразит повторно своего собственного кормильца, то может лишиться его раньше времени. Поэтому жизненный цикл паразитов очень сложен и часто сопровождается **сменой видов-хозяев** (рис. 5). В нем обязательно есть свободноживущая личинка и стадия, паразитирующая на другом, **промежуточном**, хозяине. Только так у потомков появляется шанс найти своего **окончательного** хозяина. Очень немногим удается пройти этот сложный путь до конца. Поэтому все паразиты имеют высокую **плодовитость**.

## У сосальщиков размножается даже личинка

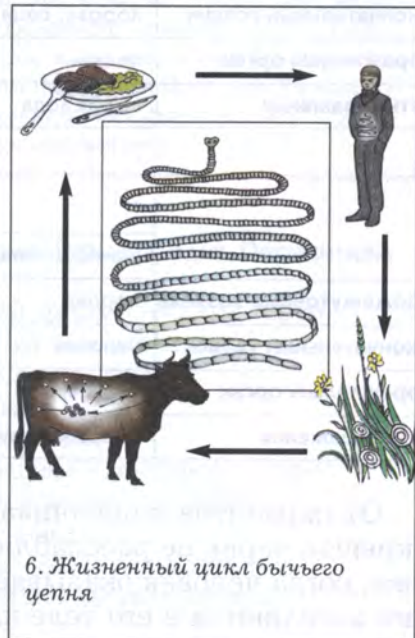
По разнообразию видов хозяев и широте использования их органов больше всех преуспели представители класса *сосальщико*в. Их размеры обычно не больше 1–5 см. Они паразитируют в органах пищеварения, дыхания, выделения, кровообращения, даже в мозге и органах чувств. Жизненные циклы сосальщиков весьма сложны. Промежуточным хозяином, как правило, бывает моллюск, а окончательным – позвоночное животное (см. рис. 5). Главная особенность жизненного цикла – *размножение личиночной стадии*, позволяющее резко увеличить число потомков.

## Ленточные черви – конвейер по производству яиц

Класс *ленточные черви* получил свое название за форму тела животных и длину, достигающую 10–12 м. Они паразитируют в кишечнике позвоночных, а личинки развиваются в мышцах.

Строение ленточных червей предельно упрощено. У них утрачена пищеварительная система, так как они живут среди переваренной пищи и усваивают ее всей поверхностью тела. Упрощены также нервная система и органы чувств.

На переднем конце тела бычьего цепня (рис. 6) расположена головка с присосками, за ней – небольшая шейка. Это – зона роста, где путем поперечной перетяжки тела производятся одинаковые членики, которых может быть несколько тысяч. Содержимое каждого членика – гермафродитная половая система. Чем дальше от головы, тем членик старше. В нем постепенно проходит половое созревание, оплодотворение и развитие яиц. В конце концов членик, набитый сотнями яиц, отрывается, попадает в кишечник и с экскрементами выносится наружу. За свою жизнь один паразит способен произвести миллиарды яиц!



6. Жизненный цикл бычьего цепня

Личинки для дальнейшего развития должны быть съедены коровой. Через кровь они разносятся в мышцы, где превращаются в покоящуюся стадию – *финку*. С зараженным мясом финки попадают в кишечник человека, где становятся взрослыми червями.

### Почему паразиты опасны?

На первый взгляд, паразиты не так уж страшны: маленькие, много ли пищи им нужно? Но дело не в этом. В кишечнике хозяина много пищи, но нет кислорода. И паразиты приспособились разрушать органические вещества неполностью. Продукты неполного разложения вредны для хозяина и постепенно отравляют его организм, приводят к истощению.

Для человека опасны десятки видов сосальщиков и ленточных червей. В таблицах представлены лишь некоторые из них.

	Сосальщики	
	Печеночный сосальщик	Кошачья двуустка
<b>Промежуточные хозяева</b>	моллюски	два: моллюск, затем рыба
<b>Окончательный хозяин</b>	корова, овца, человек	кошка, собака, человек
<b>Поражаемый орган</b>	печень	печень
<b>Пути заражения</b>	сырая вода	сырая рыба

	Ленточные черви		
	Бычий цепень	Свиной цепень	Эхинококк
<b>Промежуточные хозяева</b>	корова	свинья	корова, свинья, человек
<b>Окончательный хозяин</b>	человек	человек	собака, волк
<b>Поражаемый орган</b>	кишечник	кишечник	печень, легкие, мозг
<b>Пути заражения</b>	поедание непроваренной говядины/свинины		контакт с собакой

От паразитов кишечника трудно избавиться: ведь присоски и крючья червя не расслабляются даже после его гибели. Еще хуже, когда человек оказывается промежуточным хозяином. Финки поселяются в его теле навсегда; исход болезни зависит от их

количества и пораженных органов. Полностью извести паразитических червей невозможно. Они способны поддерживать свое существование в природных очагах без участия человека. Наиболее простой способ защититься от них – знать источники заражения и всегда соблюдать гигиенические правила.



Тип плоские черви – первые животные, у которых развился третий слой тканей – мезодерма – и появилась выделительная система. Это позволило им достичь значительных размеров, активно передвигаться и осваивать донные запасы пищи. Благодаря движению их тело приобрело двустороннюю симметрию. Большинство современных плоских червей – внутренние паразиты. Строение их тела упрощено, плодовитость огромна, а цикл развития сложен и включает смену хозяев. Соблюдение гигиены – лучший способ уберечься от заражения ими.

### Мезодерма. Гермафродит. Паразитизм

1. Какую роль в экосистемах древних морей сыграли плоские черви?
2. Как устроена опорно-двигательная система плоских червей?
3. Чем обусловлены форма и размеры плоских червей?
4. Какой образ жизни ведут ресничные черви?
5. Какие приспособления необходимы паразитам?
6. Как повышают свою плодовитость сосальщики и ленточные черви?
7. В чем своеобразие жизненных циклов паразитических червей?
- 8\*. Почему ленточные черви не имеют кишечника?
- 9\*. Какие приспособления паразитов обеспечивают их расселение?
- 10\*. Объясните различное отношение паразитов к своим хозяевам.



## § 16–17. КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ И ПРОГРЕСС

Какие черты строения впервые появились у плоских червей?

Какие приспособления необходимы паразитам?

**Проблема:** Какими путями органический мир движется к прогрессу?

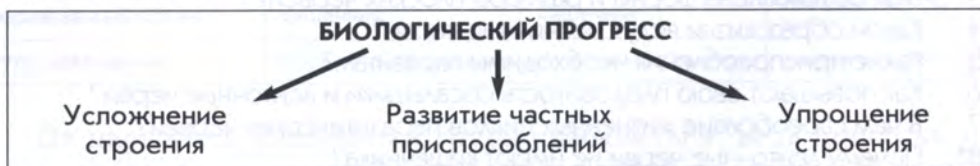


### Что такое биологический прогресс?

В процессе эволюции живые организмы усложнялись: вначале появились безъядерные, потом ядерные; первыми на Земле возникли одноклеточные, а затем и многоклеточные. Почему же простые организмы до сих пор не вытеснены более сложными? Кто из них прогрессивнее?

Мы уже говорили о двух стратегиях, позволяющих победить в борьбе за существование. Простые формы часто погибают, зато их плодовитость велика. Сложные формы менее плодовиты, но их потомство лучше выживает благодаря заботе родителей. Каждая из этих стратегий по-своему хороша, но ни одна не может быть хороша для любых условий. И наоборот: одни условия требуют самых невероятных приспособлений к окружающей среде, а в других все они совершенно бесполезны.

Русский ученый Алексей Николаевич Северцов назвал **биологическим прогрессом** группы организмов их победу в борьбе за существование *независимо* от того, какой путь их привел к успеху. Признаками биологического прогресса он считал *расширение распространения, рост разнообразия и численности* группы организмов. А все пути достижения успеха можно свести к трем:



Приведите знакомые вам группы животных, которые достигли биологического прогресса разными путями.

## Круглые черви

Этот тип животных объединяет червей веретенообразной формы: их тело круглое в сечении, заострено с обоих концов и не делится на членики. Длина их – обычно несколько миллиметров, редко достигает метра. На вид все похоже. Ну ничего особенного – даже рисунок не сделал бы их краше. И это – один из типов, добившихся наибольшего успеха в животном царстве!



Круглые черви заселяют все мыслимые среды обитания (рис. 1). Они встречаются на дне морей от Северного полюса до Антарктиды, заселяют пресные водоемы и почву. Нет такой группы организмов, на которой не паразитировали бы круглые черви. Численность их огромна, особенно в донном иле и в почве. Разнообразие представителей типа оценивается учеными в миллион видов, включая еще не описанные. Таким образом, круглые черви – яркий пример биологического прогресса. Почему?

## Буквальный прорыв

«Прорывом» в истории развития многоклеточных стал буквальный прорыв... их кишечника с задней стороны. У круглых червей пищеварительный тракт – сквозная трубка. Пища движется по нему в одном направлении и перерабатывается последовательно, а значит – более тщательно, полно и эффективно.

Возможность последовательной обработки пищи привела к подразделению кишечника на отделы: переднюю, среднюю и заднюю кишку. Только средняя кишка развивается из энтодермы. Ее стенки вырабатывают ферменты для полостного и внутриклеточного пищеварения. Здесь же происходит всасывание готовой пищи. Передняя и задняя кишка представляют собой впячивания эктодермы. Рот и передняя кишка служат для захвата и продвижения пищи, а задняя кишка с анальным отверстием – для избавления от непереваренных остатков.

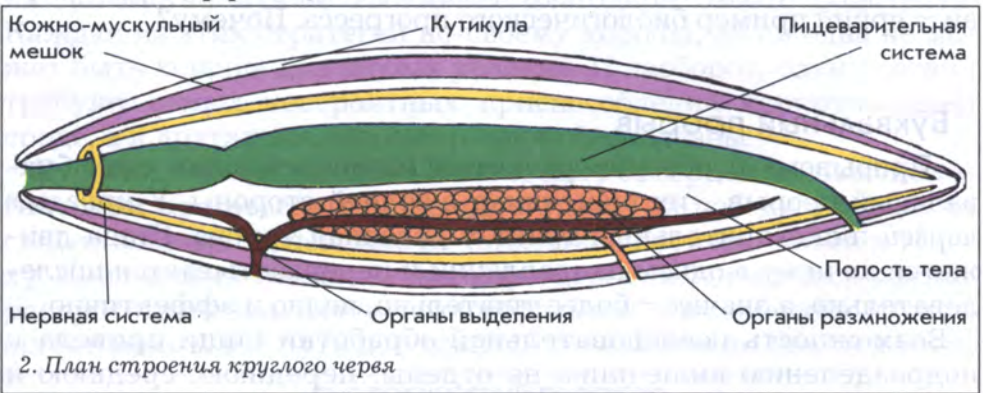
## Полость в роли... скелета

Раньше питательные вещества по всему телу распределял разветвленный кишечник. Теперь, когда кишка превратилась в прямую трубку, эту функцию взяла на себя **полость тела** – заполненное жидкостью пространство между *кожно-мускульным мешком* и кишкой, на месте бывшей паренхимы из мезодермы.

Жидкость – не клетки, она бы вытекла, если бы не была упакована в непроницаемый эластичный чехол. Чехол этот образован слоем клеток эктодермы и покрыт **кутикулой** – прочной пленкой. Кутикула не только защищает от механических повреждений и ядовитых веществ, но и сдерживает напор полостной жидкости.

В результате полость тела, окруженная кутикулой и наполненная жидкостью, приобретает упругость надутого мяча и образует **гидроскелет**. Именно гидроскелет придает круглым червям характерную форму и служит опорой для мышц. Мышцы у них – только продольные. Они расположены внутри полости, вдоль стенок тела. Сокращая попеременно то спинные, то брюшные мышцы, червь изгибается и движется вперед, лежа на одном боку.

Все эти черты усложнили строение червей и сделали их организм более эффективным в том или ином отношении.



Как усложнилось строение круглых червей в сравнении с плоскими?



Разрезанный мяч уже нельзя надуть. Именно поэтому круглые черви при повреждении гидроскелета не способны к регенерации – редкий случай у просто устроенных животных. С этим связана еще одна интересная особенность: все тело круглого червя состоит из постоянного числа крупных клеток. Это позволяет быстрее расти под защитой кутикулы.

## Стиль жизни – прятаться в питательной среде

Эти животные, благодаря более «техничному» способу передвижения, первыми научились зарываться в грунт или другой субстрат, богатый пищей, например в ткани растений. Так они обрели не только новую среду обитания с ее пищевыми запасами, но и укрытие от хищников – крупных ресничных червей.



При такой жизни рот у круглых червей расположен строго на переднем конце тела. Давление внутри гидроскелета мешает заглатывать пищу. Поэтому их мускулистая глотка действует как насос с клапанами: засасывает пищу, а потом проталкивает ее в кишку насильно. Передний конец всех растительных паразитов вооружен «копьем» для прокалывания клеток.

Внешнее сходство круглых червей связано с тем, что, несмотря на широкое распространение, все они живут в похожей среде – в питательном субстрате. В донном иле и почве это «суп» из остатков организмов, вместе с бактериями и простейшими, а в растениях и животных – питательные вещества их тела. Главная трудность в этих условиях – едкие химические вещества. Но от них надежно защищает кутикула. Некоторые виды способны выжить даже в укусе.

Экологическая роль круглых червей велика. В водоемах и почвах они – грунтоеды-разрушители. Паразиты играют роль потребителей и регуляторов численности своих хозяев. Для полей и огородов они – массовые вредители корней растений (рис. 3). Многие виды выработали специальные приспособления к особому образу жизни.



3. Свекловичный червь вызывает «бородатость» сахарной свеклы

## Как круглые черви стали паразитами?



Путь эволюции круглых червей к паразитизму был прост. Обитая в почве и донном иле, животные были окружены едкими выделениями бактерий и защищались от них кутикулой. Она же позволяла беспрепятственно совершать путешествие по кишечнику крупного животного, случайно проглотившего червя вместе с другой пищей. Отсюда всего один шаг до освоения пищеварительного тракта как среды обитания.

С переходом к паразитизму строение организма упрощается. Как у плоских, так и у многих круглых червей утрачивается необходимость в органах чувств, упрощается нервная система, движения, питание. (Впрочем, кутикула не дает всасывать пищу поверхностью тела, и все круглые черви питаются ртом.) Главными задачами становятся размножение и расселение. Но и этот путь тоже может быть путем к биологическому прогрессу.

### Круглые черви – паразиты человека

С жизненным циклом круглого червя познакомимся на наиболее важном для нас примере *человеческой аскариды*. Паразитируют животные в кишечнике. Как и другие круглые черви, аскариды раздельнополы, самец отличается от самки по внешнему виду. При встрече взрослых особей происходит внутреннее оплодотворение. Яйца должны попасть во внешнюю среду для дальнейшего развития. У аскариды и многих других круглых червей смены хозяев нет. Для нормального созревания яйца должны почти месяц находиться на воздухе, что резко уменьшает вероятность их попадания к тому же хозяину (рис. 4).

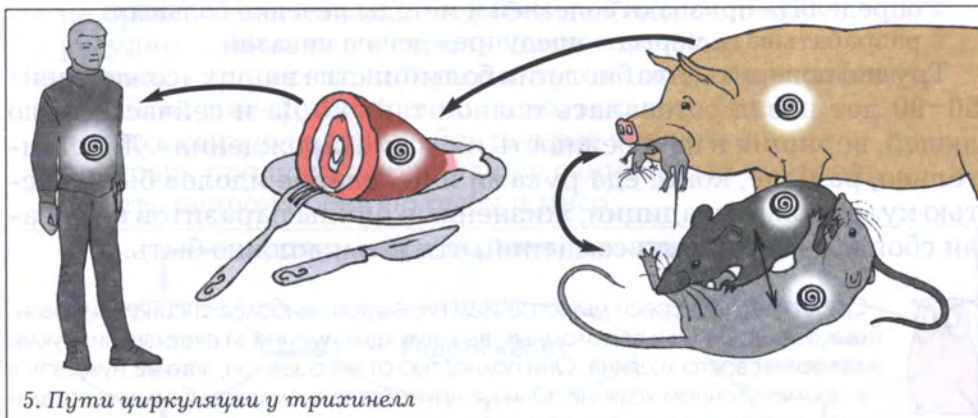
Яйца аскариды чрезвычайно мелки, могут легко разноситься мухами, попадают на поля со сточными водами. Источниками за-

ражения становятся немытые овощи и грязные руки. В кишечнике человека из яиц выходят личинки. Они долго путешествуют по крови и органам дыхания, чтобы снова попасть в кишечник и только там стать взрослыми.

В бескислородной среде внутренних органов паразиты выделяют вещества, отравляющие организм. Аскаридоз сопровождается тошнотой, острыми болями «под ложечкой», расстройством пищеварения, обмороками. Особенно опасно повторное заражение, когда большое число паразитов может привести к закупорке кишечника.



Поучителен жизненный цикл другого червя – *трихинеллы* (рис. 5). Ее хозяин – крыса – заражается, поедая трупы сородичей с личинками в мышцах. Заражение человека для личинок – случайный, тупиковый путь, но он нередко приводит к смерти человека.



Объясните, в чем трудность борьбы с трихинеллезом.

Основные взаимоотношения человека с круглыми червями даны в таблице:

	Круглые черви		
	Человеческая аскарида	Детская острица	Трихинелла
<b>Заболевание</b>	аскаридоз	энтеробиоз	трихинеллез
<b>Миграция по крови</b>	есть	нет	есть
<b>Поражаемый орган</b>	кишечник	кишечник	кишечник, мышцы
<b>Пути заражения</b>	через сырую воду, немывтые овощи	через грязь под ногтями	поедание недоваренного мяса

Как можно бороться с паразитическими круглыми червями?

## Гельминтология

Это слово (от греческого «гельминс» – червь, глист) означает название науки о паразитических червях и связанных с ними заболеваниях – *инвазиях*. Так называют болезни, возбудитель

которых – животное, в противоположность *инфекциям*, вызванным вирусом или бактерией. В задачи гельминтологии входит:

- выявлять виды червеобразных паразитов, опасных для человека и его окружения (домашних животных, растений);
- изучать жизненные циклы и пути расселения гельминтов;
- определять признаки болезней и методы лечения больных;
- разрабатывать меры по предупреждению инвазий.

Трудно поверить, что биология большинства наших «сожителей» 50–90 лет назад оставалась полной тайной. Да и сейчас немало людей, верящих в неизбежность их «самозарождения». Действительно, раньше, когда еда руками и целование идолов были частью культурной традиции, жизненные циклы паразитов не давали сбой и не оставляли сомнений, что так и должно быть.



Среди круглых червей мы встречаем паразитов наиболее специализированных, изощренных и вероломных, выживающих именно за счет «знания» уклада жизни своего хозяина. Они полностью от него зависят, зато не нуждаются в промежуточном хозяине. Они не приносят ему слишком больших страданий, зато заражают всех поголовно.

Теперь, когда биология червей изучена, а современные средства водоснабжения, канализации и дезинфекции есть в каждом доме, жизнь паразитов зависит в основном от наших привычек.

Лечение больных гельминтозами включает изгнание паразитов из кишечного тракта. Для этого применяют специальные растительные препараты и кислород.

Предупреждение инвазий состоит в том, чтобы разорвать цепочку превращений паразита, не дать замкнуться его жизненному циклу. При этом важнейший принцип всех мер – изолировать мусор и нечистоты от воды и пищевых продуктов. Необходимо также бороться с переносчиками инвазий: крысами, мышами, мухами, тараканами. Для этого существуют санитарные службы, которые следят за соблюдением санитарных норм при планировке зданий, торговле и т.д. Партии мяса и овощей, поступающие в продажу, проходят строгий контроль.

Большинство видов гельминтов невозможно уничтожить, потому что они сохраняются в природных очагах. Но аскарида и острица – специфические паразиты и существуют только в человеческой популяции. Они настолько хорошо приспособлены к условиям существования, что борьба с ними особенно сложна.

Для победы над ними нужно, чтобы каждый человек строго следовал правилам личной гигиены, а этого очень трудно добиться, особенно от детей. Вот основные правила:

- мыть овощи и фрукты кипяченой или хлорированной водой;
- мыть руки каждый раз после туалета и перед едой;
- не прикасаться ничем к лицу без необходимости;
- регулярно мыть тело, стричь ногти и волосы;
- мыть все предметы, которые могут попасть в рот ребенку;
- следить за чистотой одежды и постельного белья;
- не пить сырую воду и не брать в рот травинки;
- покупать продукты, прошедшие санитарный контроль;
- не есть непрожаренную рыбу и мясо.



Сквозной кишечник круглых червей, защитная кутикула и гидроскелет позволили им освоить новый способ передвижения и заселить плотные субстраты: грунт и ткани организмов. Усложнение, упрощение строения или развитие специальных приспособлений привело их к биологическому прогрессу: огромному разнообразию, численности и широкому распространению. Среди круглых червей есть паразиты, которыми легко заразиться, если не соблюдать правила гигиены.

### Биологический прогресс. Полость тела. Гидроскелет. Гельминтология

1. Что такое биологический прогресс? Каковы его признаки и пути к нему?
2. Как круглые черви достигли биологического прогресса?
3. Каковы особенности жизненного цикла паразитических круглых червей?
4. Обоснуйте каждое из приведенных правил личной гигиены.
- 5\*. В чем сходство и различие в жизненных циклах плоских и круглых червей?
- 6\*. Почему среди плоских и круглых червей так много паразитов?
- 7\*. Почему с паразитарными инфекциями трудно бороться?
- 8\*. Как возник паразитический образ жизни у плоских и круглых червей?

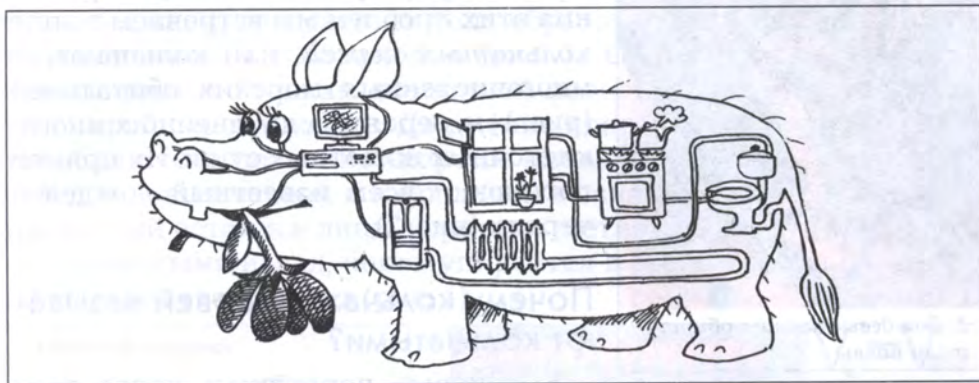


## § 18. ПРОСТЕЙШИЕ И НИЗШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ. ПОВТОРЕНИЕ

1. Чем простейшие отличаются от других животных? Чем они отличаются от одноклеточных растений?
2. Как форма простейших связана с их образом жизни и передвижением?
3. В чем преимущества и недостатки многоклеточности? Какие факты свидетельствуют о том, что многоклеточные животные произошли от одноклеточных? Как происходил этот процесс?
4. Как изменялась форма тела в процессе эволюции животных от простейших до круглых червей? Как она связана с особенностями их строения?
5. Как двигаются изученные животные? Какие приспособления обеспечивают их движение?
6. Появление каких приспособлений позволяло многоклеточным животным заселять новые и новые среды обитания?
7. Из каких слоев тканей состоят многоклеточные животные? Как усложнялось их строение?
8. Какие органы и системы органов появились у многоклеточных животных?
9. Какие приспособления позволили червям стать паразитами?
10. Сравните особенности размножения изученных групп. Какой тип размножения преобладает у более высокоорганизованных форм?
11. У кого из изученных животных хорошо развита регенерация? С чем это связано?
12. Чьи жизненные циклы сложнее?
13. Какое значение имеют изученные группы животных в природе и жизни человека?
14. Что такое биологический прогресс? Какие из изученных групп можно назвать биологически прогрессивными?

**Что означают эти понятия?** Простейшие. Тип губки. Тип кишечнополостные. Тип плоские черви: классы ресничные и ленточные черви, сосальщики. Тип круглые черви. Циста. Регенерация. Бесполое и половое размножение. Малярия, природно-очаговые заболевания. Многоклеточность. Колония. Эктодерма, энтодерма и мезодерма. Кутикула. Кожно-мускульный мешок. Полость тела. Гидроскелет. Нервная система. Выделительная система. Кишечная полость. Жизненный цикл. Гермафродит. Жизненная форма. Фильтратор. Хищник. Паразит. Основной хозяин. Промежуточный хозяин. Гельминтология. Биологический прогресс. Правила гигиены.

## ВЫСШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ



### § 19. СЕГМЕНТИРОВАННЫЕ ЖИВОТНЫЕ

Что служит опорой для мышц у низших многоклеточных?

В чем преимущества крупных размеров тела животных?

Зачем нужна кровеносная система?

**Проблема:** В чем биологический смысл разделения функций между органами?

#### Разделение «труда» – магистральный путь эволюции

Полость тела круглых червей служит для опоры и транспорта. Сила мышц и движений зависит от того, насколько надежна опора. Но если гидроскелет мало изгибается при работе мышц, то полостная жидкость плохо выполняет транспортные функции. Если клетки не получают достаточного питания и кислорода, то тело не может достигать крупных размеров. Гидроскелет ограничен нерастяжимой кутикулой и приспособлен к росту не больше, чем футбольный мяч: у молодого организма он «недокачан», а у взрослого сковывает рост.

Подобные противоречия в ходе эволюции решаются путем разделения функций: у простейших – между органеллами, у многокле-



1. Нереида – морской кольчатый червь



2. Дождевые черви – обитатели почвы

точных – между органами и системами органов.

Новый, прогрессивный путь решения этих проблем мы встречаем в типе *кольчатых червей*, или кольцецов, – многочисленных морских обитателей (рис. 1) и, вероятно, древнейших многоклеточных животных суши. Их прямой потомок – всем известный дождевой червяк (рис. 2).

### Почему кольчатых червей называют кольчатыми?

Кольцевые перегородки делят тело дождевого червя на множество члеников – *сегментов*. **Сегментация** свойственна всем кольчатым червям. Сегменты похожи друг на друга не только внешне, но и по внутреннему строению: каждый из них имеет все органы жизнеобеспечения в полном наборе. Сходные органы образуют *системы органов* тела.

Сегменты формируются последовательно, один за другим. Это решило проблему роста червя.

Пока одни членики обеспечивают полноценную жизнь организма, другие – задние – растут и развиваются за счет «старших».

**Система органов** – группа органов, выполняющих общую функцию.

### У каждого сегмента – свой гидроскелет

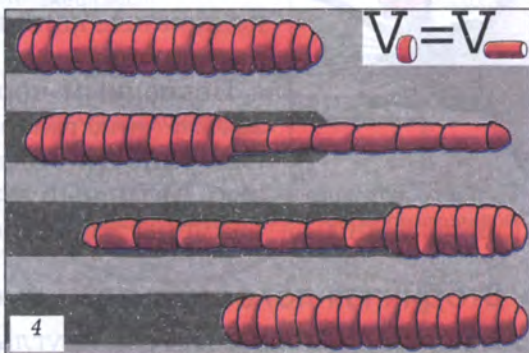
У круглых червей внутренние органы расположены в полости тела и омываются полостной жидкостью. У кольчатых червей внутри этой *первичной полости* образовалась другая, *вторичная полость* с собственными эластичными стенками из клеток мезодермы. Ее можно сравнить с подушками безопасности, по паре в каждом членике тела. Они «раздулись», заполнили пространство между органами и поддерживают их.

Теперь каждый сегмент получил свою собственную опору из мешков вторичной полости, наполненных жидкостью, а первичная полость эту функцию утратила. Мощные продольные и кольцевые мышцы меняют форму каждого членика отдельно. Дождевой червь попеременно то сжимает и удлиняет их, то расширяет

и укорачивает. Волнообразные сокращения тела позволяют не только ползти по норке, но и раздвигать почву, расширяя ход.

Морские кольцецы используют гидроскелет иначе. Выросты по бокам каждого сегмента их тела образовали примитивные парные **конечности** – *параподии* (рис. 3). С помощью мышц, прикрепленных к стенкам вторичной полости, параподии выполняют гребные движения. Движение конечностей в сочетании с изгибами тела позволяет хорошо плавать.

У дождевых червей и их родичей в связи с жизнью в почве от параподий остались лишь короткие щетинки. Этими зацепками, оцетиненными назад, червь упирается в стенки норки и с силой проталкивается вперед (рис. 4).



Объясните движение червя в почве. Какова роль полостной жидкости? Какие мышцы работают на каждом этапе?

### «Изобретение» кровеносной системы

Итак, вторичная полость заняла большую часть пространства внутри тела. Что же стало с первичной полостью? От нее у всех высших многоклеточных остался только... просвет кровеносных сосудов! А жидкость, заполнявшая ее, превратилась в кровь. В ней растворено красное вещество, напоминающее гемоглобин человека. Оно играет ту же роль: переносит газы. Питательные вещества разносятся по телу растворенными в крови.

Основных кровеносных сосудов два: спинной и брюшной. У спинного сосуда мышечные стенки. В 7–11 члениках они утолщены и образуют «сердца», которые своими сокращениями направляют ток крови вперед, к головному концу тела. Кровеносная

система замкнутая, и по брюшному сосуду кровь течет обратно. В каждом сегменте имеются кольцевые сосуды с капиллярами, подходящими ко всем органам.

### Специализированные органы дыхания

Ток крови создал возможность быстро переносить кислород от поверхности тела к органам. Чем больше поверхность, тем больше кислорода можно направить для активной работы мышц. Поэтому у многих плавающих кольчецов на параподиях образовались складчатые выпячивания покровов – *жабры* (рис. 5). Сквозь их тонкие стенки кислород легко проникает из воды в подкожные капилляры, а углекислый газ покидает кровь.



5. Жабра морского кольчатого червя

Почвенным червям жабры мешали бы ползать. У них газообмен совершается через всю поверхность тела, постоянно смоченную слизью. Активный газообмен позволяет увеличить размеры животного.

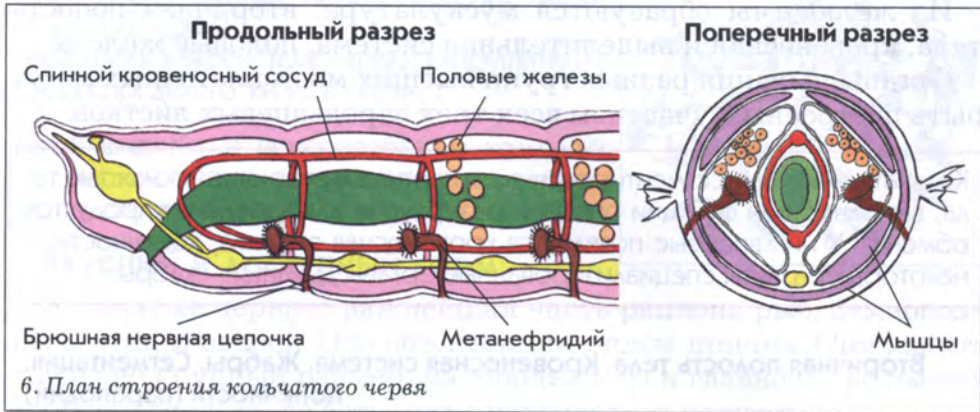
### Вторичная полость в роли мусорных пакетов

В первичной полости тела круглых червей питательные вещества и газы перемешаны с отходами жизнедеятельности. У кольчатых червей появилась новая, вторичная полость тела. Она не только служит опорой тела, но и принимает все растворенные отходы, изолирует их от внутренних органов. Новые, более простые воронкообразные органы выделения – *метанефридии* – выводят вредные вещества во внешнюю среду по мере их накопления.

### Единый сложный организм

Кольчатые черви – сегментированные животные (рис. 6), но не все их сегменты абсолютно одинаковы. Головные сегменты несут органы чувств и рот, некоторые средние членики имеют «сердца» и половые железы, а задний сегмент – анальное отверстие. В переднем членике червя находится *окологлоточное нервное кольцо* – самое крупное скопление нервных клеток. С него начинается *брюшная нервная цепочка* с узлами нервных клеток в каждом членике. Такая нервная система *узлового типа* образовалась при слиянии

нервных тяжей правой и левой стороны тела. Она обеспечивает самостоятельность члеников и слаженную работу всего организма.



### Три зародышевых листка – основа всех органов

Кишечнополостные животные двухслойны, они состоят из эктодермы и энтодермы. У плоских червей появляется третий слой – мезодерма. У кольчатых червей эктодерма, энтодерма и мезодерма появляются в начале развития как три зародышевых листка. Они дают начало всем основным системам органов, включая вторичную полость тела и кровеносную систему. Эти же системы органов сохраняются в дальнейшем у всех высших животных, причем они формируются из тех же трех зародышевых листков. Так высшие животные в своем развитии кратко повторяют эволюционное развитие предков.

Из *эктодермы* формируются покровы, нервная система, передняя и задняя части пищеварительного канала.

Из *энтодермы* развивается средний – основной – отдел пищеварительной системы.

Из *мезодермы* образуются мускулатура, вторичная полость тела, кровеносная и выделительная система, половые железы.

Органы дыхания разных групп высших многоклеточных могут быть построены с участием всех трех зародышевых листков.

Кольчатые черви – сегментированные животные с вторичной полостью тела, выполняющей функции опоры и резервуара для выведения продуктов обмена. У них впервые появляется кровеносная система, конечности, у некоторых развиты специализированные органы дыхания – жабры.

**Вторичная полость тела. Кровеносная система. Жабры. Сегментация. Конечности (параподии)**

1. Что такое гидроскелет? Как он обеспечивает опору мышцам?
2. Какую роль играет полость тела у кольчатых червей? Почему ее назвали вторичной?
3. В чем выражается сегментация тела? В чем ее биологический смысл?
4. Что дает кольчатым червям появление кровеносной системы и органов дыхания?
- 5\*. Почему параподии и жабры развиваются не у всех кольчатых червей?
- 6\*. Почему жабры кольчатых червей расположены на конечностях?
- 7\*. Что общего между ростом кольчатого червя и высшего растения?
- 8\*. Что общего в развитии кольчатого червя, его предков и потомков?

*Лабораторная работа.* **Наблюдение за дождевыми червями**

1. Поместите дождевого червя на стекло и рассмотрите его. Зарисуйте.
2. Проведите пальцем по телу червя от переднего конца к заднему и наоборот. Объясните разницу. С помощью лупы рассмотрите щетинки на брюшной стороне тела. Понаблюдайте, как червь ползет по шершавой бумаге, по мокрому стеклу.
3. Выясните реакцию червя на прикосновение листочком бумаги, на свежесрезанный кусочек лука.
4. Поместите в сосуд почву с 3–4 червями. Насыпьте сверху слой песка в 1 см. Через сутки рассмотрите земляные комочки на поверхности песка, имеющие вид шнуров. Определите, что это такое.
5. Оставьте сосуд на месяц. Поддерживайте почву влажной. Что случилось со слоем песка?
6. Поместите червей в сосуд с песком. Регулярно увлажняйте его, кормите червей растительными остатками. Через месяц определите толщину образовавшегося плодородного слоя.

## § 20. КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ В ЭКОСИСТЕМАХ

Какие прогрессивные приспособления имеют кольчатые черви?

Какую роль в экосистеме играют разрушители?

Как распределена жизнь в океане?

**Проблема:** Какие приспособления кольчатых червей определяют их важную роль в экосистемах?



### Вкусный и доступный корм

Кольчатые черви – важнейшая часть рациона рыб, земноводных, птиц и зверей. Это объясняется рядом причин. Они имеют довольно крупный размер, малоподвижны и главное – не имеют твердого скелета, то есть могут усваиваться полностью.

Другое достоинство червей как корма – их огромное количество и в воде, и на суше. Дело в том, что повсюду их главная роль – роль разрушителей, «мусорщиков». А уж «мусора» хватает в любой экосистеме – кольчатые черви никогда не голодают.

### Многощетинковые черви – обитатели морей

У червей из класса **многощетинковых** (рис. 1) на каждом членике тела – пара хорошо развитых конечностей – параподий. С их помощью черви плавают, ползают и зарываются в грунт. На первом, головном сегменте вместо параподий есть щупики и усики – органы осязания и обоняния. Здесь же расположены 1–2 пары глаз. Известно около 8 тысяч видов многощетинковых червей.



1. Многощетинковые черви (или полихеты)

Как строение этих червей связано с их образом жизни?





2. Спасаясь пескожил жертвует хвостом

О чем свидетельствует такое приспособление?

(см. рис. 1) – фильтраторы. Они ведут сидячий образ жизни, спрятав тело в известковую трубку. Из нее высовываются лишь длинные параподии, играющие роль жабр и органов добычи «мертвого дождя». На концах параподий расположено множество глазков, предупреждающих животное о приближении хищников. Среди червей тоже есть хищники, к ним можно отнести обитательницу дна – афродиту.

### Жизненный цикл многощетинковых червей

Многощетинковые черви раздельнополы, причем половые железы развиваются почти во всех члениках. Яйца оплодотворяются в воде, из них выходят планктонные личинки.



3. Бесполое (А) и половое (Б) размножение у полихет

В чем преимущество такого размножения?

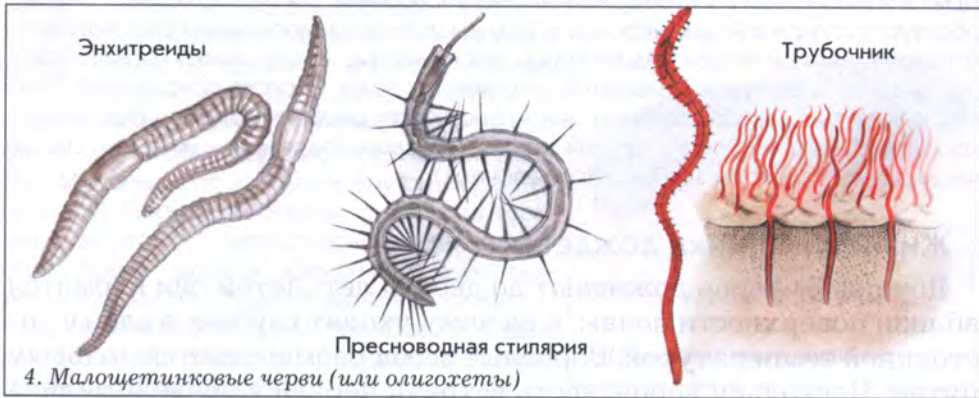
Многощетинковые – типичные обитатели океанского дна. В благоприятных местах их число иногда может достигать 100 тысяч на 1 м<sup>2</sup> дна. Большинство видов представлена жизненная форма грунтоедов. Они роют грунт и питаются донными осадками. Пескожил (рис. 1, 2), обитающий в полосе прилива, редко высовывается из ила. Нереида, наоборот, часто переплывает с места на место. Оба вида – излюбленный корм крупных рыб, таких как треска. Многие черви, – например, серпулиды

Есть черви, у которых чередуются два способа размножения (рис. 3). При бесполом размножении червь делится пополам: передняя часть восстанавливается и продолжает жить на дне моря, а из задней образуется половая особь, которая поднимается на поверхность. Во время нереста море буквально «вскипает». После размножения взрослые черви погибают.

## Малощетинковые черви – обитатели суши

**Малощетинковые черви** – класс почвенных и пресноводных животных, объединяющий около 5 тысяч видов (рис. 4). Их размеры составляют от нескольких миллиметров до 3 метров.

На рисунке изображены и подписаны дождевой червь (1–2 вида), энхитреиды, трубочник в воде в виде отдельной особи и на фоне дна. Рядом с последними показаны отрезком их истинные размеры.



Обычные у нас дождевые черви относятся к десяткам разных видов. Они не просто прокладывают ходы в почве, а пропускают ее через свой кишечник, извлекая органические остатки. Дышат черви воздухом, поглощая кислород всей поверхностью тела. После дождя, когда почва залита водой, животным приходится вылезать подышать. За это их и назвали дождевыми.

У почвенных малощетинковых червей от параподий сохранились только короткие щетинки, и то не все, а органы чувств, кроме осязания, развиты слабо. Но это связано с их образом жизни и еще не говорит об упрощении их строения. Наоборот, «разделение труда» между члениками у них достигло более высокого уровня. Еще Ч. Дарвин наблюдал сложные формы поведения дождевых червей. Теперь установлено, что при проведении опыта после нескольких попыток они способны запомнить дорогу, которая ведет в садок с благоприятными условиями.

Масса дождевых червей в плодородной почве доходит до 100 г на 1 м<sup>2</sup> и более. Их роющая деятельность имеет огромное значение для почвообразования. Черви разрыхляют и перемешивают

почву, открывают доступ воздуху и воде и создают условия, необходимые для полного разложения органических веществ и образования плодородного слоя.

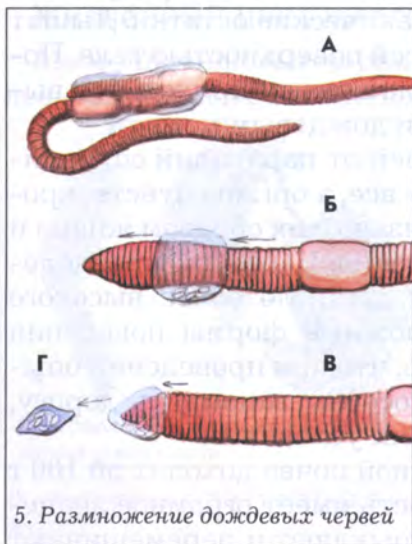


В почве можно увидеть множество небольших белесых червячков размером 5–10 мм – энхитреид. Их число иногда достигает сотни тысяч на квадратный метр почвы. Хотя они не так заметны, их роль в почвообразовании не менее важна. Аквариумисты разводят их в горшках для корма рыб. Поэтому их иногда называют горшечными червями.

Другой излюбленный корм аквариумных рыб – трубочник. Эти мелкие черви (1,5–2 см) образуют скопления на дне небольших водоемов. Их тела наполовину погружены в ил, который служит им пищей. Задние концы, выставленные наружу, имеют кроваво-красную окраску и ритмично колышутся, создавая ток воды. Окраска обусловлена большим количеством гемоглобина в крови, что позволяет дышать в водоемах, бедным кислородом. Такого же цвета и другой обитатель мелких водоемов – «мотыль». Это не червь, а насекомые (личинки комаров-звонцов).

### Жизненный цикл дождевого червя

Дождевые черви доживают до десяти лет. Летом они кормятся вблизи поверхности почвы, а на зиму уходят глубже, в слои с постоянной температурой. Взрослые особи размножаются половым путем. Поскольку вероятность встречи червей в почве невелика и любой контакт желательно использовать для продолжения рода, дождевые черви – гермафродиты.



5. Размножение дождевых червей

При встрече партнеры соединяются передними концами навстречу друг другу (рис. 5, А), обмениваются мужскими половыми клетками и расходятся, сохраняя чужие гаметы в особой выемке на теле. Позднее членики, образующие «поясок» на теле червя, набухают и отделяют слизистую муфту. Когда муфта готова, червь выползает из нее, пятясь назад (рис. 5, Б, В), и откладывает в муфту сначала 10–12 довольно крупных яиц, а потом чужие мужские гаметы. Происходит оплодотворение. Из муфты образуется кокон, сохраняющий влагу (рис. 5, Г).

Бесполое размножение для дождевых червей не характерно. Оно часто происходит не по их «воле», а после нападения хищника. Зато они обладают прекрасной способностью к регенерации после нападения хищника. Ведь построение новых сегментов тела – естественный способ роста червя.

### Пиявки – кровопийцы



Пиявки – группа кольчатых червей (около 400 видов), ведущих образ жизни наружного паразита. Они населяют пресные водоемы, где нападают на довольно крупных животных, питаются их кровью. Пиявка плавает, изгибаясь всем телом, или «ходит», поочередно переставляя две мощные присоски. Рот находится внутри передней присоски. Прокусывая жертву, она вводит герудин – вещество, препятствующее свертыванию крови. Врачи с древних времен используют пиявки, чтобы снизить кровяное давление больного и предотвратить образование тромбов в сосудах. Для этой цели подходит медицинская пиявка, обитающая на юге России.



б. Пиявка на коже человека

Кольчатые черви – важнейшие разрушители. Они питаются отмершей органической массой на дне морей, пресных водоемов и в почве. Их роль в формировании почвенного плодородия очень велика. Многие виды составляют основу питания более крупных животных. Многощетинковые черви раздельнополы, а малощетинковые – гермафродиты.

### Многощетинковые. Малощетинковые

1. В чем причины широкого использования кольчатых червей в пищу другими животными?
2. Какой образ жизни ведут многощетинковые черви?
3. Какой образ жизни ведут дождевые черви?
4. В чем состоит роль дождевых червей в формировании плодородия почвы?
- 5\*. Почему трудно вытащить дождевого червя из почвы за задний конец?
- 6\*. Чем отличаются жизненные циклы много- и малощетинковых червей?
- 7\*. Как связано различие в строении много- и малощетинковых червей с их образом жизни?

## § 21. ЖИВОТНЫЕ С НАРУЖНЫМ СКЕЛЕТОМ

Что такое сегментация тела?

Какую роль играет вторичная полость тела в строении тела кольчатых червей?

Как передвигаются кольчатые черви?

**Проблема:** В чем преимущества и недостатки наружного скелета?

### Дальше по пути прогресса

Один из важнейших признаков биологического прогресса группы животных – это разнообразие видов, входящих в ее состав. Чем больше разнообразие, тем больше различных случаев, в которых представители группы использовали преимущества своего плана строения, чтобы прочно занять особое место в той или иной экосистеме Земли.

Мы начинаем изучение двух самых разнообразных типов беспозвоночных (рис. 1). Тип моллюски – это улитки в саду и слизни в огороде, ракушки на морском берегу, кальмары и устрицы на тарелке. К типу членистоногих относятся раки и крабы, пауки и многоножки, жуки и бабочки, мухи и кузнечики – более полутора миллионов видов, окружающих нас повсюду. Столь почетным местом в животном царстве эти две группы



Объемы фигур  
отражают число видов



1. Видовое разнообразие основных типов беспозвоночных

животных обязаны общему приспособлению – скелету в виде раковины, панциря или отдельных твердых пластин, покрывших тело снаружи.

### Наружный скелет – защита и опора

Появление **наружного скелета** произвело «революцию» в животном царстве. Ведь твердыми покровами «оделись» представители самых различных групп беспозвоночных. Отношения между видами сильно изменились. И произошло это, по геологическим меркам, почти одновременно – в начале палеозоя. Ученые считают это не случайным совпадением, а следствием того, что в атмосфере стало больше кислорода. Особенно заметна скелетная «революция» в палеонтологической летописи. С массовым появлением твердых, хорошо сохраняющихся в ископаемом состоянии частей летопись преобразилась. Она стала гораздо богаче. Не случайно это событие разделяет эры «скрытой» и «явной» жизни.

Преимущества твердого скелета огромны. Это, прежде всего, опора мышцам, создающая предпосылку для возрастания их мощности и специализации. Это твердые челюсти и клешни для нападения, а также покровы, «латы», защищающие тело от врагов и агрессивной среды. Наружный скелет позволил заселить бассейны с повышенной соленостью, защитил от высыхания и солнечной радиации. А это, в свою очередь, дало возможность поселиться не только во влажной почве, но и на поверхности суши, включая пустыни. Мощная мускулатура, немыслимая без жесткой опоры, позволила насекомым приспособиться к полету и завоевать воздушный океан.

### Как скелет повлиял на внутреннее строение?

В качестве опоры для мышц внешний скелет оказался гораздо надежнее, чем гидроскелет предков – кольчатых червей. Поэтому вторичная полость утратила опорную функцию и в большинстве сегментов слилась с первичной полостью. Кровеносная система оказалась *незамкнутой*: лишь часть пути от сердца кровь проходит по сосудам, а затем изливается в полость тела между органами и тканями. К сердцу кровь опять собирается по сосудам.

Чтобы поток крови между органами не ослабевал, усилилось сердце. Оно превратилось в крупный мускулистый орган из одного или двух *предсердий*, принимающих кровь, и сильного *желудочка*, способного обеспечить циркуляцию крови по организму.

Органы дыхания специализировались в соответствии с образом жизни: водные животные обычно дышат жабрами, а у сухопутных они заменились воздушными мешками – легкими или воздушными трубочками – трахеями. Большинство животных для улучшения газообмена специально прокачивает через себя воду или воздух.

Поскольку вторичная полость распалась, органы выделения тоже изменились. У разных групп животных они различны по происхождению, строению и функциям. Общая их черта состоит в том, что они не разбросаны по всему телу, а очищают циркулирующую тканевую жидкость где-либо в одном месте.

### Моллюски выбрали надежную защиту

Часть организмов, защитившихся твердыми покровами, стала развивать их защитную функцию. Покровы превратились в массивную, тяжелую **раковину**, а ее «хозяева» образовали тип **моллюсков**. Все моллюски имеют общий план строения, но его

видоизменения бывают столь необычными, что убедиться в этом нелегко. Поэтому рассмотрим для начала панцирного моллюска *хитона* (рис. 2), который больше других похож на своих палеозойских предков.

Этот моллюск живет на небольшой глубине, в полосе прибоя, где волны обладают наибольшей силой и перекачивают камни. Тело хитона, как плащом, прикрыто кожной складкой – **мантией**, которая спускается со спины на бока. Мантия – особый кожный орган всех моллюсков, образу-



ющий слой клеток, в которых откладываются кристаллы извести или другие твердые вещества. Из этих слоев формируется раковина. Раковина наращивается по краям и в толщину, а под ней постепенно растет и сам моллюск.

Конечности-параподии, слишком слабые, чтобы обеспечить движение тяжелого животного, утрачены. Роль движителя взяла брюшная часть кожно-мускульного мешка, называемая **ногой**. Моллюск передвигается по камням мелкими волнообразными движениями мышц ноги. Слизь, выделяемая на подошве ноги, помогает удерживаться на камне и скользить по его поверхности.

В передней части подошвы расположен рот. Мощный язык усеян тысячами мелких «зубов», образующих терку, или *радулу*. Ею моллюск счищает с камней налет водорослей.

Между телом и мантией хитона остается глубокая борозда – мантийная полость. В ней расположены жаберные лепестки, трепетание которых создает ток воды.

При малоподвижной жизни органы чувств хитона плохо развиты, как и вся нервная система. Она состоит из нервных узлов вокруг глотки, пары нервных стволов, идущих к ноге, и пары нервных стволов, управляющих внутренними органами.

Таким образом, раковина укрывает все внутренние органы, а подвижные части тела могут находиться только вне раковины. Разделение на сегменты теперь не нужно ни для подвижности, ни для роста (как у кольчатых червей). Поэтому у хитона остатки сегментации заметны лишь в строении раковины и жабр. У других моллюсков утрачиваются и эти признаки сегментации.

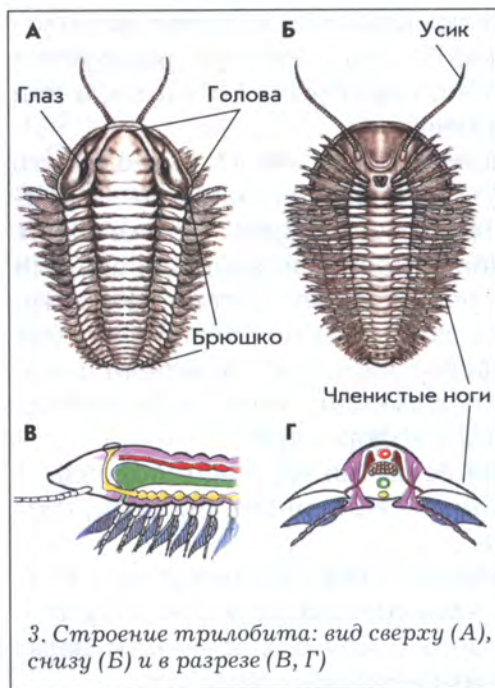
## Членистоногие выбрали активное движение

**Членистоногие** – самый разнообразный тип животных. На первый взгляд, они непохожи ни на кольчатых червей, ни на моллюсков, ни друг на друга. Чтобы разобраться в их родстве, познакомимся с *трилобитом* – вымершим морским членистоногим.



К счастью, палеонтологическая летопись хранит достаточно «документов» – отпечатков и окаменелых остатков этих животных, по которым ученые полностью восстановили их облик, детали строения и образ жизни. Известно более 10 тысяч видов трилобитов! Они составляли самый многочисленный класс членистоногих в течение большей части палеозоя и просуществовали более 300 млн. лет. Умение различать виды трилобитов разных периодов помогает геологам в поисках железных и марганцевых руд.





Трилобиты питались донными остатками растений и животных, загребая их из-под себя конечностями и направляя в рот. Это умение далось им благодаря **членистым конечностям**, которые могут сгибаться (рис. 3). Все конечности одинаковы, на их основаниях находятся жабры. Но наметилось разделение функций между частями тела. Первые пять сегментов слились в *головной щит*, несущий глаза, усики – органы осязания и обоняния – и 4 пары ног, направляющих пищу в рот. Ноги, предназначенные для передвижения по дну, расположены на подвижных брюшных сегментах.

При опасности трилобиты сворачивались в клубок, закрываясь твердыми спинными пластинами со всех сторон. Таким образом, скелет защищал их, не мешая передвижению. А надежная опора для мышц позволяла усложнить движения конечностей.

Но твердые покровы затрудняли рост подвижного организма. Становясь тесным, наружный панцирь отслаивался и спадал. Беззащитное тело трилобита на время теряло опору для мышц и переставало двигаться. Через несколько часов новые покровы затвердевали «по размеру», и организм возвращался к обычной жизни. Так же происходит линька у всех членистоногих – подвижных животных с наружным скелетом.

Нервная система трилобитов, как и кольчатых червей, представляла собой *брюшную нервную цепочку*. Но у слившихся сегментов сливались и их нервные узлы.

Как мы смогли убедиться, древние моллюски и членистоногие, «покрывшись» наружным скелетом, сохраняли черты кольчатых червей – следы разделения тела на одинаковые сегменты. Их потомкам еще предстояли глубокие преобразования.



Потомки кольчатых червей приобрели внешний скелет, который защитил их тело и дал опору мышцам. Вторичная полость тела распалась, и кровеносная система стала незамкнутой. Поддержать обмен веществ помогли усиленное сердце, особое строение органов дыхания и выделения. Животные, защитившие тело мощной раковиной, – моллюски – перешли к малоподвижной жизни. Другие животные – членистоногие – использовали скелет для развития подвижности.

### Моллюски. Членистоногие. Наружный скелет. Раковина. Нога. Мантия. Членистые конечности

1. Каковы преимущества и недостатки твердого наружного скелета?
2. Как приспособления моллюсков связаны с их образом жизни?
3. Какие приспособления возникли у членистоногих?
4. Как происходит рост у животных с внешним скелетом?
- 5\*. В чем сходство и различие двух групп животных с наружным скелетом?
- 6\*. Почему моллюсков и членистоногих считают потомками кольчатых червей?
- 7\*. Как изменилось внутреннее строение животных, утративших гидроскелет?

## § 22–23. МОЛЛЮСКИ – ТИХОХОДЫ

Какими общими чертами обладают моллюски и членистоногие?

Какие черты отличают моллюсков?

Какие жизненные формы характерны для водных обитателей?

**Проблема:** Какой образ жизни доступен моллюскам, имеющим тяжелую раковину?

### Моллюски населяют воду и сушу

К типу моллюсков принадлежит более 100 тысяч видов животных. Наибольшей массы и численности моллюски достигают на дне моря, где они фильтруют из воды мелкие органические частицы. Их так много и сейчас, и в прошлом, что горные породы, образовавшиеся на дне моря, могут наполовину состоять из раковин моллюсков. С начала палеозоя до наших дней моллюски поглощают растворенные в воде соли кальция и превращают их в километровые толщи известняков.

Основой процветания моллюсков послужила прочная раковина. Но план строения различных классов типа отличается от строения предков. Часть представителей приспособилась к плаванию в толще океана и стала хищниками. Другие группы приобрели способность дышать воздухом и расселились по суше. Их потомки заселили пресные водоемы. Большинство из них питается растительной пищей.



### Брюхоногие моллюски – обитатели дна

Внешний вид представителей этого класса не оставляет сомнений в названии (рис. 1). Массивная мускулистая нога составляет нижнюю половину его тела, а другая половина спрятана в раковине на спине. Раковина многих видов закручена в спираль, что удобнее для переноски. Моллюсков с такой раковиной обыч-

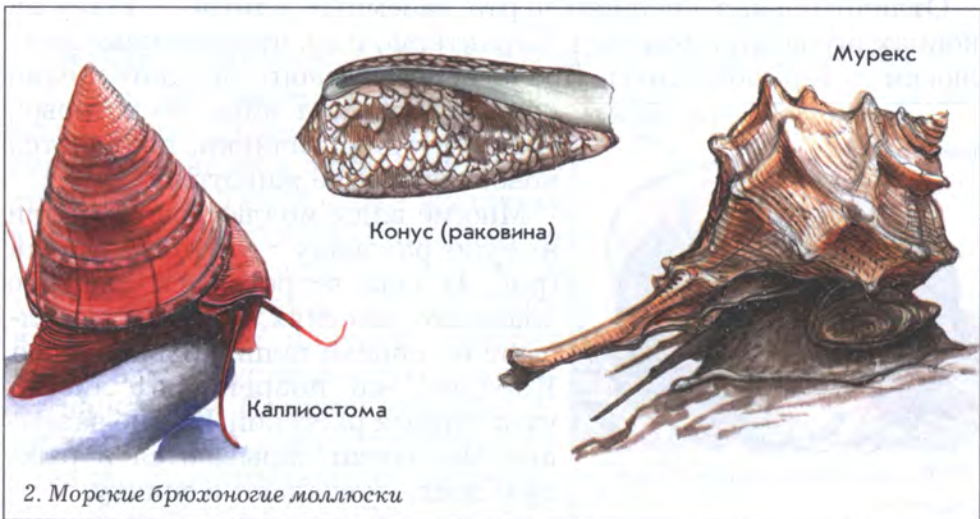
но называют улитками. Волнообразные сокращения мускулатуры ноги и слизь, выделяемая на подошве, позволяют ползти и переносить раковину медленно, но верно.

Впереди ноги из раковины высовывается голова с глазами и щупальцами – органами осязания, вкуса и обоняния. Если дотронуться до них, моллюск весь втягивается в раковину. Некоторые еще и плотно закрывают вход твердой крышечкой.

Внизу головы расположен рот, переходящий в глотку с мускулистым языком – *радулой*. Этот орган характерен для всех брюхоногих. С его помощью животные скоблят растения, счищают микроорганизмы и другую пищу с поверхности.

К раковине изнутри плотно прилегает *мантия*. Между ней и телом в раковине остается *мантийная полость*. В полости расположены *жабры*, выделительное, анальное и половое отверстия. Орган выделения – почка, которая начинается воронкой в остатке вторичной полости вокруг сердца. Нервная система брюхоногих состоит из нескольких нервных узлов, разбросанных вблизи важнейших органов, самый крупный из них окружает глотку.

Основная пища брюхоногих – водоросли. Обилие света и постоянное перемешивание воды благоприятны для растений. Поэтому моллюсков особенно много на мелководье и в прибрежной, периодически заливаемой приливо-отливной зоне моря – *лито-*



рали. Но жизнь на литорали требует особых приспособлений к периодическому высыханию и ударам волн. Моллюск *морское ушко*, например, имеет широкую подошву ноги и раковину в форме мелкого блюдца. Во время отлива животное прижимается и присасывается к камню так крепко, что оторвать его можно лишь с помощью долота. Раковины некоторых моллюсков (рис. 2) имеют выросты, которые препятствуют переворачиванию. Напротив, гладкая форма других раковин позволяет волнам легко перекачивать их, не повреждая.

Среди брюхоногих есть и хищники. Они тоже «неторопливы», так как охотятся на своих же собратьев. *Мурекс*, например, пробуравливает их раковины своей более твердой радулой.

Морские брюхоногие, как правило, раздельнополы. Размножение половое. После внутреннего оплодотворения моллюски откладывают икру, из которой выводятся плавающие планктонные личинки. Они способствуют расселению моллюсков.

### На суше улитки дышат легкими

В южных районах нашей страны обитает крупная *виноградная улитка* (рис. 3). Она питается листьями и иногда вредит виноградникам. Ее мантийная полость «переоборудована» для жизни на суше и превращена в **легкие** – складчатые мешки, пронизанные сосудами.

Отличительная внешняя черта наземных улиток – глаза на концах щупалец («рожек»). Характерно и то, что наземные моллюски – гермафродиты. После перекрестного оплодотворения

они откладывают яйца, из которых, минуя стадию личинки, появляется новое поколение животных.

Многие виды моллюсков потеряли на суше раковину – это голые *слизни* (рис. 4). Они встречаются лишь во влажных условиях, но и там выползают на поиски пищи только ночью. Нередко они повреждают листья культурных растений. К зиме наземные моллюски зарываются в рыхлую землю и впадают в спячку.



3. Брачные игры виноградных улиток

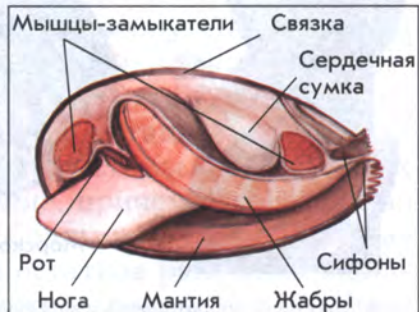


4. Пресноводные (слева) и сухопутные (справа) брюхоногие моллюски

В прудах, озерах и реках с медленным течением на водных растениях всегда можно найти крупную улитку – обыкновенного прудовика (см. рис. 4). Его тело заключено в известковую раковину, покрытую слоем зеленовато-коричневого рогоподобного вещества. Глаза расположены у основания щупалец. Прудовика можно часто встретить на поверхности воды: для дыхания ему необходимо набирать атмосферный воздух в мантийную полость.

### Двустворчатые моллюски – фильтраторы водоемов

Класс двустворчатые моллюски по строению в полной мере соответствует жизненной форме фильтра-тора (рис. 5). Такой образ жизни не требует подвижности, поэтому у двустворчатых исчезла голова и упростились органы чувств. Туловище окружено мантией, которая производит двустворчатую раковину из извести. Створки открываются сами благодаря пружинистой связке, а закрываются мощными мышцами-замыкателями. Между



5. Беззубка – пресноводный двустворчатый моллюск (одна створка удалена)

приоткрытыми створками высовывается нога, с помощью которой моллюск может медленно передвигаться и зарываться в грунт. Рот и жабры находятся внутри раковины, в мантийной полости. Пища и кислород поступают туда через трубку-сифон в задней части тела. Через другой сифон вода удаляется.

Пресноводные *беззубка* и *перловица* ползают по дну тихих рек и озер. Морские двустворчатые (рис. 6) живут в полосе прибоя и прилива. Они специально прикрепляются ко дну или подводным предметам, чтобы их не смыло с облюбованного места. *Мидии* используют для этого шелковидные нити. *Устрицы* прирастают к камням своей раковиной. *Корабельные черви* – червеобразные моллюски-древоточцы – внедряются в стволы упавших в воду деревьев. В прошлом они разрушали корпуса деревянных судов. Крупная *тридакна*, обитающая в тропических морях, достигает 200 кг (длина до 1,5 м). Ее мощная раковина прочно стоит на дне. А вот *морские гребешки* имеют очень легкую раковину, зато могут сами передвигаться, хлопая створками.

Двустворчатые раздельнополы, но оплодотворение у них наружное. Взрослые особи малоподвижны, и задачу расселения решают за них личинки. У одних видов они ведут планктонный образ жизни и переносятся водой. Другие личинки путешествуют, прикрепившись к жабрам рыб, и паразитируют на них.



6. Морские двустворчатые моллюски

Почему у двустворчатых моллюсков наружное оплодотворение? Велика ли вероятность перенесения половых клеток от одной особи к другой?

## Головоногие – «приматы моря»

Класс **головоногих** (рис. 7–9), в противоположность всем прочим, объединяет моллюсков, ставших активными хищниками. В погоне они используют реактивный способ передвижения. Набрав в мантийную полость большую порцию воды, животное выталкивает ее мощной струей через узкую воронку. Быстрое плавание оказалось отличным средством не только для охоты, но и для защиты. Поэтому большинство головоногих лишено наружной раковины. Ее остатки переместились внутрь тела и выполняют вторую функцию скелета – служат опорой для мускулатуры.



Исходно головоногие имели раковину, как и все моллюски. Она была у многих ископаемых представителей (например, у *аммонитов*) и сохранилась у некоторых наших современников (например, у *наutilus*).



7. Раковина аммонита



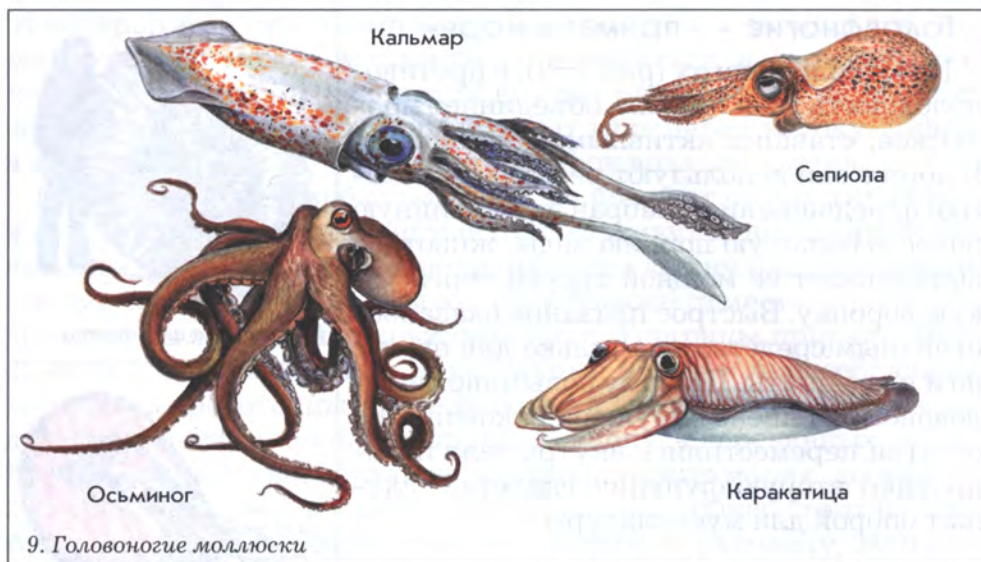
8. *Наutilus*

Реактивным способом головоногие движутся задом наперед, развивая скорость до 50 км/час. Но питание активного охотника «потребовало» органов схватывания добычи. Поэтому нога превратилась в расположенные на голове щупальца, которыми животное может филигранно управлять, перемещаясь головой вперед. Между щупальцами расположен рот, вооруженный двумя роговыми челюстями, напоминающими клюв попугая.

Но самое замечательное, что образ жизни активного охотника потребовал развитых органов чувств, ориентации в пространстве и, следовательно, развитой нервной системы. У головоногих большая голова и замечательное зрение, причем строение глаз аналогично нашему. Нервные узлы собраны в крупный мозг, защищенный своего рода «черепом» из остатков раковины. Кальмарам и осьминогам свойственно сложное поведение. Поэтому часто их называют «приматами моря».

Скорость передвижения вполне позволяет стаям *кальмаров* охотиться на рыб. Сами же кальмары вкусны и питательны,





поэтому они часто становятся добычей более крупных рыб и кашалотов. А вот осьминог – домосед и привязан к своему постоянному укрытию. Он может плавать, но чаще плавно передвигается с помощью своих щупалец, работая ими, как ногами.

Среди головоногих есть и мелкие формы, и настоящие гиганты. Глубоководные кальмары достигают длины 15–18 м, с ними не может справиться даже кашалот.



Что происходит с песчинкой под мантией моллюска?

### Роль моллюсков в природе и хозяйстве человека

Моллюски играют важнейшую роль в круговороте веществ морской экосистемы. Будучи фильтраторами, двустворчатые очищают воду от органических остатков. Растительные формы служат кормом для многих рыб. Хищные формы регулируют численность как донных, так и плавающих животных.

Многие моллюски используются в пищу и человеком. Кальмаров ловят в открытом море, а устриц и мидий – на отмелях. Раковины брюхоногих использу-

ются для изготовления украшений. Наконец, моллюски добываются и ради перламутра, получаемого из внутреннего слоя раковины. В двустворчатых *жемчужницах* находят драгоценный жемчуг (рис. 10). Некоторые ценные виды моллюсков истреблены или стали редки. Люди научились разводить устриц, мидий и жемчужниц искусственно.

С другими моллюсками связаны некоторые неудобства. Наземные улитки повреждают культурные растения. Морские двустворчатые моллюски способны вбуравливаться в камень и дерево, они повреждают портовые постройки. Многие виды служат промежуточными хозяевами плоских червей-паразитов.

### Моллюски: единство в многообразии

Все *моллюски* имеют сходный план строения. Накрывшись раковиной, они потеряли сегментацию и конечности, но приобрели мускулистый орган движения и характерную для всех моллюсков мантию. Вторичная полость распалась, кровообращение по сосудам и внутренним полостям обеспечивает развитое сердце. Органы выделения представлены двумя или одной почкой. Дыхание происходит через жабры или легкие в мантийной полости. Разбросанно-узловая нервная система управляет организмом.

Но под защитой раковины органы моллюсков разных классов могут меняться местами в зависимости от образа жизни.

Панцирные моллюски (рис. 11) примитивным строением напоминают кольчатого червя, у которого число многих повторяющихся органов сократилось до одной пары.

Брюхоногие моллюски (рис. 12) усилили мускулистую ногу и усложнили строение раковины. Внутренние органы настолько сместились, что все выводные отверстия, в том числе и анальное, оказались прямо над головой.

Двустворчатые (рис. 13), став фильтраторами, лишились головы и общаются с внешним миром через сифоны мантийной полости.



11. Строение панцирного моллюска

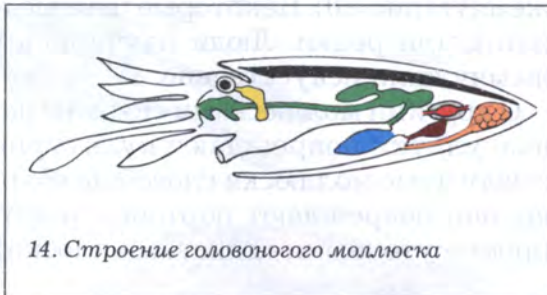


12. Строение брюхоногий моллюска

Головоногие (рис. 14), избрав активную жизнь, изменили функции ноги, мантийной полости и раковины и развили более совершенную нервную систему.



13. Строение двустворчатого моллюска



14. Строение головоногого моллюска

Каждая группа моллюсков образует свою жизненную форму. Брюхоногие соскабливают теркой растительную пищу. Двустворчатые фильтруют воду сквозь сифон. Головоногие – активные хищники, приспособившие мантийную полость для передвижения. Человек широко использует моллюсков в пищу.

### Брюхоногие. Двустворчатые. Головоногие

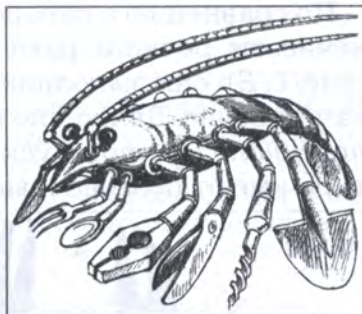
1. К каким жизненным формам относятся моллюски различных классов?
2. Опишите способы питания, передвижения, особенности строения и размножения, характерные для каждой жизненной формы.
3. Что вы знаете о моллюсках вашей местности?
4. Какую роль играют моллюски в жизни людей?
- 5\*. Какие моллюски могут очищать водоемы от промышленного загрязнения?
- 6\*. Как изменяется раковина с возрастом моллюска? Подумайте, что могут означать концентрические полоски-неровности на раковине.
- 7\*. Почему у моллюсков слабо развита регенерация?
- 8\*. Предложите способ сравнения головоногих и птиц по уровню развития мозга.
- 9\*. Каковы будут взаимоотношения человека и моллюсков в будущем?

### Лабораторная работа. Наблюдение за моллюсками

1. Ранней осенью поместите в аквариум прудовика и катушку. Понаблюдайте, как передвигается моллюск по стеклу аквариума, заросшему зелеными водорослями. Изменяется ли стекло позади моллюска?
2. Потревожьте прудовика, плавающего на поверхности воды. Решите, вследствие чего он опускается на дно. Всегда ли при этом он выпускает из легкого воздух? Чем еще можно объяснить его погружение?
3. Понаблюдайте за развитием икры, отложенной на стенках аквариума, предварительно отсадив взрослых особей (они могут съесть потомство).

## § 24–25. РАКООБРАЗНЫЕ – ВОДНЫЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

Какими чертами обладают все членистоногие?  
 В чем особенность роста членистоногих?  
 Можно ли назвать их ноги параподиями?  
 Из-за чего животные стали двусторонне-симметричными?



**Проблема:** Изменение каких органов лежит в основе разнообразия водных членистоногих?

### Ракообразные предпочитают воду

Класс **ракообразные** включает около 40 тысяч видов, от едва заметных глазу до 2-метровых гигантов. Они населяют моря от больших глубин до мелководий и пресные водоемы. Одни из них обитают в толще воды (планктон), другие на дне (бентос). Отдельные виды (например, *мокрицы*) освоили сушу, причем встречаются даже в пустынях. Однако они могут жить лишь при высокой влажности, поэтому ведут ночной образ жизни и прячутся в почве. Среди ракообразных есть даже паразиты.

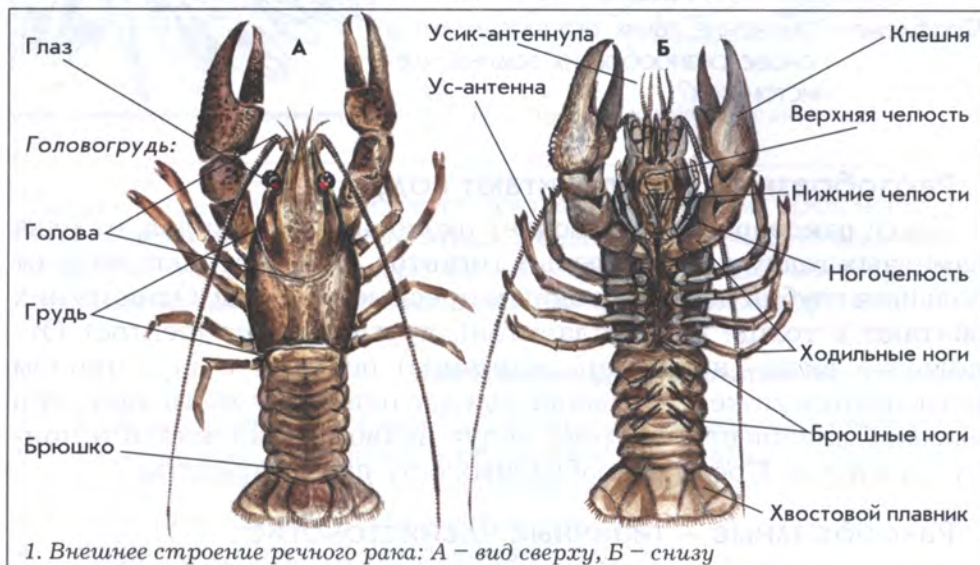
### Ракообразные – типичные членистоногие

Тело ракообразных, как и других членистоногих, покрыто **хитиновым** панцирем – твердыми пластинами с эластичными сочленениями. Для большей прочности он пропитан углекислым кальцием. Так же защищены и *членистые конечности* ракообразных. Наружный скелет такого строения дает опору мышцам, но должен периодически обновляться по мере роста животного.

Тело ракообразных состоит из *неодинаковых* сегментов. Вместе они образуют три хорошо различимых отдела тела: *голову*, *грудь* и *брюшко*. При этом только сегменты брюшка остаются подвижно сочлененными. У многих видов, в том числе и у речного рака, два первых отдела срослись в единую *головогрудь*, покрытую мощным щитом (рис. 1, А). Разделение тела на отделы возникло в связи с разделением функций конечностей. Это позволило специализировать конечности еще сильнее.

## Конечности как «строительный материал»

По сравнению с параподиями nereиды и ногами трилобита, конечности речного рака чрезвычайно сложны и разнообразны (рис. 1, Б): они выполняют различные жизненные функции более качественно. Движение конечностей обеспечивается мощной *поперечнополосатой* мускулатурой. Мышечные волокна такого же типа имеют позвоночные, в том числе и человек.



1. Внешнее строение речного рака: А – вид сверху, Б – снизу

Найдите конечности, с помощью которых раки ходят, плавают, чувствуют, жуют, держат пищу, дышат, нападают, защищаются, размножаются.

На голове – передней части головогруды – расположены усы и усики. Они служат органами осязания, химического чувства, равновесия и даже слуха. Из трех пар конечностей головы образуются челюсти. Обработать пищу помогают ногочелюсти – три пары конечностей грудного отдела. Следующие пять пар – это длинные ходильные ноги. Первая из них заканчивается крупными клешнями для нападения и защиты. От оснований ног грудного отдела отходят жабры, прикрытые краем панциря. На брюшке тоже есть конечности, играющие роль при спаривании и вынашивании потомства. Из самой задней пары образован плавник. С его помощью, подгибая и распрямляя мускулистое брюшко, речной рак плавает задом наперед.

## Что у рака внутри?



Планы строения трилобитов и ракообразных сходны. Но некоторые интересные детали позволяют считать последних более высокоорганизованными животными. Самые «нежные» органы – жабры – у рака убраны в хорошо защищенные полости по бокам груди. Вода входит в эти полости на границе головогруды и брюшка, а выходит около рта, где нижние челюсти постоянно работают как пропеллеры и гонят воду. Сердце находится совсем рядом с жабрами. По сосудам оно активно откачивает от них кровь, богатую кислородом, и направляет в два крупных сосуда: переднюю и заднюю аорты. Затем кровь заполняет полости между органами и пассивно оттекает снова к жабрам. Надо отметить, что у животных с замкнутой кровеносной системой кровь с дыхательным пигментом циркулирует по сосудам, а тканевая жидкость, или лимфа, не участвует в переносе газов. У членистоногих и других беспозвоночных эти две жидкости смешиваются и называются *гемолимфой*. Кстати, гемолимфа ракообразных обычно бесцветная, зеленоватая или голубая, так как газы переносятся не гемоглобином, а другими пигментами.

Органы выделения рака – парные *зеленые железы* – представляют собой мешочки из остатков вторичной полости. В них фильтруются все вредные вещества из гемолимфы и удаляются по протокам, гомологичным метанефридиям. Необычно то, что они находятся в голове, у основания антенн.

## Десятиногие обитатели дна

Речные раки водятся в реках и озерах с чистой водой, богатой кислородом. День они проводят под камнями и корягами, а ночью выходят на охоту. Питаются мелкой живностью, моллюсками, водорослями. Не брезгают раки и падалью, которую чувствуют издалека. Маскирующая окраска рака обусловлена наличием нескольких пигментов в его покровах. При кипячении они разрушаются, остается только красный. Этим и объясняется цвет вареного рака.



2. Десятиногие раки

Кроме речного рака к отряду *десятиногих* относятся другие крупные ракообразные с 5 парами ходильных ног: другие *раки*, *крабы*, *креветки* (рис. 2). Большинство видов – хищники прибрежной зоны моря. *Омары* и *лангусты* достигают 50–80 см. Их мясо считается изысканным деликатесом. Но по объему добычи человеком лидируют раки помельче и без клешней – креветки. Они держатся стайками над поверхностью дна и кормятся планктоном. Креветки – желанная добыча многих рыб, но, почувствовав близость хищника, они удирают стремительными рывками, едва уловимыми для глаза.



*Раки-отшельники* прячут свое нежное брюшко в раковину моллюска. Правая клешня крупнее левой, ею рак закрывает вход в свой «дом». После линьки рак находит себе раковину побольше, а чтобы лучше обезопасить себя от врагов, сажает на раковину актинию, вооруженную стрекательными клетками. Такое взаимовыгодное сожительство называют *симбиозом*. Рак переносит актинию к новым источникам пищи, а сам оказывается защищенным.

*Крабы* защищены намного лучше. Маленькое брюшко они поджимают снизу к широкой груди, покрытой толстым панцирем. Клешни служат крабам не только для охоты, но и для брачных «турниров». На месте клешни, потерянной в бою, при очередной линьке вырастает другая, поменьше.



Среди десятиногих есть и обитатели суши. На атомах живет рак *пальмовый вор* с очень сильными клешнями. Вопреки названию, он не ворует кокосовые орехи с пальм, но любит полакомиться разбитыми орехами и действительно лазает по деревьям. Самка вынашивает яйца на суше, молодежь же несколько месяцев развивается в воде.

### Жители верхнего «этажа» океана

Поскольку одноклеточные водоросли, производящие органическое вещество в океане, распространены до глубины 200 м, здесь же держится и основная масса зоопланктона. А он на 90% состоит из мелких ракообразных (рис. 3).



3. Морские планктонные рачки

Какую роль в жизни рачков играют ветвистые конечности?

Мелкие рачки *калянусы* парят в толще воды благодаря длинным усикам и выступающим щетинкам, а также каплям жира в теле. Тем не менее под действием силы тяжести животные опускаются. Тогда они начинают работать грудными ножками и поднимаются вверх.

Более крупные рачки – *криль* – напоминают мелких креветок. Они прозрачны и поэтому незаметны для хищников. Чтобы не потеряться, члены стаи периодически испускают желтый свет. Криль – излюбленная пища многих рыб и усатых китов.

### Пресноводный планктон

Зоопланктон рек и озер также состоит из мелких рачков (рис. 4). Они хорошо знакомы аквариумистам как питательный корм для рыб. *Дафнии* – рачки размером с пшено – узнаются по скачкообразным беспорядочным движениям с помощью длинных двуветвистых усиков. Это – своеобразная тактика защиты. Для питания они совершают другие, ритмичные движения грудных ножек, которыми фильтруют из воды бактерии и одноклеточные водоросли. Рядом можно увидеть другого рачка – *циклопа*. У него только один глаз, как и у мифического великана, по имени которого он назван. В весенних лужах бывают обильны более крупные *жабронюги*. Они то всплывают к поверхности, то проворно исчезают на дне.



4. Пресноводные рачки

### Жизненный цикл рака и его родственников

Речные раки размножаются зимой, в непромерзающих водоемах. Самка откладывает около сотни яиц и вынашивает их, удерживая ножками под брюхом. Молодые рачки, похожие на взрослых, появляются весной и к лету начинают самостоятельную жизнь. С каждой линькой они увеличиваются в размерах.

Взрослые раки линяют раз в год. Сбросив старый покров, они 8–10 дней не покидают укрытий и дожидаются, пока затвердеет



новый. У большинства морских родственников рака из яиц выходят планктонные личинки, которые позднее превращаются в рачков.

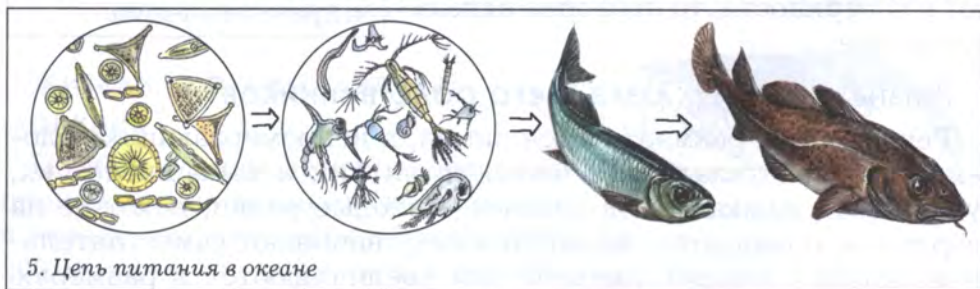
Интересен жизненный цикл дафний. Летом, при обильной пище, они откладывают неоплодотворенные яйца, из которых вырастают только самки. При ухудшении условий из яиц вылупляются и самки, и самцы. У этого поколения после оплодотворения развиваются зимние яйца, защищенные плотной скорлупой и способные перенести холод и высыхание.

### Основа жизни в океане

Буквально каждая цепь питания в экосистеме океана начинается с планктона. Благодаря мелким ракообразным органические вещества, произведенные растениями, не падают на дно, а вовлекаются в цепи питания и обеспечивают существование бесчисленных стай рыб и огромных китов (рис. 5). А если учесть еще и донных обитателей, то без преувеличения можно сказать, что ракообразные – основа жизни в океане.

Планктонные рачки – не только пища, но и регулятор качества среды более крупных обитателей. Ежегодно в период, благоприятный для размножения водорослей, они останавливают «цветение» воды в океане, предотвращают загнивание погибшего фитопланктона и гибель других животных от недостатка кислорода.

Но кроме косвенной роли в обеспечении рыбного богатства океана, ракообразные и сами идут в пищу человеку. Промысел креветок, крабов, langустов обеспечивает питанием многие сотни миллионов жителей приморских стран. Вдали от побережья



Предположите, как изменилась бы экосистема океана без зоопланктона.

такие морепродукты пользуются спросом как деликатес. Мясо ракообразных и других морских животных питательно и целебно, так как содержит мало холестерина – одну из причин многих болезней. К сожалению, крабы и крупные раки растут медленно, и чрезмерный вылов подрывает их численность.

Разнообразие пресноводных ракообразных – чуткий показатель качества воды, экологического благополучия местности. Пресноводных рачков разводят в рыбохозяйствах для промышленного и аквариумного содержания рыб.



## Удивительные ракообразные



В мелких пересыхающих лужах изредка можно встретить щитня (рис. 6). Это ракообразное размером больше крупного жука – настоящее живое ископаемое. В неизменном виде он просуществовал около 200 млн. лет, будучи свидетелем гибели динозавров. Такую удивительную сохранность ученые объясняют феноменальной выносливостью яиц щитня, позволившей им снова заселять места обитания, в которых они вымирали. Их яйца переносят высыхание в течение 7–8 лет, выдерживают и мороз, и жару до 80°.

Ч. Дарвин разгадал загадку происхождения еще одного животного. Съедобные морские желуди (см. рис. 6) всегда считались моллюсками. Они, действительно, внешне очень похожи на прикрепленные раковины. Их даже разрешалось есть в постные дни как рыбное блюдо. Изучив их строение и обнаружив членистые ножки для фильтрации частиц пищи из воды, ученый пришел к выводу, что эти животные относятся к классу ракообразных. А раки уже скоромная пища. Так что есть их в пост тут же запретили.

Ракообразные населяют все водоемы планеты. Рачки составляют основу зоопланктона. Они обеспечивают пищей рыб и китов и поддерживают устойчивость водных экосистем. Крупные раки, крабы и креветки – донные хищники. Промысел ракообразных играет важную роль в хозяйстве человека.

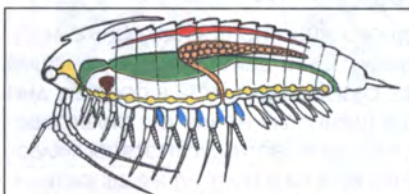
## Ракообразные

1. Какие черты ракообразных обеспечивают их процветание?
2. Какие функции выполняют конечности ракообразных?
3. Какие жизненные формы ракообразных встречаются в морях? Какими приспособлениями они обладают?
4. Какие ракообразные обитают в пресных водоемах? Что вы о них знаете?
5. Какую роль играют ракообразные в природе и хозяйстве человека?



- 6\*. Животные каких типов изображены на рисунке? По каким признакам мы можем об этом судить? К каким жизненным формам они относятся (фильтраторы, грунтоеды, растительноядные, хищники)?
- 7\*. Планктонные рачки днем мигрируют в глубину, а вечером поднимаются к поверхности. Предложите гипотезу, объясняющую эти движения. Учтите, что их корм остается в верхнем слое воды.

### Лабораторная работа. Наблюдение за дафниями и циклопами



8. План строения ракообразного

1. Поместите на предметное стекло каплю с дафниями или циклопами. Рассмотрите животных под небольшим увеличением. Опишите, как они движутся.
2. Объясните значение их формы тела и окраски.
3. Какие системы внутренних органов удается увидеть?

## § 26–27. ПАУКООБРАЗНЫЕ – ЖИТЕЛИ СУШИ

В чем преимущества и недостатки наружного скелета членистоногих?

На какие отделы делится тело рака?

Какие функции выполняют конечности рака?

Какие трудности ожидают животных на суше?

**Проблема:** Какие приспособления необходимы членистоногим, вышедшим на сушу?



### Трудно ли жить на суше?

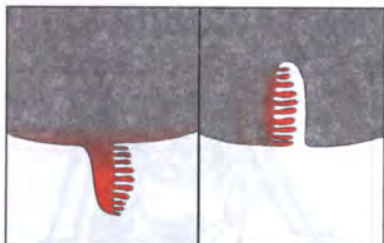
Членистоногие появились в море. Сушу освоили представители двух классов: **паукообразные** и **насекомые**. В этих условиях организмы столкнулись с двумя проблемами: *силой тяжести* и *высыханием*. В водной среде действие притяжения уравновешивается выталкивающей силой, и тело как бы висит в толще воды. На суше притяжение Земли прижимает животное. Для движения нужно приподнять тело над поверхностью, чтобы не мешала сила трения.

«Складные» конечности позволили членистоногим легко передвигаться по суше. А прочность наружного скелета из хитина обеспечила опору для мощных поперечнополосатых мышц, необходимых для движения конечностей. Но чем крупнее наружный панцирь, тем тяжелее его носить (рис. 1). Поэтому все наземные членистоногие невелики по размеру.

Это, в свою очередь, создает дополнительные трудности для борьбы со второй проблемой – иссушением. Кто пробовал сушить грибы, тот знает, что их нужно резать мелко. Влага испаряется с поверхности. У мелких кусков на единицу объема приходится большая поверхность, и они высыхают быстрее. Поэтому наземные членистоногие защищены от потери воды дополнительным слоем на поверхности кутикулы. Это водонепроницаемая пленка из жироподобных веществ.



1  
У кого скелет сильнее ограничивает подвижность?



2. Превращение жабр в легкие



3. Трахейная система

Жабры непригодны для дыхания на суше: дыхательные поверхности слишком быстро высыхают. У паукообразных жабры как бы впячиваются внутрь тела, и из них получают *легкие* – складчатые воздушные полости с небольшим отверстием наружу (рис. 2).

Однако примитивное легочное дыхание слабо спасает от потерь воды. Поэтому позднее у многих пауков и насекомых появилась **трахейная система**. Она состоит из тоненьких трубочек, ветвящихся по всему телу (рис. 3). Их диаметр так мал, что влага оседает на стенках и не выходит наружу.

Наконец, еще одно отличие наземных членистоногих – новые органы выделения – **мальпигиевы сосуды**, впадающие в кишечник. В кишечнике необходимая организму вода всасывается, а твердые продукты выделения выходят наружу. Это тоже позволяет экономить воду.

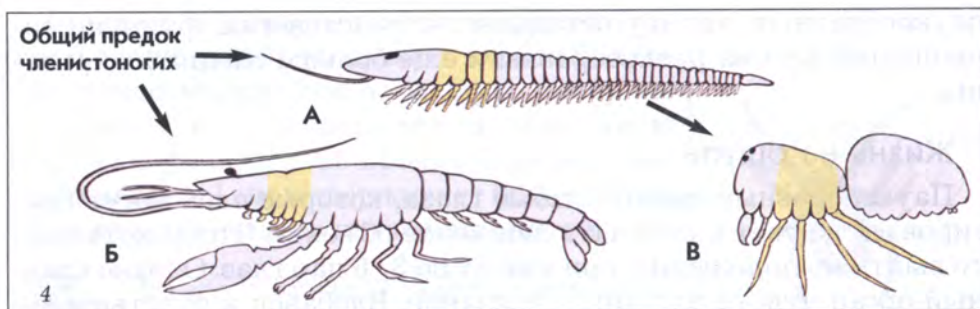
Несмотря на все эти приспособления, большинство паукообразных все же придерживается сырых мест и избегает открытой освещенной поверхности.

### Конечности меняют свои функции

Паукообразные – потомки древних трилобитов, которые освоили передвижение по суше и стали хищниками. Для бега им было необходимо компактное тело, приподнятое над землей. Поэтому у большинства представителей сегменты тела слились в два укороченных отдела – *головогрудь* и *брюшко*.



При этом часть задних сегментов была утрачена, а их функции «переползли» вперед (рис. 4). Брюшком стали конечности, соответствующие груди рака, а головогрудью – те, что у рака превратились в голову. В результате получилось, что ходильные ноги паукообразных гомологичны не ногам, а жевательным конечностям ракообразных. Для обработки пищи пауку достались всего две передние пары конечностей – вместо 6 пар у рака! Вдобавок ко всему, паукообразные лишены чувствительных усиков (они мешали морским предкам рыться в донных осадках). Вот и пришлось сухопутным паукам «изобретать» строение важнейших органов головы практически заново.



Найдите гомологичные конечности трилобита (А), рака (Б) и паука (В).

### Хищники без настоящих челюстей

Первая пара конечностей превратилась в **хелицеры** (рис. 5). Это короткие и сильные членистые придатки с когтевидным концевым члеником, на конце которого открывается протока ядовитой железы. Такие «челюсти», неспособные жевать, предназначены для убийства с помощью ядовитого укула. Вторая пара головных конечностей превратилась в ногощупальца, или **педипальпы**. Они снабжены множеством чувствительных волосков и отчасти заменяют усики. Лишь у скорпионов они превращаются в крупные клешни.

Но как же съесть добычу, если нечем жевать? Это, оказывается, и не обязательно. Прокалывая покров жертвы хелицерами, паук впрыскивает в нее не только яд, но и слюну с пищеварительными соками. Добыча переваривается. Через некоторое время паук высасывает жидкое содержимое жертвы, как сырое яйцо, а наружный покров – пустой «чехол» от съеденного насекомого – так и остается висеть на паутине. Таким образом, паукообразные используют **внекишечное пищеварение**.

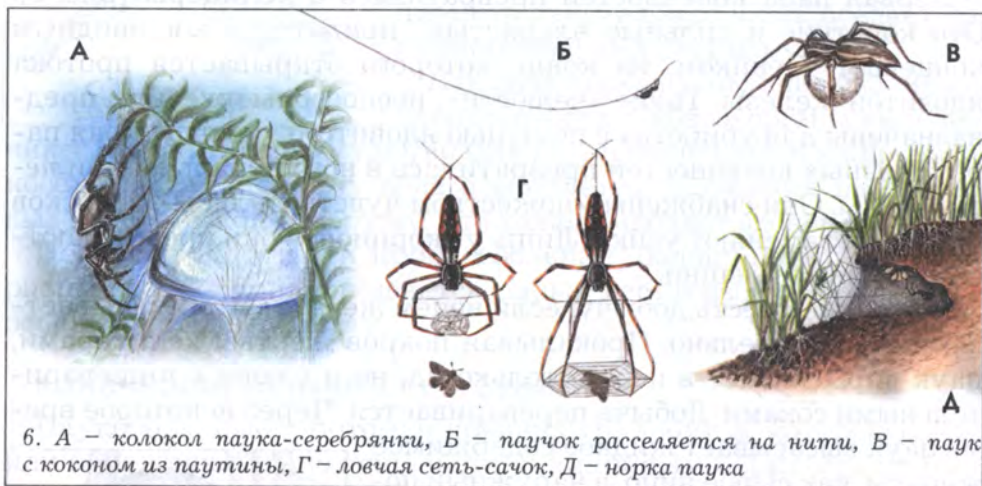
За хелицерами и педипальпами следуют 4 пары **ходильных ног**, расположенных на головогрудь. Их основное назначение – догонять жертву. На брюшных сегментах конечности уменьшились и преобразовались в легкие, половые придатки и паутинные бородавки. Так что у



паукообразных, как и у остальных членистоногих, функции конечностей весьма разнообразны и еще больше специализированы.

### Жизнь на ощупь

Паукообразные имеют слабые глаза, которые едва могут реагировать на свет и отличать движение объекта. Чтобы хоть как-то выйти из положения, они имеют по 3–6 пар глаз. Однако главный орган чувств для них – осязание. Вдобавок к чувствительным ногощупальцам, тело и ноги паука усеяны осязательными волосками, которые улавливают колебания воздуха. Они позволяют издалека замечать приближение жертвы или опасности, а по частоте колебаний – даже различать некоторые объекты.



6. А – колокол паука-серебрянки, Б – паучок расселяется на нити, В – паук с коконом из паутины, Г – ловчая сеть-сачок, Д – норка паука

Какие «орудия труда» заменяет этим паукам паутина?

### Паутина – универсальное «орудие труда»

Как мы уже отмечали, паукообразные в общем придерживаются сырых мест, ведут скрытный образ жизни и охотятся по ночам. Но животные из отряда *пауков* смогли расселиться по всем сухопутным экосистемам благодаря использованию **паутины**, которая ловит добычу сама днем и ночью и позволяет ее владельцу отсиживаться в укрытии (рис. 6). Поэтому к паукам относится почти половина из 63 тысяч представителей класса.

*Паутинные железы* на конце брюшка (тоже бывшие ноги!) выделяют вязкое белковое вещество, которое на воздухе сразу же застывает и превращается в паутинную нить. Она удивительно прочна. Веревка диаметром всего 1 мм выдерживает более 200 кг, если она сплетена из паутинных нитей!



*Паук-крестовик* (рис. 7) охотится в лесу за летающими насекомыми, расставляя ловчие сети на пути своих жертв. Сначала из неклеящих прочных нитей он строит основание паутины. Из таких же нитей он натягивает радиусы. Наконец, на них

паук наматывает спиралью клейкую нить. Попавшая в сеть и приклеившаяся добыча бьется, пытаясь освободиться. Почувствовав лапами колебания паутины, паук бежит к жертве и убивает ее.

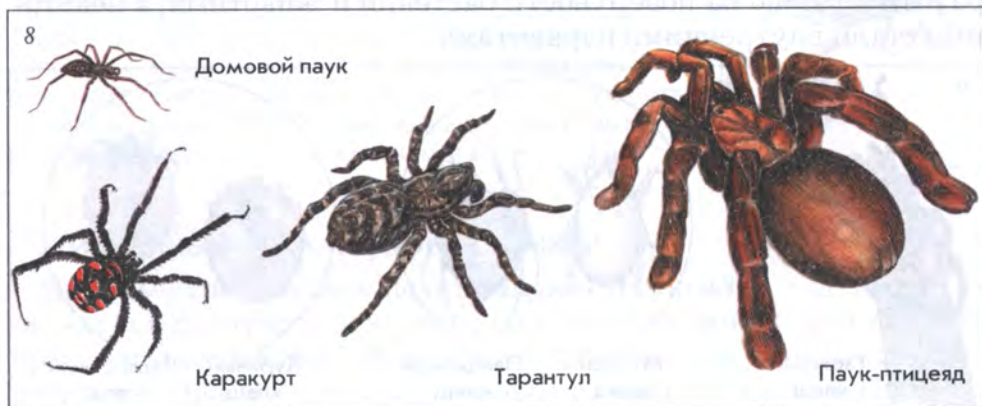
В жилище человека встречается *домовой паук* (рис. 8). Он строит горизонтальные сети, в которые часто попадают мухи. Этот момент легко определить по характерному жужжанию жертвы.

*Тарантул* – самый крупный из пауков нашей страны (самки до 35 мм). Он живет в степной зоне. Днем он сидит в норке, а на поверхность выходит ночью и ловит пробегающих мимо насекомых. Укусы тарантула для человека болезненны, но не смертельны.

А вот *паук-каракурт*, обитающий в степях и полупустынях, очень ядовит, хотя величиной около сантиметра. Яд каракурта в 15 раз сильнее яда гремучей змеи – одной из самых страшных змей на Земле. Спасти человека можно только с помощью специальной сыворотки. Самка каракурта строит на траве рыхлую сеть-ловушку в виде шалаша, где сидит и поджидает добычу. Название «каракурт» в переводе с казахского языка означает «черная вдова». Связано оно с тем, что самка почти всегда съедает оплодотворившего ее самца.



7. Паук-крестовик и его ловчая сеть



8

Домовой паук

Каракурт

Тарантул

Паук-птицеяд



Для нас это кажется парадоксом, но естественный отбор «ничего не делает зря». Допустим, более «великодушная» самка помирает от голода, а вдова, подкрепившаяся незадачливым женихом, успешно выживает и приносит потомство. Если вероятность такой ситуации велика, а среди пауков некоторые носят «ген камикадзе» (то есть их жертвенность не случайна, а имеет наследственные задатки), то скоро все дети будут иметь этот ген!

## Мелкие клещи – сапрофаги и паразиты

*Клещи* – очень мелкие паукообразные, их обычная величина – меньше миллиметра (рис. 9). Отделы тела клещей срастаются. Хелицеры ногощупальца тоже срастаются и образуют головку, которая заменяет челюсти. Она во многом напоминает сложные ротовые аппараты насекомых и позволяет грызть или сосать.

Чем мельче животные, тем легче им найти себе подходящие условия. Поэтому клещи по распространенности уступают разве что простейшим. Большинство из них – **сапрофаги**, то есть разрушители мертвых организмов. Они встречаются повсюду в лесной подстилке, в почве, в любом скоплении мусора при достаточной влажности. Некоторые снова перешли в водную среду.



В лесных экосистемах исключительная роль принадлежит почвенным *панцирным клещам*, биомасса которых в десятки раз больше, чем всех позвоночных. Вспомним, сколько хлопот доставляет осенняя уборка опавших листьев в городе. В лесу с этой задачей успешно справляются именно панцирные клещи. К следующей осени все прошлогодние листья неизменно превращаются в почву.

Для мелких животных питаться мертвыми тканями или живыми – разница небольшая. Поэтому многие клещи перешли к паразитированию на поверхности растений и животных, а некоторые стали внутренними паразитами.





К паразитам растений относятся, например, *паутинные клещи*. Они облепляют листья большими скоплениями и высасывают их соки. Другие клещи вызывают у растений усиленное размножение клеток. Образуется опухоль – *гам*, в которой они и живут. *Амбарные клещи* попадают в зернохранилища, где загрязняют зерно отходами своей жизнедеятельности.

Среди клещей, паразитирующих на животных, большие группы образуют перьевые, волосяные, кожные и кровососущие клещи. *Чесоточный клещ* может нападать и на человека, питаясь его кожей и вызывая мучительный зуд.

Для человека представляет опасность *таежный клещ*. Весной и в начале лета клещи рассаживаются по верхушкам травинки и веток и поджидают жертвы – крупных млекопитающих. Попадая на тело, они прокалывают хоботком кожу и сосут кровь. Сам укус часто остается незамеченным. Беда в том, что клещи переносят очень опасную природно-очаговую инфекцию – *клещевой энцефалит*. Обнаружив присосавшегося клеща, не следует пытаться его оторвать, так как в теле останется головка. Лучше смазать его маслом. Масло закупорит его дыхательные отверстия, клещ ослабеет и отвалится.

## Скорпионы и сенокосцы



В тропических областях и на юге нашей страны обитают *скорпионы*, по внешнему виду напоминающие раков (рис. 10). Для ловли добычи скорпион использует сильные клешни, которыми хватает жертву, а убивает ее специальным жалом, расположенным на конце тела. Яд смертелен для насекомых и причиняет боль человеку. На охоту скорпион выходит по ночам, а днем прячется под камнями.

*Сенокосцы* тоже охотятся ночью. Они отличаются своими непомерно длинными ногами. Интересная черта этих животных – способность легко расставаться с ногой, за которую их ухватил хищник. Оторванная нога еще долго судорожно подергивается и по форме напоминает косу.



## Жизненный цикл паукообразных

Крупные тропические пауки (*пауки-птицеяды*) – долгожители. Их плодовитость невелика, но в течение жизни они неоднократно размножаются. Жизненный цикл пауков умеренных широт, как правило, синхронизирован со сменой сезонов. Продол-

жительность их жизни равна году, зимуют пауки в стадии яйца или молоди. Летом самцы ухаживают за самками и оплодотворяют их.

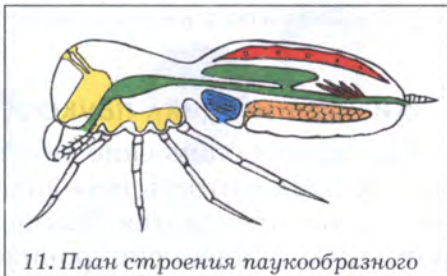
Число яиц невелико, но они богаты желтком, что позволяет зародышу пройти многие стадии развития еще в яйце. Поэтому молодые пауки отличаются от взрослых лишь размерами. У многих видов самки заботятся о своем потомстве: сплетают кокон из паутины, носят паучков на себе.

Другая крайность – клещи. Их скорость размножения и плодовитость огромны (до 30 тысяч яиц). В яйцах мало желтка, поэтому развитие протекает с личиночными стадиями. Быстрая смена поколений позволяет восстановить численность при наступлении благоприятных условий. Зиму они переживают в виде покоящихся стадий, способных переносить мороз, высыхание и голод.

У паукообразных возникли приспособления, позволившие им заселить сушу: водонепроницаемая кутикула, легкие, трахеи, мальпигиевы сосуды, внутреннее оплодотворение. Пауки – хищники с внекишечным пищеварением – достигли большого разнообразия благодаря использованию паутины. Клещи – сапрофаги и паразиты – имеют преимущества из-за мелких размеров.

### Паукообразные. Трахейная система. Мальпигиевы сосуды. Хелицеры. Сапрофаги. Паутина

1. Какие приспособления позволили паукообразным заселить сушу?
2. Каковы особенности питания паукообразных, с чем они связаны?
3. Какие приспособления позволили паукам и клещам широко расселиться?
4. Найдите в тексте сведения о роли паукообразных в природе и хозяйстве.
5. Сравните планы строения паукообразного и ракообразного (стр. 120).
- 6\*. Челюсти паука и рака, усики рака и ногощупальца паука не являются гомологичными органами. Что это означает?
- 7\*. Как вы считаете, способен ли паук обдумывать проект своей паутины?
- 8\*. Если тронуть паутину, паук не появится. Как он отличает нас от жертвы?



11. План строения паукообразного

## § 28. НАСЕКОМЫЕ – РЕКОРДСМЕНЫ МНОГООБРАЗИЯ

Какой план строения имеют членистоногие?  
 Как приспособились к жизни на суше пауки?  
 Сколько ног у речного рака и паука?  
 Как растут членистоногие?



**Проблема:** Почему видовое разнообразие насекомых так велико?

### Кто такие насекомые?

Класс **насекомые** – группа членистоногих, насчитывающая, по самым скромным подсчетам, 1,5–2 миллиона видов. Они населяют все места обитания на суше, в почве и пресных водах; нет их лишь в морях и океанах.

Тело насекомых сегментировано и имеет наружный покров из хитина, разделенный на жесткие и гибкие участки. Снаружи видны только жесткие участки, как бы разделенные насечками, – от них и происходит название класса. Тело делится на *три отдела*: голова, грудь и брюшко. От грудного отдела отходит три пары членистых конечностей. *Шесть ног* – характерный признак насекомых; у большинства есть также крылья.

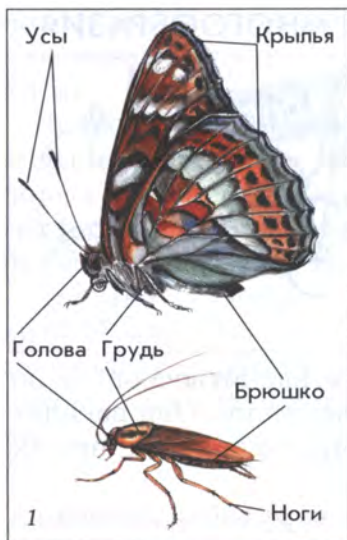
### Насекомые – сухопутные животные



Объясните, как эти приспособления помогают жизни на суше.

### Разнообразный внешний вид при сходстве строения

Если не учитывать соотношение частей тела, то легко заметить, что все насекомые имеют общий план внутреннего строения (рис. 1). На **голове** расположены сложные глаза, усики –

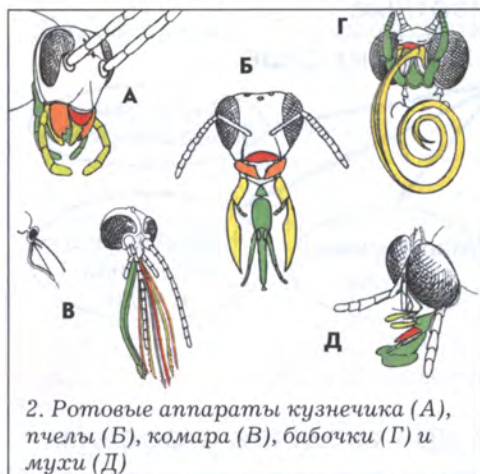


Чем отличаются насекомые от других членистоногих по внешнему виду?

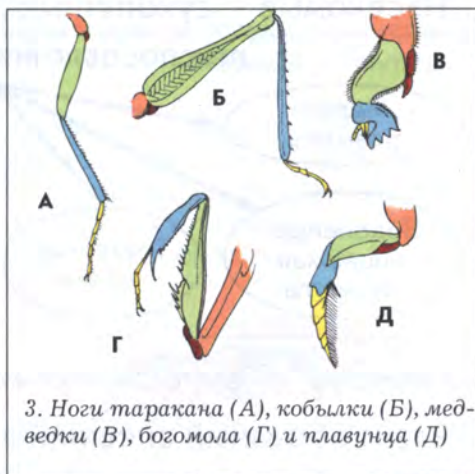
органы осязания и обоняния – и ротовой аппарат. **Грудной** отдел имеет самый прочный скелет. К нему прикрепляются конечности, крылья и сильные мышцы, приводящие их в движение. В **брюшке** расположено большинство внутренних органов, в том числе и органы размножения.

Разнообразие достигается, прежде всего, за счет множества вариантов *ротового аппарата*. Он состоит всего из 4-х элементов: верхней губы, парных верхних и нижних челюстей и нижней губы. Из них три последних представляют собой видоизмененные конечности предков. В зависимости от типа пищи эти элементы принимают самые различные очертания: от хоботка комара до «рогов» жука-олени (рис. 2).

Другой источник разнообразия насекомых – форма и размеры их ног и крыльев. Они приспособлены к особенностям образа жизни и месту обитания каждого насекомого (рис. 3–4).



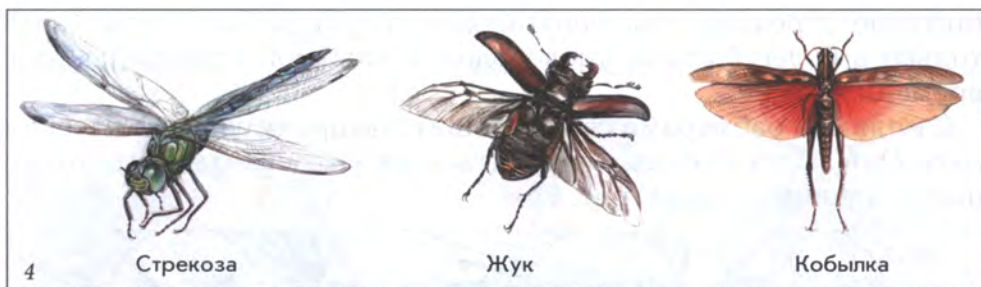
2. Ротовые аппараты кузнечика (А), пчелы (Б), комара (В), бабочки (Г) и мухи (Д)



3. Ноги таракана (А), кобылки (Б), медведки (В), богомола (Г) и плавунца (Д)

Как строение ротового аппарата связано с питанием насекомых?

Какие ноги позволяют прыгать, бегать, рыть, плавать, хватать?



Каким специальным задачам служат такие крылья?

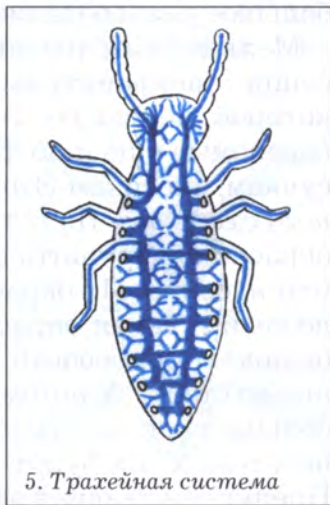
## Насекомые имеют мелкие размеры



Очевидно, что прочность наружного скелета зависит от его толщины. Если длина тела насекомого увеличится вдвое, толщина покровов тоже удвоится. Но масса тела возрастет в восемь раз, так как зависит от объема. Для такой массы надо бы, чтобы и покровы стали в восемь раз толще – и... во столько же раз тяжелее. Насекомые длиной в несколько сантиметров еще могут кое-как управляться с таким панцирем за счет дополнительных «ухищрений»: супер-сильных мышц, суперлегкой конструкции. Но ясно, что дальнейшее увеличение размеров ведет к супермедительности и супернежности. Поэтому насекомые – мелкие животные.

Важное ограничение размера насекомых – особенности дыхания. Кровь у них не принимает участия в транспорте кислорода. Он попадает во все части тела по системе разветвленных трубочек – **трахей** (рис. 5). В каждом сегменте тела обычно есть пара дыхалец, через которые воздух поступает в трахеи. Дыхальца могут открываться и закрываться, чтобы не выветривалась лишняя влага.

Этот способ дыхания очень хорош, однако при увеличении толщины тела длина трахей увеличивается. Чтобы избежать кислородного голода, надо «проветривать» трахеи быстрее с помощью специальных приспособлений – эластичных мешков. Но ими нельзя обеспечить каждую трахею. Кроме того, ускоренная вентиляция приводит к быстрой потере воды. Так что и дыхание ограничивает размеры тела. Ги-



5. Трахейная система

гантские стрекозы каменноугольного периода были возможны только в более богатой кислородом и влажной атмосфере того времени.

С мелкими размерами связано еще одно преимущество насекомых. Они могут специализироваться на маленьких, но постоянных источниках пищи (рис. 6).



6. Насекомые, которых можно встретить на одной ветке сосны

Как мелкие размеры насекомых поддерживают большое разнообразие видов, населяющих одно дерево?

### Защитная сила окраски

При всех достоинствах мелкие размеры имеют крупный недостаток: насекомые становятся объектом питания более крупных животных, прежде всего позвоночных. В ответ они выработали большое разнообразие способов защиты.

Мелкие размеры позволяют им прятаться. Другой способ спасения – **покровительственная окраска** под цвет поверхности, на которой можно питаться, оставаясь незамеченным. Некоторые насекомые еще и по форме подражают несъедобным предметам: сучкам, листикам. Это явление получило название *подражательного сходства*. Но встречаются насекомые, которых из-за яркой окраски обнаружить очень легко. Они, как правило, несъедобны или ядовиты. Их окраска предупреждает хищников: «Я – несъедобный!» Такая окраска называется *предупреждающей*. Птица, однажды попробовав таких насекомых, второй раз нападать на них не станет. У потомства ядовитых насекомых с яркой окраской больше шансов уцелеть, чем у потомства ядовитых, но зеленых насекомых: их будут клевать по ошибке, путая со съедобными. Предупреждающая окраска закрепится отбором (рис. 7).



Как спасаются от хищников различные виды насекомых?

## Полет – новый способ передвижения

Какую роль в жизни насекомых играет полет? Как он помогает защите от хищников, добыче пищи, расселению и размножению?

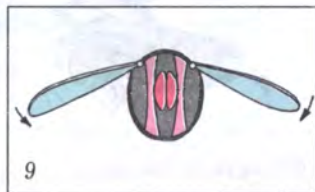
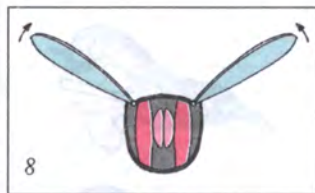
У примитивных насекомых – ногохвосток – крыльев нет и никогда не было. Большинство же насекомых способно летать. Блохи и вши стали паразитами и вторично лишились крыльев.

Бабочки, пчелы, стрекозы машут двумя парами крыльев. Жуки летают с помощью задней пары, а передняя превратилась в защитные *надкрылья*. Мухи и комары используют передние крылья, а задние сильно укорочены и играют роль стабилизаторов.



Крыло насекомого – рычаг, похожий на весло в уключине. Основания крыльев прикреплены к верхней стенке груди, которая в полете колеблется мышцами вниз-вверх. Точкой опоры, подобно бортам лодки, служит боковая стенка груди. При движении крыла вверх его плоскость разворачивается и не создает сопротивления. При движении крыла вниз его плоскость располагается горизонтально и поддерживает тело в воздухе (рис. 8–9).

Почему птица хлопает крыльями, пчела жужжит, а комар пищит? Чем мельче животное – тем чаще оно машет крыльями. Птицы делают 1–5 взмахов в секунду, бабочки – 5–10, пчелы – 200, а комары – до 1000 взмахов в секунду.





## Органы чувств насекомых не похожи на наши

Дневные насекомые в основном полагаются на зрение. Сложный глаз насекомого состоит из пучка отдельных простых глазков – *фасеток*. Их число может достигать сотен и даже тысяч. В узкой трубке на дне каждого глазка лежат клетки, воспринимающие свет и цвет той узкой части изображения, на которую он направлен. Зрительное ощущение складывается из мозаики пятен, видимых отдельными глазками.

Такое зрение называется *фасеточным*, или мозаичным (рис. 10).

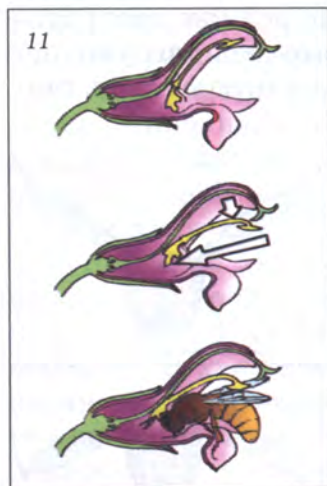
Ночные насекомые чаще пользуются органами обоняния – ветвистыми усиками. Они особенно чутки в отношении определенных веществ. Самцы ночных бабочек чувствуют запах самки на расстоянии до 9 км, хотя другие запахи различают намного слабее.

Есть насекомые с развитым слухом. Поэтому кузнечики, например, привлекают самок звуками сигналами. У кузнечика «уши» расположены на передних ногах, у цикад – на брюшке.



10. Сложный глаз насекомого

## Симбиоз насекомых и цветковых растений



Объясните рисунок.

Издавна люди удивлялись красоте и многообразию цветов. Однако лишь эволюционная теория смогла объяснить биологический смысл и происхождение такого разнообразия.

Изучая орхидеи, Ч. Дарвин установил, что причудливая форма цветков – результат постепенного взаимного приспособления растений и опыляющих их насекомых (рис. 11). Чем сложнее устроен цветок, тем меньше насекомых сможет полакомиться его нектаром. Зато насекомое, которое все-таки приспособится его доставать, откроет для себя запасы пищи, недоступные другим. Оно станет посещать только такие цветки, то

Взаимовыгодное сожительство организмов разных видов называется **симбиозом**.

есть переносить пыльцу именно туда, куда надо растению. Поскольку виды, образующие содружество «цветок–насекомое», получали преимущество, эволюция по этому пути привела к большому разнообразию цветковых растений и их опылителей.

Несмотря на сходный план строения, насекомые – самый богатый видами класс животных. Для них характерна узкая специализация к источнику пищи, приспособленность к питанию и защите от хищников в конкретных условиях. Этому способствовали их мелкие размеры, освоение полета, возможность видоизменения ротового аппарата, конечностей и крыльев, симбиоз с цветковыми растениями.

### Насекомые. Голова, грудь, брюшко. Трахеи. Покровительственная окраска. Симбиоз

1. Какие приспособления позволили насекомым заселить сушу?
2. В чем достоинства и недостатки их мелких размеров?
3. В чем причины невероятного многообразия насекомых?
4. Как насекомые приспособляются к источнику пищи? Какую роль в этом играют размеры, строение тела и окраска?
5. Как возникло разнообразие цветковых растений и их опылителей?
6. Сравните планы строения насекомых и паукообразных (стр. 128).
- 7\*. Как спасаются от хищников божья коровка и кузнечик? Сравните их окраску.
- 8\*. Почему насекомые считаются примером биологического прогресса?

#### Лабораторная работа. Внешний вид насекомого

1. Рассмотрите внешний вид насекомого.
2. Найдите отделы тела, конечности, крылья, дыхальца.
3. Рассмотрите голову и найдите глаза, усики, ротовые органы.
4. Зарисуйте внешний вид насекомого с указанием частей тела.
5. Перечислите характерные черты строения насекомого. Какими особенностями отличается данный вид?



12. План строения насекомого

## § 29. ПРЕВРАТНОСТИ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Какие черты объединяют всех насекомых?  
Какие черты строения у них варьируются?  
В чем причины многообразия насекомых?  
Как растут членистоногие?

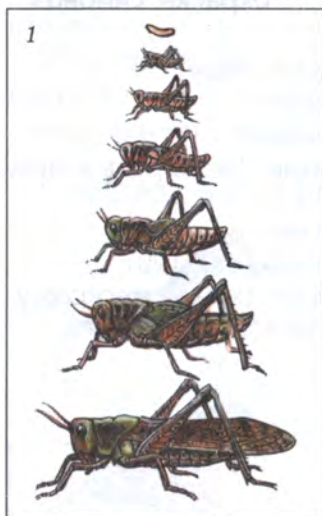
**Проблема:** Как приспособить развитие к задачам роста и размножения?

### Размножение насекомых

Большинство насекомых раздельнополы и размножаются половым путем. Органы размножения самок состоят из яичников и яйцеводов, самцов – из парных семенников и семяпроводов. Оплодотворение внутреннее.



### Личинка похожа на взрослое насекомое



Древние насекомые жили во влажной почве. Распространиться по суше смогли те формы, у которых яйца были лучше защищены от высыхания. Поэтому яйца современных насекомых покрыты оболочками. Чем больше питательных веществ содержится в яйце в виде желтка, тем дальше может продвинуться развитие эмбриона под защитой яйцевых оболочек. У таких насекомых из яиц вылупляются личинки, очень похожие на взрослых. Отличаются они отсутствием крыльев и созревших половых органов. Личинка питается и после 5–6 линек, во время которых происходит рост, превращается во взрослую особь, или *имаго*.

Такой тип развития называют **неполным превращением**. Он характерен для тараканов, кузнечиков, клопов, стрекоз (рис. 1).

### Наши сожители

По ночам из щелей сначала появляются усы, а затем выползают *тараканы*. Они едят всё: от хлебных крошек до отравы, подсыпанной, чтобы их уморить. Бактерии и жгутиконосцы, населя-

ющие их кишечник, расщепляют целлюлозу и в черные дни позволяют насытиться даже опилками.

Гуляя повсюду, тараканы разносят возбудителей болезней человека. Такое соседство, конечно, не сулит ничего хорошего, и от него нужно избавляться. Один из наиболее действенных методов борьбы с насекомыми – сожителями человека – раствор пиретроидов. Это вещества, получаемые из некоторых видов ромашек, и их искусственные аналоги. Они безвредны для человека, но действуют на всех трахейнодышащих, приводя к остановке дыхания.

Между тем вызывает уважение возраст отряда тараканов – более 400 млн. лет. Это одни из первых насекомых, заселивших сушу. Большого разнообразия тараканы и по сей день достигают во влажных тропических лесах, в листовом опаде, своей деятельностью превращая его в почву.

### Стрекоцущие обитатели лугов

На лугах летом не умолкает стрекотание. Это кузнечики-самцы охраняют свою территорию и привлекают самок. Они издают звуки трением друг о друга кожистых надкрыльев: выступающей зазубренной жилкой-«смычком» – по краю округлой площадки на другом крыле. Вместе со сверчками, кобылками и саранчой они входят в отряд *прямокрылых* (рис. 2). Их отличает способность к длинным прыжкам, иногда переходящим в полет. Грызущий ротовой аппарат прямокрылых предназначен для растительной пищи. Поля в степных районах нередко страдают от опустошительных нашествий перелетной саранчи. Эти насекомые объединяются в многомиллионные стаи и совершают значительные миграции.



Другая группа «поющих» насекомых – цикады. Большинство певчих цикад обитает на юге, но мелкие встречаются и в средней полосе. Они издают звуки органом стрекотания, который находится на первом брюшном сегменте. Вместе с цикадами к отряду *равнокрылых* (рис. 3) относятся тли. Эти мелкие насекомые облепляют молодые побеги растений и высасывают из них соки. Их фантастическое обилие



связано с особенностями размножения. Летом самки теряют крылья и откладывают неоплодотворенные яйца. Из них выходят новые поколения самок. Так может повторяться до 17 раз за лето.

### Запах – средство защиты

Представлениями о клопах мы обязаны в основном постельному клопу – наименее характерному в отряде *полужесткокрылых* (рис. 4). Ведь он стал кровососущим паразитом человека, утратил крылья и спасается в щелях дивана. А большинство его вольных собратьев сосет соки растений и прекрасно летает. Передняя пара крыльев у них, действительно, имеет жесткие основания, прикрывающие летательный аппарат в сложенном виде. Объединяет клопов и то, что при опасности они выделяют едкую жидкость, которая неприятным запахом отпугивает птиц и зверей, а насекомым растворяет хитиновые покровы. Среди клопов немало вредителей: с одной только вредной черепашкой, поражающей поля зерновых, борется полмира. К полужесткокрылым относятся и водомерки. Они изящно скользят по воде и подбирают упавших в воду мелких мошек. Клоп-гладыш живет в воде. Несмотря на это, он дышит воздухом и умеет летать.



4. Клопы



3. Равнокрылые

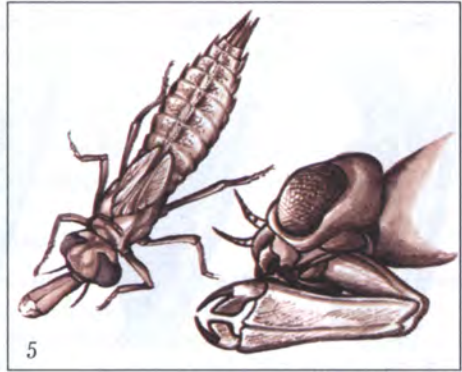
### Хищники двух стихий



В пруду можно встретить странное, довольно крупное шестиногое животное. Его брюшко то и дело раздувается, набирая задней кишкой свежую воду для дыхания. Вдруг вода с силой выбрасывается назад, и животное совершает стремительный рывок на реактивной тяге. Вот оно подплывает к мальку, мгновение – и малек схвачен! Оказывается, разбойник вооружен страшной «маской» – раскладной нижней губой с парой ужасных крючьев, уже пронзивших бедолагу (рис. 5)!

Приходит время – чудовище вылезает из воды по травинке и замирает, плотно обхватив ее всеми шестью лапами. Подсохнув на ветерке, его покровы на спине лопаются, и оттуда, как из скафандра водолаза, медленно вытягивая голову, туловище и, одну за другой, блестящие ноги, появляется стройное глазастое создание. Небольшие серебристые лепестки у него на спине разворачиваются, растут от прилива гемолимфы и на глазах превращаются в ажурные стеклянные крылья. Еще мгновение – и стрекоза улетела.

Несмотря на смену среды обитания, развитие *стрекозы* проходит путем постепенного роста личинки и линек, последняя из которых приводит к появлению имаго. Это тоже шестиногий хищник. Его развитие еще не требует долгого периода покоя, но представляет собой предел возможностей неполного превращения (рис. 6).



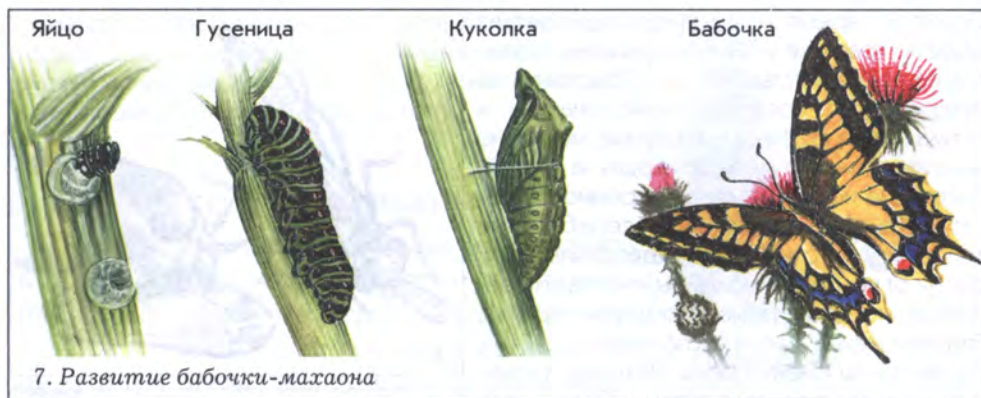
### Полное превращение: две жизни в одной



Развитие с неполным превращением часто приводит к противоречию между обилием пищи и невозможностью ей овладеть. Вот обычные ситуации.

- Крылья взрослого насекомого недостаточно развиты, чтобы искать новый источник пищи.
- Пищи достаточно, но рядом не найти партнера для продолжения рода.
- Насекомое прекрасно летает, пьет нектар. Но сосущий ротовой аппарат не позволяет есть листья, когда цветков нет.
- То же насекомое могло бы временно питаться почвенным раствором, богатым органикой, но мешают крылья.
- Для взрослых корма хватает с избытком, но он слишком крупный, и молодняк не может с ним справиться.

У насекомых с **полным превращением** личинка приспособлена к одной жизни, а имаго – к совершенно другой: к другому времени года, другой пище. И, главное, имаго выполняет задачи расселения и продолжения рода. Но как можно две жизни уложить в одну? Для этого и существует полное превращение. Оно происходит на стадии неподвижной **куколки** (рис. 7).



В чем преимущества и недостатки развития с полным превращением?

Из яйца бабочки появляется личинка – **гусеница**, совсем непохожая на крылатую красавицу. Но она способна завладеть обильным источником пищи и быстро расти, запасая питательные вещества для будущего развития. После нескольких линек она прячется в укромном месте и окукливается – покрывается толстой кутикулой. В куколке растворяются все ткани гусеницы кроме сердца и нервов, и из них заново создается организм бабочки. Уменьшается количество мягких тканей, сокращается число ног, ротовой аппарат и органы чувств заменяются другими. Процесс заканчивается через несколько недель или месяцев. Вылезая из куколки, бабочка расправляет мягкие крылья и через несколько часов, когда они затвердеют на воздухе, готова к полету. Она питается другой, рассеянной, но более питательной пищей и готовится к размножению. Она путешествует, находит партнера для спаривания, кормное место для потомства, помещает туда кладку яиц и погибает.

При развитии с неполным превращением личинка похожа на взрослое насекомое без крыльев. Так развиваются тараканы, клопы, кузнечики. У насекомых с полным превращением личинки непохожи на взрослых ни внешне, ни по образу жизни. Личинка питается и растет. Превращение происходит в куколке. Взрослая особь расселяется и размножается.

**Неполное и полное превращение. Куколка**

1. Чем различаются типы развития насекомых? С чем это связано?
2. В чем своеобразие жизненных форм кузнечиков, клопов, тараканов? Какие приспособления они имеют?
3. Насекомые каких отрядов обитают в вашей местности?
- 4\*. Подготовьте краткие доклады-рефераты о различных отрядах насекомых.
- 5\*. Можно ли мелких кузнечиков и божьих коровок считать еще невыросшими?

*Самостоятельная работа.* **Важнейшие отряды насекомых**

Исследуйте многообразие насекомых с помощью таблицы. Разберитесь с рубриками таблицы и условными обозначениями и ответьте на вопросы.

1. Какие насекомые достигли большего биологического прогресса:
    - а) с неполным или полным превращением;
    - б) крылатые или бескрылые;
    - в) с грызущим или другими ротовыми аппаратами?
  2. Какие типы питания у насекомых преобладают по числу отрядов и видов?
- Для обоснования ответов используйте число отрядов и видов.

Отряды насекомых (и их основные представители)	Число видов (тыс.)	Число крыльев (пар)	Ротовой аппарат	Тип питания	Тип развития
Поденки	1,6	2	нет	нет	Н
Стрекозы	4,5	2	Г	Х	Н
Тараканы	2,5	2	Г	С	Н
Богомолы	2,5	2	Г	Х	Н
Термиты	2,5	2	Г	С	Н
Прямокрылые	20	2	Г	Р	Н
Вши	0,3	нет	КС	П	Н
Равнокрылые (тли и др.)	30	2	КС	Р	Н
Полужесткокрылые	30	2	КС	Р, Х	Н
Жесткокрылые (жуки)	250	2	Г	Р, Х, С	П
Перепончатокрылые (пчелы, муравьи и др.)	300	2	Г, ГЛ	Р, Х, П	П
Двукрылые (мухи и др.)	80	1	КС, Л	Р, П	П
Блохи	1	нет	КС	П	П
Чешуекрылые (бабочки)	100	2	С	Р	П

**Условные обозначения.** Типы ротовых аппаратов: Г – грызущий, ГЛ – грызуще-лижущий, КС – колюще-сосущий, С – сосущий, Л – лижущий.

Типы развития: Н – с неполным превращением, П – с полным превращением.

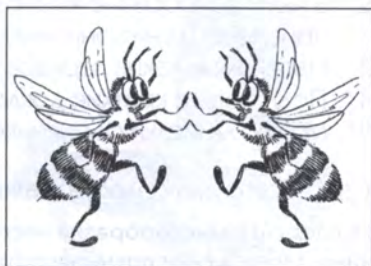
Типы питания: Х – хищники, Р – растительноядные, С – сапрофаги, П – паразиты.



## § 30–31. СЛАГАЕМЫЕ УСПЕХА НАСЕКОМЫХ

Какие отряды насекомых вы знаете?  
 В чем различие насекомых с полным  
 и неполным превращением?  
 Как питаются различные насекомые?

**Проблема:** В чем секрет успеха самых многочисленных отрядов насекомых?



### Жуки – «броневики»

**Жесткокрылые**, или жуки, – отряд насекомых с особенно прочными покровами (рис. 1). Их передние крылья превращены в надкрылья. Они прикрывают брюшко сверху, так что жуки оказываются защищенными «броней» со всех сторон. Поэтому хищные насекомые и мелкие птицы редко нападают на них, и жуки живут довольно долго. Для полета используется задняя пара крыльев. Они тонкие, прозрачные, довольно большие и хранятся под надкрыльями в сложенном виде. Но жуки летают неохотно: из-за тяжелой брони полет получается прямой и небыстрый, слишком заметный для основных врагов – сорокопутов и соек. Но приходится лететь, для того чтобы найти себе пищи на неде-



лю, а лучше – чтобы и детям хватило. У всех жуков ротовой аппарат – грызущий. По типу питания можно выделить три группы жуков. Хищные жужелицы и скакуны гонятся за другими насекомыми. Растительоядные могут есть листья, как майский жук, или древесину, как короеды. Сапрофаги вроде жука-могильщика питаются мертвыми организмами. Личинки большинства жуков имеют вид белой гусеницы с мощными челюстями. Они малоподвижны, живут в почве или древесине и там же становятся куколкой. Только у хищных жуков личинки также подвижные хищники. Плавунцы, личинки и взрослые, – подводные хищники.

### Бабочки – летающие «цветы»

Хоть бабочки и цветы иногда и похожи, но яркая окраска бабочек не подражание цветам, а сигнал, помогающий встретиться самцу и самке. Ночные бабочки находят друг друга в темноте по запаху. Их окраска скромнее и позволяет днем оставаться незамеченными. Все же эволюция бабочек тесно связана с цветковыми растениями (рис. 2). Они опыляют их цветки, способствуют размножению, а потом гусеницы объедают листья. Впрочем, не все такие честные. Дубовая листовертка и сибирский шелкопряд



Какие из этих бабочек дневные, а какие – ночные?

ничем не помогают деревьям, на которых кормятся их гусеницы, но бывают годы, когда многие гектары леса гибнут от их нашествия. Озимая совка и многие другие вредят культурным растениям.

Гусеницы бабочек, кроме трех пар передних ног, которые потом, видоизменяясь, достаются взрослой особи, имеют еще пять пар *ложноножек* с присосками, чтобы крепко держаться на листьях и грызть, грызть, грызть. Личинки крупных бабочек растут несколько лет, а сама бабочка живет всего около месяца. Она сосет нектар хоботком, который, если развернуть, длиннее самой бабочки. Хоботок такой тоненький, что нектар поднимается по нему под действием силы сцепления молекул.

Второе название отряда бабочек – *чешуекрылые* – обязано нежным чешуйкам, покрывающим крылья подобно черепице. Каждая чешуйка имеет свой цвет: бесцветные чешуйки преломляют лучи и создают особые переливы в окраске. Роль художника, придумывающего рисунок, играют птицы. Именно они – тот фактор естественного отбора, который оставил только лучшие сюжеты: покровительственную окраску или пугающие «глазки».

Есть среди бабочек и настоящие домашние животные. Это несколько видов шелкопрядов. У всех гусениц есть железы, выделяющие тонкую нить, но не паутину, а шелк, из которого гусеница делает себе кокон перед окукливанием. У шелкопрядов он особенно качественный. Их разводят на специальных фермах, коконы распаривают, находят конец нити и разматывают.

### **Двукрылые – назойливая помеха**

*Двукрылые* приносят людям много неприятностей: ведь к этому отряду относятся комары, мошки, мухи, слепни, оводы (рис. 3). Но основные их жертвы, конечно, не люди, а теплокровные животные. Необходимость искать, преследовать жертву и увертываться от ответных ударов привела к облегчению тела и переносу всей силы мышц на единственную, переднюю пару крыльев. В итоге двукрылые достигли вершин скорости и техники «пилотажа».

Ротовой аппарат комара колюще-сосущий. Чтобы кровь не свертывалась, комар выпускает в нее особое вещество, оно-то и делает укус болезненным. Самцы комаров сосут нектар, а кровью питаются только самки. Животный белок им необходим для фор-



мирования яиц. Личинки комаров развиваются в воде. Кровососущие двукрылые опасны тем, что переносят болезни, вызываемые кровяными паразитами: малярию, сонную болезнь.

Комнатная муха не сосет кровь, но проблем от нее не меньше. Хоботок мухи – лижущий, со сложным фильтром на конце. Это не мешает питаться любой доступной пищей: жидкую она слизывает, а твердую сначала разбавляет слюной. Яйца откладывает в гниющие отходы, где много пищи, доступной личинкам. Вот и летает муха между продуктами и отходами, разнося микробов и яйца гельминтов. Личинки мух – белые безногие червеобразные опарыши – выделяют вокруг себя пищеварительный фермент. Он превращает органические вещества в жидкую кашичку, готовую к употреблению. Закончив рост, личинки окукливаются.

Человеку досаждают лишь взрослые особи отдельных видов, в непомерной численности которых он отчасти виноват сам. Экологическая роль двукрылых бесценна. Никто не может справиться с трупами и пометом животных быстрее и качественнее, чем личинки мух. В отличие от почвенных разрушителей, они не хоронят усвоенные вещества и энергию в почве, а вновь делают их доступными для животных. Двукрылые и их личинки – основная пища множества птиц и ценнейших пресноводных рыб. В тундрах комары в ходе развития переносят редкие микроэлементы из воды снова на сушу. Среди двукрылых есть также хищники-ктыри и растительноядные мухи-журчалки – важные опылители.

## Перепончатокрылые – наши помощники

Пчелы, осы, шмели, муравьи, наездники, рогахвосты – представители отряда *перепончатокрылых* (рис. 4). Эти насекомые с полным превращением во взрослом состоянии имеют две пары прозрачных перепончатых крыльев; только у муравьев они вскоре опадают. У самок рогахвостов есть длинный твердый яйцеклад, которым они просверливают древесину и откладывают в нее яйца. Наездники с помощью яйцеклада откладывают яйца в живых насекомых, пауков и клещей. Их личинки-паразиты постепенно поедают свою жертву, начиная с маловажных органов и заканчивая остальными. Некоторых наездников специально разводят в лабораториях для подавления вспышек численности вредителей. Например, небольшого наездника трихограмму используют для борьбы с капустной белянкой.



У ос, пчел, шмелей и даже муравьев яйцеклад превращен в жало на конце брюшка – орудие защиты и нападения. У муравьев оно короткое, поэтому жалить они не могут, а лишь брызгают едкой муравьиной кислотой.

## Забота о потомстве у общественных насекомых

Большинство перепончатокрылых – одиночные животные. Но есть среди них и **общественные насекомые**. Они живут большими семейными группами со сложной структурой отношений и вместе заботятся о потомстве.



У медоносной пчелы во главе семьи стоит *матка*, или царица, – крупная плодовитая самка, непрерывно производящая яйца. Ее обслуживают десятки тысяч бесплодных дочерей – *рабочих* пчел (рис. 5). Они кормят матку и личинок, ухаживают за ними, собирают нектар и пыльцу, запасают мед, разведывают новые источники пищи, строят гнездо, ремонтируют и защищают его.

Задача всей семьи – та же, что у обычного организма: выжить и дать потомство. Задача каждой пчелы – выполнять свой «долг» по отношению к семье. Разделение «труда» между членами семьи подобно разделению функций между органами. «Специальность» каждой пчелы зависит от ее возраста и «записана» в наследственном коде, так что о том, кому что делать, вопросов не возникает.

Более того, пчелы с рождения владеют специальным пчелиным языком – «языком танца» (рис. 6). С его помощью пчела, нашедшая новое место, богатое нектаром, объясняет другим, как его найти. В движениях пчелы зашифровано направление и расстояние до нужного места, а также качество пищи. Туда срочно вылетает целая бригада.



При кормлении матки рабочие пчелы взамен регулярно получают от нее лакомое маточное вещество, выделяемое челюстными железами. Это вещество влияет на поведение рабочих пчел: они содержат личинок на диете, при которой из них вырастают только рабочие пчелы. Если семья разрастается сверх меры, то некоторым пчелам не хватает маточного вещества, и они начинают выращивать новых маток.

В мае–июне в ульях появляются новые матки и самцы – *трутни*. Молодая матка совершает брачный полет и оплодотворяется трутнем. Она возвращается в улей и приступает к откладке яиц. Старая матка покидает улей вместе с частью рабочих особей и находит новое место для гнезда.

Большими семьями живут и муравьи. В гнезде рыжего лесного муравья насчитывается до миллиона рабочих особей и одна или несколько яйцекладущих маток. Семья охраняет территорию, на которой рабочие особи собирают корм – насекомых и других мелких животных. Раз в год в гнезде появляются крылатые самки и самцы, происходит размножение. Самцы погибают, а оплодотворенные самки дают начало новым семьям.



У муравьев встречаются разнообразные формы «хозяйственной деятельности». Так, многие муравьи «разводят» тлей, поглощая выделяемые ими сладкие соки. Тропические муравьи выращивают в гнезде грибы. Кровавый муравей – «рабовладелец», он захватывает куколки бурых лесных муравьев. Появившись на свет, они начинают ухаживать за личинками захватчика.



7. Муравьи-«рабовладельцы»



8. Муравьи «пасут» тлей

## Об «уме» насекомых

Сложное поведение общественных насекомых вызывает невольное желание сравнить их с человеческим, сказать про них: «придумали», «догадались», «решили». Но слова эти к ним неприменимы, и вот почему.

В опытах по изучению «танцев» пчелам предлагали подкормку из сахарного сиропа, размещая ее в разных местах вокруг улья, в том числе на значительном расстоянии. Пчелы-разведчицы успешно находили ее и «объясняли» дорогу другим. Когда же блюдце с сиропом поместили прямо над ульем, но высоко на мачте, одна из пчел ее вскоре обнаружила, но никакие ее танцы не помогли другим понять, куда следует лететь. Этот опыт доказывает, что в «языке танцев» пчел нет понятия высоты. Оно им не нужно в обычных условиях. *А применить свой «опыт» в необычных условиях они не в состоянии.*

На основании многочисленных опытов по поведению насекомых ученые пришли к выводу, что оно состоит из **инстинктов** – цепочки врожденных, наследственно закрепленных действий (*рефлексов*) в ответ на определенный раздражитель. Гидра сокращает щупальца в ответ на прикосновение. Пчела следует за кормом в направлении, указанном «танцем» другой пчелы, потому что при нормальных условиях *не может* вести себя иначе.



Как могло сформироваться такое поведение? Так же, как и внешние признаки животных, – путем естественного отбора. Вероятно, семьи, в которых пчелы летали сами по себе, хуже справлялись с выкармливанием потомства. И их в конце концов вытеснили те, наследственная программа которых включала повторение действий собратьев. Дальше получали преимущество более внимательные особи и те, которые обращали на себя внимание перед полетом. Возможно, прошли миллионы лет, прежде чем инстинкты пчел сложились в ту длинную цепочку сложных действий, которую мы называем их танцем. Но факт остается: пчелы ведут себя всегда именно так, даже когда на них никто не смотрит и такое поведение лишено всякого смысла.

Каждый инстинкт – это определенная последовательность возбуждения нервных клеток, изменения их химического состава. Нервная система пчелы значительно сложнее, чем у гидры, и создает основу для более сложных инстинктов. Вместе с тем нервная система человека устроена несравненно сложнее. В основе его поведения лежат рассудочные действия, а инстинкты составляют лишь небольшую часть.

Но без врожденных рефлексов, из которых складываются цепочки-инстинкты, не может обойтись и человек. Отдергивание руки от огня, моргание от соринки в глазу, улыбка при доброй вести – такие же рефлексы, как у гидры. Они даны нам с рождения. Представьте, что было бы, если бы мы взялись обдумывать эти действия! Оказывается, врожденное поведение очень полезно. Оно позволяет моментально совершить верное действие и тем самым уберечь руку или глаз, не обидеть друга. Но в тех очень редких случаях, когда ситуация меняется, мы чувствуем, как трудно сдержать врожденные реакции: не моргать, не смеяться, когда смешно.



Если в основе поведения насекомых – одни инстинкты, то значит ли это, что они вообще не могут приспосабливаться к обстоятельствам, обучаться? Проведем опыт. Пчелиный улей развернем летком в другую сторону. Пчелы, прилетающие с взятком, будут искать вход на прежнем месте. Инстинкт предков подсказывает: ульи не поворачиваются. Но после нескольких тщетных попыток они расширят поиск и случайно найдут вход. В следующий раз, возвращаясь в улей, они сразу полетят к летку на новом месте. Научились!

Оказывается, могут, но возможности их невелики. Следовательно, наиболее приспособленными насекомыми оказываются те, которые используют реакции, свойственные для их уровня развития нервной системы – инстинкты. В их нехитрой жизни инстинкт почти никогда не подводит. А времени учиться у них нет: жизнь коротка и распланирована заранее.

Самые успешные группы насекомых – жесткокрылые, двукрылые, чешуекрылые и перепончатокрылые – развиваются с полным превращением. Особо сложные формы поведения имеют общественные насекомые: пчелы и муравьи. Они основаны на инстинктах.

### Общественные насекомые. Инстинкты

1. В чем особенности жизненных форм жуков, бабочек, двукрылых и перепончатокрылых? Какие приспособления они имеют?
2. Чем отличается образ жизни личинок и взрослых в каждом из отрядов?
3. Как распределяются «обязанности» в пчелиной семье?
4. Что такое инстинкты?
5. В чем выражается биологический прогресс насекомых?
- 6\*. Назовите насекомых, которые стали домашними животными. За какие качества их приручил человек?
- 7\*. Какими способами поддерживаются отношения между членами пчелиной семьи?
- 8\*. Объясните, почему насекомые плохо поддаются обучению.
- 9\*. Приведите примеры инстинктов у человека. Какую роль они играют?

## § 32. НАСЕКОМЫЕ В ЭКОСИСТЕМАХ СУШИ

Чем питаются насекомые?

В чем причины более широкого распространения насекомых по сравнению с паукообразными?

Что такое природно-очаговые болезни?

**Проблема:** Что было бы, если бы насекомые исчезли? Можно ли регулировать их численность?

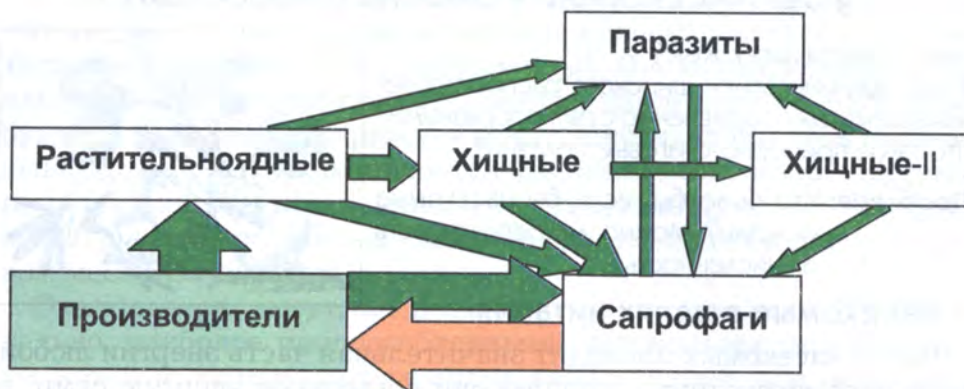


### Насекомые в цепях питания

Через насекомых проходит значительная часть энергии любой наземной экосистемы: с пищей они поглощают энергию сами, а их едят другие. В этом их трофическая роль. Но она может быть различной в зависимости от того, что именно едят насекомые.



Какие еще насекомые играют в природных экосистемах такие же или сходные роли? Кто из них исполняет важную нетрофическую роль?



Найдите место этих насекомых в круговороте:

термиты, жулицица, божья коровка, жук-мертвоед, бабочка белянка, рыжий муравей, комар, майский жук, наездник, жук-усач, зеленый кузнечик, клоп, тля, цикада, гусеница капустницы, пчела, стрекоза.

## Насекомые – производители полезных продуктов

Сбор меда диких пчел, или бортничество, – древнейшее занятие человека. Теперь разведение домашних пчел в ульях стало самостоятельной отраслью сельского хозяйства. Главный продукт пчеловодства – мед – это переработанный в зобу пчел нектар. Используются и другие продукты: воск – материал, из которого сделаны соты, прополис – мастика для отделки сот, пчелиное молочко – корм для личинок, наконец, пчелиный яд. Все они обладают бактерицидным и другими целебными свойствами.

Второе домашнее животное – шелкопряд – был введен в культуру в Китае почти 5 тыс. лет назад. Несмотря на разнообразие синтетического волокна, ни одно из них до сих пор не превзошло качеств натурального шелка.

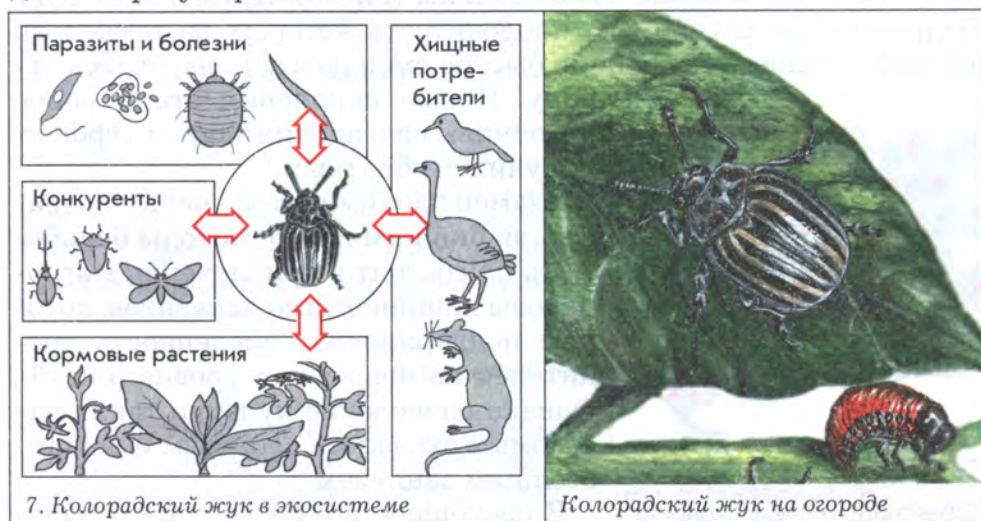
Европейцы испытывают предубеждение к использованию насекомых в пищу, а зря. В целом, по свойствам они превосходят мясные продукты. У большей части человечества – в странах Азии, Африки, среди аборигенов Австралии и Америки – продукты из массовых видов насекомых пользуются заслуженной популярностью. Допустим, вам не нравится жареная саранча под кислым муравьиным соусом или чипсы из тараканов. Тогда почему бы не скрасить жизнь домашним животным? Разведение опа-

рышей одновременно избавляет от любых органических отходов и обеспечивает животных (кур, свиней, карпов) деликатесными добавками. В некоторых странах так уже делают.

### Насекомые – непрошенные потребители урожая

Каждый вид насекомых приспособлен естественным отбором к жизни в определенной экосистеме, где к нему приспособлены другие обитатели. Растения отращивают шипы, вырабатывают химическую защиту, прячутся среди других растений, чтобы защититься от насекомых. Потребители насекомых миллионами лет «оттачивают» клювы и когти, «выдумывают» вероломные жизненные циклы и тактики нападения. Другие насекомые-конкуренты уводят корм из-под носа. В этой борьбе побеждает разнообразие форм жизни. Каждый вид существует, но рост его численности сдерживается другими (рис. 7).

Люди вывели сорта растений без колючек и горечи и засадили ими огромные поля. На даровые хлеба тут же нажились полчища непрошенных потребителей урожая. Но дело в том, что поле не обладает свойствами экосистемы. Это – **агроценоз**, искусственная агросистема. Значит, и численность ее элементов человек должен регулировать сам.



Объясните, почему колорадский жук, завезенный из Америки, стал в Европе злостным вредителем картофеля.

## Насекомые – переносчики заболеваний

Насекомые поддерживают очаги инфекций и инвазий. Кровососы-двукрылые – клещи, вши и блохи – передают возбудителей теплокровным животным и человеку. Тараканы и мухи не сосут кровь и обычно не болеют теми болезнями, которые распространяют. Но список их от этого не меньше: дизентерия, брюшной тиф, холера, гельминтозы и так далее.

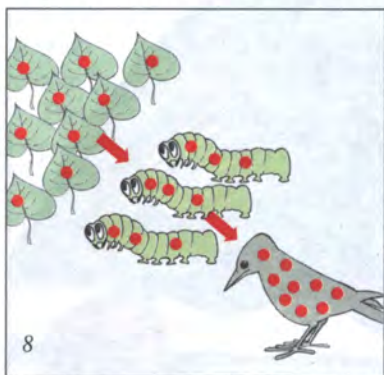
Во многих случаях лучшим средством уменьшить риск заболевания оказывается борьба с переносчиками-насекомыми. Этим занимаются специальные санитарные службы. Помочь делу может каждый, вовремя убирая мусор в своем доме.

## Как бороться с насекомыми?

С начала XX столетия основным средством борьбы стали ядохимикаты. Наиболее известный из них – ДДТ – позволял небольшой порцией порошка защитить урожай на огромных площадях. Правда, вместе с вредителями погибали и прочие насекомые, а численность других животных год за годом угасала. Оказалось, что ДДТ не разлагается, а со временем накапливается в тканях плотоядных животных и человека и приводит к тяжелым, в том числе наследственным заболеваниям (рис. 8). Применение ДДТ запретили, но насекомые, плодовитость которых на несколько порядков выше, а поколения быстро сменяются, подверглись отбору. Новые поколения стали более устойчивыми к ядохимикатам. Эффект получился обратным.

Взамен ядохимикатов ученые разработали **биологические методы борьбы**. Суть их состоит в привлечении в агроценозы хищников или паразитов, которые поддерживают численность вредителей на невысоком уровне (рис. 9). Однако разведение культур таких насекомых оказалось сложным и дорогостоящим занятием.

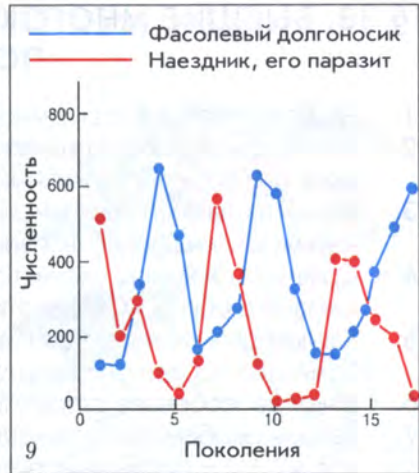
В настоящее время лучшие результаты приносят комплексные методы биолого-химической борьбы. Они осно-



Объясните, почему концентрация яда в теле птиц выше, чем у гусениц.

ваны на знании биологии вредителя, его экологических связей, сезонной динамики численности. Это позволяет применять специфические яды в малом количестве и только там и тогда, где и когда они приносят наибольший эффект.

Пример такого метода – ловушка для самцов непарного шелкопряда. Самцы привлекаются синтетическим «запахом самки», а в ловушке поражаются контактным ядом. Отравления среды не происходит. Погибают только самцы шелкопряда, а размножение вида снижается до приемлемого уровня.



Что показывает этот график?



Еще одно направление борьбы – генная инженерия. Полная информация о развитии организма содержится в ДНК. Каждый участок молекулы ДНК – ген – хранит информацию о строении какого-либо белка, ответственного за определенные функции организма. Расшифровка функций генов позволяет вмешиваться в их деятельность: блокировать, добавлять новые гены. С помощью генной инженерии создаются сорта растений, несъедобные для их вредителей. Так, выведен генетически измененный картофель, который сохраняет все свои пищевые качества, но не повреждается колорадским жуком.

Во всех экосистемах суши насекомые – важнейшие потребители растительной пищи и объект питания других животных. Кроме того, они – незаменимые опылители. Насекомые – источник ценных пищевых и технических продуктов. Борьба с насекомыми, нежелательными для человека, должна проводиться на основе знания их биологии.

### Агроценоз. Биологические методы борьбы

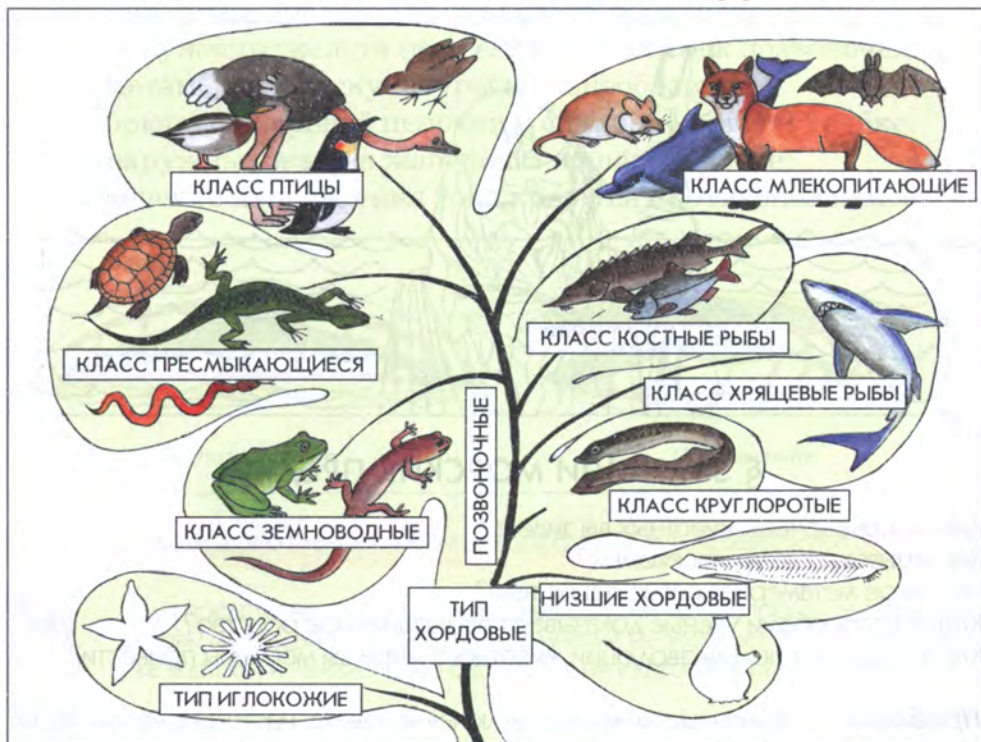
1. Какую роль играют насекомые в природе?
2. Какова роль насекомых в жизни человека?
3. Что такое биологические методы борьбы? В чем их преимущество?
4. Какие знания необходимы для борьбы с вредителями?
- 5\*. Откуда появились «вредители»? Почему их нет в природе?
- 6\*. Почему домашних насекомых меньше, чем домашних птиц и зверей?

### § 33. ВЫСШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ. ПОВТОРЕНИЕ

1. Чем отличаются высшие многоклеточные беспозвоночные от низших?
2. Какое преимущество имеет появление вторичной полости тела? Какую роль она играет у различных групп?
3. Какие из важнейших приспособлений позволили сделать образ жизни членистоногих более активным по сравнению с кольчатыми червями?
4. Сравните строение членистоногих и моллюсков. Как различия в строении связаны с образом жизни этих животных?
5. Какие преимущества дает появление кровеносной системы? Почему у кольчатых червей она замкнута, а у моллюсков и членистоногих – нет?
6. В чем своеобразие строения нервной системы у изученных вами групп?
7. Каковы особенности скелета у кольчатых червей, моллюсков и членистоногих? В чем преимущества и недостатки внешнего скелета?
8. Как образ жизни различных групп моллюсков связан с их строением?
9. Какова роль конечностей в приспособлении членистоногих к условиям жизни? Какую функцию они выполняют?
10. Какие приспособления позволили моллюскам и членистоногим освоить сушу?
11. Чем отличается строение и образ жизни паукообразных и насекомых? Кто из них шире освоил сухопутные экосистемы и с чем это связано?
12. Почему насекомые с полным превращением биологически прогрессивнее?
13. В чем отличие размножения и жизненных циклов изученных групп?
14. Какова роль изученных групп высших беспозвоночных в природе?
15. Какое значение имеют кольчатые черви, моллюски и членистоногие в жизни человека?

**Что означают эти понятия?** Кольчатые черви: многощетинковые и малощетинковые. Тип моллюски: классы брюхоногие, двустворчатые, головоногие. Тип членистоногие: классы ракообразных, паукообразных, насекомых. Вторичная полость тела. Кровеносная система. Жабры. Сегментация. Конечности (параподии). Внешний скелет. Почка. Раковина. Нога. Мантия. Брюшная нервная цепочка. Членистые конечности. Легкие. Внекишечное пищеварение. Паутина. Отделы тела: голова, грудь, брюшко. Трахеи. Покровительственная окраска. Развитие с неполным и полным превращением. Общественные насекомые. Инстинкты. Биологические методы борьбы.

## ПОЗВОНОЧНЫЕ И ИХ «РОДНЯ»



**Позвоночные** – это единая мощная ветвь эволюции. Они уступают беспозвоночным по разнообразию и численности. Зато план строения позвоночных оказался наилучшим для крупных обитателей суши. На его основе смогла развиваться сложная нервная система и другие органы, которые позволили животным меньше зависеть от случайных изменений среды обитания. Благодаря этому позвоночные приобрели роль контролеров и регуляторов в экосистемах.

Наш организм также построен по этому плану, и многие секреты его строения ученые раскрыли, изучая лягушку.

Связать происхождение позвоночных с другими животными удалось сравнительно недавно. Оказалось, что все они имеют остатки хорды – более древней опоры тела, чем позвоночник. На этом основании их вместе с предками, имеющими хорду, объединяют в один тип хордовых.



## ТИП ХОРДОВЫЕ



### § 34. НАШИ МОРСКИЕ ПРЕДКИ

Каких позвоночных животных вы знаете?

Как называют скелет насекомых?

Что такое метамерная сегментация тела?

Какими способами ученые доказывают эволюционное родство?

Какие доводы в пользу эволюции животного мира вы могли бы привести?

**Проблема:** Позвоночные животные, включая человека, настолько непохожи на остальных, что их происхождение долгое время считалось актом божественного творения. Как доказать единство происхождения животных?

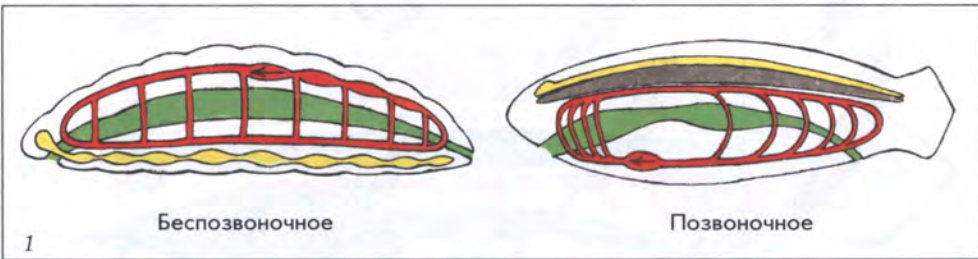
#### Мистическая загадка



Многие тысячелетия считалось, что всякий вид организмов был создан при сотворении мира – раз и навсегда. Только ископаемые находки в конце XVIII века навели ученых на мысль о возможности эволюционных изменений. Но представить превращение червя в динозавра или, скажем, вообразить общего предка стрекозы и медведя было по-прежнему невозможно. Поэтому еще целое столетие была популярна «теория катастроф» французского палеонтолога Жоржа Кювье. Он считал, что в истории Земли божественные акты творения чередовались с эпохами ужасных землетрясений, которые хоронили наименее «удавшихся» тварей, вдохновляя Создателя на все новые, более успешные акты творения, пока, наконец, не был создан человек. В промежутках между катастрофами теория допускала эволюцию таких сходных и хорошо изученных форм, как моллюски или трилобиты, но происхождение позвоночных казалось несомненным доводом в пользу участия небесных сил.

Чтобы доказать единство происхождения животных, ученым-эволюционистам предстояло объяснить переход (рис. 1):

- от наружного скелета (или его отсутствия) к позвоночнику;
- от метамерной мускулатуры к разнообразной;
- от брюшной нервной цепочки к спинной нервной трубке;
- от наружных жабр к жаберным щелям в глотке;
- изменение направления тока крови на противоположное.



Увеличится ли сходство планов строения, если один из них перевернуть?

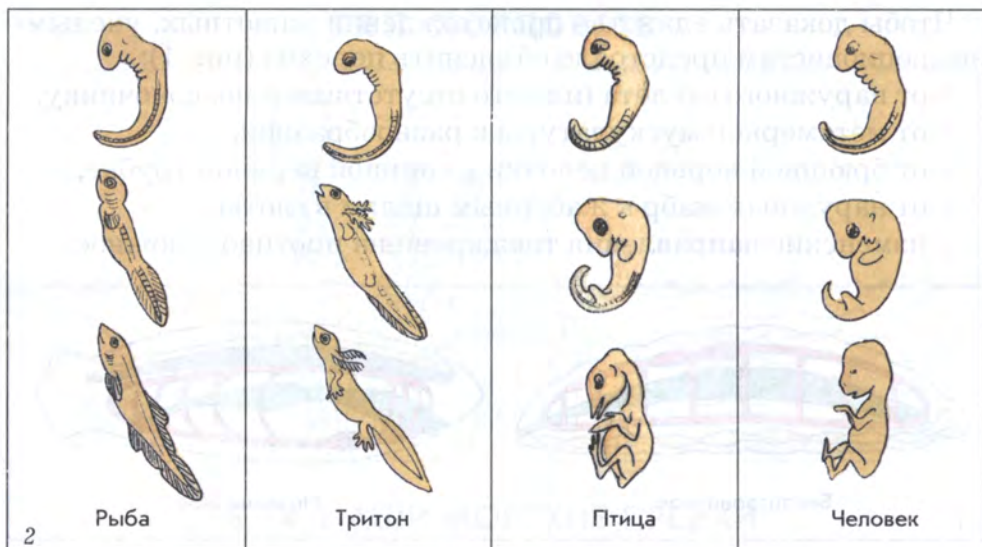


Надо представить еще, что в то время (да и сейчас!) вопрос этот затрагивал основы мироздания. А собственное мнение на этот счет, хоть и не грозило уже костром инквизиции, но одобрения ни у кого не вызывало.

## Развитие зародыша проходит по пути предков

Интересные открытия принесла наука *эмбриология*, изучающая индивидуальное развитие организмов. Причем главная заслуга в ней принадлежит российским ученым К.Ф. Бэру и А.О. Ковалевскому. Сравнивая развитие различных групп животных, они установили, что *зародыши животных сходны, несмотря на различие взрослых стадий* (рис. 2). Это явление получило название *закона зародышевого сходства*.

Было замечено также, что во время развития эмбриона проявляются признаки, явно бесполезные и даже вредные для взрослого организма. Так, например, у трехнедельного человеческого эмбриона по бокам шеи появляются жаберные щели, которые позднее зарастают. Хвост исчезает значительно позднее, а признаки сплошного шерстного покрова – «эмбриональный пушок» – отмечаются и у новорожденных.

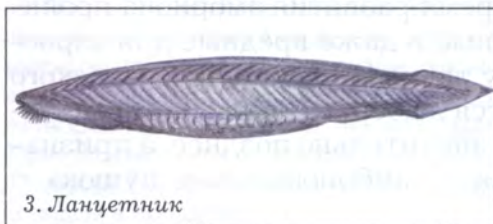


В чем именно заключается сходство зародышей? На какой стадии оно более выражено?

Анализ множества подобных фактов позволил вывести **биогенетический закон**: *развитие зародыша повторяет основные этапы эволюции предков*. Конечно, человек повторяет не «стадию рыбы», а скорее лишь стадию развития малька в икринке. Дело в том, что самая древняя особенность, наследуемая от давних предков, – это механизм, определяющий порядок формирования тканей и органов во время эмбрионального развития.

### – Наши предки – низшие хордовые

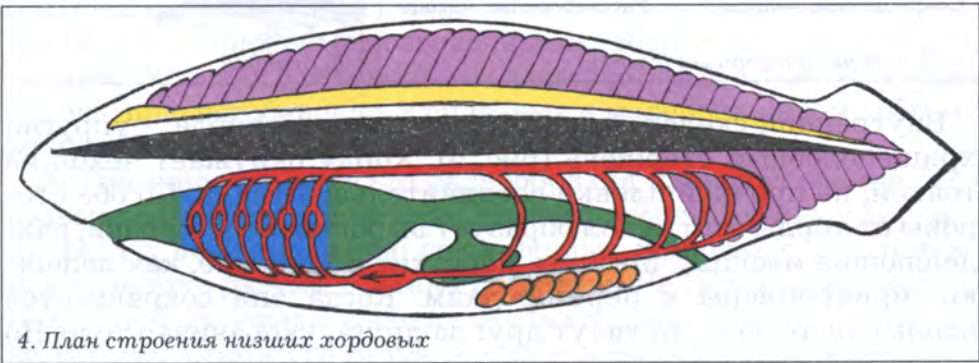
Зародыши всех позвоночных на ранних стадиях развития имеют **хорду** – продольный упругий стержень, который позднее замещается позвоночником. Если развитие организма проходит путем предков, то предки позвоночных должны быть похожи на



3. Ланцетник

такой зародыш. Это предсказание блестяще подтвердил А.О. Ковалевский. Он нашел животное, план строения которого способен связать происхождение позвоночных с беспозвоночными (рис. 3).

Он обратил внимание на то, что у *ланцетника* и сходных с ним морских животных тоже есть хорда. Это послужило основанием для объединения их вместе с позвоночными в тип *хордовых* с двумя подразделениями: *нижних хордовых*, у которых хорда выполняет роль осевого скелета, и *позвоночных* – всех тех, у кого хорда есть хотя бы на эмбриональной стадии и играет важную роль в формировании более надежной опоры тела – позвоночника.



4. План строения нижних хордовых

Кроме хорды нижних хордовых сближают с позвоночными еще три особенности (рис. 4). Их нервная система представлена *спинной нервной трубкой*, пришедшей на смену брюшной цепочке беспозвоночных. По замкнутой кровеносной системе *кровь течет вперед по брюшной стороне*, возвращаясь по спинной (как гусеница танка, который едет назад). Наконец, нижние хордовые *дышат через рот*. Ток воды через рот, глотку и сквозь *жаберные щели* наружу приносит кислород, попадающий в кровь через жаберные капилляры.

Вместе с тем отсутствие позвоночника и метамерное строение мускулатуры говорят о происхождении нижних хордовых от червеобразных предков.

### Ланцетник и асцидия

Ланцетник похож на маленькую прозрачную рыбку. Большую часть жизни он проводит на дне, зарывшись в песок и выставив наружу предротовую воронку. По способу питания он *фильтратор*: питается мелкими организмами, процеживая через себя воду. Ланцетники совершают сезонные перемещения.



Внутренний скелет ланцетника составляет хорда – упругий хрящеподобный стержень (рис. 5). Хорду окружает чехол из тонкой, но прочной пленки соединительной ткани. По обе стороны от хорды этот чехол образует выросты-перегородки, разделяющие мышцы. Мышцы, короткие и широкие, как лепешки, прикреплены к перегородкам. Когда они сокращаются вдоль одного бока, то тянут друг за друга, укорачивая тело. Но хорда действует как распорка, и тело не укорачивается, а изгибается. Нервные возбуждения, волнами пробегающие от переднего конца к заднему, заставляют тело волнообразно изгибаться и плыть вперед.

У асцидий плавают только личинка, напоминающая головастика (рис. 6). В первый же день своей жизни она находит подходящее место, прикрепляется к камню и становится донным фильтратором. Ее хорда и хвост рассасываются, рот смещается, и тело принимает бутылкообразную форму.

### Хордовые – перевернутые животные

Среди современных низших хордовых большинство – донные животные: сидячие, ползающие на боку или зарывающиеся в песок. При этом рот, спинная, брюшная, боковая сторона и связанные с ними внутренние органы могут «переползать» на новое место даже в течение жизни одного организма – как, например, у асцидии. Так что перевернутое расположение систем органов у низших хордовых покажется не таким уж странным, если представить, что их предку для выживания когда-то пришлось «лечь на спину». В дальнейшем каждая сторона получила новые для

себя функции, но нервная и кровеносная системы так и остались *перевернутыми*. Брюшная сторона позвоночных гомологична спине беспозвоночных, поэтому и кровь течет в другую сторону.

Во времена своего появления все низшие хордовые хорошо плавали и были прекрасно приспособлены к условиям существования – в основном благодаря хорде. План их строения оказался чрезвычайно удачным. Со временем на его основе сформировались все позвоночные животные и человек. Сама хорда, правда, у большей части потомков сохранилась только на стадии зародыша. Более совершенные позвоночные животные вытеснили своих предков. Уцелели в основном те из них, которые вторично упростились, приспособившись к сидячему и малоподвижному образу жизни. Им хорда тоже стала ненужной.

Любопытно, что из всего разнообразия планов строения беспозвоночных только один план, точнее, одна его деталь – хорда – привела к возникновению современных животных, экосистем, человеческого разума, – а сама распалась. Не будь низших хордовых – этой маленькой «почки» на стволе дерева жизни, – возможно, самыми умными на Земле до сих пор были бы осьминоги...

## Наша родня среди беспозвоночных – иглокожие

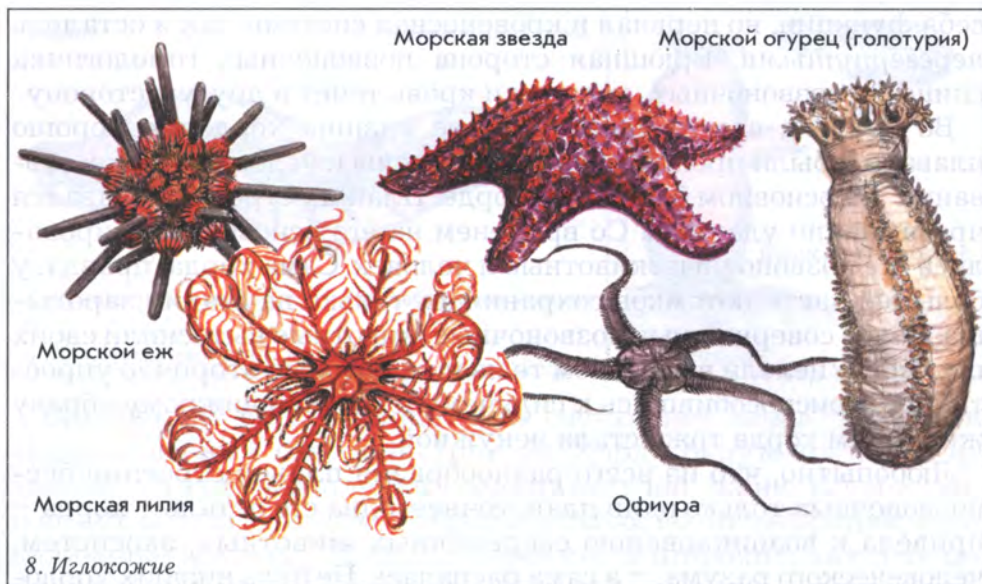


Есть еще одно – и очень существенное – отличие хордовых от большинства беспозвоночных. Оно касается самых ранних стадий развития. После стадии «двухслойного мешка», напоминающей строение кишечнополостных, развитие может идти двумя путями (рис. 7).

У большинства беспозвоночных отверстие «двухслойного мешка» становится ртом взрослого животного. Их называют *первичноротыми*. У другой группы животных это отверстие (первичный рот) превращается в анальное, а рот (вторичный) образуется позднее в другом месте, за что их называют *вторичноротыми*. К ним относятся хордовые, а среди беспозвоночных – тип *иглокожие* (рис. 8).

Иглокожие – многочисленные обитатели глубин океана. По плану строения взрослые особи сильно отличаются от всех остальных животных





(рис. 9). Их тело имеет радиальную симметрию, чаще всего – пятилучевую. В подкожном слое у них образуется скелет из известковых пластинок с шипами и иглами, торчащими на поверхности.

Совершенно уникален способ передвижения иглокожих. Их тело пронизано системой амбулакральных (водно-сосудистых) каналов. Замкнутые окончания этих каналов, проникая сквозь многочисленные поры наружу, образуют сотни амбулакральных ножек с мышцей внутри и присоской на конце. Морская звезда вытягивает ножки вперед, нагнетая в них воду под давлением. Ножки присасываются к субстрату. Тогда, сокращая мышцы ножек, звезда подтягивается вперед. Амбулакральные ножки – чуткий орган осязания.



9. План строения иглокожего

Морские звезды – хищники. Мелкую пищу они заглатывают ртом, который расположен снизу, между лучей. Нападая на крупную добычу – моллюсков или других иглокожих, они выворачивают свой желудок, обволакивают им жертву, выделяют пищеварительный сок и переваривают вне тела.

Личинки иглокожих имеют двустороннюю симметрию и плавают с помощью ресничек. Отсюда становится понятным их происхождение, общее с низшими хордовыми. Предком иглокожих мог быть подвижный, расчлененный на не-

сколько сегментов двусторонне-симметричный организм, с вторичной полостью тела и вторичным ртом. Таким образом, среди беспозвоночных животных мы можем считать иглокожих своими более близкими родственниками, чем членистоногих или моллюсков.

Достижения эмбриологии помогли установить родство позвоночных с беспозвоночными. Низшие хордовые – выходцы из беспозвоночных – имеют метамерную мускулатуру. Вместе с тем это первые животные с внутренним осевым скелетом. Он служит опорой для тела и позволяет хорошо плавать. Фильтруя воду сквозь глоточные жаберные щели, низшие хордовые совмещают питание и дыхание. Спинная нервная трубка и обратный ток крови унаследованы ими от предка, перевернувшегося на спину в ходе приспособления к донному образу жизни.

### Биогенетический закон. Хорда. Хордовые

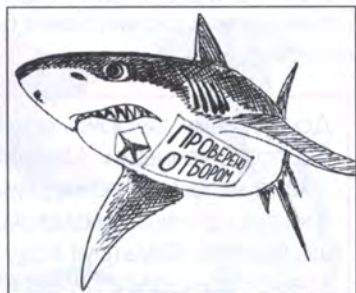
1. Какой метод, кроме изучения ископаемых остатков и сравнения строения, помогает устанавливать родство организмов?
2. Какую роль играет хорда при движении ланцетника?
3. Почему низшим хордовым выгодно совмещать дыхание и питание?
4. Какая особенность расположения органов доказывает единство всех хордовых и отличие их от беспозвоночных?
5. Почему некоторые унаследованные особенности строения тела личинок исчезают у взрослых животных?
- 6\*. Какое значение имело изучение низших хордовых для развития научного мировоззрения?
- 7\*. Как ты думаешь, какое значение для развития зародыша имеет повторение основных этапов эволюции предков?
- 8\*. Почему низшие хордовые, дав начало разнообразным группам наиболее высоко организованных животных, сами так малочисленны?
- 9\*. В чем сходство хордовых с иглокожими?
- 10\*. Какие знания, полученные в этом параграфе, подтверждают основную мысль учебника 5-го класса: «Настоящее – ключ к прошлому»?



## § 35–36. РЫБЫ – ВОДНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ

Какой образ жизни ведут низшие хордовые?  
Как устроена их опорно-двигательная система?

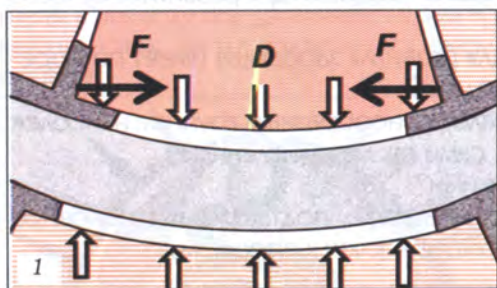
**Проблема:** Почему не хорда, а позвоночник стал основной строения высших групп животных? Какой комплекс признаков сопутствовал их успеху?



### Щуке хорда не годится

В организме все взаимосвязано: и размеры, и форма, и материал каждого органа. На каждой детали можно поставить штампик: «Испытание отбором – 1 млн. лет». Почему же щука с хордой вместо позвоночника забракована естественным отбором?

Вспомним, что ланцетника приводит в движение сила сокращения мышц  $F$  (рис. 1). Но щука, по крайней мере, в 10 раз больше ланцетника по длине, а также по ширине и толщине, то есть в 1000 раз больше по объему и, следовательно, по массе. Чтобы двигать такой массой, мышцы щуки должны быть в 1000 раз сильнее. Площадь прикрепления мышцы к перегородке тоже возрастет, но, как и всякая площадь, только в 100 раз. Следова-



тельно, каждый квадратный миллиметр перегородки испытывает в 10 раз большее усилие на разрыв. Силы деформации  $D$  будут во столько же раз сильнее сдавливать хорду и проходящую над ней нервную трубку (спинной мозг). Понравится ли это щуке?

И все же природа создала щуку, но из других материалов. Естественный отбор благоприятствовал затвердеванию чехла вокруг хорды, в основаниях межмышечных перегородок. В этих местах (на рис. 1 затемнены) соединительная ткань замещалась на хрящевую, а потом и на костную. Так образовались кольцевые позвонки с отростками для прикрепления мышц и хрящевые

прослойки между ними. **Позвоночник**, сохранив гибкость, придал скелету такую жесткость, что усилие мышц стало возможно увеличить и в сто раз. Поскольку оболочка хорды окружала не только хорду, но и нервный ствол, он оказался теперь под защитой позвоночника. Так возникли *позвоночные*.

Изменения в развитии позвоночных дали им еще одно важное преимущество: *многослойные покровы*. Внутренний слой кожи, образованный мезодермой, приобрел способность к затвердеванию. Из твердых покровов образовался **череп**, защитивший самую главную часть нервной системы – головной **мозг**. Твердые образования кожи покрыли тело защитным слоем.

### Первые позвоночные – бесчелюстные



Потомками низших хордовых и предшественниками настоящих рыб были *бесчелюстные* позвоночные (рис. 2). Вместо челюстей их рот окружен мускулистой воронкой. Осевой скелет состоит из хорды, соединительнотканых оболочек и перегородок, зачаточных хрящевых позвонков. Череп тоже состоит из хряща, который в задней части головы образует решетчатую основу жаберных мешков. Непарные спинной и хвостовой плавники помогают им плавать, извиваясь всем телом.

Бесчелюстные были многочисленны в начале палеозоя. Укрепленный осевой скелет позволял им достигать средних размеров (до 1 м). Ротовой воронкой они всасывали ил и мелкую донную живность. Для защиты от более крупных ракообразных и моллюсков они имели еще и наружный панцирь.



2. Отпечаток древнего бесчелюстного



3. Речная минога

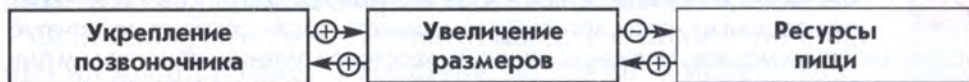
До наших дней из бесчелюстных дожили представители единственного класса *круглоротых* – миноги (рис. 3) и миксины. Они питаются падалью или кровью живых рыб, внедряясь в их тело с помощью ротовой воронки, которая у них становится присоской и сверлом. При этом язык с хрящевой основой работает как мощный поршень.

## Рыбы рождены хищниками

Это сейчас рыбы едят и планктон, и растения, и органические остатки. В начале палеозоя все эти экологические ниши занимали беспозвоночные и бесчелюстные. Только ниша крупного, свободно плавающего хищника оставалась свободной. Поэтому крупные животные, способные найти, догнать и схватить, сразу получили бы эволюционное преимущество. Но подходящих кандидатов не было. Не было до тех пор, пока не появились животные с позвоночником, достаточно прочным, чтобы превзойти по размерам таких монстров, как ракоскорпионы и кальмары. Так появились настоящие рыбы – сначала с хрящевым, а потом и с костным скелетом.



Тут есть повод порассуждать о причинных связях в эволюции. Утверждение «позвоночник развивался для того, чтобы увеличивались размеры тела» было бы не совсем верным. Эволюция не человек, у нее не может быть определенной цели. Но у нее есть направление, которое задается естественным отбором. Изменения в организме возникают случайно, а отбор оставляет та-



кой комплекс признаков, который в данных условиях имеет преимущество в борьбе за существование. В данных условиях крупные размеры – преимущество. Развитие позвоночника способствует увеличению размеров, поэтому поддерживается отбором. Преимущество всегда освобождает дополнительную энергию на жизненные процессы. Поэтому преимущество от размеров также способствует развитию позвоночника. В данных условиях устанавливается положительная обратная связь между ними до тех пор, пока условия не нарушатся. В конце концов крупным хищникам будет нечего есть, и увеличение размеров прекратится.



Расскажите о происхождении рыб.

## Позвоночник в роли универсальной «вешалки»

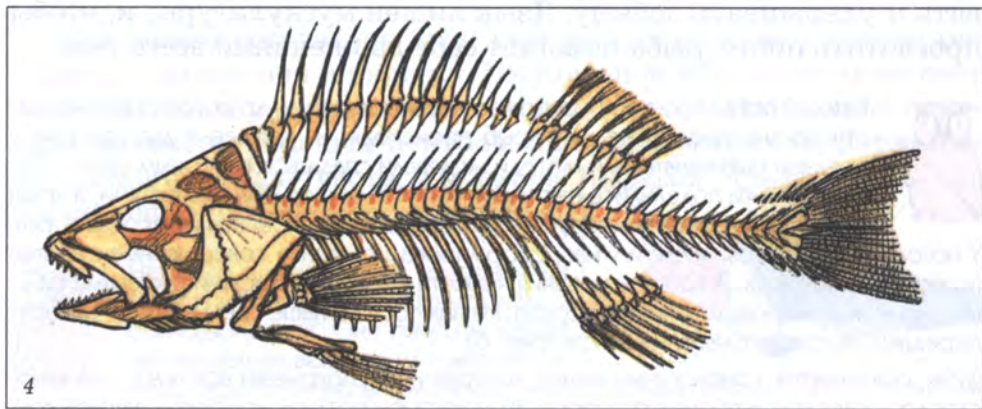
Все-таки не зря прошли сотни миллионов лет эволюции, в течение которых создавался позвоночник!

Внутренний скелет рыб (рис. 4) – не просто распорка, а сложная подвижная конструкция из твердых элементов. Вместе с мышцами скелет обеспечивает защиту, опору и движение различных органов. Да и мышцы стали другими: кроме одинаковых лепешкообразных мышц, изгибающих все тело, появились веретенообразные мышцы. Они прикрепляются сухожилиями к костным отросткам и обеспечивают разнообразные и точные движения.

Позвоночник разделился на два отдела. К позвонкам туловищного отдела снизу прикрепляются ребра, защищающие органы брюшной полости. Сверху позвонки снабжены остистыми отростками, поддерживающими мускулатуру тела. В хвостовом отделе остистые отростки отходят и вверх, и вниз. К ним крепятся сильные мышцы хвоста.

Череп также состоит из двух отделов. Главный отдел защищает не только мозг, но и парные органы чувств: зрения, слуха и обоняния. Нижний отдел поддерживает жабры и обеспечивает приток воды к ним. А передние дуги, первоначально поддерживавшие жабры, преобразовались в челюсти.

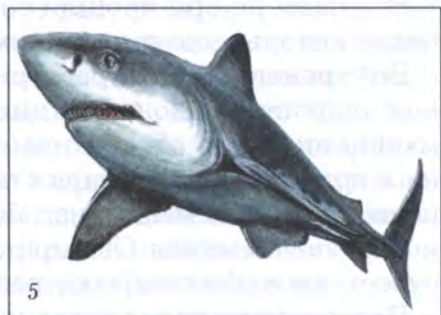
Скелет конечностей – плавников – состоит из лучей. Парные плавники крепятся к **поясам конечностей** – хрящам или костям, погруженным в глубину тела.



Найдите на рисунке детали скелета рыбы, отмеченные в тексте.

## Как рыба плавает?

Как у любого судна, движитель рыбы находится сзади: это хвостовая часть тела и хвостовой плавник (рис. 5). Непарные плавники играют роль стабилизаторов (как у самолета), а хвостовой плавник — еще и руля поворота. Парные плавники служат рулями глубины и дополнительными «винтами» при сложных движениях на месте. Без них по законам физики рыба развернулась бы кверху брюхом.



Движению помогают обтекаемая форма тела и покров из чешуи в слизистой смазке. По сравнению с панцирем предков чешуя как кольчуга: легкая, прочная и не стесняет движение. Благодаря чешуе рыбам часто удается вырваться из зубов хищника.

Рыбы держатся на любой глубине, так как регулируют свой удельный вес с помощью жировых отложений в печени и газов плавательного пузыря. Эти газы поступают в пузырь из крови.

## Рыба кусает, но не жует

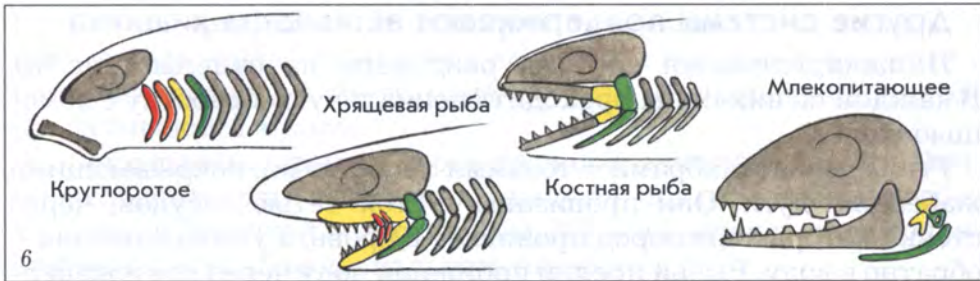
Рыбы — первые позвоночные с **челюстями**. Мощные специализированные мышцы позволяют открывать и закрывать рот, но не жевать. Зубы загнуты внутрь и предназначены только разрывать и удерживать добычу. Язык лишен мускулатуры, и, чтобы проглотить пищу, рыба помогает себе движениями всего тела.



Каждый орган когда-то произошел из какого-нибудь другого органа или части органа предка. Челюсти рыб происходят из хрящевых дуг, которые у предков рыб охватывали глотку и не давали спадаться жаберным щелям. Передние дуги поделились на половинки и стали твердыми челюстями, а хрящ между ними образовал сустав, позволяющий открывать и закрывать рот.

У потомков рыб, в том числе и у нас, сформировались более совершенные суставы, позволяющие жевать. А кости основания челюсти вместе со старыми суставами сильно уменьшились и «зашли» внутрь черепа. Из них состоит наше среднее ухо — аппарат передачи звуковых колебаний в мозг (рис. 6).

Зубы, оказывается, гомологичны чешуе, которая у акул покрывает все тело, а на челюстях достигает внушительных размеров. Другие рыбы позднее «оделись» чешуей другого типа — округлой, не режущей. Но во рту та же «акуля чешуя», слегка видоизменяясь, служит зубами у всех потомков.



Расскажите о прошлом, настоящем и будущем рыбьих челюстей.

### Рыба находит жертву даже в мутной воде

Средний ряд чешуй на боку рыбы имеет поры, которые ведут в тонкий подкожный канал с чувствительными клетками. Это – **боковая линия**. Она воспринимает колебания воды с разных сторон и позволяет различать на расстоянии особенности течения, подвижные и неподвижные предметы.

У рыб есть органы зрения, слуха, равновесия, вкуса, обоняния. В большинстве случаев они развиты лучше, чем у бесчелюстных.



Глаза рыб имеют шарообразный хрусталик, который может отодвигаться в глубину глаза. Так происходит фокусировка изображения на сетчатке. Орган слуха замурован внутри черепа: звуковые колебания в плотной водной среде распространяются лучше, чем по воздуху, и не требуют дополнительного усиления. Органы вкуса – микроскопические вкусовые почки – у рыб есть не только во рту, но и на поверхности тела. Некоторые рыбы способны ощущать электрическое поле.

Как можно догадаться, мозг рыб развит не хуже, чем органы чувств, – иначе они ни к чему. Их головной мозг состоит из пяти отделов, как и у других позвоночных (рис. 7). Особо надо отметить развитие нервных центров, анализирующих информацию от каждого органа чувств, и мозжечка, координирующего движения рыб.



Нервные волокна всех позвоночных устроены более совершенно, чем у беспозвоночных. Они покрыты белым изолирующим веществом – миелином. Благодаря этому нервный импульс «летит» в несколько раз быстрее и не рассеивается по дороге.

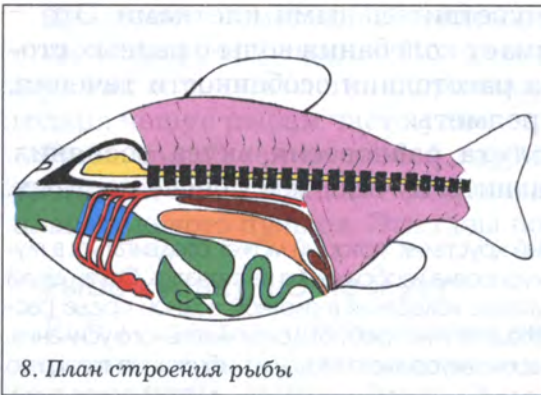


7. Отделы мозга рыбы

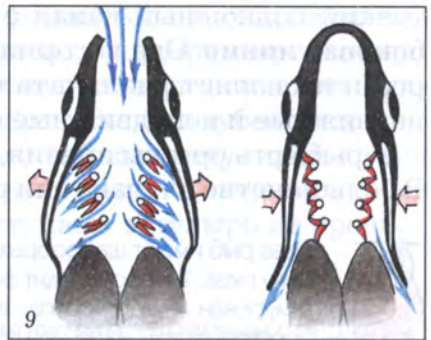
### Другие системы поддерживают активность хищника

Пищеварительная система разделена на отделы (рис. 8). В каждом из них пища проходит специальную обработку с помощью желез.

Рыбы дышат жабрами – тонкими лепестками, покрывающими жаберные дуги. Они пронизаны густой сетью сосудов, через стенки которых кислород проникает в кровь, а углекислый газ – обратно в воду. Рыбы предки прогоняли воду через рот и жаберные щели на ходу. У большинства современных рыб жабры прикрыты костными крышками, отороченными кожным клапаном. Движение жаберных крышек создает постоянный приток воды (рис. 9).

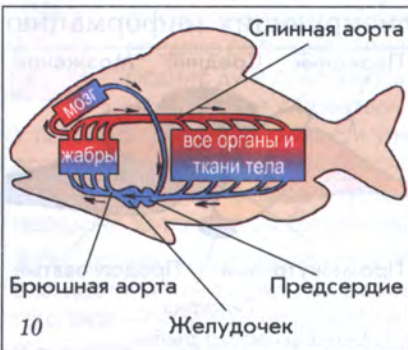


8. План строения рыбы



9. Как вода проходит через жабры?

У рыб, как и у всех позвоночных, кровеносная система замкнутая (рис. 10). Движение крови обеспечивает **сердце** – сильный мускульный пульсирующий орган. Сердце рыб расположено с



10

брюшной стороны тела позади головы и состоит из **двух камер**: предсердие принимает кровь, желудочек сокращается и выталкивает ее вперед. Сосуды, несущие кровь от сердца, называются **артериями**. Крупнейшая из них – брюшная аорта – несет кровь к жабрам. Обогатившись кислородом, кровь собирается в спинную аорту и течет к голове и к хвосту, постепенно распределяясь

по мелким артериям и капиллярам организма. Возвращаясь от клеток тела, кровь собирается по мелким сосудам в крупные и поступает обратно в предсердие. Сосуды, несущие кровь к сердцу, называются *венами*.

Возвращаясь по венам, кровь проходит очистку в почках. **Почки** – главный орган выделения – тянутся под основаниями ребер вдоль всей брюшной полости рыбы. Моча из почек по мочеточникам выводится вблизи анального отверстия.



У пресноводных рыб концентрация солей в теле выше, чем снаружи. Поэтому вода стремится внутрь с пищей и через кожу, и основная задача почек – выкачивать лишнюю воду. Потерянные при этом соли улавливаются жабрами. У морских рыб – противоположные проблемы. Они выводят лишние соли и через почки, и через жабры.

Позвоночник, одновременно прочный и гибкий, стал основой строения животных, господствующих в биосфере. Он дал опору телу, возможность прикрепления и развития – мышцам и скелету, защиту – нервной системе. Рыбы эволюционировали как крупные хищники. Их основные приспособления – челюсти, органы движения и органы чувств – подкреплены развитием всех систем органов.

**Позвоночник. Череп. Мозг. Двухкамерное сердце. Почки. Челюсти. Чешуя. Пояс конечностей. Боковая линия**

1. Какие отличительные черты имеют позвоночные?
2. Какое значение имеет возникновение позвоночника?
3. Каковы основные приспособления рыб?
4. Как и почему изменились системы жизнеобеспечения у рыб?
5. Как происходит координация тела рыбы и ее ориентация в среде?
- 6\*. Можно ли сказать, что хорда у позвоночных превратилась в позвоночник?
- 7\*. Сравните рыбу и курицу на тарелке. У кого из них мускулатура прочнее прикреплена к скелету?

*Лабораторная работа. Скелет и покровы рыб*

1. Разделите кости вареной рыбы по принадлежности к отделам черепа, позвоночнику, конечностям, межмышечным костям. Опишите особенности их формы и назначения.
2. Рассмотрите чешую рыбы под лупой, найдите место прикрепления к коже. Опишите физические свойства чешуи. Чем объясняется неоднородность ее строения?
3. Посчитайте число колец годового прироста на чешуе и жаберной крышке. Если кольца выделены правильно, то оба числа соответствуют возрасту рыбы.



## § 37. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ РЫБ

Как рыбы приспособлены к жизни в воде?

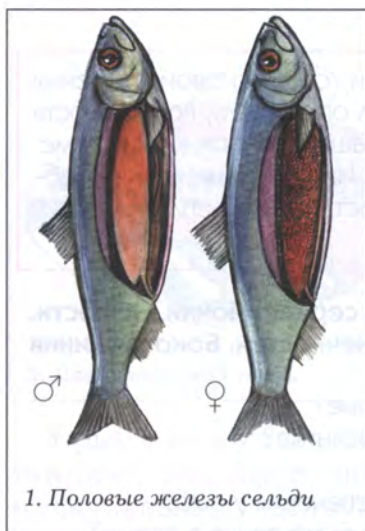
Что такое половое размножение?

Почему у одних видов рождаются миллионы потомков, а у других – единицы?

**Проблема:** Как увеличить число потомков, чтобы победить в борьбе за существование?



### Для рыб характерно наружное оплодотворение



1. Половые железы сельди

Рыбы, как и все хордовые, размножаются половым путем. Большинство рыб раздельнополы (рис. 1). В **яичниках** самок созревает икра (яйцеклетки в оболочке), а в **семенниках** самцов – молоки (семенная жидкость со сперматозоидами). Половые железы открываются наружу отдельным отверстием рядом с анальным. Во время нереста самка выметывает икру, а самец – молоки. Сперматозоиды проникают в икринки и сливаются с яйцеклетками. Так происходит **наружное оплодотворение**, характерное для рыб.

Предшественники рыб – сидячие и малоподвижные беспозвоночные – рассеивали вокруг себя половые продукты, рассчитывая на их случайную встречу с половыми продуктами особи другого пола. В отличие от них у рыб самцы и самки активно разыскивают друг друга. Это значительно увеличивает успешность оплодотворения.



У *акул* и *скатов*, образующих обособленный класс животных, органы размножения получили иное, более прогрессивное развитие. Особенности строения позволяют им внутреннее оплодотворение: самец вводит молоки в половые пути самки. Самки откладывают крупные, хорошо защищенные яйца или рожают живых детенышей.

## Брачное поведение

Стайные рыбы разного пола сходны. У некоторых одиночных рыб, наоборот, пол хорошо различим (рис. 2). Это явление называется **половым диморфизмом**. Ярко окрашенные самцы *гуппи* охраняют заросли растений, богатые кормом. Своим видом и поведением они предупреждают других самцов, что место занято, и оповещают самок, что их здесь ждут. Самки гуппи крупнее самцов и имеют покровительственную окраску. Их тело служит «инкубатором» для мальков.



Самец *трехиглой колюшки* (рис. 3) строит на своей территории из водорослей шарообразное гнездо с двумя входами, скрепляя его клейкими выделениями желез. С самцами, подплывающими к гнезду, он вступает в драку. Исход драки зависит не от силы соперников, а от готовности хозяина «стоять до последнего»: чем ближе к гнезду, тем

больше вероятность его победы. Самок он приглашает в гнездо специальными позами и движениями. Самка выметывает икру в гнездо и уплывает, а самец тут же оплодотворяет икру и принимается зазывать следующую самку, пока гнездо не наполнится икрой.

Пока *горбуши* живут стаями в море, пол рыб трудно различим. Но по мере созревания половых желез самцы приобретают **брачный наряд** (рис. 4). Само существование брачного наряда доказывает, что таким образом более ярким самцам удается добиться расположения самки, отогнать соперников и оставить больше потомства, в котором самцы будут тоже яркими, а самки – равнодушными к яркой окраске.



Дальше всего зашел половой диморфизм у глубоководных *удильщиков*. Их самцы имеют карликовые размеры, прирастают ртом к телу самки и питаются за ее счет (рис. 5).

Все эти приспособления поддерживаются отбором потому, что они увеличивают успешность оплодотворения. Вместе с тем развитие икринок

вне тела матери приводит к их высокой смертности. Массовая гибель икринок компенсируется большой плодовитостью рыб.



### Плодовитость или забота?

В открытом море самки мечут миллионы икринок. Рекордное количество – 300 млн. – откладывает *луна-рыба*. Икра, отложенная на дно или прикрепленная к растениям, имеет больше шансов



6. Тиляпия

сохраниться, но чтобы продолжить род, каждая самка все же должна оставить сотни тысяч икринок.

Существенно ниже плодовитость лососевых рыб, которые закапывают икру под слой гальки на быстром течении и охраняют ее в течение нескольких дней. Горбуша, например, откладывает 1–2 тыс. икринок. А трехиглая колюшка откладывает в гнездо лишь около 100 икринок. При этом самец обмахивает их плавниками, снабжая дополнительным кислородом до вылупления.



7. Морской конек

Почему же не все рыбы заботятся о потомстве? Дело в том, что у большинства видов родители сами каждый час рискуют быть съеденными. Такая забота была бы для них не просто обременительной, а смертельно опасной. Кроме того, строение рыб не дает возможности проявить заботу о потомстве так, как это могут, например, звери: молока у них нет, приносить

В чем причина низкой плодовитости этих рыб?

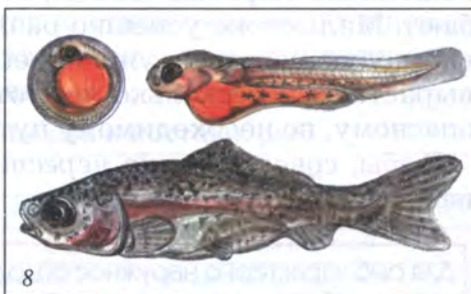
планктон для мальков нечем, а обогревать их незачем. Единственное, что рыбы могут, – это обеспечить икринку питательными веществами. Но для многих морских видов счастливое совпадение обстоятельств, в которых икринка уцелеет и этот запас понадобится зародышу, – настолько большая редкость, что обычно количество икринок важнее их качества.



Акулам мир представляется совершенно иначе. Они настолько хорошо «вооружены», что ничем не рискуют, долго вынашивая потомство и рождая его уже более зрелым. Так же мало – но по другой причине – рискуют всем известные живородящие меченосцы и гуппи. Они живут в реках, в травяных зарослях, где угроза хищников значительно ниже. В море такие условия бывают лишь на больших глубинах. И, действительно, там обитает живородящий морской окунь.

### Вся жизнь – борьба

Запас питательных веществ в икринке позволяет мальку «встать на ноги» – начать самостоятельно питаться (рис. 8). Пища мальков иная, более мелкая, чем у взрослых. Вырастая, мальки постепенно приобретают облик взрослой рыбы.



8

Почему меняется форма тела малька?

В отличие от нас рыбы растут в течение всей жизни. Зимой, когда условия хуже, рост замедляется. Поэтому на чешуе можно различить кольца годовичного прироста и определить возраст рыбы. Знание возраста важно для того, чтобы следить за состоянием промысловых рыб.



9

Сколько лет этой рыбе?

Рыбы вступают в размножение не раньше, чем нагуляют достаточно жира для созревания половых продуктов. А иногда и позже, и вот почему. В морях условия жизни более постоянны, запасы пищи богаты и разнообразны. Но где много потребителей, там много и хищников. Такие условия благоприятны для взрослых рыб, но опасны для мальков.

Поэтому многие виды решают проблему размножения не увеличением количества икры, а поиском мест, благоприятных для жизни мальков. Одни находят такие места в морских глубинах (угорь), другие – на прибрежных отмелях (треска), третьи – в реках, иногда за тысячи километров от моря (лососи).



Так, дальневосточные лососи – кета, горбуша – летом и осенью сплошной массой заходят в устья рек и поднимаются по ним до самых верховьев, преодолевая водопады и мелководья (рис. 10). Чтобы пройти этот путь, они растрачивают накопленные жировые запасы, а после нереста истощаются и погибают.

Мальки же успешно развиваются в прозрачных ручьях и на следующее лето, уже окрепшие, выносятся в море. Там они вырастают и несколько лет готовятся к своему единственному, опасному, но необходимому путешествию к местам нереста.

Рыбы, совершающие *нерестовые миграции* из морей в реки, называются **проходными**.

Для рыб характерно наружное оплодотворение. Его успешность достигается путем брачного поведения. Большая смертность икры компенсируется плодовитостью рыб, элементами заботы о потомстве, нерестовыми миграциями.

**Наружное оплодотворение. Яичники. Семенники. Половой диморфизм. Брачный наряд. Проходные рыбы**

1. Как происходит оплодотворение у рыб?
2. Какими способами достигается успешность оплодотворения?
3. В чем проявляется забота о потомстве у рыб?
4. Для чего и почему совершаются нерестовые миграции?
- 5\*. Как различаются роли самца и самки в брачном поведении рыб?
- 6\*. Почему большинство рыб чрезвычайно плодовито?
- 7\*. У каких рыб не удастся определить возраст по чешуе? Почему?
- 8\*. Какие причины могут задерживать начало размножения у некоторых рыб?

## § 38–39. РАЗНООБРАЗИЕ РЫБ

Что служит рыбам основой скелета?  
Какие у рыб приспособления к жизни в воде?  
Какой образ жизни вели древние рыбы?  
С чем связаны различия между видами?



**Проблема:** Как особенности водных экосистем определяют разнообразие приспособлений у рыб?

### Хрящевые рыбы: древние и новые

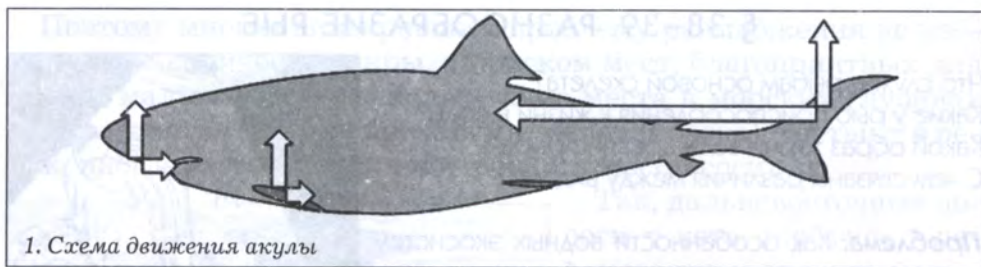
Рыбами называют животных *двух различных классов*: **хрящевых** и **костных** рыб. К первым относят акул и их родственников с хрящевым скелетом, ко вторым – остальных рыб, у которых хрящи во время развития замещаются костной тканью. Хрящевые рыбы – более древний класс, но это не означает, что костистые превосходят их во всех отношениях.

#### Основные различия хрящевых и костных рыб

Признаки	Хрящевые рыбы	Костные рыбы
Чешуя:	из дентина и эмали	из тонких костных пластин
Скелет:	хрящевой	в основном костный
Органы дыхания:	5–7 пар жаберных мешков	4 пары жабр на дугах
Способ дыхания:	пассивное, в движении	жаберными крышками
Плавучесть создают:	жир печени, плавники	плавательный пузырь
Плечевой пояс:	цельный, мощный	раздельный, слабый
Сердечные мышцы:	желудочек, начало аорты	только желудочек
Передний отдел мозга:	хорошо развит	просто устроен
Органы размножения:	усложнены	просто устроены
Оплодотворение:	внутреннее	наружное
Развитие зародыша:	в крупном яйце или в теле самки	обычно в мелкой икринке во внешней среде

Какие преимущества дают выделенные признаки?

Скелет хрящевых рыб с возрастом хоть и не превращается в кость, зато укрепляется отложением известковых солей и достигает большой твердости. Другие преимущества позволяют им преодолевать некоторые недостатки строения.



Какие силы помогают акуле оторваться от дна?

Акулы освоили «специальность» верховного хищника в водных экосистемах. Их жизнь – постоянное движение (рис. 1). Но самая большая акула – китовая – не хищник, а питается планктоном. Ее длина достигает 20 м, а яйцо – более полуметра!

*Скаты* (рис. 2) питаются донными моллюсками и ракообразными, перемалывая их массивными тупыми зубами. Их тело распластано по дну, а для движения служат грудные плавники.

На глубинах более километра живут *химеры* (рис. 3) – наиболее примитивная группа хрящевых.



### Костные рыбы – основная ветвь эволюции рыб

Первоначальная специализация рыб как хищников была важна для выработки их «принципиальной схемы». Преимущества костных рыб – прежде всего, их способ дыхания, не требующий постоянного движения, – позволили им освоить менее «кровожадные» экологические специальности и расширить область обитания. Так возникли 4 подкласса рыб: *костнохрящевые*, *лущеперые*, *двоякодышащие* и *кистеперые*.

## Костнохрящевые рыбы – речные «динозавры»

Эти рыбы, широко распространенные в эпоху господства ящеров, почти не изменились с тех пор. Внешне они напоминают акул: длинное рыло, рот снизу, такие же горизонтально расположенные грудные плавники и асимметричные лопасти хвоста (рис. 4). Внутренний скелет хрящевой, но снаружи видны накладные кости черепа, жаберные крышки и «жучки» – ряды острых костных пластин на теле. Образ жизни вполне мирный: их беззубый выдвигающийся рот предназначен для питания илом и мелкими донными беспозвоночными.

Все современные виды костнохрящевых относятся к отряду *осетрообразных*. Из них большинство составляет наше национальное достояние. Почти все осетровые – проходные, то есть растут в морях или низовьях рек, а нерестятся в верховьях. Икра осетровых – черная. Она содержит



4. Осетрообразные

пигмент меланин, защищающий от ультрафиолета и маскирующий икру на дне. На зиму осетровые скапливаются в глубоких речных ямах, где проводят несколько месяцев почти без движения. Их уровень обмена снижается, тело покрывается слизью.

Все виды начинают размножение поздно: белуга – только с 15–20 лет, с перерывами в 2–4 года. Известны белуги, дожившие до 100 лет и более. Строительство плотин на реках и браконьерский вылов угрожают осетровым вымиранием.

## Лучеперые – самая многочисленная группа рыб

**Экологическая ниша** – узкая «специальность» вида в пределах его «профессии» в экосистеме. Включает все экологические связи вида с условиями обитания и другими членами экосистемы.

В дополнение к костному скелету и эластичным покровам у лучеперых рыб грудные плавники расположены вертикально, а оторочка жаберной крышки у них укреплена костными лучами. Такая конструкция оказалась настолько удачной, что позволи-



ла освоить большое разнообразие экологических ниш, потеснив при этом многих других животных. Они населяют всю толщу океана до самых больших глубин, водятся и в промерзающих водах тундры, и в горячих источниках, и в лишенных света подземных водах. Лучеперые объединяют около 95% современных видов рыб. Рассмотрим лишь некоторые отряды и их представителей.



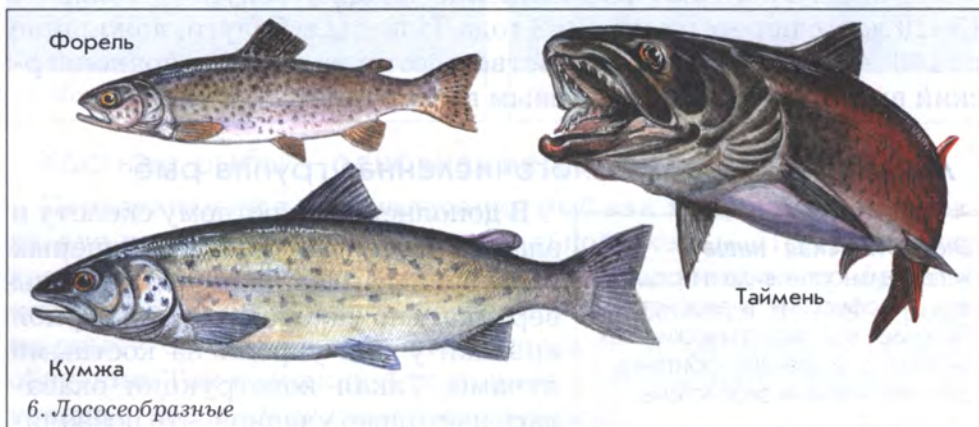
5. Стая сельдей

К отряду сельдеобразных относится океаническая сельдь. Окраска ее, как и многих других рыб, – маскирующая. Темная синеватая спинка незаметна на фоне морской пучины, а серебристое брюшко – на фоне блестящей водной поверхности. Сельди питаются планктоном и держатся большими стаями в открытом океане (рис. 5).



Стайная жизнь помогает кормиться и спасаться от хищников. Если рыбы одновременно бросаются «врассыпную», то хищник на секунду приходит в замешательство: за какой погнаться? Этого бывает достаточно, чтобы от него избавиться хотя бы на время. Движения членов стаи великолепно скоординированы благодаря органам боковой линии и слуха. Рыбы общаются разнообразными, но тихими звуковыми сигналами. Громче не нужно: ведь вода отлично проводит звук на большие расстояния.

Лососеобразные (рис. 6) приспособлены к суровым условиям севера. В поисках корма они вынуждены много перемещаться, а



Форель

Кумжа

Таймень

6. Лососеобразные

для этого нужно много кислорода. В холодной воде растворяется значительно больше кислорода, чем в теплой. Поэтому лососи любят холодную воду. Мы уже знаем о них как о проходных рыбах. Но в северных реках есть и оседлые виды, например, *таймень*. Более того, европейский проходной лосось *кумжа*, попадая в озера, образует там карликовую оседлую форму – *форель*.

*Карпообразные* (рис. 7) приспособлены к хорошо прогреваемым и богатым кормом водоемам средней полосы. *Карась*, например, поражает своей жизнестойкостью. Он может выдерживать температуру 40 °С и концентрацию кислорода в 20 раз меньшую, чем необходима для тайменя. Зарывшись в ил, он может проводить зиму в водоемах, промерзающих до дна. Температура его тела при этом близка к точке замерзания.



Рыбы из семейства *карповых* включают виды, которые чаще других попадают на удочку в пруду, в озере или небольшой речке. Отличаются крупной гладкой чешуей и отсутствием зубов во рту. Правда, подобные зубам образования есть глубже, на жаберных дугах. Карповые питаются мелкими донными или плавающими животными и растительными остатками. *Толстолобик* – один из немногих чисто растительноядных видов среди рыб.

Усатый донный обитатель – сом – относится к особому отряду *сомообразных* (см. рис. 7). Это хищные рыбы с острыми зубами, но без чешуи. Сомы по весу могут достигать более 300 кг.



8. Угреобразные

Отряд *угреобразные* (рис. 8) включает *речного угря*, замечательного во многих отношениях. Угри населяют реки Европы. Благодаря форме тела они могут передвигаться по суше. В сырую погоду или ночью, по росистой траве, они способны проползти несколько километров и расселиться в бассейн соседней реки. Первые три года жизни личинки угрей живут в море и до того не похожи на взрослых, что их относили к другому семейству. Лишь сто лет назад установили, что угри мечут икру в Саргассовом море, у Бермудских островов, на глубине около 1000 м, а затем погибают. Личинки поднимаются на поверхность и попадают в течение Гольфстрим, которое за три года выносит их к берегам Европы. Превратившись во взрослых, они поднимаются в реки, где проводят большую часть жизни. Как же угри находят дорогу к нерестилищу? Оказывается, это место – самое соленое в Атлантике. Вкусовые рецепторы улавливают тонкие различия солености, и угри плывут в сторону большей концентрации.



Другие виды угрей – глубоководные рыбы. Чтобы выдерживать гигантское давление на дне океана, их ткани имеют особое строение. Поскольку на дно океана свет не проникает и жизнь растений невозможна, вся пища поступает из верхних слоев в виде мертвой органики. Поэтому глубоководные рыбы – либо хищники, либо «мертвоеды». Глаз у них либо нет вовсе, либо они такие большие, что улавливают слабое свечение других организмов.

*Щука* – самого прожорливого хищника наших водоемов – относят к отдельному отряду *щукообразных* (рис. 9). Заостренный, удлинённый силуэт щуки, с плавниками, сдвинутыми назад,

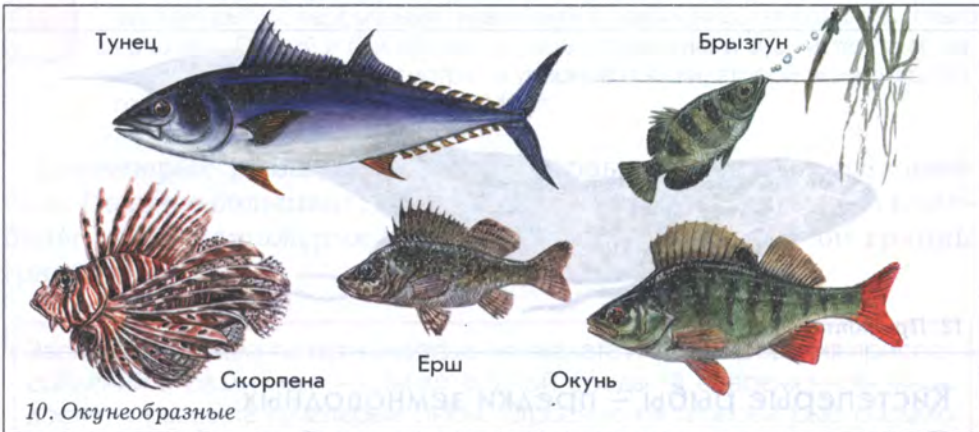


9. Щука

Как объяснить раскраску боков щуки?

говорит о ее способности к резким броскам на жертву из засады. В отличие от многих других хищников она начинает питаться рыбой еще при длине 25 мм.

Обширный отряд *окунеобразных* (рис. 10) – один из наиболее молодых и прогрессивных. В него входят рыбы с колючими плавниковыми лучами, зазубренной чешуей и весьма разнообразной биологией. *Тунец* – житель океанских просторов – способен развивать скорость до 90 км в час. *Скорпена*, обитающая в теплых морях, как хищник может обманывать жертву с помощью расчленяющей окраски. Маленькая тропическая рыбка *брызгун* живет в затопленных лесах, где сшибает со свисающих веток насекомых струей воды изо рта.



К отряду *трескообразных* принадлежат ценные промысловые виды – *треска* и *налим*. Очень жирная печень этих рыб богата витаминами А и D, из нее получают рыбий жир.

Отряд *камбалообразные* объединяет донных рыб. Личинки всех видов *камбал* напоминают личинки других рыб. Но по мере взросления они уплощаются с боков и ложатся на дно. При этом глаза «переползают» на верхнюю сторону. Нижняя сторона белеет, а верхняя способна изменять свою окраску под цвет дна (рис. 11).



Что дает такое приспособление?

### Двоякодышащие рыбы – «изобретатели» легких

Еще в палеозое костные рыбы, по обилию хрящей в скелете близкие к акулам, смогли освоить мелеющие, но богатые кормом пресные водоемы в засушливых областях планеты. Они были всеядны и дышали жабрами. Но на случай пересыхания эти рыбы имели два приспособления: угреобразное тело, способное переползать по грязи в соседние лужи, и легочные пузыри – для дыхания воздухом, когда жабры пересыхают. Судя по всему, эти легочные пузыри, опутанные кровеносными сосудами, гомологичны легким всех четвероногих.

Несколько видов подкласса *двоякодышащих* сохранилось до наших дней; *протоптерус* – один из них (рис. 12).



12. Протоптерус

### Кистеперые рыбы – предки земноводных

Сходные по строению легочные пузыри были обнаружены у других ископаемых обитателей мелководий – *кистеперых* рыб. Они близки к двоякодышащим, но имеют своеобразную толстую костную чешую, а хрящи их скелета в большей степени замещены костями. И что самое главное, их парные плавники превращены в мясистые, сгибающиеся лопасти (рис. 13). Они имеют отдельную мускулатуру и кости, гомологичные плечу, предплечью и кисти. Предполагают, что кистеперые были многочисленными хищниками в лесах-водоемах каменноугольного периода. Часто испытывая недостаток кислорода, они поднимались к поверхности набрать воздуха в свои примитивные легкие. Конечности служили им не только для гребли, но и для того, чтобы в воде пробираться сквозь густую растительность, перелезая через упавшие стволы.



13. Плавник кистеперой рыбы



14. Латимерия



Каково же было удивление ученых, когда в 1938 г. сотрудница одного из музеев в Южной Африке, мисс Латимер, обнаружила у местных рыбаков неизвестную рыбу с необычными плавниками! К сожалению, сохранилась только ее шкура. По ней и был описан первый современный вид кистеперых, названный латимерией. Несмотря на упорные поиски, второй экземпляр этого вида был пойман лишь через 14 лет.

Кистеперые рыбы дали начало первым наземным позвоночным. Позднее большинство из них вымерло, а другие ушли в глубины моря. Латимерия принадлежит к остаткам этой группы (рис. 14).

Эволюция рыб шла по пути укрепления скелета и формирования приспособлений к различным условиям водной среды. В современном мире достигли расцвета лучеперые рыбы. Строение кистеперых рыб создало предпосылки для начала освоения суши.

### Хрящевые рыбы. Костные рыбы

1. Как рыбы относятся к температуре воды?
2. Какие преимущества дает строение хрящевых рыб?
3. Какие признаки костных рыб свидетельствуют об их прогрессе?
4. Назовите основные подразделения классов рыб и их представителей.
- 5\*. Почему хрящевые рыбы не вытеснены костными, но и не столь разнообразны, как они?
- 6\*. Почему хрящекостные, двоякодышащие и кистеперые рыбы в современном мире представлены небольшим числом видов?
- 7\*. Какие приспособления позволяют рыбам обитать в крайних условиях существования? Подтвердите примерами.
- 8\*. Приведите примеры пищевой специализации рыб.

## § 40. РЫБНЫЕ РЕСУРСЫ

Что такое круговорот веществ в экосистеме?  
 Как поддерживается равновесие в природе?  
 На каком этапе жизненного цикла рыб их смертность наиболее высока?

**Проблема:** Как использовать ресурсы морей и рек, не нарушая природного равновесия?



### Рыба – бесценный источник пищи

Народонаселение Земли превышает 6 миллиардов человек. Для полноценного питания каждый из них, наряду с растительной, должен есть животную пищу. Эту потребность в расчете на одного жителя Земли способно обеспечивать стадо из 5 домашних животных размером с овцу.

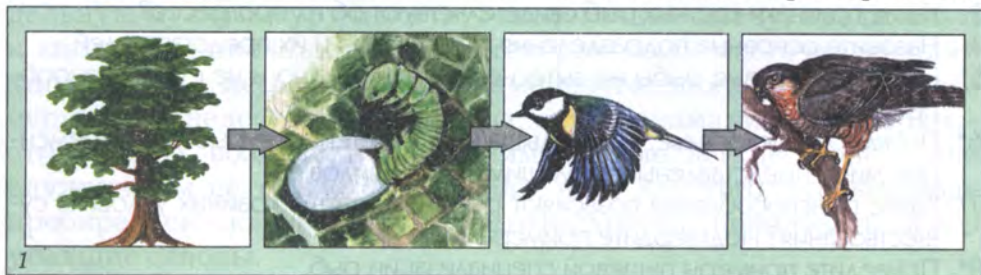


Большую часть суши покрывают вечные льды, горы, пустыни, непроходимые леса и болота. Сельскохозяйственные угодья составляют около 30% поверхности суши, причем только 5% из них используется для производства растительных продуктов, а остальные 25% нужны для выращивания животной пищи – коров, свиней, кур и т. д., включая корма для них. Если хотя бы пятую часть животной пищи в рационе человека заменить на рыбу, то земля, освободившаяся из-под пастбищ, обеспечила бы растительной пищей еще 6 миллиардов человек.

В Японии, где плотность населения чрезвычайно велика, на одного человека приходится в среднем лишь пол-овцы. Мясо в пищевом рационе японцев в значительной мере заменено на морские продукты. Вероятно, в недалеком будущем такие же изменения ожидают и остальную часть человечества.

### Чудо-экосистемы

В наземной экосистеме пищевая цепь выглядит примерно так.



В морской экосистеме обычная пищевая цепь выглядит иначе.



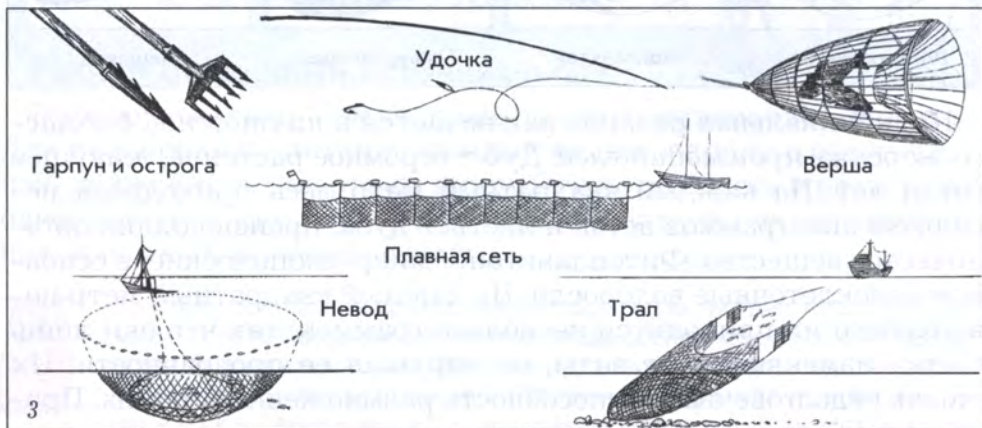
Принципиальная разница заключается в *ничтожной биомассе морских производителей*. Дуб – огромное растение, живущее сотни лет. На каждый квадратный метр леса приходится несколько килограммов веток и листьев дуба, производящих органическое вещество. Фитопланктон – микроскопические, в основном одноклеточные водоросли. На каждый квадратный метр поверхности их приходится несколько граммов, так что они лишь слегка изменяют цвет воды, не нарушая ее прозрачности. Их жизнь недолговечна, но способность размножения огромна. Произведенное органическое вещество не накапливается в одноклеточном организме, а передается потомкам, которые ежеминутно становятся кормом мелких морских рачков. Фитопланктон – как сказочный горшочек каши, способный накормить весь город. В результате квадратный метр моря (точнее, столб воды под ним) производит за год примерно столько же органического вещества, сколько квадратный метр леса или луга на суше. Водные экосистемы производят почти половину всего органического вещества на нашей планете.

Таким образом, в отличие от наземных **морские экосистемы состоят в основном из потребителей**, то есть животных. Мелкие животные – зоопланктон – тоже быстро размножаются и становятся добычей. Более крупные животные «создают» свое тело в течение долгой жизни, поэтому они образуют основу биомассы в экосистеме. Среди донных животных существенную часть составляют беспозвоночные. *Рыбы абсолютно преобладают среди плавающих животных* среднего и крупного размера. Вот почему рыбный промысел так важен для человека.



## Как ловят рыбу?

К промышленным способам лова рыбы относятся те, которые приносят наибольший улов. Потребителей планктона, плавающих у поверхности океана (сельдь, кильку), ловят с помощью соединенных друг с другом *плавных* сетей, достигающих длины 1 км. Хищные виды рыб, обитающие на глубине (треску, камбалу, морского окуня), ловят *тралом*, который тянет за собой траулер (рис. 3).



В чем преимущества и недостатки каждого из этих орудий лова?

Чтобы сохранить добытую рыбу, ее надо обработать как можно скорее. Для этого вместе с рыболовецкими судами в море выходит плавучий рыбозавод. На нем пойманную рыбу можно засолить, закоптить, завялить, законсервировать. Самый универсальный способ сохранить рыбу – это подвергнуть ее глубокой заморозке. Поэтому современные рыболовецкие суда имеют мощные холодильные установки.

## Где ловят рыбу?

Экономически выгоден только массовый лов рыбы. Поэтому стайные виды более пригодны для промысла, чем одиночные; обитающие в толще воды – больше, чем донные виды; период нереста пригоден больше, чем другое время года; моря – больше, чем реки, а прибрежные районы – больше, чем открытый океан. В холодных полярных районах производительность морских экосистем невысока из-за недостатка тепла, а в тропических во-

дах – из-за плохой растворимости кислорода. Поэтому самые богатые рыбой районы промысла находятся в умеренных широтах северного и южного полушария.

Наибольшие уловы рыбы поступают к нам издалека. В шельфовой (мелководной) северной части Атлантического океана ловят сельдь, треску, серебристого хека. Из приантарктических районов привозят нототению и ледяную рыбу.

В прибрежных водах на Северо-Западе России ведут промысел морского окуня, камбалы, семги (рис. 4). На Дальнем Востоке, кроме сельди и трески, добывают горбушу, кету, минтая, сайру. В дельте Волги и Каспийском море находятся основные запасы осетровых, сазана, сома, леща, воблы. Из Азовского и Черного морей к нам на стол попадают судак, кефаль, ставрида, скумбрия.

В реках отлавливают в 10 раз меньше рыбы, но именно на реки приходится большая часть добычи ценных проходных видов: осетровых, лососевых и их икры, «черной» и «красной».

### Как сохранить рыбные ресурсы?

Неумеренный лов рыбы – *перепромысел* – приводит к сокращению рыбных ресурсов. Чтобы этого избежать, ученые исследуют состояние промысловых популяций рыб, изучают их возрастную структуру. Для восстановления численности иногда бывает необходимо прекратить вылов определенного вида рыб, изменить орудие лова, место или время промысла, взять под особую охрану нерестилище. Еще больший вред наносит загрязнение океана. Особенно опасны аварии танкеров, приводящие к образованию нефтяной пленки на воде. Она препятствует растворению кислорода в воде и ведет к гибели всего живого.



Для увеличения численности проходных рыб осуществляют их *искусственное разведение*. Самок и самцов отлавливают на пути к нерестилищам и осторожно выдавливают их половые продукты в общую емкость, где происходит оплодотворение. Затем икру помещают в бассейны с водой, богатой кислородом. Мальков, готовых к самостоятельной жизни, выпускают в реку. Таким образом удается почти в 10 раз уменьшить смертность икры и рыб в самый трудный для них период.



Среди рыб есть и домашние животные. Это, прежде всего, *карп* (рис. 5). Его дикий предок *сазан* населяет пресные водоемы юга Европы. Карп весьма плодовит и неприхотлив, что облегчает его содержание. **Прудовое хозяйство**, в котором разводят карпов, включает целый каскад прудов: в одном созревает икра, в другом выводятся мальки, в третьем рыба подрастает, в четвертом — зимует. Успешно культивируется толстолобик и некоторые другие.

Рыбы составляют основу биомассы многих водных экосистем. Замена мясных продуктов в питании человека на рыбные позволяет экономнее использовать наземные угодья. Большую часть улова рыбы приходится на умеренные прибрежные районы морей и океанов. Перепромысел и загрязнение океана сокращают запасы рыбы. Поэтому промысел необходимо регулировать. Искусственное разведение и одомашнивание рыб помогает сберечь их запасы.

### Переprомысел. Прудовое хозяйство

1. Какую роль играют рыбы в водных экосистемах?
2. Где и как ловят рыбу?
3. Какие методы способствуют охране и увеличению рыбных ресурсов?
- 4\*. В чем преимущества и трудности использования рыбы в качестве пищи?
- 5\*. Почему в морях добывают во много раз больше рыбы, чем в реках?
- 6\*. Выскажи свое мнение по поводу будущего рыболовства и разведения рыб.

## § 41–42. ЗЕМНОВОДНЫЕ – ПЕРВЫЕ НАЗЕМНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ

Какими особенностями отличалось дыхание кистеперых и двоякодышащих рыб?

Как устроены конечности кистеперых рыб?

Чем жизнь на суше лучше жизни в воде?

Что значит «амфибия»?

**Проблема:** Чем отличаются животные, способные жить на суше? Как возникли их приспособления к среде обитания?



### Почему позвоночные вышли на сушу?

Так уж устроены живые организмы, что пытаются занять всю пригодную среду обитания. Естественный отбор не щадит тех, кто приспособлен к среде хуже других. Для таких организмов единственный путь – найти новую среду обитания и источники пищи, к которым еще не приспособился никто.

В середине палеозоя сосудистые растения образовали заросли над водой вдоль берегов водоемов (рис. 1). Первыми эти заросли заселили растительноядные животные – членистоногие. Они послужили новым источником пищи, который привлек позвоночных.

Первые из них, вероятно, просто питались насекомыми, упавшими в воду, и их личинками. Среди кистеперых рыб, которые были тогда многочисленной и разнообразной группой, получили преимущество такие формы, которые могли жить в гуще зарослей и легко перебирались из одного водоема в другой.



## Две проблемы

Все водные организмы на суше сталкиваются с двумя основными неприятностями: силой тяжести и иссушением (рис. 2). Первая лишает возможности передвигаться, вторая приводит к высыханию поверхностного слоя клеток, с потерей их функций. Все клеточные реакции обмена веществ – это взаимодействие водных растворов. В высохших клетках обмен веществ прекращается.



Что мешает выбраться на берег без помощи рук и ног?

Подышите ртом 3 минуты. Как изменилась чувствительность нёба и языка?

Кистеперые рыбы были готовы преодолевать эти затруднения в «аварийных ситуациях». **Земноводные**, или *амфибии*, стали первыми позвоночными животными, решившими эти две задачи комплексно. Они смогли выбираться на сушу часто и надолго.



Какие ведущие и сопутствующие приспособления имеют земноводные?

### Плоское тело

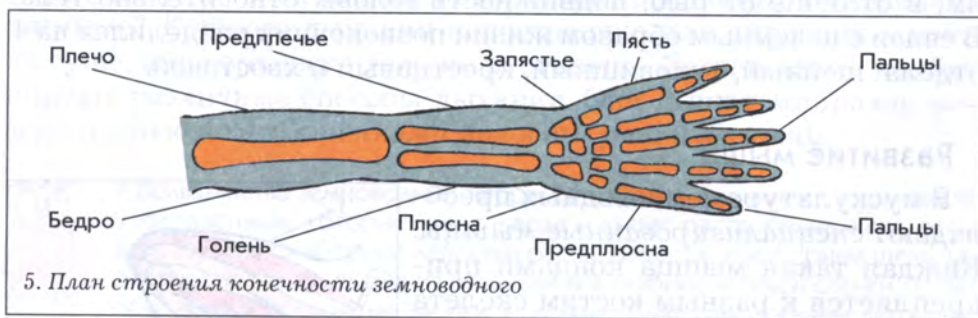
Тело рыб обычно сжато с боков: это помогает плавать, изгибаясь. В воде сила тяжести противостоит выталкивающая сила, которая удерживает тело на плаву. Но когда на мелководье тело не помещается в толще воды, сила тяжести прижимает животное ко дну и сдавливает органы. Поэтому даже самые первые земноводные, такие как *ихтиостега* (рис. 3–4), были приплюснуты

сверху вниз. Это давало им преимущество для обитания на мелководье и переползания по мелким ручейкам в другой водоем. По той же причине брюхо многих из них было защищено панцирем.

3. *Ихтиостега*4. *Стегоцефал*

### Рычажные конечности

Передвигаться по земле позволяют сильные конечности. Но этого мало. Каждый знает, как неудобно ходить, не сгибая колени. Чтобы ходить по суше, нужно уметь поднять и переставить ногу. Такую возможность дают рычажные конечности – система рычагов, связанных шарнирными *суставами*. Передние и задние конечности построены сходным образом: в них различают пять *гомологических* отделов, хоть называются они по-разному (рис. 5).



5. План строения конечности земноводного

### Соединение с позвоночником

Тело рыб «висит» в толще воды благодаря равенству силы тяжести и выталкивающей силы. У наземных позвоночных тело притягивается к земле и должно опираться на конечности. От способа соединения скелета тела – позвоночника – со скелетом конечностей зависят и прочность, и подвижность всего тела. Эту важную задачу выполняют пояса конечностей.



Пояс задних конечностей, или **тазовый пояс**, образован сросшимися костями, которые «опоясывают» внутренние органы в задней части тела (рис. 6). По бокам они подвижно сочленяются с ногами, а сверху к ним прочно прирастает *крестцовый* позвонок. Основная тяжесть тела переносится на позвоночник, позвоночник давит на тазовый пояс, а тазовый пояс — на задние ноги.

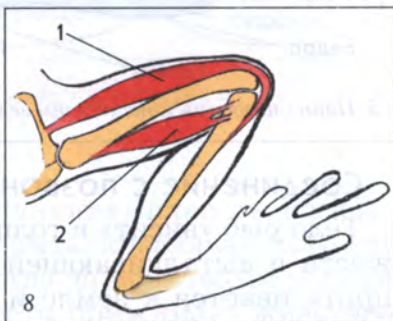
Пояс передних конечностей, или **плечевой пояс**, состоит из костей и хрящей, которые окружают внутренние органы на уровне груди и срастаются с грудиной (рис. 7). Он опирается на передние конечности. Сверху края плечевого пояса замыкаются не костями, а мышцами, на которых, как на

пружинах, подвешен позвоночник.

У земноводных впервые появилась *шея*, которая обеспечила им, в отличие от рыб, подвижность головы относительно тела. В связи с наземным образом жизни позвоночник разделился на 4 отдела: шейный, туловищный, крестцовый и хвостовой.

### Развитие мышц

В мускулатуре земноводных преобладают *специализированные мышцы*. Каждая такая мышца концами прикрепляется к разным костям скелета так, что при сокращении эти кости работают как рычаги и выполняют движение (рис. 8). Так действуют конечности, челюсти, язык, дно ротовой полости. От сегментированной мускулатуры низших хордовых у земноводных остались только туловищные мышцы.



Найдите мышцу-сгибатель и мышцу-разгибатель ноги лягушки.

## Железистая кожа

Рыба, выброшенная на берег, погибает даже раньше, чем успеет высохнуть. Дело в том, что жаберные лепестки образуют большую поверхность контакта капилляров с кислородной средой, но – только в расправленном виде, когда они промываются водой. На воздухе они слипаются друг с другом, как волоски акварельной кисточки. Между ними сохраняется вода, но не кислород. Только самые наружные лепестки в таком состоянии еще могут получать кислород, но их слишком мало!

Важное приспособление земноводных, позволившее им ненадолго покидать водоем, – голая кожа, пронизанная капиллярами. Она имеет большую поверхность и всегда расправлена. Кожей можно дышать, как жабрами, но не только в воде, а и на суше – пока она влажная. А она всегда влажная, потому что покрыта слизью, которую вырабатывают многочисленные **кожные железы**. Слизь обладает **бактерицидными** свойствами: защищает от бактерий.

## Проблемы дыхания

За физической работой или на бегу мы дышим глубже. Рыба «продувает» жабры, хлопая жаберными крышками. А что делать лягушке? Кожного дыхания недостаточно для активной жизни на суше, а поверхность тела не растянешь. Земноводные комбинируют *различные* способы дыхания. Они дышат *жабрами, поверхностью кожи, стенками полости рта и легкими*.



У большинства земноводных жабры есть только у личинок, в том числе у головастиков, которые живут в воде и дышат растворенным кислородом. Позднее жаберные лепестки рассасываются, а жаберные щели зарастают. В это же время из впячивания в глубине *нижней* стенки глотки образуются складчатые мешки – *легкие*. Они гомологичны легочным мешкам кистеперых, но не плавательному пузырю других рыб, который закладывается со спинной стороны.

Все поверхностные клетки, участвующие в дыхании, оплетены сетью капилляров и увлажнены слизистыми выделениями. Для дыхания на суше важнее всего легкие и рот – замкнутые полости, внутри которых значительно легче поддерживать влажность.





В сохранении влаги большую роль играют стенки дыхательных путей. Сухой вдыхаемый воздух увлажняется слизистыми оболочками носовой и ротовой полости. Более влажный выдыхаемый воздух, наоборот, оставляет на стенках часть влаги. Носовая полость служила рыбам для обоняния и открывалась только наружу. У земноводных носовая полость стала сквозной и служит дыхательным путем.



Сравните дыхание человека и лягушки.

Земноводные не имеют грудной клетки: их ребра коротки. Чтобы сделать глубокий вдох, лягушка опускает нижнюю стенку ротовой полости («горло») и засасывает воздух через ноздри в рот (рис. 9). Тогда ноздри закрываются клапаном, ротовая полость сокращается, и воздух нагнетается дальше, в легкие. Происходит газообмен с кровью, и лягушка выдыхает отработанный

воздух сначала сокращением грудных мышц, затем – ротовой полости.

Легочное дыхание требует определенных усилий. Поэтому в состоянии покоя лягушка обычно довольствуется газообменом в полости рта. При этом заметно, как часто опускается и поднимается ее «горло». У земноводных большая голова и широкий рот, так что места в нем немало.

## Второй круг кровообращения



С тех пор как жабры перестали служить основным органом дыхания, роль жаберных артерий тоже изменилась. Передние артерии утратили капилляры и просто понесли кровь к органам. Эти артерии вместе с венами, которые, как и раньше, возвращали кровь к сердцу, составили большой круг кровообращения, разносящий кровь к органам. *Задняя пара жаберных артерий превратилась в легочные артерии.* Из них кровь расходится по капиллярам,

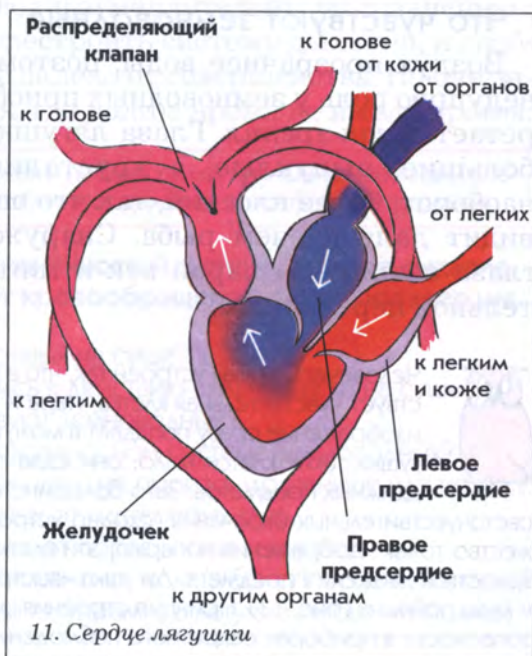
обогащается кислородом и по легочным венам течет прямо к сердцу. Эти легочные сосуды образовали отдельный, **малый круг кровообращения**, насыщающий кровь кислородом (рис. 10).



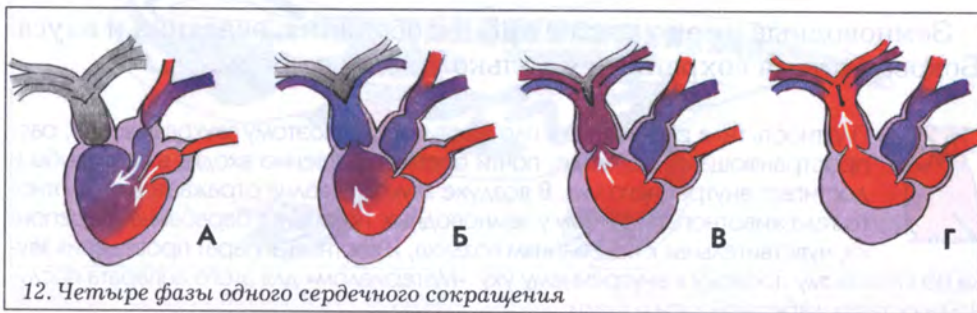
Кожные сосуды у земноводных работают как самостоятельная система снабжения кислородом. Они забирают кровь в начале легочной артерии, обогащают кислородом и вливают ее в вену большого круга. Таким образом, если лягушка надолго нырнула в воду, кислород поступит с поверхности кожи в правое предсердие, а потом разнесется ко всем органам, в том числе и к легким.

### Трехкамерное сердце

Венозная кровь поступает в правое предсердие (унаследованное от рыб). Богатая кислородом кровь из легких поступает в **левое предсердие** (рис. 11). Из обоих предсердий кровь выталкивается в третью сердечную камеру – желудочек, где артериальная и венозная кровь **смешиваются**. Сокращение желудочка посылает кровь в распределительную камеру, а оттуда – в артерии по двум кругам кровообращения: часть – к органам тела, а другую часть – в легкие.



11. Сердце лягушки



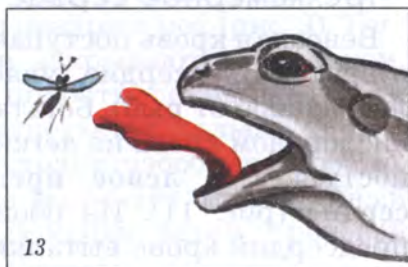
12. Четыре фазы одного сердечного сокращения



Интересно, что кровь в сердце земноводных смешивается не полностью (рис. 12). Желудочек качает кровь отдельными порциями (см. рис. 12, А). В начале каждого сокращения выходит бедная кислородом кровь, пришедшая из правого предсердия, затем перемешанная, а в конце – самая богатая из левого предсердия. По мере сжатия сердечной мышцы давление нарастает и последовательно отодвигает клапан, прикрывающий входы трех пар сосудов. Ближайшая пара – легочные артерии – наполняется самой бедной кровью (см. рис. 12, Б). Затем смешанная кровь уходит к другим органам (см. рис. 12, В). Самая богатая кислородом кровь в конце сокращения попадает в дальнюю пару сосудов – к голове (см. рис. 12, Г). Все-таки голова – самая важная часть тела!

### Что чувствуют земноводные

Воздух прозрачнее воды, поэтому ведущую роль у земноводных приобретает *орган зрения*. Глаза лягушки большие, выпуклые, а хрусталик, наоборот, более плоский, так что она видит дальше, чем рыба. Снаружи глаза защищены парой век и мигательной перепонкой.



Человеческий глаз устроен так, что в нем каждой точке поля зрения соответствует чувствительная клетка, нерв и клетка в коре головного мозга, так что изображение сразу попадает в мозг, как на экран, и там анализируется. У лягушки таких клеток мало: они едва позволяют ей различать контуры неподвижных предметов. Зато большинство клеток в ее сетчатке имеет сразу два светочувствительных окончания (сходно устроен турникет в метро). Сравнивая множество точек изображения попарно, эти клетки моментально сообщают о величине, яркости и движении предмета. Лягушка «выстреливает» раскладным липким языком – и муха поймана (рис. 13). Принцип строения глаза лягушки используется службами безопасности в приборах секретного наблюдения.

**Земноводные имеют также органы обоняния, осязания и вкуса. Боковая линия сохраняется только у водных форм.**



Плотность тела рыб близка к плотности воды. Поэтому звуковая волна, распространяющаяся по воде, почти беспрепятственно входит в тело рыбы и достигает внутреннего уха. В воздухе звуковая волна отражается от плотного тела животного. Поэтому у земноводных появились барабанная перепонка, чувствительная к колебаниям воздуха, и костный аппарат проведения звука по слуховому проходу к внутреннему уху. «Материалом» для этого аппарата послужили остатки жаберной дуги и щели.

## Другие приспособления

Жизнь на суше повлияла и на другие органы. Необходимость смачивания пищи во рту привела к появлению *слюнных желез*. Органы выделения – почки – мало изменились. Но поскольку выделение через жабры на суше невозможно, ядовитый продукт выделения рыб *аммиак* превращается в почках земноводных в менее ядовитую *мочевину*, которая выводится только по мочеточникам. Нервная система изменилась несущественно. В ней представлены те же отделы, но мозжечок, контролирующий движения, развит слабее. Действительно, земноводные медлительны по сравнению с рыбами. Ведь им пришлось перестроить систему дыхания, и снабжение клеток кислородом еще далеко от совершенства. Но они завоевали новую среду обитания, где долгое время не имели врагов.

Земноводные обитают в мелких водоемах и поблизости от них. Они выработали способ передвижения по суше и приспособились к дыханию атмосферным воздухом.

**Земноводные. Пояса конечностей. Легкие. Кожное дыхание.  
Малый круг кровообращения. Левое предсердие**

1. Что привлекало первых позвоночных на суше?
2. Как земноводные приспособились к действию силы тяжести на суше?
3. Какие способы дыхания используют земноводные?
4. Какие изменения произошли в кровеносной системе земноводных?
- 5\*. Почему освоение суши позвоночными не произошло раньше или позже?
- 6\*. Перечислите отличия земноводных от кистеперых рыб.
- 7\*. Как особенности кожи ограничивают образ жизни земноводных?
- 8\*. Правда ли, что молоко дольше не скиснет, если в банку посадить лягушку?
- 9\*. Почему двоякодышащие не стали лягушками, а летучие рыбы – птицами?



14

В чем основные отличия земноводных от рыб?

## § 43. ДЕТИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Что позволяет земноводным жить на суше?  
Как размножаются рыбы?

**Проблема:** Почему земноводным суждено оставаться у водоемов?

### Размножение земноводных

Травяная лягушка размножается в лужах с талой водой вскоре после снеготаяния. Самцы привлекают самок булькающими звуками. Их голос многократно усиливают *резонаторы* – кожные складки в углах рта, раздувающиеся пузырями.

Яичники и семенники земноводных и рыб сходны.



*Наружное оплодотворение* происходит в воде (рис. 1). Самец закрепляется на спине у самки, плотно обхватив ее передними лапами. Утолщения на внутренних пальцах помогают сцепить лапы так, чтобы не упустить самку в течение нескольких дней. За это время

самка выделяет до 3000 икринок, а самец немедленно поливает их молоками. В результате оплодотворяются почти все икринки, и никому из земноводных не приходится метать их миллионами, как это часто бывает у рыб. Поэтому икринки могут быть крупнее, а значит, в каждой – больше запасов.

Икринки покрыты прозрачной слизистой оболочкой, которая в воде сильно разбухает. Оболочки, как линзы, собирают лучи солнца и на несколько градусов нагревают икру, ускоряя ее развитие.

### Развитие лягушки идет по пути предков

Верхняя, темная часть икринки постепенно превращается в голову и хвост зародыша, а нижняя, светлая часть – в брюшко. В нем находится желточный мешок с питательными веществами, который постепенно уменьшается. Через 8–10 дней из оболочки икринки выходит личинка – головастик (рис. 2).



Он похож на рыбку не только внешне, но и по внутреннему строению. Для движения служит хвостовой плавник, для дыхания – ветвистые наружные жабры (вспомним морских кольчатых червей!). Роговыми скребками вокруг рта головастик добывает растительную пищу. Боковая линия помогает ориентироваться.

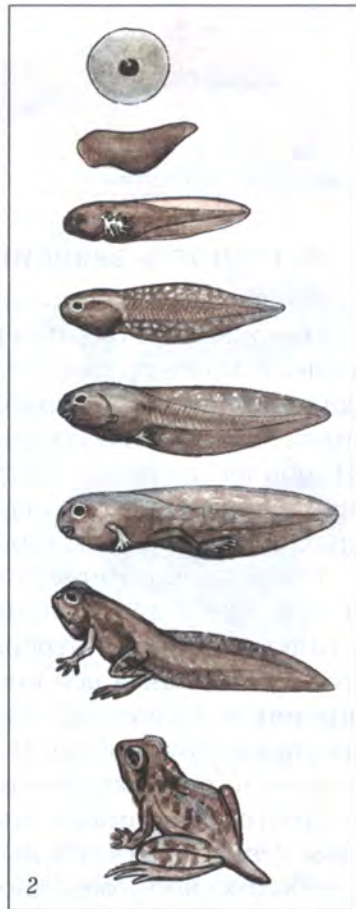
Вскоре наружные жабры исчезают, их заменяют жаберные щели с лепестками, прикрытые кожной складкой. На этой стадии у головастика двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Кислород поступает в кровь из жабр по трем передним дугам жаберных артерий, а также по кожной вене – с обширной поверхности хвоста. Основным продуктом выделения как у рыб – аммиак.

Через несколько недель начинается **метаморфоз** – превращение водной личинки в лягушонка, приспособленного к жизни на суше. Жабры зарастают, боковая линия исчезает, хвост постепенно укорачивается. Появляются конечности, из выпячиваний кишки формируются легкие, из четвертой (задней) жаберной артерии – легочный круг кровообращения... И так далее, в соответствии с основными этапами эволюции земноводных.

Отслужившие органы не «отваливаются» и не пропадают зря. Они разбираются на молекулы и уносятся кровью туда, где могут быть использованы для «строительства» новых органов.



В холодную погоду развитие головастиков надолго затягивается, а рост почти останавливается. Но если вода теплая и пищи в избытке, происходит быстрый рост, а метаморфоз откладывается. Американский тритон *амбистома* пошел еще дальше: он достигает взрослой стадии только при пересыхании водоема. Его личинка живет в воде и дышит наружными



Какому закону подчиняется развитие травяной лягушки?



3. Аксолотль –  
личинка амбистомы

жабрами (рис. 3). Если воды и пищи достаточно, гормоны тормозят ее развитие и вызывают половое созревание. Размножение на стадии личинки (*неотения*) явно имеет приспособительное значение.

### Активность зависит от тепла и влаги

Травяные лягушки проводят лето в сырых, тенистых местах, на влажной почве, под росистым пологом травы. Их окраска тускнеет, кожа грубеет, слизь на ней становится более вязкой. Сидя неподвижно, они наблюдают за движениями вокруг, всегда готовы схватить подходящее по размеру насекомое, паука, червя. Наиболее активны лягушки в сумерках и ночью, когда влажность воздуха повышается и они не испытывают трудностей с дыханием. Днем их можно встретить в дождливую погоду.

Реакции клеточного обмена веществ проходят с выделением тепла. Но у земноводных течение клеточных процессов не настолько активно, чтобы существенно повысить температуру их тела. Они, как и все низшие позвоночные, относятся к **холоднокровным** животным. Температура их тела полностью зависит от температуры среды. В сухом воздухе усиливается испарение с влажной поверхности их тела, и оно еще больше охлаждается.

Поэтому активная жизнь лягушек на суше ограничена периодом с температурой выше  $+10^{\circ}\text{C}$ . На зиму они прячутся на дне глубоких, непромерзающих прудов и ручьев, где проводят многие месяцы в оцепенении, без питания и легочного дыхания.

### Влажные тропики – рай для земноводных

В тропических лесах, где круглый год тепло и сыро, разнообразие класса **земноводных** наиболее велико.

К отряду *хвостатых амфибий* относятся древние представители класса (рис. 4). Они сохраняют хвост, а многие – и жабры в течение всей жизни, которую проводят в воде. Кожное дыхание развито у них очень сильно. *Безлегочные саламандры* совсем утратили легкие. *Протей* живет в подземных водах, в полной темноте. Его кожа лишена пигментов, глаза скрыты под кожей, конечности недоразвиты, а наружные жабры сохраняются всю жизнь.

Своеобразны *безногие амфибии* – *червяги*. Они живут в почве, лишены ног и действительно напоминают червей. У червяг внутреннее оплодотворение. В норах самки откладывают всего около 30 яиц, обвиваются вокруг них и обволакивают слизью, предохраняя от высыхания и других невзгод.

Наиболее разнообразен отряд *бесхвостых амфибий*. Они заняли не только наземную среду обитания, но и древесный полог тропического леса. Некоторые древесные *квакши* откладывают икру в воду, скопившуюся в пазухах крупных листьев. *Яванская летающая лягушка* приспособилась планировать между деревьями, расправив перепонки между пальцами. *Суринамская пипа* замечательна тем, что откладывает икру себе на спину. Головастики развиваются тоже на спине матери, каждый в своей ячейке, а выбираются, только став лягушатами.



### Наши скромные защитники леса



Из хвостатых амфибий почти по всей России встречается *обыкновенный тритон* (рис. 5). Тритонам свойствен *половой диморфизм*. Самцам их шикарный спинной плавник помогает дышать во время активных действий в сезон размножения. Летом тритоны продолжают водную жизнь, питаются мелкими беспозвоночными, а на зиму выбирают на сушу и забираются под мох или в трещины земли.

Из бесхвостых амфибий у нас, кроме травяной лягушки, встречаются и другие (рис. 6). *Прудовая* и *озерная лягушки* живут в постоянных водоемах – прудах, озерах, тихих реках – и очень привязаны к ним круглый год. Именно их голос мы называем кваканьем. Задние ножки этих лягушек считаются деликатесом.





Голоса *жаб, серой и зеленой*, напротив, напоминают приятную птичью трель. *Жабы* – наиболее сухопутные из земноводных, но их головастики тоже развиваются в воде. Они питаются слизнями и насекомыми, в том числе с неприятным запахом и вкусом, от которых отворачиваются другие потребители. В природе срок жизни земноводных редко достигает 10 лет, но известна серая жаба, прожившая в неволе 36 лет!

Иногда в мае, проходя мимо пруда, удастся услышать монотонные стоны. Существовало поверье, что так стонут души утопленников... Это *жерлянки*. Их удивительно красивое черно-оранжевое брюхо – предупреждение хищникам. При угрозе нападения жерлянка переворачивается вверх брюхом и выделяет едкую, ядовитую пену.

Размножение и развитие земноводных проходит в воде. При этом личинка в общих чертах повторяет превращения, пройденные предками. Земноводные требовательны к теплу и влажности среды, что ограничивает их распространение.

### Метаморфоз. Холоднокровность

1. Где и как размножаются земноводные?
2. Какой метаморфоз проходят земноводные?
3. Какие условия предпочитают земноводные?
4. Из каких этапов состоит годовой цикл известных вам земноводных?
5. Какую роль играют земноводные в экосистемах?
- 6\*. В чем различие размножения рыб и земноводных?
- 7\*. Какие черты размножения земноводных ограничивают их распространение?
- 8\*. Какие земноводные обитают в вашей области?
- 9\*. В чем и почему развитие головастика отклоняется от хода эволюции?

## § 44–45. ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ – ПЕРВЫЕ ХОЗЯЕВА СУШИ

Какие приспособления позволили земноводным жить на суше?

Как земноводные вдыхают воздух?

Что удерживает земноводных у воды?

Каких пресмыкающихся вы знаете?

**Проблема:** Как преодолеть зависимость размножения и развития от воды, а дыхания – от высокой влажности?



### Кто такие пресмыкающиеся?

**Пресмыкающиеся**, или *рептилии*, – это класс позвоночных животных, куда входят ящерицы, крокодилы, змеи, черепахи.



Какие качества конечностей улучшают их приспособленность для передвижения по земле?

По смыслу слова, *пресмыкающиеся* – это животные, тело которых волочится по земле (рис. 1).



Кому принадлежат эти покровы? Какие преимущества они дают их обладателям?

Другое название большинства пресмыкающихся – *чешуйчатые* – отражает особенности их покровов (рис. 2).



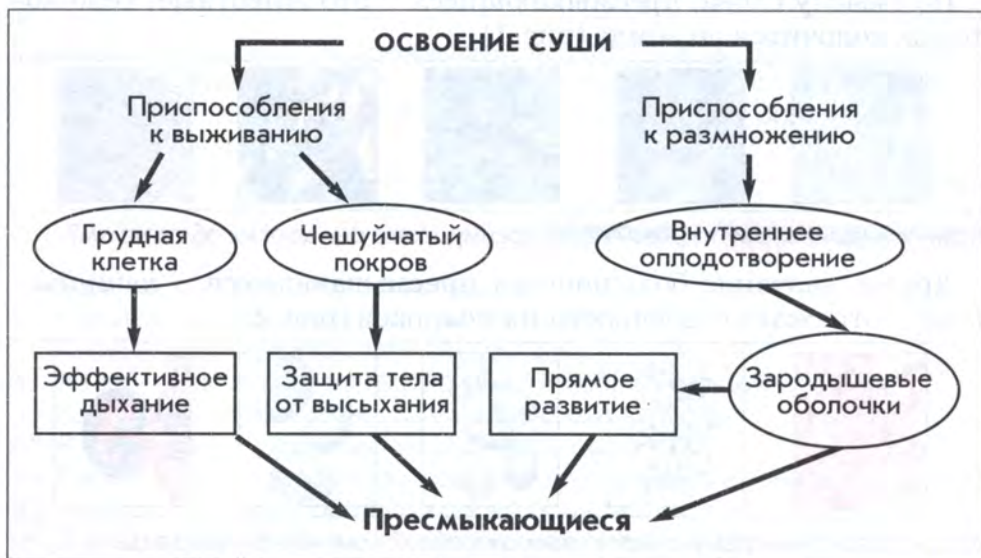
Кто из позвоночных размножается таким способом? Кому из них нужна вода?

Если бы названия давались «за заслуги в эволюции», их следовало бы назвать «совершившими революцию в размножении» (рис. 3).

Но мы обратим внимание на то, что пресмыкающиеся, возникнув более 300 млн. лет назад, широко распространились от берегов водоемов до внутренних частей континентов и в течение 200 млн. лет оставались абсолютными хозяевами в экосистемах суши.

Как и в случае с земноводными, предпосылкой стала возможность занять новую среду обитания с источниками пищи, которыми еще никто из позвоночных не воспользовался. На этот раз новую среду обитания создали сообщества голосеменных растений и их потребители – членистоногие. Преимущество получили те земноводные (других позвоночных на суше не было), которые смогли далеко и надолго уходить от водоемов.

Прежде чем это случилось, предки пресмыкающихся прошли бесконечную вереницу мельчайших наследственных изменений. Естественный отбор сохранял те из них, которые позволяли выжить и оставить больше потомков. Особенно ценными оказались отдельные признаки, послужившие основой для более глубоких приспособлений. В конце концов они привели к тем грандиозным преобразованиям, которые сделали возможным переход позвоночных к *выживанию и размножению вне водоемов*.



## Эффективное дыхание легкими

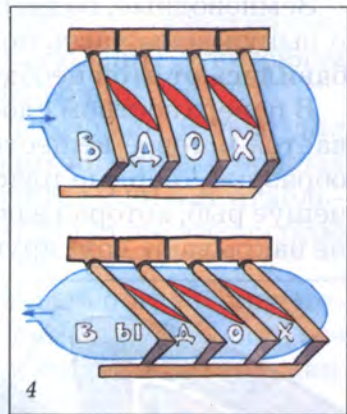
У пресмыкающихся между плечевым и тазовым поясом от позвоночника отходят длинные ребра. Они защищают туловище со спины и с боков, а в грудном отделе – еще и снизу. Здесь они срастаются с грудной клеткой и образуют грудную клетку. Часть сегментной туловищной мускулатуры приобретает твердую опору и превращается в межреберные мышцы (рис. 4).

Сокращение межреберных мышц вызывает расширение грудной клетки, а грудная клетка растягивает легкие. По трахее засасывается воздух, и происходит вдох. Когда межреберные мышцы расслабляются, происходит выдох.

Поверхность легких сильно увеличилась благодаря ячеистому строению. Ячейки – легочные пузырьки – густо оплетены капиллярами. Большое число капилляров позволяет получать большую порцию кислорода за один вдох.

Потоки крови, несущие кислород и углекислый газ, у пресмыкающихся разделяются лучше. Их сердце остается трехкамерным, но желудочек наполовину разделен перегородкой (рис. 5).

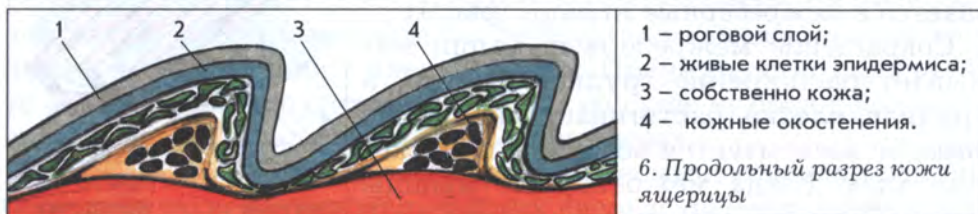
Кровь теперь выходит из сердца не по общему стволу, а по трем отдельным артериям. Легочная артерия отходит в правой части желудочка, где скапливается венозная кровь. Правая дуга аорты начинается в левой части желудочка, где она наполняется артериальной кровью. От правой дуги отходят сосуды к голове. Лишь левая дуга аорты отходит из центра желудочка и несет смешанную кровь. На спинной стороне обе дуги аорты сливаются и несут к органам туловища кровь, на 3/4 обогащенную кислородом. Таким образом, у пресмыкающихся органы получают больше кислорода, чем у земноводных. Поэтому подвижность животных возрастает.



## Защита тела от высыхания

Земноводные, поддерживая кожу влажной, теряют много воды и вынуждены часто пополнять ее запасы. Пресмыкающиеся избавились от этой необходимости, так как дышат только легкими.

В поверхностном слое *эпидермиса* пресмыкающихся откладывается роговое вещество (рис. 6). Клетки этого слоя отмирают и образуют твердые пластинки в виде **чешуй**. Они не гомологичны чешуе рыб, которая закладывается в глубине кожи. К тому же они не накрывают друг друга, как черепица, а смыкаются, как кафель.



Кожа пресмыкающихся сухая и почти не содержит желез. Зато в ней закладываются всевозможные защитные образования: щитки, шипы, когти. Эластичными остаются только узкие промежутки между пластинками. Такая кожа хорошо защищает от потери влаги даже в пустыне. Однако она мешает росту. Поэтому ящерицы и змеи периодически *линяют*: выползают из старой кожи и обновляют покровы за счет слоя живых клеток эпидермиса (рис. 7).



Экономия воды достигается также *почками*. Они выкачивают из мочи почти всю воду обратно в организм. Аммиак и мочеви́на превращаются в концентрированную, плохо растворимую и мало ядовитую *мочевую кислоту*, которая удаляется вместе с калом.

## Революция в размножении

Жизнь появилась в воде. Реакции обмена веществ происходят в водных растворах. Вода составляет большую часть любого организма. Индивидуальное развитие организма требует значительных затрат воды. Наконец, без воды невозможно движение сперматозоида и оплодотворение яйцеклетки.

Почему головастика для развития нужна хотя бы трехлитровая банка воды?

Именно поэтому даже у земноводных оплодотворение и развитие прочно связаны с водной средой. Преодоление этой связи пресмыкающимися – большой прорыв в эволюции.

Переход к размножению на суше был возможен только для животных, способных к **внутреннему оплодотворению**. У водных форм внутреннее оплодотворение встречается лишь в отдельных группах как средство сближения гамет. На суше этот способ стал *единственно возможным*.

Самцы пресмыкающихся имеют специальный орган в виде постоянного или временного выпячивания, с помощью которого семенная жидкость из семенников вводится в половые пути самки. Это позволяет уберечь сперматозоиды от высыхания и обеспечить им возможность движения. Навстречу им по яйцеводу спускаются яйцеклетки, образовавшиеся в яичниках. Там же, в яйцеводе, происходит и слияние гамет.

### Образование зародышевых оболочек

Вторая проблема размножения на суше – обеспечить зародыш запасом воды и других необходимых веществ.



Чтобы оценить сложность задачи, отправимся в поход. Возьмем с собой чай, сахар, бутерброды, а воду и дрова найдем на месте. А если наш поход – в пустыню? Воду и дрова придется брать с собой, причем их вес многократно превысит вес всего остального. Так же и масса яйца многократно превосходит массу икринки за счет желтка, состоящего в основном из жиров.

А жир – это, образно говоря, «сухая вода» и дрова в компактной упаковке. Химическое разложение жира дает зародышу воду и энергию, необходимую для развития.

Оплодотворенная яйцеклетка представляет собой крупный шарообразный желток с пятнышком зародыша на нем. Спускаясь по яйцеводу, яйцеклетка окружается **оболочками яйца**, из которых у пресмыкающихся наиболее выражена *пергаментная оболочка*. Она заменяет слизистую оболочку икры земноводных и предохраняет яйцо от внешних воздействий на суше. Такое *яйцо* откладывается самкой и начинает развиваться.

Зародышу для развития должно бы хватить наперстка воды. Но головастик, посаженный в наперсток, почему-то погибает...

Обеспечить жизнь и развитие зародыша «в наперстке» позволяют **зародышевые оболочки** – главное «достижение» пресмыкающихся. Эти оболочки вырастают из тканей самого зародыша во время развития (рис. 8).



Уже в начале развития зародыша из его тканей образуется внезародышевый пузырь, который постепенно окружает зародыш со всех сторон, как подушка безопасности при аварии автомобиля. Зародыш вместе с желтком оказывается подвешенным внутри яйца. Внешняя оболочка пузыря – **сероза** – создает противомикробную защиту. Внутренняя оболочка – **амнион** – ограничивает амниотическую полость, которая заполняется жидкостью. Она заменяет зародышу водный бассейн: предоставляет благоприятную среду и предохраняет от сотрясений.

Отрезанный от внешнего мира, зародыш мог бы задохнуться и отравиться собственными выделениями. Эти задачи решает еще один пузырь – **аллантаис**, который образуется из задней кишки зародыша и врастает в первый пузырь. Аллантаис принимает и изолирует все продукты выделения зародыша, а воду возвращает обратно. В стенках аллантаиса развиваются кровеносные сосуды, которые подходят к поверхности яйца и обеспечивают обмен газами через оболочки яйца. Таким образом, аллантаис одновременно играет роль зародышевого органа выделения и дыхания.

Внутри яйца создаются все условия для развития зародыша. Крупные размеры желтка надолго обеспечивают его питательными веществами. Те стадии, которые головастик проходит в воде, зародыш пресмыкающегося проходит в яйце. Вылупившийся детеныш готов жить на суше. От взрослого он отличается только меньшим размером и недоразвитой половой системой.

Такой тип развития, когда все превращения зародыша происходят до его появления на свет, а новорожденный уже похож на взрослого и не требует особых условий для жизни, называется **прямым развитием** (рис. 9).

Как мы выяснили, яйцо пресмыкающегося значительно крупнее икринки земноводного, но и вероятность его выживания выше. Соответственно, самка ящерицы может произвести значительно меньше таких яиц, чем лягушка – икринок. Крупные виды обычно откладывают 20–30, редко до 100 яиц, а мелкие ящерицы – по 1–2 яйца несколько раз за сезон.



### Приспособления к освоению суши

У пресмыкающихся выработались приспособления, необходимые для размножения и выживания на суше. Вместе с ними изменялись и те системы органов, которые отвечают за перемещение и ориентацию на суше.

Во-первых, хрящи, еще остававшиеся в скелете черепа и конечностей амфибий, у рептилий заместились костями. Изменилась и сама *структура костной ткани*. Она стала тонковолокнистой, более легкой и прочной.

Во-вторых, позвоночник четко разделился на пять отделов. *Шейный* отдел состоит из нескольких позвонков, причем первые два обеспечивают поворот головы в любую сторону. А это крайне важно для ориентации с помощью органов чувств, находящихся на голове. *Грудной* отдел через грудную клетку фиксирует плечевой пояс и дает опору передним конечностям. *Поясничный* отдел обеспечивает изгибы туловища, помогающие передвижению. Мощный *крестцовый* отдел состоит уже из двух позвонков и несет на себе пояс задних конечностей. Длинный *хвостовой* отдел обеспечивает балансирующие движения хвоста.

В-третьих, поскольку ротовая полость больше не участвует в газообмене, челюсти стали вытянутыми, более пригодными для своей основной функции – *захвата пищи*. Более сильные челюстные мышцы, прикрепленные к новым выступам на черепе, позволили значительно расширить пищевой рацион.

В-четвертых, усилились функции *органов чувств*. Глаза рептилий различают и подвижные, и неподвижные предметы. Фо-



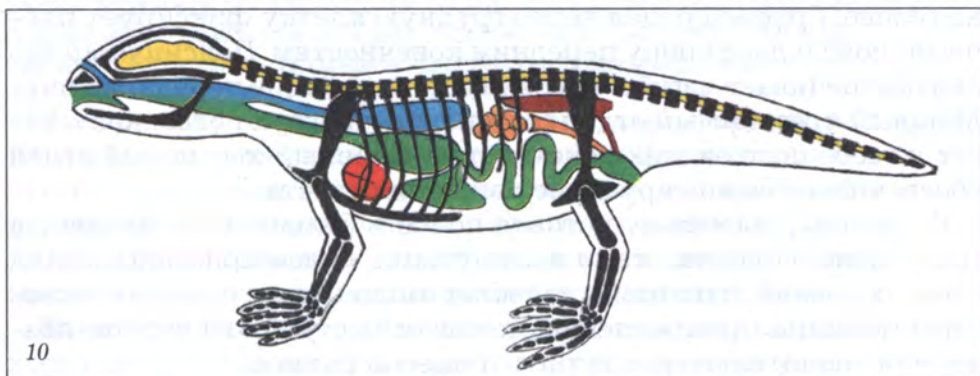
кусировка изображения происходит почти как у человека: с помощью искривления хрусталика. С многообразием других органов чувств, полезных в воздушной среде, мы еще познакомимся.

Наконец, в-пятых, важную роль сыграло развитие *головного мозга*. Особенно развит его передний отдел, отвечающий за сложные инстинкты, и мозжечок – координатор движений.

Легочное дыхание пресмыкающихся усилено с помощью грудной клетки. Их кожа избавлена от этой функции и защищает тело от высыхания. Революция в размножении дала возможность рожать детенышей, готовых к жизни на суше. Развитие органов движения и ориентации помогло освоить сушу.

**Грудная клетка. Роговые чешуи. Внутреннее оплодотворение. Оболочки яйца. Зародышевые оболочки**

1. По каким направлениям шло приспособление рептилий к жизни на суше?
2. Как пресмыкающиеся удовлетворяют потребность клеток в кислороде?
3. Какими способами рептилии экономят запас воды в организме?
4. Сравните развитие зародыша земноводных и пресмыкающихся.
5. Каковы отличия скелета и мускулатуры пресмыкающихся и земноводных?
- 6\*. Какое эволюционное будущее могло бы быть у земноводного, расширившего дыхательную поверхность за счет больших ушей?
- 7\*. Что следует за сокращением межреберных мышц: вдох или выдох?
- 8\*. Как развитие позвоночника может способствовать передвижению?
- 9\*. Нуждается ли зародыш в поступлении веществ из внешней среды?
- 10\*. Что легче: яйцо или новорожденное животное? Почему?



Найдите особенности пресмыкающихся, необходимые для жизни на суше.

## § 46–47. РАЗДЕЛЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Какие главные приспособления позволили пресмыкающимся освоить сушу?

С чем связано многообразие видов рыб?

**Проблема:** В чем причины разнообразия пресмыкающихся?

### 1000 способов стать лучшим

Первые пресмыкающиеся, еще похожие на хвостатых земноводных, отличались от них активным перемещением по суше и напоминали ящериц. Они не ждали приближения добычи, а сами разыскивали ее. Питание беспозвоночными позволяло прожить в местах, не слишком богатых пищей. Но не всякие жертвы доступны простому «собирателю»: одни из них спасаются бегством, другие защищаются, третьи сидят в недоступных местах, четвертые слишком велики...

Нельзя одинаково хорошо искать улиток и гоняться за пауками, так же, как невозможно одновременно собирать грибы и ловить бабочек. Среди потомков сходных, родственных животных естественный отбор оставлял лучших *специалистов*: более внимательных собирателей улиток или быстрых охотников.

Таким образом, животные, способные добывать пищу, недоступную для других, вознаграждались большей вероятностью выжить и принести потомство (рис. 1).



Какие жертвы более доступны для этих рептилий? Почему?

Пищевая специализация – одна из причин разнообразия пресмыкающихся, но далеко не единственная. Приспособления к передвижению помогают стать лучшим в местообитаниях, мало доступных для других. Можно стать лучшим ночным подстерегателем жуков в песчаной пустыне, а можно – лучшим ловцом рыбы в полете. Каждое из тысяч подобных сочетаний представляет собой отдельную *экологическую нишу* – особый способ существования, позволяющий лучше других использовать определенные ресурсы (пищу, убежища и т.д.) в определенных условиях. Возможность приспособиться и занять новые экологические ниши пресмыкающиеся получили благодаря преимуществам своего плана строения.

### Способы передвижения

Усилив конечности и подняв свое тело над землей, пресмыкающиеся достигли большой ловкости в передвижении по земле. Особенно выиграли те виды, у которых ноги оказались снизу тела, а не по бокам. Самыми быстрыми на земле стали динозавры, вставшие на две ноги: их передние конечности уменьшились, а тяжелый хвост придавал равновесие.

У древесных и скальных ящеров передние конечности не только помогали цепляться при прыжках, но и с образованием кожной складки на них стали служить для полета.

Другие рептилии перешли к питанию на мелководье: их конечности превратились в ласты. Наиболее совершенные пловцы приобрели удивительное сходство с рыбами. Развитая мускулатура и зубастые челюсти помогли им вытеснить некоторых хищных рыб и занять их экологические ниши.

Так развитие новых способов передвижения в мезозое привело пресмыкающихся к небывалому расцвету (рис. 2).



## Еда – непростое дело

Освоив в качестве пищи насекомых и других беспозвоночных, пресмыкающиеся перешли на своих собратьев. Чем крупнее хищник, тем легче он справится с жертвой. Поэтому плотоядность способствовала увеличению размеров животных и, конечно, увеличению размеров их зубов. Однако жевать они не могли, потому что пища во рту закрывала доступ воздуха из ноздрей в легкие. Так что зубы служили для захвата и разрывания добычи, которая потом проглатывалась целиком или крупными кусками.

Важное достижение рептилий – освоение растительных кормов, которые нетрудно найти. На границе тонкой и толстой кишки у них появилась **слепая кишка**. В ней содержались бактерии, расщепляющие растительную клетчатку. В мезозойскую эру рептилии были одними из главных потребителей растительности.

Растительноядным, чтобы не быть съеденными, приходится *защищаться*. Их арсенал – защитная окраска, толстая броня, шипы, колючки. Мезозойских гигантов защищали их размеры.

## Вся жизнь зависит от тепла

Температура тела пресмыкающихся, как и земноводных, зависит от температуры среды. Летом, по утрам, ящерицы и змеи выползают погреться на солнце, чтобы перейти в активное состояние. Пресмыкающиеся более подвижны, а во время движения работающие мышцы выделяют тепло. Поэтому в течение дня им удается поддерживать температуру тела высокой за счет работы мышц. Это, в свою очередь, позволяет быстро двигаться.

С приближением осени в средней полосе дневного тепла уже не хватает, чтобы перейти в активное состояние, и пресмыкающиеся впадают в спячку. Можно сказать, что их жизнь приостанавливается: обмен веществ замедляется, и животные могут обходиться без пищи многие месяцы.



Крупные ископаемые ящеры жили в более теплом и мягком климате мезозоя. Их тело было настолько велико, что обладало «инерциальной» теплокровностью: не успевало остывать при небольших похолоданиях. Благодаря этому они были *постоянно активны* и смогли занять такие экологические ниши, которые недоступны современным рептилиям.



3. Живородящая ящерица

Тепло требуется и для развития зародыша в яйце. Поэтому рептилии размножаются с наступлением теплого времени года и помещают кладку яиц в хорошо прогреваемой почве. Крокодилы специально наваливают поверх кладки кучу гниющих растений, которые выделяют тепло и ускоряют развитие зародышей. Для северных видов змей и ящериц характерно **яйцеживорождение**. Оплодотворенные яйца надолго

задерживаются в яйцеводах самки, которая не упускает случая погреться на солнце (рис. 3). Детеныши вылупляются из яиц в день откладки.

Зависимость от тепла ограничивает распространение рептилий. Поэтому эпоха их господства была связана с более теплым климатом на Земле. Зато рептилии хорошо переносят жару и сухость воздуха: ведь они надежно защищены от потери влаги. Современные рептилии занимают важное место в экосистемах жарких и засушливых природных зон.



Самый многочисленный современный отряд пресмыкающихся – чешуйчатые. В него входит более 6000 видов ящериц, змей и хамелеонов, обитающих в основном в тропических и экваториальных районах. Другой отряд – крокодилы – объединяет около 20 видов хищных рептилий, ведущих околоводный образ жизни. К самостоятельному отряду относят черепахи. Около 200 видов черепах обитают на суше и в воде. Наконец, отряд клювоголовые представлен всего одним вымирающим видом – *гаттерией*. Кроме современных, науке известно еще 13 вымерших отрядов рептилий, с сотнями видов в каждом.

### Современные «динозаврики»

Действительно, эра динозавров давно прошла. Их место в экосистемах заняли более совершенные теплокровные животные – звери и птицы. Но, оказывается, есть такие экологические ниши, где пресмыкающиеся не сдали своих позиций. Что же позволяет им до сих пор оставаться «лучшими из лучших»?

Во-первых, мелкие ящерицы, благодаря низкому уровню обмена, *поразительно мало едят*.

В холодное время года им вообще не нужно пищи, а летом они съедают одно-два насекомых в день, не больше. Они «охотятся» за солнечным теплом, которое частично заменяет им пищу. Поэтому даже на севере России на подходящем сухом пригорке можно встретить *живородящую ящерицу*. Это безобидное существо часто само становится жертвой. При попытке поймать ее за хвост, ящерица напрягает мышцы и отделяет его от тела, что помогает вовремя скрыться. В средней полосе России можно встретить также *прыткую ящерицу* и *веретеницу* (рис. 4). Последняя хоть и похожа на змею, но по многим гомологичным признакам, включая подвижные веки, относится к ящерицам.

Второе преимущество пресмыкающихся – *крайняя устойчивость к перегреву и обезвоживанию* – тоже связано с их низкими потребностями в пище.

В российских степях и пустынях разнообразие ящериц и других рептилий резко возрастает. В тропических пустынях, саваннах и лесах Старого Света обитают *круглоголовки* и *агамы*, в том числе лазающие по деревьям. В Новом Свете их заменяют

*игуаны*, среди которых есть и полуводные формы. В горах встречаются *гекконы*, лазающие по гладким скалам с помощью присосок на лапах (см. рис. 1).

Что еще сохраняет позиции рептилий в сообществах – это *изоляция на островах*, защищающая от теплокровных соперников.

Остров Комодо в Тихом океане – единственное место, где роль верховного хищника иг-



Веретеница

Прыткая ящерица

4



5. Комодский варан

рает ящерица – *гигантский варан*, достигающий 4 м в длину. Ударом хвоста он убивает оленя (рис. 5).



На небольших островах возле Новой Зеландии живет *гаттерия* – последний представитель отряда клювоголовых. Под кожей на темени у нее сохранился третий глаз. Подвижность некоторых костей черепа также говорит о мезозойской древности ее происхождения. Древние животные и растения, сохранившиеся лишь на небольшой части области своего прошлого распространения, называются *реликтами*. Своим существованием они помогают представить и лучше понять экологические условия прошлого.

### Ради чего змеи потеряли конечности?

Облик *змей* сформировался в густой переплетающейся растительности, где длинное извивающееся тело позволяло легче передвигаться. Потом оказалось, что этот способ хорош и на песке, и на дереве, и змеи расселились по всему земному шару.

Секрет их строения – длиннейший позвоночник (до 435 позвонков!) и подвижные ребра, снизу соединенные с брюшными щитками. С помощью межреберных мышц змея управляет волнообразными сокращениями и растяжениями брюшной поверхности, а поворот щитков обеспечивает сцепление. Кажется, что она «течет» по земле.

Кости челюстей соединены между собой тоже подвижно. Таким образом, все тело может растягиваться, чтобы проглотить очень крупную добычу, а потом хоть месяц искать следующую (рис. 6). Чтобы справиться с крупной жертвой, у змей возникли специальные орудия убийства – *ядовитые зубы*. Они крупнее других и связаны протоком со слюнной железой, которая вырабатывает яд.



6. Питон, проглотивший свинью



Змеи нередко охотятся в очень густой растительности или в темноте (ночью или в норах), поэтому зрение для них не так важно. Их веки срастаются в прозрачную пленку, которая заменяется при линьке. Зато у них остро развиты обоняние, осязание и вкус. Змеи (а также ящерицы) нащупывают дорогу

подвижным раздвоенным языком. И не просто нащупывают, а берут пробы веществ, к которым прикасается язык, и подносят их к верхнему нёбу. Там в углублении находится особый орган химического чувства, который может различать следы жертв «на вкус». У некоторых ночных охотников в ямках возле ноздрей есть термолокаторы. Они улавливают ими излучение тепла, как мы глазами свет. Слух у змей устроен так, что они улавливают колебания грунта лучше, чем колебания воздуха. Это позволяет им не только чувствовать шаги, но и улавливать подземные толчки накануне землетрясения. Жители гор определяют приближение землетрясения по массовому появлению змей из укрытий.



В средней полосе России, кроме ядовитой *гадюки*, встречается безвредный *уж*, которого легко узнать по желтым пятнам на голове (рис. 7). Среди змей, предпочитающих более теплый климат, широко известны ядовитые *кобра* и *гюрза*, а также неядовитые крупные *удавы* и *питоны*, которые душат свои жертвы.

Ядовитые змеи очень опасны. При укусе нужно попытаться выдавить яд из ранки и срочно обратиться к врачу. Он введет сыворотку, и человек выздоровеет. Но еще лучше — не дразнить змей и уметь отличать ядовитых. Они кусаются только для самообороны.

Лекарства на основе змеиного яда очень ценны. Их применяют при болезнях нервной системы, сердца и сосудов. Охотники за змеями истребили многие популяции ядовитых змей, которые теперь восстанавливаются под строгой охраной. Для получения яда змей разводят в специальных питомниках.



## Хамелеоны – невидимые стрелки

Цепкими лапами хамелеон медленно перебирается по тонким веткам. Заняв удобную позицию, он меняет окраску под цвет окружающего фона, затаивается и ждет. Его глаза двигаются каждый сам по себе, пока не заметят подходящую жертву. «Охотничье оружие» хамелеона – длинный клейкий язык, которым он метко сбивает насекомых на расстоянии (рис. 8).



8. Хамелеон ловит добычу

## «Стальные» челюсти

**Крокодилы** специализируются на добыче крупных животных на водоеме (рис. 9). Они прячутся под водой, высовывая только глаза и ноздри. У крокодилов есть *твердое небо*, отделяющее носовую полость от ротовой, что позволяет им дышать, даже когда во рту вода. Мощный уплощенный с боков хвост дает возмож-



9. Нильский крокодил

ность сделать бросок и схватить добычу. Длинные челюсти и мощная мускулатура помогают ее удержать и разорвать. Прочные зубы растут в отдельных углублениях – *альвеолах*. Челюсти крупного крокодила могут пробить пятимиллиметровую сталь.

## Черепашки – рептилии с двойным скелетом

Сухопутным черепахам некуда спешить, потому что они растительноядны. Зубов у них нет: срезать листья острыми краями челюстей даже удобнее. Приходится защищаться и носить на себе тяжелый панцирь – наружный скелет из массивных роговых чешуй (рис. 10). Они срослись с внутренним скелетом: позвоночником, грудиной и ребрами. Подвижны только шейный и хвостов-

10



Морская черепаха



Степная черепаха



Слоновая черепаха

вой отделы позвоночника, да мощные ноги, которые легко убираются под панцирь. Легкие для вдоха растягиваются плечевыми и тазовыми мышцами.

Морские черепахи более подвижны и крупны, ведь в воде лишний вес – не помеха. Они питаются рыбой и другими морскими животными. На долгие месяцы черепахи уплывают в океан, а на сезон размножения собираются на своем родном острове, проплывая тысячи километров и находя его без карты и компаса.

План строения пресмыкающихся открыл им огромные возможности приспособления. Они освоили широкое разнообразие способов передвижения, охоты, питания, защиты, маскировки и долгое время оставались важнейшими потребителями в экосистемах Земли. Однако зависимость от температуры среды в наше время сильно ограничивает их возможности. Разнообразие и численность пресмыкающихся сохраняются высокими в районах с жарким климатом.

### Слепая кишка. Яйцевиворождение

1. Какие способы позволяют пресмыкающимся добывать пищу, недоступную для других?
2. Какие новые способы передвижения возникли у пресмыкающихся?
3. Как некоторым рептилиям удается переваривать клетчатку?
4. В чем проявляется зависимость рептилий от температуры среды?
5. Что отличает представителей различных отрядов пресмыкающихся?
- 6\*. Почему специализированные потомки имели больше шансов выжить?
- 7\*. Приведите примеры экологических ниш древних и нынешних рептилий.
- 8\*. Почему рептилии не заняли экологическую нишу донного фильтрата?
- 9\*. Что позволяет рептилиям сохранять свои позиции в современном мире?
- 10\*. Как строение различных групп рептилий связано с их образом жизни?

## § 48. ПЛАТА ЗА НЕЗАВИСИМОСТЬ

На что используется энергия пищи?

Как активность амфибий и рептилий зависит от температуры окружающей среды?

В каких пределах изменяется температура человеческого тела?

**Проблема:** Почему леопард съедает больше, чем 10 крокодилов?



### Сильнее, быстрее, выше...

Вся жизнь животных – это непрерывное соревнование в борьбе за выживание и продолжение рода. Побеждает в нем тот, кто лучше приспособился: сумел убежать, догнать, заметить, опередить. Важнейшую роль в приобретении этих качеств играет **теплокровность**. Поэтому в современном мире среди позвоночных господствуют два класса теплокровных животных: *звери и птицы*.

### Чем теплее, тем лучше

В любой живой клетке скорость химических реакций зависит от температуры. С ростом температуры на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  их скорость возрастает примерно вдвое. Увеличивается скорость пищеварения, сердцебиения, мышечных сокращений. Улучшается проведение нервного возбуждения, острота зрения, работа мозга.



На каждую реакцию затрачивается энергия, которая получается из питательных веществ при окислении их кислородом. На графике (рис. 1) показано потребление кислорода колорадским жуком при различной температуре. Чем выше температура, тем больше нужно кислорода. Значит, быстрее идут и все жизненные процессы.



## Перегрев опасен для жизни

Чем теплее, тем лучше – только до известного предела. Как показывает тот же график, в жару рост активности колорадского жука замедляется. Оказывается, при температуре выше 45 °С происходит денатурация белков – необратимое изменение формы их молекул и потеря биологических свойств. Поэтому все животные боятся перегрева больше, чем охлаждения.

## Холоднокровные животные зависят от тепла

Если температура среды недостаточно высока, то лягушка не проявит должной прыти, чтобы поймать муху, а ящерица не заметит приближения теплокровного хищника – ежа. А если и заметит, то не сможет убежать от него.

Холоднокровные животные приспособились искусственно разогревать тело для повышения своей активности. Ящерица находит солнечное место, чтобы нагреться. Ночная бабочка несколько минут «дрожит», напрягая летательные мышцы. Только когда от их сокращения температура повысится до 35 °С, бабочка сможет полететь за нектаром. Но и ящерица, и бабочка рискуют быть съеденными раньше, чем достигнут нужной активности.

Еще важнее то, что при недостатке тепла холоднокровные организмы неспособны нормально расти, развиваться и размножаться. Отсюда понятны их высокие смертность и плодовитость.

## Теплокровные животные греют себя сами

**Птицы и млекопитающие – теплокровные животные.** Они способны поддерживать температуру тела на *постоянном, оптимально высоком уровне*. У большинства зверей она составляет 36–38 °С, у птиц – 39–41 °С, до 44 °С у самых мелких представителей. Такая температура поддерживается *независимо* от того, холодно вокруг или жарко, активно животное или спит.

Постоянство температуры достигается *внутренней терморегуляцией*. Управляет ею специальный центр в промежуточном мозге. Как только температура тела начинает снижаться, организм автоматически «сжигает» питательные вещества и вырабатывает дополнительное тепло. Если температура повышается, животное расходует дополнительные силы на охлаждение.

## Маленьким труднее

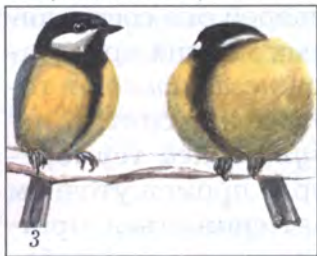
Тепло, согревающее организм, выделяется всем телом, а уходит через поверхность. У мелких животных на каждый грамм тела приходится большая площадь поверхности и теряется больше тепла. Чтобы поддерживать постоянную температуру, каждый грамм их тела должен произвести больше тепла. Поэтому уровень обмена у мелких животных должен быть значительно выше (рис. 2).



Так оно и есть. Это наглядно показывает зависимость затрат кислорода от размеров. Если бы у быка обмен веществ был, как у мыши, его температура достигла бы 100 °С. А мышь с бычьим обменом веществ для сохранения тепла должна была бы иметь мех длиной не меньше 20 см.

## Преимущества и недостатки теплокровности

Постоянные условия внутри организма позволяют настроить все органы на наилучший режим работы независимо от изменчивых внешних условий. Это особенно важно для работы органов чувств и центральной нервной системы. Поэтому поведение теплокровных животных намного усложнилось и позволило быстрее находить пищу, избегать хищников, строить гнезда, норы, тропы, плотины, то есть изменять среду для своих потребностей.



Почему спящая птица поднимает перья?

Но у теплокровности есть большой недостаток: она крайне расточительна. Даже в состоянии покоя животное вынуждено поддерживать постоянную температуру и тратить много энергии на терморегуляцию. Поэтому теплокровное животное потребляет во много раз больше пищи. Такой темп жизни могут «позволить себе» только высокоорганизованные животные — млекопитающие и птицы.

## Как сократить затраты энергии на терморегуляцию?

Трудно сохранить чай горячим в стакане, легче – в термосе. У животных роль стенок термоса играют покровы тела. Покровы теплокровных выглядят совершенно иначе, чем холоднокровных: это густой мех или пушистые перья (рис. 3). Они окружают тело слоем неподвижного воздуха, который почти не проводит тепло. В жару перья или шерсть могут прижиматься к телу. Прослойка становится тоньше и пропускает лишнее тепло, если оно выделяется, например, при работе мышц.

Водным животным такие покровы подходят, только если они не промокают. Поэтому многие из них предпочитают защищаться от потерь тепла подкожной прослойкой жира. Однако лапы птиц и ласты зверей не имеют такой защиты. Через них терялось бы много тепла, если бы не особое расположение артерий и вен, снабжающих кровью эти части тела. Сосуды так плотно прижаты друг к другу, что обмениваются теплом через стенки еще внутри тела (рис. 4). Поэтому конечности охлаждаются, а тело – нет.



4. Плавник дельфина

Большую роль играет также сжатие и расслабление подкожных сосудов. В жару наша кожа краснеет: сосуды расширяются и выносят лишнее тепло на поверхность. На холоде кожа белеет и охлаждается, так как сосуды сужаются, предохраняя от охлаждения внутренние органы. Но на морозе щеки и нос снова краснеют: так сосуды предотвращают обморожение.

Испарение воды поглощает энергию. В жару это помогает избежать перегрева. Обезьяны и человек испаряют пот с поверхности тела. У собак нет потовых желез, они испаряют воду с языка и слизистой оболочки рта (рис. 5). Так же поступают в жару и птицы. Кроме того, развитый мозг «подсказывает» им, где можно укрыться от жары.



5

## Как возникла теплокровность?



Теплокровность – сложное явление. Оно не могло возникнуть вдруг. Предполагают, что в теплом климате крупные рептилии поддерживали высокую температуру тела за счет подвижности. Одни из них были хищниками, другие – их жертвами. Мелкие жертвы меньше интересовали хищников. Особое преимущество получали те из них, которые сохраняли прежнюю активность за счет дополнительного выделения энергии на согревание. Зачатки теплоизолирующего покрова оказались им как нельзя более кстати и получили свое развитие. Дальнейшее уменьшение размеров при сохранении температуры тела на том же уровне привело к настоящей теплокровности – способности поддерживать высокую температуру тела независимо от двигательной активности.

Птицы и млекопитающие – теплокровные животные. Температура их тела постоянно поддерживается на высоком уровне. Их организм приспособлен вырабатывать недостающее тепло, а в жару – защищать от перегрева. Но для этого требуется много пищи и кислорода. Особые покровы позволяют им экономить тепло. Внутренние органы, работающие при постоянной температуре, могут достичь высокого совершенства.

### Теплокровность. Терморегуляция

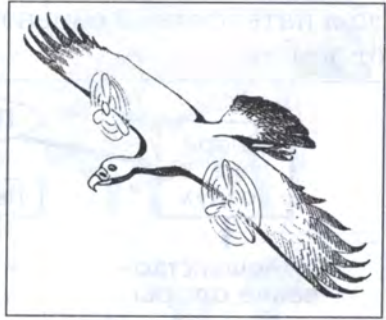
1. Чем отличаются условия работы внутренних органов птиц и рептилий?
2. В чем недостатки холоднокровных и теплокровных животных?
3. Как различные животные регулируют температуру на холоде?
4. Как различные животные регулируют температуру в жару?
5. Как могла сформироваться теплокровность в эволюции?
- 6\*. Почему у мелких животных более интенсивный обмен веществ?
- 7\*. Объясните значение «разминки» при тренировке спортсменов.
- 8\*. Почему у северных зверей короткие уши?
- 9\*. Почему насекомые не бывают слишком большими?
- 10\*. Почему предполагают, что теплокровность возникла у крупных животных?

#### Лабораторная работа. Потери тепла через поверхность

1. В начале урока залейте горячей водой (предварительно ополоснув доньшко!) 4 банки: 1 трехлитровую и 3 поллитровых. Одну из поллитровых банок оберните полотенцем или газетами, другую – мокрой салфеткой. Во время урока смачивайте ее водой комнатной температуры.
2. В конце урока оцените теплотери каждой банки и сделайте выводы о причинах различий.

## § 49–50. РОЖДЕННЫЕ ДЛЯ ПОЛЕТА

Специализация каких органов позволила пресмыкающимся поделить среду обитания?  
Какие особенности обмена веществ ограничивают распространение рептилий?  
Какие покровы у пресмыкающихся?



**Проблема:** По каким принципам устроены птицы – живые летательные аппараты?

### Предки птиц – пресмыкающиеся

Класс птиц обособился от рептилий в середине мезозоя, около 170 млн. лет назад. Освоив полет, они открыли для себя ресурсы пищи, мало доступные с земли. Крылья помогли им заселять места, временно богатые пищей, и избегать неблагоприятных условий.



1. Археоптерикс

Одна из первых птиц, известная нам по ископаемым остаткам, – *археоптерикс* (рис. 1). Он был размером с сороку, прыгал по веткам и мог легко спланировать с одного дерева на другое. Его перья почти не отличались от перьев современных птиц, но все остальные черты говорили о том, что археоптерикс – фактически, рептилия. Очевидно, возникновение **перьев** было первым и важнейшим приспособлением к полету. Позднее оно повлекло за собой все остальные – по принципу положительной обратной связи между структурой и функцией.

Какие черты роднят археоптерикса с рептилиями?

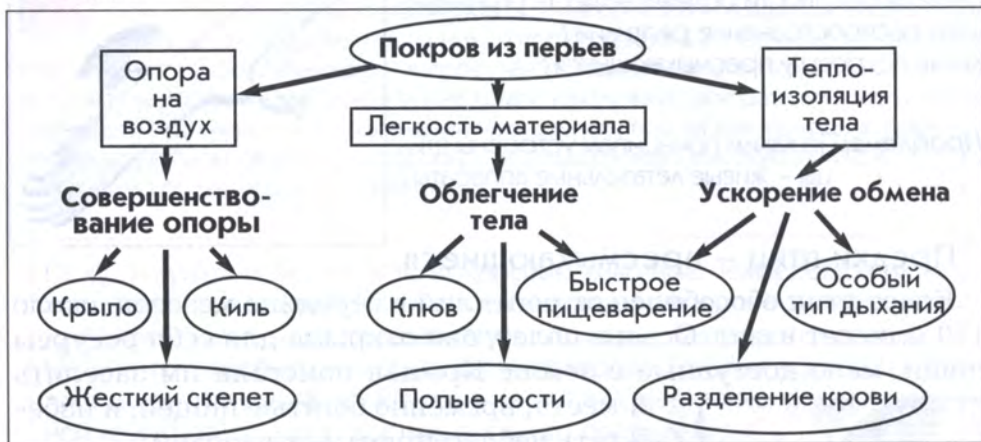


Такие приспособления, которые меняют образ жизни их обладателя и служат причиной более глубоких приспособлений к нему, называют **ключевыми адаптациями**.

**Адаптация**, или приспособление, – устойчивое свойство, дающее преимущество в борьбе за существование в определенных условиях среды.



Воздух имеет низкую плотность. Поэтому, чтобы взлететь, птицам нужны крылья для надежной опоры на воздух, легкое тело и интенсивный обмен веществ, чтобы хватило сил оторваться от земли.



## Перо – ключевая адаптация птиц

Маховое, рулевое, покровное и пуховое перо.

Рассмотрим перо повнимательнее (рис. 2). Сквозь него хорошо видно: перо ажурное, а не сплошное. Попробуем помахать им – и почувствуем сопротивление воздуха. Перо *отталкивает* воздух не хуже, чем если бы было сплошным. Но оно ажурное, а значит – *легкое*. Перо удерживает воздух, который хорошо *сохраняет тепло тела*. Таким образом, покров из перьев создает возможность опоры на воздух, легкость конструкции и теплоизоляцию, позволяющую экономить энергию для полета.



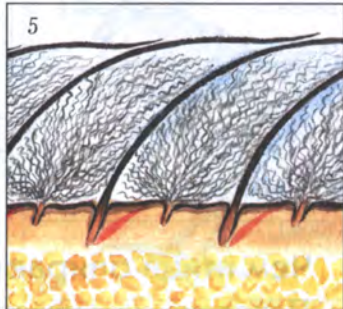
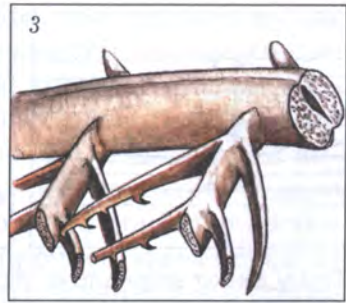
Перо произошло из рассеченной чешуи рептилий и образовано из рогового вещества. Оно состоит из упругого *стержня*, который *очинком* прикрепляется к коже, и мягкого *опухала*. Перо имеет три уровня ветвления (рис. 3): от стержня пера отходят *бородки*, от них – более мелкие *бородочки*, а от них, в свою очередь, –

мельчайшие *крючочки*. Крючочки, цепляясь друг за друга, соединяют все элементы пера в сплошное опахало. (Таким образом, птицы «придумали» застежку «липучку» более 100 млн. лет назад.)

Такое строение имеют *контурные* перья. По назначению среди них различают большие перья крыла – *маховые*, хвоста – *рулевые* и мелкие покровные перья. Они растут не по всему телу, а только на полосах – *птерилиях* (рис. 4). Несмотря на это, наружные части перьев перекрываются, как черепица, и образуют сплошной покров, очень гладкий снаружи, обтекаемый для воздуха и для воды.

Под покровом из контурных перьев по всей коже разбросаны мелкие *пуховые* перья. Их стержень короткий, бородачки пушистые, без крючочков. Они играют в покрове ту же роль, что и набивка в одежде (рис. 5).

Перо удерживается в кожной *перьевой сумке*, к которой подходят мышцы, поднимающие перо и питающие кровеносные сосуды. Раз или два в году у птиц бывает *линька* оперения. На дне сумки появляется зачаток нового пера, которое быстро растет и выталкивает старое, изношенное.

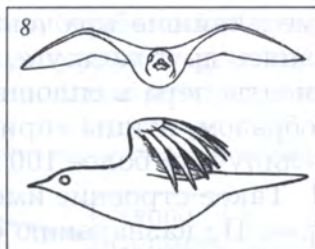
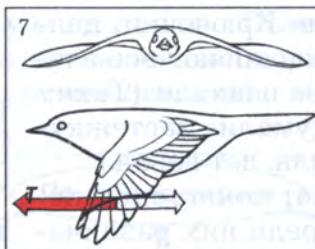
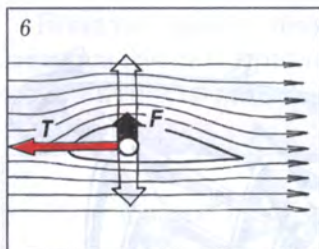


Найдите элементы покрова, отмеченные в тексте.

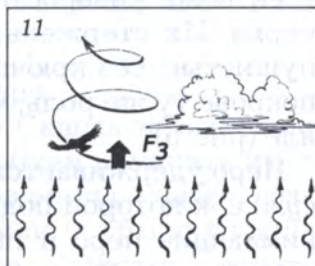
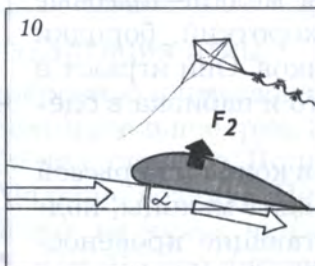
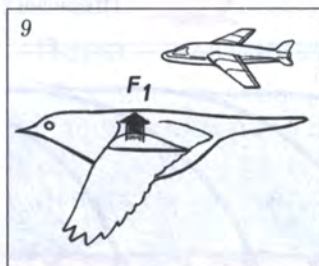
## Как птица летает?



Проведем простой опыт. Приложим ленту или полоску плотной бумаги к струе воды из крана, а затем отведем ее назад. Струя «присасывается» полоску, и тем сильнее, чем больше скорость (внизу струи)! Рассмотрим полет самолета. Пропеллеры образуют *силу тяги Т*, которая движет самолет вперед. Тогда струи встречного воздуха, огибая выпуклое крыло, создают *подъемную силу*. Струи над крылом проделывают больший путь, чем под крылом (рис. 6). Следовательно, их скорость выше, и «присасывающая» сила больше тянет вверх, чем вниз. Их разность и образует *подъемную силу F*.

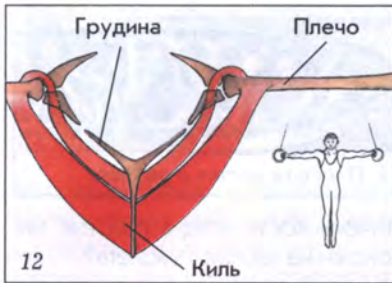


Птицу движут вперед тоже «пропелеры»: так называют концевые, гибкие части крыла. Опуская крыло, птица с силой «загребает» воздух. Перья, опираясь друг на друга, складываются в единую плоскость и отбрасывают воздух назад, как лопастью пропелера (рис. 7). При подъеме крыла перья слегка разворачиваются и свободно пропускают воздух (рис. 8). В то время как «пропелеры» создают силу тяги  $T$ , основная часть крыла, выпуклая, как у самолета, образует подъемную силу  $F_1$  (рис. 9). Если птица на лету слегка приподнимет передний край крыла и увеличит «угол атаки»  $\alpha$  (рис. 10), то из сопротивления встречного воздуха возникнет сила  $F_2$  – та же, что держит воздушный змей. Птица поднимется выше. Парящие в высоте орлы (рис. 11) используют еще одну силу  $F_3$  – силу восходящих потоков воздуха, которая поднимает облака.



### Чем птица опирается на воздух?

Передние конечности птицы видоизменены и приспособлены для полета. Птица опирается на воздух **крыльями**, как гимнаст – на кольца руками (рис. 12). С крыльями соединена грудная клетка, а с ней – остальные части тела. Понятно, что самой сильной мышцей должна быть та, которая опускает крыло вниз, – *большая грудная*. Одним концом она прикреплена к плечевой кости, другим – к особому выросту грудины – **килю**. Интересно, что и мышца, поднимающая крыло, расположена снизу тела, прямо на грудине, но ее сухожилие подходит к плечу сверху. У хороших летунов грудные мышцы составляют до половины веса тела! Их расположение смещает центр тяжести вниз, что важно для устойчивого полета.



Найдите на рисунке и объясните работу большой и малой грудных мышц.

Грудина, ребра, позвоночник и пояс передних конечностей прочно соединены связками, суставами и мышцами (см. рис. 12). Вместе они образуют надежный каркас «летательного аппарата». Позвонки грудного отдела слились в сплошную *грудную кость*. Крылья стали прочнее за счет сращения костей пясти и запястья в пружку, к которой прикрепляются самые длинные перья (рис. 13).

### Запасная пара конечностей

На земле птицы вынуждены использовать другие конечности – и опять всего одну пару! Поэтому и в задней части тела многие кости срослись для прочности. Поясничные, крестцовые и часть хвостовых позвонков объединились с тазом в **сложный крестец**. Последние хвостовые позвонки срослись в *копчиковую кость*, на которой веером закреплены рулевые перья.

Чтобы приблизить опору к центру тяжести, колени птиц постоянно прижаты к телу. Поэтому ноги удлинены за счет дополнительного рычага – *цевки*. Она образована сращением и вытягиванием костей плюсны и предплюсны (см. рис. 13).



Найдите соответствие между частями конечностей птицы и человека.

### В полет – ничего лишнего

Обладая удивительной прочностью, скелет птиц *чрезвычайно легок*. Длинные кости представляют собой *полые трубки* (рис. 14), а плоские – пару тонких пластин с распорками между ними.

Вместо тяжелых зубастых челюстей у птиц – очень легкий **клюв** из рогового вещества. Обе половинки клюва соединены с черепом подвижно. Благодаря этому птицы способны и ювелир-

но обрабатывать мелкие семена, и раскалывать орехи, твердые, как камень. Шейный отдел позвоночника – наиболее подвижный – позволяет пользоваться клювом, как рукой.



14. Плоская кость в разрезе

Почему кости птиц в разрезе так похожи на каркас самолета?

## Любители быстрой еды

Как известно, летательным аппаратам нужно много топлива, причем лучшего качества. Насекомоядные виды без еды не могут прожить и дня. Переваривание пищи у птиц происходит быстрее, чем у любых других животных, и с наибольшим эффектом.



В клюве с семян sluциваются оболочки, пища размягчается и смачивается слюной. По пищеводу она достигает желудка, который состоит из двух отделов (рис. 15). В *железистом отделе* происходит химическая обработка ферментами. Следующий, **мускульный отдел** содержит специально заглоченные камешки, которые фактически заменяют птице зубы. В этом «жевательном» отделе пища тщательно перетирается механически.

Переработанная пища проходит сквозь длинный кишечник, где все полезное, включая воду, всасывается в кровь. Весь процесс пищеварения обычно занимает 20–30 минут. Прямая кишка у птиц очень коротка, и непереваренные остатки в организме не задерживаются и не снижают способность к полету.

## Самое эффективное дыхание

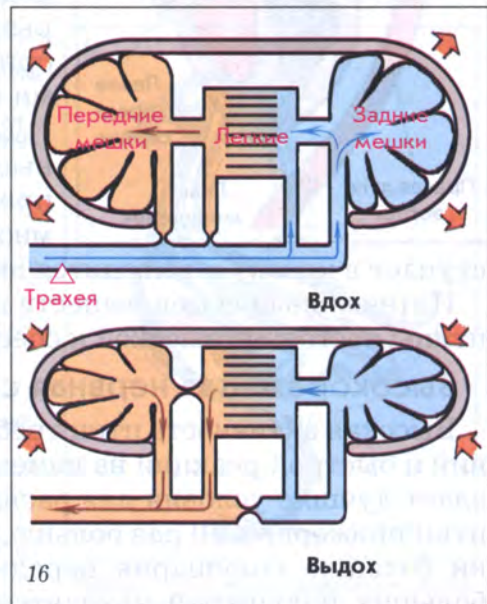
Дыхательная система птиц устроена весьма своеобразно. Воздух, попав в трахею, дальше проходит по их организму *кольцевой путь*. Свежий воздух поступает в **задние воздушные мешки**, потом отдает кислород в **легких** и, наконец, через **передние воздушные мешки** отработанный воздух удаляется снова по трахее (рис. 16).



Газообмен с кровью происходит только в легких, которые состоят из сквозных трубочек-*парабронхов*, оплетенных капиллярами. Стенки парабронхов имеют сложное складчатое строение. Поэтому, несмотря на небольшие размеры легких, площадь поверхности для газообмена у птиц намного больше, чем у рептилий.

Воздушные мешки – тонкостенные эластичные пакеты, непроницаемые для газов. Они расположены между внутренними органами и под кожей, пронизывая все тело от шеи до хвоста, а их выросты заходят даже в крупные кости. На вдохе, когда стенки тела расширяются, все мешки засасывают воздух, а когда тело сжимается – выталкивают. Дыхательные пути пережимаются или открываются таким образом, что и на вдохе, и на выдохе поток воздуха через легкие возможен только в одну сторону – из задних мешков, где он богат кислородом, – в передние (см. рис. 16).

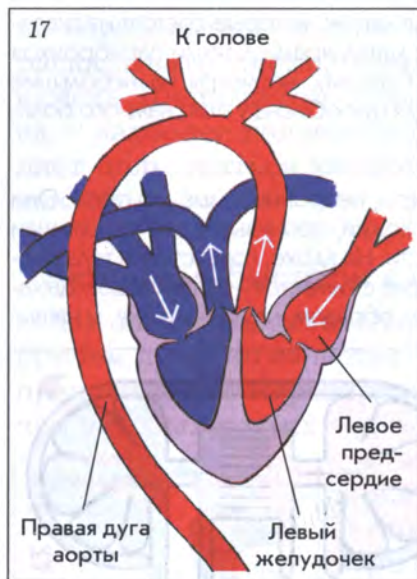
Таким образом, свежий воздух продувается сквозь легкие постоянно, поэтому газообмен в них происходит с удвоенной скоростью. В спокойном состоянии птица совершает дыхательные движения грудной клеткой. В полете качать воздушные мешки помогают мышцы крыльев и брюшной стенки. Воздушные мешки отводят лишнее тепло от работающих органов и в полете служат «радиаторами охлаждения».



## Самое совершенное кровообращение

Перегорodka полностью разделяет сердце птиц на 4 камеры: правое предсердие и правый желудочек наполняются только венозной кровью, левое предсердие и левый желудочек – чистой артериальной кровью.

Птицы утратили левую дугу аорты, в которой смешивалась кровь у рептилий. Так что от сердца кровь выходит по двум сосудам. От правого желудочка легочная артерия уносит венозную кровь по малому кругу кровообращения. Обогатившись кислородом, она возвращается в левое предсердие. Из левого желудочка



эта кровь по единственной (правой) дуге аорты начинает большой круг. По нескольким венам венозная кровь входит в правое предсердие.

Сердце птиц крупное и сильное. Частые сокращения ускоряют ток крови. Красные клетки крови – эритроциты – мелкие, многочисленны и поэтому переносят больше кислорода. Все это обеспечивает непрерывное и быстрое насыщение всех органов кислородом и питательными веществами.

Так же быстро выносятся ненужные продукты обмена. В почках они превращаются в мочу, содержащую много *мочевой кислоты*. Моча посту-

пает в клоаку и выводится вместе с пометом.

Интенсивный обмен веществ поддерживает температуру тела птицы постоянно высокой и обеспечивает способность к полету.

### Высокоразвитая нервная система

Высокая активность птиц требует четкой координации движений и быстрой реакции на изменения среды. Теплокровность создает лучшие условия для развития мозга. Поэтому его объем у птиц примерно в 10 раз больше, чем у рептилий. Особенно велики большие полушария переднего мозга и мозжечок. Внутри больших полушарий находятся *полосатые тела* – скопления нервных клеток, ответственных за сложное поведение птиц. В их жизни наряду с инстинктами важнейшую роль играет *обучение*.

У птиц основной орган чувств – *зрение*. Глаза хищных птиц составляют 3–5% от массы тела и позволяют заметить добычу на расстоянии километра. Поле зрения каждого глаза так велико, что создает возможность кругового обзора без поворота головы.

У многих уток и куликов образуется область бинокулярного зрения не только впереди, но и сзади, что позволяет одновременно кормиться и отслеживать приближение хищника.

Не менее важен для птиц и *орган слуха*. Уши совы, расположенные под перьями по бокам широкой головы, позволяют ей

определить направление на жертву с точностью до  $1^\circ$ . Обоняние у птиц развито ничуть не меньше, чем у рептилий.

Перьевой покров – ключевая адаптация птиц к полету и теплокровности. Изменение конечностей, развитие прочного и легкого скелета, ускорение пищеварения, появление особого типа дыхания, полное разделение двух кругов кровообращения, усложнение мозга и органов чувств позволили им стать самыми совершенными летающими животными.

### Перо. Крыло. Киль. Клюв. Воздушные мешки

1. Какую роль в становлении класса птиц сыграл перьевой покров?
2. Каково строение перьевого покрова? Какие преимущества оно дает?
3. Какие особенности скелета и мускулатуры обеспечивают взмах крыла?
4. За счет чего птицы повысили скорость обмена веществ?
5. Почему у птиц мозг значительно больше, чем у рептилий?
- 6\*. Почему вымерли птерозавры?
- 7\*. Как изменился скелет птиц по сравнению с предками?
- 8\*. Как птицы летают?
- 9\*. Как птицы дышат?
- 10\*. Почему птицы поддерживают температуру тела столь высокой?



Найдите основные адаптации птиц к полету.

#### Лабораторная работа. Скелет и покровы птиц

1. Среди костей вареной курицы найдите грудину и зарисуйте ее поперечный профиль. Обозначьте место прикрепления грудных мышц.
2. Попробуйте разрезать вдоль или разломать бедренную кость курицы. Зарисуйте и объясните ее внутреннее строение.
3. Помашите пером, как птица в полете, несильно сжимая пальцы. Убедитесь, что перо пытается развернуться между пальцами. Объясните значение неравенства опахал по разные стороны от стержня пера.
4. Рассмотрите маховое перо курицы, вороны или голубя. Под лупой найдите бородки, бородочки и крючочки. Что помогает поддерживать целостность опахала?
5. Рассмотрите пуховое перо. Какие элементы контурного пера у него отсутствуют?



## § 51. ПОД МАТЕРИНСКИМ КРЫЛОМ

Какие выгоды дает внутреннее оплодотворение?  
Какую роль играют оболочки, окружающие яйцо  
и зародыш в нем?

Почему пресмыкающиеся не насиживают яйца?

**Проблема:** Почему птицы не откладывают столько яиц, сколько пресмыкающиеся?



### Лучше меньше, да лучше

Птицы произошли от пресмыкающихся и сохранили их важнейшие приспособления к размножению на суше: внутреннее оплодотворение, защитные оболочки яйца и зародыша. Птицы откладывают, как правило, не более 20 яиц за сезон размножения, а некоторые виды обходятся всего одним-двумя. Зато уж это яйца высокого качества: и по строению, и по размеру.

Птичье яйцо (рис. 1) отличается большим запасом питательных веществ в желтке и воды – в белковой оболочке. На скрученных нитях из белка – *халазах* – желток подвешен так, чтобы зародыш всегда находился сверху, поближе к телу матери. Яйцо покрывает твердая известковая скорлупа, пронизанная тонкими воздушными порами. Она не только защищает яйцо, но и служит источником кальция для построения скелета зародыша.



Найдите детали строения яйца.



Яйцо африканского страуса весит около 1,5 кг, но и сама птица – почти 100 кг. Гораздо внушительнее относительные размеры яиц наших мелких птиц – королек и пеночек. Каждое яйцо составляет до 20% массы самки. На его формирование уходит около суток, а также большая часть питательных веществ, полученных за день с пищей, да еще запасы жира и кальция, накопленные заранее. Вся кладка, отложенная за несколько дней, может быть больше массы самой птички. Конечно, такие крупные яйца могут формироваться только по очереди. Поэтому у самок птиц, в отличие от рептилий, только один яичник – левый.

## В чем проявляется забота о потомстве?

Все птицы заботятся о продолжении рода таким образом, чтобы за свою жизнь с наибольшей вероятностью вырастить хотя бы двух крепких, приспособленных ко всему потомков, которые надежно займут их место в популяции. Но не всем это удается.

Забота о потомстве начинается с выбора подходящего гнездового участка, который сможет обеспечить кормом всю семью в течение периода размножения. В укромном месте птицы строят **гнездо**, недоступное или хотя бы незаметное для хищников. Оно должно быть достаточно прочным и защищать от холода и сырости. Отложенные яйца птицы **насиживают** – обогревают теплом своего тела. Мелкие птицы насиживают около 2 недель, крупные – месяц и больше. В конце насиживания птица перестает нормально питаться, лишь бы не охладить кладку. Родившиеся птенцы тоже нуждаются в обогреве. Обычно еще дольше они нуждаются в **выкармливании**. Покинув гнездо, птенцы пытаются искать пищу. Но нужно немало времени, чтобы они путем подражания и накопления опыта научились кормиться сами. Родители терпеливо помогают им и в этот период.

## Два типа развития птенцов

Представим новорожденных цыплят или утят (рис. 2). Они рождаются зрячими, покрытыми густым пухом. Через несколько часов выводок уже покидает гнездо. Мать первые дни помогает птенцам согреться на отдыхе, оберегает, водит по местам, богатым пищей, а кормятся они сами. Такой – **выводковый** – тип развития имеет большинство наземных и околородных птиц.



Утенок, гусенок или цыпленок запечатлевает подвижный предмет, который видит в первый день своей жизни, как свою мать. «Она накормит, защитит, обогреет: за ней надо следовать и подражать». И если, например, гусыню в этот момент заменить на собаку, гусята будут ходить за ней по пятам, пока не вырастут. Но стоит гусятам пробыть с матерью хотя бы дня три, – и они всегда узнают ее среди тысяч других гусей.

У голубей, дятлов, воробьиных птиц – **птенцовый** тип развития (рис. 3). Птенцы рождаются голыми, слепыми, совершенно беспомощными: умеют только выпрашивать корм. Они остаются в гнезде еще столько же, сколько длилось насиживание, и требу-



2. Выводковый тип развития



3. Птенцовый тип развития

Какой тип развития кажется вам более древним?

ют большей заботы. Такие птенцы дольше остаются холодно-кровными. Зато им не приходится тратить энергию на обогрев, и вся пища расходуется на рост. Они покидают гнездо оперенными, достигшими размеров взрослых птиц и способными к полету. Хотя родители и продолжают их опекать, эти птенцы в результате оказываются более развитыми, чем выводковые в том же возрасте.

### Разделение родительских обязанностей

Размножение – наиболее ответственный период в жизни птиц. Его успех зависит от того, насколько родители приспособлены к выполнению своих обязанностей. Неодинаковая роль родителей выражается и во внешнем их различии – половом диморфизме.

Самки откладывают яйца и проводят у гнезда больше времени. Поэтому естественный отбор закрепил у них покровительственную окраску и скрытное поведение. На время насиживания на груди и брюхе у самки выпадают перья и развивается **наседное пятно**, где горячая кровь поступает в крупные подкожные сосуды. Обмен веществ самки приспособлен к очень большим затратам энергии и быстрому их восполнению.

В обязанности самца у большинства птиц входит охрана гнездового участка, который в этом случае называется **территорией**. Самец спешит занять лучшую территорию раньше других. Громким пением он оповещает соседей, что место занято, и приглаша-

ет самок оценить его выбор. Он привлекает самок особым брачным поведением, яркой окраской или изоощренной песней.

### Брачные системы

Большинство птиц для размножения объединяется в пары. Такие виды называются **моногамными** (однобрачными). Самцы моногамных видов охраняют территорию, кормят насиживающую самку и во многом разделяют ее обязанности. У орлов, лебедей, гусей, журавлей пары сохраняются на всю жизнь, у мелких птиц — на сезон размножения.

Существуют и **полигамные** (многобрачные) виды, которые устраивают брачные турниры — тока (рис. 4). Самцы-победители спариваются со многими самками, проигравшим же остается надеяться на будущее. Заботу о потомстве полностью берут на себя самки. У таких видов самец обычно значительно крупнее и наряднее самки. К полигамам относятся глухарь, тетерев, павлин, некоторые кулики.



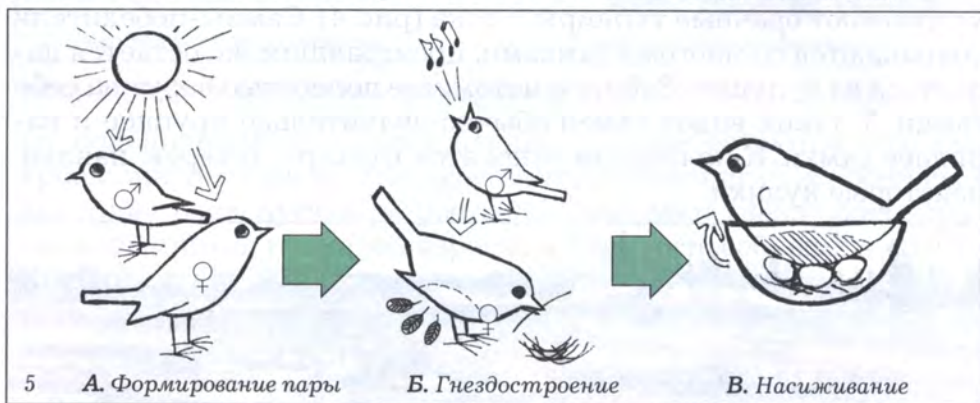
4. На тетеревином току

### Условия среды, гормоны, инстинкты и опыт

Размножение каждого вида птиц начинается с таким расчетом, чтобы рост птенцов пришелся на самое изобильное время года. Синицы выкармливают птенцов мелкими гусеницами, которые

появляются в конце мая, а ласточки – летающими насекомыми. Поэтому синицы строят гнезда в апреле, а ласточки – намного позже. Но как они научились рассчитывать время заранее?

Гнездовым поведением руководят гормоны, весьма сложные инстинкты и собственный опыт птиц. Сигнал к началу размножения организм получает из *гипофиза* – главной железы внутренней секреции, расположенной в основании головного мозга. Когда световой день достигает определенной длины, гипофиз начинает вырабатывать гормон (рис. 5, А). Под его воздействием в половых железах вырабатываются половые гормоны, начинается формирование половых клеток, меняется облик и поведение птиц.



Опыт птицы помогает ей справляться с задачами быстрее и лучше. Вся сложная цепочка наследственных программ гнездового поведения каждый раз проверяется естественным отбором.



Введением полового гормона можно заставить самку строить гнездо в любое время года, но гнездо это будет грубым, непригодным. В естественных условиях у нее в это время образуется чувствительное насенное пятно. Присаживаясь на гнездо, самка замечает все неровности и выстилает их более нежным, теплым материалом. Но выпадение перьев зависит от другого гормона, выделение которого вызывается внешним видом самца (рис. 5, Б). Яйца или раскрытые рты птенцов своим видом «включают» в мозгу самки другую наследственную программу поведения – насиживание или выкармливание (рис. 5, В).

## Инстинкты не всегда надежны

Кукушка подкладывает свои яйца в гнезда мелких насекомоядных птиц (рис. 6). Это явление получило название **гнездового паразитизма**. По размеру и окраске яйца кукушки очень похожи



Кукушка: самка с яйцом, птенец и слеток, выкармливаемый пеночкой

на яйца хозяев гнезда, но развиваются быстрее. Новорожденный кукушонок выталкивает любой предмет, который к нему прикоснется (рис. 7). Так он избавляется от других птенцов или яиц в гнезде и переключает на себя всю заботу приемных родителей (рис. 8). Его раскрытый рот больше и краснее, чем у родных птенцов. Он еще сильнее стимулирует родительский инстинкт.

Птицы откладывают меньше яиц более высокого качества. Забота родителей о потомстве выражается в охране территории, устройстве гнезда, насиживании яиц, уходе за птенцами до достижения ими размеров взрослых птиц. Поведением птиц управляют изменчивые условия среды, гормоны, инстинкты и опыт. Естественный отбор поддерживает сложное и различное поведение самцов и самок.

### Выводковый и птенцовый типы развития. Наседное пятно. Моногамия и полигамия. Гнездовой паразитизм

1. В чем заключаются особенности строения птичьего яйца?
2. Как птицы заботятся о своем потомстве?
3. Чем различаются два известных вам типа развития птенцов?
4. Как птицы разделяют родительские функции между полами?
5. Чем определяется родительское поведение? Поясните примерами.
- 6\*. Кто тратит на каждого потомка больше энергии: птицы или рептилии?
- 7\*. Какова роль гнезда в размножении птиц?
- 8\*. Чем петух отличается от курицы и почему?
- 9\*. Докажите, что сложное гнездовое поведение основано на инстинктах.
- 10\*. Какие наблюдения и опыты могли бы показать зависимость размножения птиц от условий среды?

## § 52. В ПОИСКАХ СЕЗОННОЙ ВЫГОДЫ

В какое время года больше всего насекомых?  
Какие новые ресурсы освоили пресмыкающиеся?

**Проблема:** Какие новые ресурсы смогли освоить птицы благодаря своей подвижности?



### Годовой цикл у птиц

Размножение у птиц приходится на самое кормное время года. Вслед за ним настает период линьки: замены обношенных перьев на новые. Некоторые птицы так «спешат», что на время теряют способность к полету. Им приходится скрываться в непролазной чащобе или на недоступных островах и болотах. Чтобы вырастить новое «поколение» перьев, нужно очень хорошо питаться. Вот почему линька обычно тоже приходится на лето.

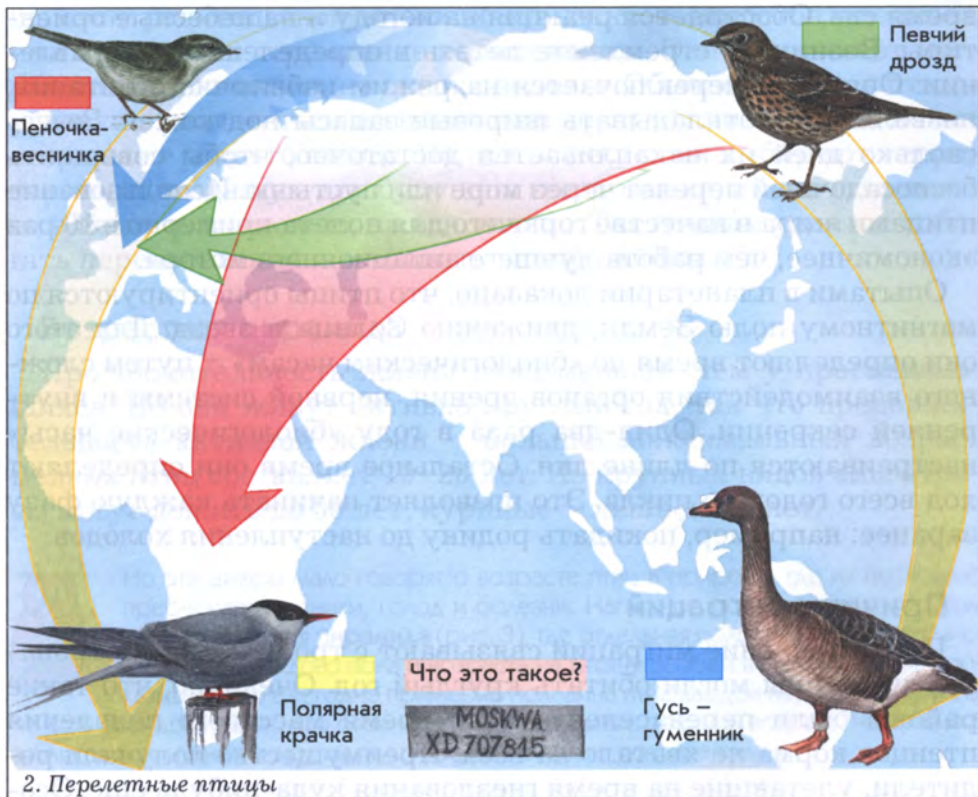
Птицы – теплокровные животные. Они не могут приостановить свою активность, как рептилии. Чтобы пережить неблагоприятный сезон, одни из них приспособляются к суровым условиям. Другие – совершают сезонные миграции в теплые края.

**Оседлые** птицы остаются зимовать вблизи места рождения (рис. 1). В умеренных широтах зимуют немногие виды, которые могут прокормиться в заснеженном лесу или у жилья человека. Это растительоядные куриные, всеядные врановые, насекомоядные синицы, способные находить спящих в укрытиях насекомых. Многих семеноядных птиц относят к **кочующим**. Они перемещаются на небольшие расстояния в поисках кормных мест, оставаясь в том же климатическом поясе. Клесты, например, перелетают в поисках урожая еловых шишек, а



свиристели и снегири появляются там, где созревает много ягод рябины.

Большинство насекомоядных видов, а также околотовные птицы – **перелетные** (рис. 2). Места их зимовки различны и зависят от особенностей кормового рациона. Утки и гуси улетают от нас в основном на запад. Там хоть и прохладно, но водоемы не замерзают, а по берегам зеленеет трава. Зяблики, жаворонки, дрозды переходят на питание семенами или ягодами. Они зимуют на юге Европы, где снег выпадает редко. Мухоловки, ласточки, пеночки улетают далеко на юг, где можно найти достаточно насекомых. Пролетные пути некоторых видов еще длиннее. Гнездящиеся в тундре полярные крачки зимуют у берегов Австралии и Антарктиды, пролетая в одну сторону почти 20 тысяч километров!



Как изучают миграции птиц?



## Как проходят миграции?

**Миграции** проходят незаметно. Большинство птиц летит на высоте 300–700 м над землей, к тому же в основном ночью. Несколько часов такого полета птицы чередуют с остановками на несколько дней для «дозаправки». Именно этих, кормящихся и перелетающих невысоко над землей мигрантов мы и замечаем весной или осенью. Но если выйти на улицу тихой звездной ночью в начале мая и прислушаться, можно услышать далекие голоса тысяч перелетных птиц, находящихся во тьме дороги.

В период миграций организм птицы перестраивается. В ответ на изменение длины светового дня гипофиз вырабатывает гормон, ответственный за *миграционное состояние*. Он приостанавливает все другие процессы годового цикла. У птицы меняется время сна. Обостряется реакция на погоду и на небесные ориентиры. Возникает стремление лететь в определенном направлении. Организм переключается на режим избыточного питания, позволяющий откладывать жировые запасы под кожей. За несколько дней их накапливается достаточно, чтобы совершить беспосадочный перелет через море или пустыню. Использование птицами жира в качестве горючего для полета примерно в 10 раз экономичнее, чем работа лучшего авиационного мотора.

Опытами в планетарии доказано, что птицы ориентируются по магнитному полю Земли, движению Солнца и звезд. Для этого они определяют время по «биологическим часам» – путем сложного взаимодействия органов зрения, нервной системы и внутренней секреции. Один-два раза в году «биологические часы» настраиваются по длине дня. Остальное время они определяют ход всего годового цикла. Это позволяет начинать каждую фазу заранее: например, покинуть родину до наступления холодов.

## Причины миграций

Происхождение миграций связывают с тропическими районами, где птицы могли обитать круглый год. Очевидно, что такие районы были перенаселены, и во время массового появления птенцов корма не хватало на всех. Преимущество получали родители, улетающие на время гнездования куда-нибудь еще. Особую выгоду получали птицы, избравшие для размножения области с сезонным климатом: ведь там летом корма намного больше,

чем нужно местным видам. Такие особи выводили больше птенцов, и их перелетные потомки постепенно вытеснили оседлых.

### Верность территории и расселение

Один раз выбрав удачное место гнездования, птицы запоминают дорогу к нему и возвращаются в последующие годы. **Верность месту гнездования** дает ряд преимуществ. На знакомой территории легче найти корм и убежища, а со знакомыми соседями проще выяснить границы владений. Можно начать гнездование раньше и дать своим птенцам больше времени, чтобы окрепнуть до наступления осени.

Молодые птицы, наоборот, редко возвращаются на место рождения. В возрасте нескольких недель или месяцев, когда они лишаются родительской опеки и становятся самостоятельными, ими овладевает стремление к **расселению**. Оно напоминает миграционное состояние, но длится недолго. Обычно молодые птицы успевают разлететься на несколько десятков километров во все стороны от родного гнезда. На новом месте они выбирают территорию, подходящую для будущего гнездования, и запечатлевают ее в памяти, возможно, на всю жизнь. Так птицам удается избежать перенаселения и осваивать новые районы.

### Возрастная пирамида

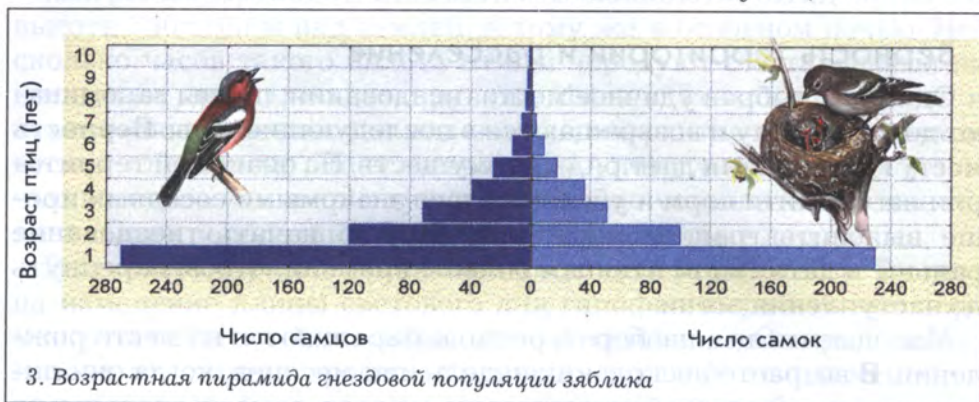
Продолжительность жизни птиц меньше, чем у пресмыкающихся. Но они живут активно круглый год, так что продолжительность активной жизни – больше. Максимальный возраст мелких птиц составляет 10–20 лет. Из крупных видов альбатросы могут дожить до 50 лет, куриные – лишь до 10 лет.



Но эти цифры мало говорят о возрасте птиц в природе, где их постоянно преследуют хищники, голод и болезни. Наглядное представление об этом дает **возрастная пирамида** (рис. 3), где отдельная полоска отображает число особей каждого пола и возраста на тысячу особей в популяции. Она показывает, что ежегодно примерно половина птиц каждой возрастной группы не доживает до следующего размножения. В результате средний возраст гнездящихся зябликов (как и многих других птиц) составляет всего полтора года.

Смертность молодых, неопытных птиц больше, чем взрослых. Из 2 зябликов-родителей 1 обычно не доживает до следующего

лета. Из 5 их потомков погибают 4, а единственный выживший занимает освободившееся место в гнездовой популяции.



Птицы активны круглый год. Размножение и линька проходят в благоприятное время года. По способу переживания неблагоприятного сезона различают оседлых (и кочующих) и перелетных птиц. Перед совершением дальнего перелета организм птицы переходит в особое, миграционное состояние. В пути птицы используют «биологические часы» и астрономические ориентиры. Миграции позволяют птицам существовать за счет урожая кормов в областях с сезонным климатом и избегать перенаселения. Взрослые птицы обычно возвращаются на прежнее место гнездования. Расселение происходит в начале жизни. Большинство птиц погибает задолго до старости.

### Миграции. Верность месту гнездования. Расселение

1. Чем заняты птицы в течение благоприятной части года? Почему?
2. Как переживают неблагоприятный сезон пресмыкающиеся и птицы?
3. Почему птицы, гнездящиеся в одном районе, зимуют в различных областях?
4. Как проходят миграции?
5. Когда и как птицы используют свою способность к перемещениям?
6. Долго ли живут птицы?
- 7\*. В чем заключаются особенности миграционного состояния?
- 8\*. Представьте и расскажите, как птица ориентируется по звездам.
- 9\*. Почему возрастная диаграмма имеет форму пирамиды?
- 10\*. Какую часть популяции зяблика составляют птицы, гнездящиеся впервые?
- 11\*. Какие ресурсы, недоступные рептилиям, смогли освоить птицы?

## § 53–54. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ПТИЦ

Как форма крыла влияет на качество полета?  
 О чем говорят перепонки между пальцами?  
 Может ли пеликан колоть орехи?  
 Что нового было в кайнозойских экосистемах?

**Проблема:** Насколько условия и образ жизни определяют внешний облик птиц?

### Реликты далекого прошлого

Почти все современные отряды птиц появились в начале кайнозоя, когда мир стал похож на современный. Лишь отдельные представители более древних отрядов дожили до наших дней. Они сохранили *реликтовые* черты строения и экологии.

У *пингвинов* (рис. 1) туловищный отдел позвоночника сохранил большую подвижность. Кости тяжелые, не пневматизированные. Мелкие перья на бородачках не имеют крючочков. Аптерий нет: перья сплошь покрывают все тело, а во время линьки сменяются почти одновременно, напоминая смену покровов у рептилий.

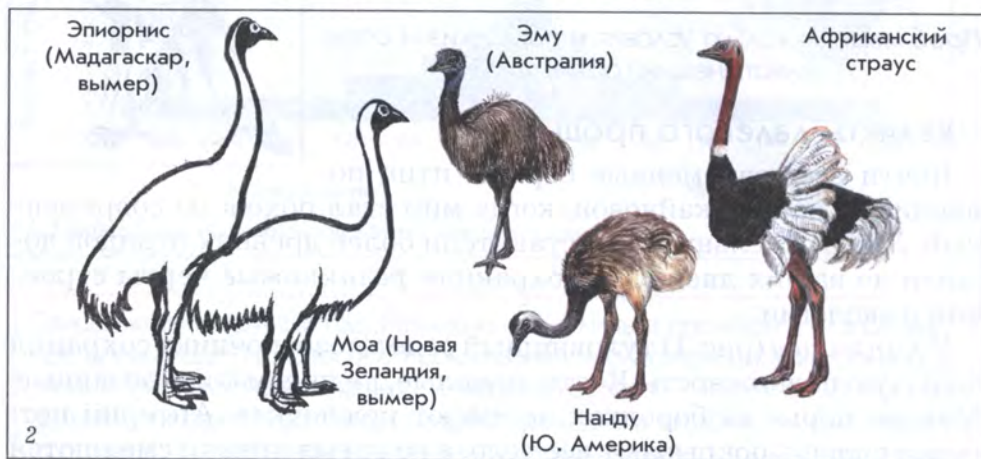
Жизнь пингвинов полностью связана с морем. Их крылья преобразованы в ласты, а лапы служат рулями. Даже по окраске они — типичные морские животные. Плотный перьевой покров и слой жира решают проблему теплоизоляции. Почти все виды пингвинов обитают в холодных водах Антарктики, богатых рыбой и беспозвоночными.

Императорские пингвины, достигшие 5 лет, зимой образуют гнездовые колонии вдали от берега. Единственное яйцо насиживает самец, положив его на лапы и прикрыв кожной складкой. Птенец вылупляется через два месяца. Тогда самка, откормившаяся в море, сменяет похудевшего самца. Только в возрасте 6 месяцев птенцы сами уходят к морю.



1. Императорский пингвин

У страусов (рис. 2) тоже нет аптерий, перья рассучены, а крылья не годятся для полета. К тому же у них нет киля: это наземные бегающие птицы. Кости тазового пояса срослись снизу, из-за чего опора на ноги стала еще надежнее. Мышцы ног составляют большую часть мускулатуры, а лапы на вид – почти как у верблюда. Бегущий страус обгоняет автомобиль!



Пища страусов – грубые, иногда колючие части растений – тоже необычна для современных птиц и говорит об их древнем происхождении. Чтобы переваривать такую пищу, у них сильно развит кишечник со слепыми отростками для переваривания целлюлозы с помощью бактерий.

Страусы относятся к пяти различным отрядам, из которых осталось три (с 7 видами). Ископаемых видов известно больше, чем ныне живущих. Несколько видов истреблены человеком в течение последних столетий, а остальным угрожает вымирание.



Бескрылые птицы *киви* (рис. 3) имеют необыкновенно острое обоняние и слабое зрение. Киви ведут ночной образ жизни. Ноздри, расположенные на конце длинного клюва, помогают им находить червей в лесной подстилке. Самка киви размером с курицу откладывает одно яйцо в 10 раз крупнее куриного. Его насиживает самец. Киви образуют отдельный отряд, сохранившийся только в Новой Зеландии.

## Тринадцать способов существования

В начале кайнозоя, когда закончилась эра пресмыкающихся, птицы освоили все разнообразие экосистем. Чтобы приспособиться к ним, разные виды выработали сходные адаптации. Животных, которые в сходных условиях обитания избрали сходный образ жизни, причисляют к одной **жизненной форме**. Рассмотрим, какие жизненные формы, или особые способы существования, встречаются у птиц.

Водные птицы плавают с помощью перепонок на лапах. Их плотный перьевой покров смазан жиром копчиковой железы и не смачивается. Пух под перьями удерживает тепло.

**Водно-подводные птицы** (рис. 4) – чистики, гагары, поганки и некоторые *веслоногие* (бакланы) – прекрасные ныряльщики. Они ловят рыбу или достают беспозвоночных со дна. Их тело вытянуто, как торпеда, сильно погружено в воду, ноги мощные, смещены назад, узкие крылья помогают при нырянии, полет стремительный, прямолинейный.

**Водоплавающие птицы** (рис. 5) не ныряют, а кормятся у поверхности воды. За счет воздуха под перьями их тело выступает из воды, как поплавок. Их крылья сильны, полет более плавный. Ноги не слишком смещены назад, что позволяет легко ходить по суше. Клюв *гусеобразных* снабжен множеством пластинок: утки с их помощью процеживают и извлекают из воды мелких животных и растения, а гуси перетирают ростки травы. У пеликанов (*веслоногие*) под клювом растяжимый кожный мешок, которым они ловят рыбу, как сачком.





Какие части крыла сильнее развиты у буравестника и крачки? Почему?



**Водно-воздушные птицы** (рис. 6) – *трубконосые* (буравестники, альбатросы), *чайковые* (чайки, крачки) и некоторые *веслоногие* (олуши). В своем виртуозном и неустанном полете они выслеживают рыбу у поверхности воды, а олуши – и на глубине. У охотников за более крупной рыбой есть крючок на клюве.

Наземные птицы лишены перепонки. Ноги стройные, прямые. Как и водные птицы, они передвигаются шагом, а не прыжками. Задний палец довольно короткий или его нет. У большинства птенцы – выводкового типа.

**Наземно-водные птицы** (рис. 7) – *фламинго*, *голенастые*, *журавли* и *длинноногие кулики*. Они заходят глубоко в воду, насколько позволяют длинные ноги. А чтобы достать пищу, нужна и длинная шея: у некоторых она содержит до 20 удлинённых позвонков. Охотятся эти птицы по-разному. Журавли клювом, как пинцетом, достают мягкие корневища, побеги, семена, насекомых. Цапли используют клюв как дробилку, «выстреливая» им с помощью шеи в рыб и лягушек. Фламинго, опустив голову, зачерпывает мелких рачков и водоросли изогнутым надклювьем. Многие кулики «зондируют» ил своим длинным чувствительным клювом.



**Наземно-прибрежные птицы** (рис. 8) – *кулики* – бегают у кромки воды или по мелководью. Это сравнительно мелкие птицы. Они собирают насекомых и других беспозвоночных: чем больше пробежишь, тем больше найдешь. Кое-кто из них приспособился переворачивать клювом камешки и вскрывать раковины. Все они хорошо летают, спасаясь от хищников.

**Наземно-болотные птицы** (рис. 9) – *пастушки* – ходят по плавающим растениям и зыбкой почве среди высокой травы. Очень длинные пальцы позволяют им не проваливаться. Защитная окраска и способность протискиваться через заросли делают их совершенно незаметными. Не видя друг друга, они перекликаются громкими голосами.

**Наземно-степные птицы** (рис. 10) – *дрофы* – бегают по твердой почве среди открытых пространств. Их мощные ноги опираются на три укороченных пальца. Если надо, они хорошо летают. Кстати, дрофа – самая крупная птица в нашей стране: ее вес достигает 16 кг.

**Наземно-лесные птицы** (рис. 11) – *куриные* (тетерев, фазан и другие) – ходят под пологом леса. Взлетают они неохотно, шумно хлопая крыльями. Ведут оседлую жизнь, зимой питаются почками, сережками, даже хвоей. У тетеревиных сильные ноги оперены до лап, а пальцы оторочены щитками, что помогает им ходить по снегу, не проваливаясь. В морозные ночи они закапываются в рыхлый снег, чтобы не терять тепло.







Птицы, которые проводят жизнь на деревьях или в воздухе, не плавают и не бегают. Их птенцы рождаются беспомощными.

**Лесокустарниковые птицы** (рис. 12) – голуби, кукушки, ракшеобразные. Их лапы приспособлены для прыжков по веткам: пальцы и когти цепкие, один или два пальца обращены назад. Эти птицы отдыхают, спасаются от врагов и строят гнезда на деревьях или кустах, а собирать пищу могут и в другом месте. У голубей пищевод образует расширение для пищи – зоб. В него можно быстро набрать значительную порцию семян, а потом обрабатывать их в безопасном месте. Кукушки и ракшеобразные (сизоворонки, зимородки) питаются различными мелкими животными, которых находят на ветках, на земле или достают из воды.

**Древесно-лазающие птицы** (рис. 13) – попугаи, дятлы, туканы – искусно перебираются по веткам и стволам с помощью очень цепких лап, помогая хвостом или клювом. Их прочный клюв способен раздолбить или расколоть твердые семена и орехи. Туканы питаются фруктами и ягодами. Их клюв кажется неповоротливым, но на самом деле он очень легкий. Гнезда устраивают в дуплах деревьев.

**Древесно-воздушные птицы** (рис. 14) – колибри – питаются нектаром, пыльцой и соком растений. Это самые мелкие птицы: некоторые весят всего 2 г, а клюв может быть длиннее тела. Чтобы достать нектар, колибри повисает в воздухе перед цветком. При этом крылья совершают 50–80 взмахов в секунду.

**Воздушные птицы** (рис. 15) – *стрижи, козодои* – кормятся воздушным «планктоном»: мелкими насекомыми, которые пассивно перемещаются вместе с воздухом. Стрижи летают днем, а козодои – ночью. Их длинные и узкие крылья предназначены для долгого и экономичного полета. Рот, и без того широкий, дополнительно окружен щетинками и действует как сачок. Некоторые из этих птиц могут взлететь, только падая с уступа: их ноги настолько слабы, что не помогают даже оттолкнуться.

**Хищные птицы** (рис. 16) – *дневные хищники и совы* – встречаются в самых разных местообитаниях, но приспособлены, прежде всего, к охоте за крупными жертвами. Они вооружены мощным загнутым клювом, острыми длинными когтями и усиленной хватательной мускулатурой. Дневным хищникам помогает охотиться острейшее зрение, а ночным, кроме зрения, – слух и бесшумный полет.

Приспособленность хищных птиц к местообитаниям выражена в различных способах охоты. На открытых пространствах орлы и грифы специализировались высматривать добычу с большой высоты. Узкие крылья соколов с мощным «пропеллером» позволяют догнать любую жертву. У луней и некоторых сов – тактика штурмовика: они летают невысоко над землей и появляются внезапно. Лесные совы и ястребы охотятся из засады. Довольно короткие и широкие крылья облегчают маневры.



Что можно сказать об образе жизни этих птиц по силуэту?

## Воробьиные – последнее достижение эволюции

В кайнозойских экосистемах большинство растений представлено цветковыми, а большинство животных – насекомыми. Необыкновенное разнообразие этих новых, еще мало освоенных ресурсов привело к возникновению отряда *воробьиных* птиц. Это особый отряд: в современном мире на него приходится больше половины видов птиц и больше 90% их численности!



17. Соловей

Почему наши лучшие певцы обычно скромно окрашены?



18

Ласточка-касатка

Оляпка

Как назвать такие жизненные формы?

Такой успех воробьиных птиц связан с более высоким уровнем обмена – более совершенной теплокровностью. Это позволило уменьшить размеры тела и лучше приспособиться к питанию особенно калорийными семенами и насекомыми. Воробьиные строят искусные гнезда. Они – очень заботливые родители и кормят птенцов в гнезде, пока те полностью не вырастут.

Большинство воробьиных относится к *певчим* птицам. Их голосовой аппарат – **нижняя гортань** – имеет особое строение. Это щелевидное сужение, через которое проходит воздух из бронхов в трахею. Края гортанной щели образованы тонкими натянутыми перепонками – *голосовыми связками*. Под действием выдыхаемого воздуха они вибрируют и производят звук, высокий или низкий в зависимости от натяжения связок. В отличие от других певчие птицы имеют до 7 пар голосовых связок. Их «грудной» голос силен и разнообразен. С его помощью птицы общаются на расстоянии, охраняют свои владения, самцы привлекают самок.

Благодаря своим особенностям воробьиные превзошли другие отряды по разнообразию жизненных форм. Но больше всего среди них лесных птиц. Они занимают особые, недоступные другим экологические ниши мелких потребителей семян и насекомых (рис. 17–24).



Птицы широко расселены по земному шару. Их крылья, ноги, лапы, клювы, оперение, органы чувств приспособлены к жизни в определенной среде и непригодны для другой. Среди водных и наземных птиц встречаются реликтовые представители. Наиболее прогрессивная группа – певчие птицы – составляет большинство среди лесных птиц. Они достигли расцвета, приспособившись к питанию насекомыми и семенами цветковых растений.

### Жизненная форма

1. Какие группы птиц относятся к более древним?
2. Назовите основные жизненные формы современных птиц.
3. Как по строению лапы можно судить об образе жизни птицы?
4. Какие функции может выполнять крыло в различных условиях?
5. В чем состоят различия дневных и ночных хищников?
6. Почему воробьиные птицы достигли расцвета в современном мире?
- 7\*. Чем отличаются понятия «жизненная форма» и «экологическая ниша»?
- 8\*. В каких группах птиц преобладает птенцовый тип развития и почему?
- 9\*. Какие реликтовые черты сохранили пингвины и страусы?
- 10\*. Какие новые экологические ниши заняли воробьиные птицы?

## § 55. ПТИЦЫ И ЛЮДИ

Каких птиц называют выводковыми?

Как отличить насекомоядную птицу от зерноядной?

Каково значение потребителей в экосистеме?

**Проблема:** За что мы любим птиц?

### Что для нас птицы?

Каждый день человечество съедает почти миллион тонн птичьего мяса и яиц. Это наиболее питательные и к тому же дешевые пищевые продукты.

Считается, что по-настоящему люди одомашнили девять видов птиц: банкивскую курицу, утку-крякву, мускусную утку, серого гуся, индейку, цесарку, сизого голубя, канарейку и японского перепела (рис. 1). От них пошли все современные породы.



Серых гусей и сизых голубей одомашнили в Средиземноморье в доисторические времена. Так же давно в Месопотамии, Индии и Китае стали разводить крякв и банкивских кур – предков домашних уток и кур. В Африке домашние цесарки известны еще до начала нашей эры. Когда испанцы завоевали Мексику, у ацтеков уже были домашние индейки и мускусные утки.

Канареек привезли в Европу испанцы в XV в. с Канарских островов, где они живут и сейчас. Последним одомашнен японский перепел: его держали в Японии для забавы, как бойцовую птицу, а теперь разводят яйценоскую породу.



Для чего понадобилось одомашнивать каждый из этих видов птиц?

Не случайно именно куриные и гусеобразные птицы стали предками домашних пород, разводимых для получения мяса и яиц. Человек заметил и развил их природные особенности путем искусственного отбора. Эти птицы живут на подножном корме и не склонны летать. Птенцы выводкового типа самостоятельно питаются, за ними легко ухаживать. Они быстро растут и достигают довольно крупных размеров. Куриные – полигамы, достаточно одного петуха на 10 несушек. Они откладывают помногу яиц, а если их отбирать – отложат еще больше.

Знание биологии птиц позволило механизировать птицеводство в высокой степени. Птицы содержатся в специальных клетках, куда корм и вода поступают автоматически, а снесенные яйца сразу поступают на транспортерную ленту. Яйценоские породы кур несут до 300 яиц в год и больше. Бройлерные цыплята достигают веса 1,5 кг быстрее, чем за два месяца. А потомство одной индюшки дает за год до 200 кг мяса.

Каждый год селекционеры выводят новые породы домашних птиц, с новыми свойствами. Еще большие резервы полезных свойств сохраняются у диких птиц. Сейчас на фермах успешно разводят некоторых страусов, имеющих диетическое мясо. Большую экономическую выгоду имело бы разведение тетеревиных птиц, питающихся хвоей и ветками. Однако для этого пока не хватает знаний о механизмах, управляющих поведением птиц.

### Что для нас дикие птицы?

Куриные и водоплавающие птицы служат объектом спортивной охоты, а в некоторых регионах – и промысла, то есть промышленной заготовки вкусного мяса. Чтобы поддержать спортивную охоту, в некоторых хозяйствах специально разводят и выпускают в природу диких фазанов и уток.

Иногда птицы служат источником неприятностей. Городские голуби, например, могут переносить возбудителей болезней и поддерживать очаги инфекций, опасных для человека: орнитоз, грипп и другие. Но разумные меры по утилизации мусора сильно сокращают вероятность заражения и птиц, и людей.

Скопление птиц вблизи аэродромов создает опасность для движения самолетов. Но можно отпугивать птиц, используя запись их криков тревоги. Чтобы избежать столкновений в воздухе, учитывают сроки и пути массовых миграций птиц.

Грачи весной выклевывают из земли посеянные семена и проростки. Скворцы и дрозды в теплых районах могут наносить ущерб виноградникам и вишневым садам во время созревания ягод. Еще больше вредят воробьи, вылетающие стаями на поля и хранилища зерновых культур. Особенно многочисленными стаи образуют африканские ткачики на полях проса. Но в другое время те же птицы оказывают полям и садам неоценимую услугу, ограничивая численность насекомых.

Значение птиц заключается в их экологической роли потребителей: они регулируют численность своих жертв (рис. 2). С одной стороны, они поедают огромное количество семян, в том числе сорных растений. С другой стороны, они способствуют их расселению. Леса из кедра, например, без кедровки просто не смогли бы восстанавливаться на месте пожара. Так же и дуб зависит от сойки, и тысячи других растений.



Многие птицы легко переключаются на несвойственный им, но легко доступный корм. Подвижность птиц — замечательная их особенность, которая позволяет быстро обнаруживать скопления корма. Благодаря этому птицы способны предотвращать вспышки численности насекомых. Так обычно и происходит в природных экосистемах. Но в крупных искусственных экосистемах — агроценозах птиц недостаточно, и для борьбы с вредителями используют ядохимикаты, которые могут оказаться еще вреднее. Поэтому важна правильная планировка сельскохозяйственных угодий. Их сочетание с ползащитными лесополосами позволяет использовать птиц как безопасный, биологический метод борьбы.

### Что мы для них?

История взаимоотношений человека и природы показывает, что разделение животных на вредных и полезных для человека – неверный подход, который может привести к нарушению природного равновесия. В Китае, где птицы иногда наносят серьезный вред поспевающим зерновым, однажды решили истребить всех воробьев. Люди по всей стране одновременно вышли в поле и, размахивая тряпками, не давали им садиться в течение нескольких часов. Акция имела успех, хотя вместе с воробьями погибли и некоторые другие мелкие птицы. Однако на следующий год посевы были поражены озимой совкой и почти не дали урожая. Недостаток продовольствия ощущался и в последующие годы, пока численность птиц не восстановилась.

На протяжении тысячелетий человек охотился на птиц, приручал их, поклонялся им. Вместе с тем немало видов птиц исчезло по вине человека задолго до века технического прогресса. Первыми от прямого преследования пострадали крупные нелетающие страусоподобные птицы: в историческое время, по-видимому, вымер не один десяток видов (рис. 3).

Развитие мореплавания и колонизация новых земель сопровождались истреблением местной фауны. Спутники колонистов – дичающие собаки, кошки, свиньи – превращались в страшных врагов всего живого. Так в XVII в. исчез нелетающий голубь *дронт*. Некоторые океанические острова потеряли более половины населявших их видов.



3

Дронт

Странствующий голубь

Бескрылая гагарка



Заселение Северной Америки европейцами привело к потере 31 вида. Один из них – *странствующий голубь* – по описаниям очевидцев, мигрировал стаями, закрывавшими небо. Птиц ловили всеми возможными способами, заготавливали миллионами за сезон, кормили ими свиней, а к концу XIX в. вид был практически истреблен. На побережье Северной Атлантики истреблена *бескрылая гагарка* – крупная, похожая на пингвина птица из отряда чистиковых. Гагарки населяли «птичьи базары», их яйца и мясо были массовой добычей рыбаков и местных жителей.

В течение последнего столетия большую роль сыграло косвенное воздействие человека: через изменение среды обитания птиц. Уничтожение лесов, распашка степей, отравление полей удобрениями и ядохимикатами, разлив нефти в море привели к утрате почти ста видов птиц, и еще большее число оказалось под угрозой вымирания.

### Красная книга

Каждый биологический вид – это уникальный продукт длительной эволюции. Он идеально приспособлен к своей среде обитания и связан тысячами связей с другими членами экосистемы. Он обладает только ему присущими свойствами, которые нельзя искусственно воспроизвести в лаборатории. Но каждый вид в природе благополучно воспроизводит себя сам, и это продолжается миллионы лет. Не лучше, не проще ли сохранить эти условия, чтобы так продолжалось и дальше? Не благоразумнее ли позаботиться о сохранении всего разнообразия жизни на Земле, пока оно существует?

С этой целью ученые и правительства всех стран договорились об особом режиме охраны тех видов животных, которым угрожает вымирание. Этот договор называется **Красной книгой**. В ней содержится не только список охраняемых видов, но и сведения по биологии и мерам охраны каждого из них.

К числу птиц, находящихся на грани вымирания, относится *белый журавль*, или *стерх* (рис. 4). Он гнездится только в нашей стране, в сибирской лесотундре, а зимует в странах Южной Азии. На пролете он некогда был обычен в степях Поволжья и Казахстана, но теперь перестал встречаться. Несмотря на международные усилия по разведению этих журавлей в специаль-

ных питомниках, с последующим выпуском птиц в природу, численность западносибирской популяции стерхов продолжает сокращаться. Места их пролета и зимовки настолько изменены человеком, что перестали обеспечивать им выживание. К счастью, восточносибирская популяция, насчитывающая несколько сотен птиц, находится в лучшем состоянии. Их зимовки в Восточном Китае взяты под строгую охрану.

В Красную книгу занесены также редкие виды, которым, благодаря охране, сейчас не грозит вымирание. Среди них – орлан-белохвост (рис. 5), одна из наиболее величественных птиц нашей страны. Устаревшее мнение о вреде хищных



4. Стерх

птиц и безнаказанный отстрел их во многих странах привели к сокращению его численности в Европе в 100 раз. К этому добавилось применение ядохимиката ДДТ на полях. С полей он смывается в реки, с водой попадает в ткани растений и животных, где со временем накапливается. В следующем звене цепи питания – в рыбах – концентрация ДДТ еще возрастает, а рыбацкий орлан-белохвост получает с пищей смертельную дозу яда. Выжившие особи оказываются неспособными к размножению: скорлупа яиц у них слишком тонка. Полный запрет на применение ДДТ и варварскую охоту позволили остановить вымирание орлана-белохвоста. Но только спустя десятилетия его численность начала расти.

Охрана птиц и использование их свойств нуждаются в знании их образа жизни, миграций, экологических связей, путей эволюции. Этим занимается наука **орнитология**.



5. Орлан-белохвост

## Привлечение птиц

Красота цветов – пример отсутствия практической пользы. Тем не менее никто не ставит под сомнение необходимость огромных затрат на их выращивание и приобретение. Во многих странах люди уже пришли к пониманию того, что дикие птицы играют в нашей жизни примерно такую же роль. Как можно повлиять на численность окружающих нас птиц, увеличить число желательных соседей (рис. 6) в садах и парках?



Кто из них предпочитает городские свалки, а кто – зеленые насаждения?

Во-первых, нужно учесть, что смертность птиц сильно возрастает зимой, особенно – в снежные дни, когда корм трудно найти, и в сильные морозы, когда тратится много энергии на согревание.

Поэтому подкормка птиц зимой – лучший способ поддержать их численность. Но надо понимать, что внезапное прекращение подкормки может погубить привлеченных птиц.

Во-вторых, многие птицы в городах и поселках испытывают недостаток в укрытиях и местах для гнездования. На открытых местах им может помочь посадка густых кустарников, а в парке – создание искусственных гнездовий (рис. 8–9). На луга и поля можно привлечь мелких хищных птиц, которые охотятся на грызунов, если расставить несколько



присад – шестов с перекладинами (рис. 10). Таким образом удастся повысить численность птиц в несколько раз. Проявляя верность месту гнездования, они возвращаются и на следующий год.



Значение птиц для человека определяется, прежде всего, их важным местом в экосистемах. Особенности каждого вида уникальны, поэтому все они достойны изучения и охраны. Редкие и исчезающие виды занесены в Красную книгу. Люди используют некоторые свойства птиц в своих целях, в том числе для получения высококачественных пищевых продуктов. Птиц привлекают, создавая для них условия обитания и места гнездования, или отпугивают с помощью их же тревожных криков.

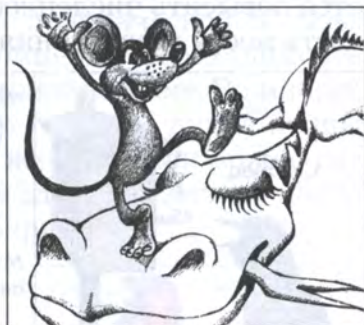
### Орнитология. Красная книга

1. Какие особенности человек развивает у домашних птиц?
2. Как воздействует на птиц хозяйственная деятельность человека?
3. В чем состоит экологическая роль птиц?
4. Какие виды занесены в Красную книгу?
5. Какие существуют способы привлечения и отпугивания птиц?
- 6\*. Каких птиц люди станут разводить в будущем?
- 7\*. Для каких птиц деятельность человека оказывается благоприятной?
- 8\*. Почему важно сохранение всего разнообразия птиц?
- 9\*. Какие виды, занесенные в Красную книгу, обитают в вашей местности?
- 10\*. Какие меры принимаются для охраны редких видов птиц?

## § 56–57. ЗВЕРИ: «ИЗ ГЯЗИ – В КНЯЗИ»

Как рептилии защищены от высыхания?  
Почему птицы вытеснили летающих ящеров?  
Какая пища мало пригодна для птиц?  
Как возникла теплокровность?

**Проблема:** Почему какие-то незначительные «мыши» смогли одолеть гигантских рептилий?



### Наследие зверозубых предков

Достоверно известно, что первые **млекопитающие**, или **звери**, появились намного раньше птиц – в начале мезозоя. Причем их предками были не обычные, чешуйчатые пресмыкающиеся, а самостоятельная группа **зверозубых ящеров**, отделившаяся от земноводных в палеозое (рис. 1).



Зверозубые, как следует из названия, уже имели **зубы**, различные по форме и назначению: **резцы** – для откусывания, **клыки** – для разрывания добычи. Они могли лучше, полнее использовать добычу. Вместе с тем от земноводных они унаследовали **примитивное строение кожи**. Такая кожа хуже защищала от высыхания, но была богата железками, способными легко видоизменяться: выделять слизь, пот, обеспечивать питанием чувствительные волоски. Зачаточный волосной покров позволял дольше сохранять активность при остывании.

### 150 миллионов лет на задворках эволюции

Между тем наступила эра господства динозавров – рептилий, лучше защищенных от высыхания на суше. Они достигли гигантских размеров и заняли все благоприятные среды жизни. В теплом климате они обладали **инерциальной** теплокровностью: благодаря огромной массе не успевали остыть за ночь и поэтому могли быть постоянно активными.

Зверозубые ящеры не смогли соперничать с динозаврами. Более крупные из них вымерли, а остальные, скрываясь от хищников, стали приспосабливаться к жизни в густых зарослях, к охоте в темноте или под землей. Лучше выживали те, кто при сокращении размеров тела стал вырабатывать дополнительную энергию на согревание. Тут пригодился и волосяной покров, который стал гуще. Так появились первые млекопитающие – животные с *настоящей* теплокровностью. Но они были не крупнее крысы и в течение всего мезозоя оставались «на задворках эволюции», поскольку лучшие места занимали гигантские рептилии.



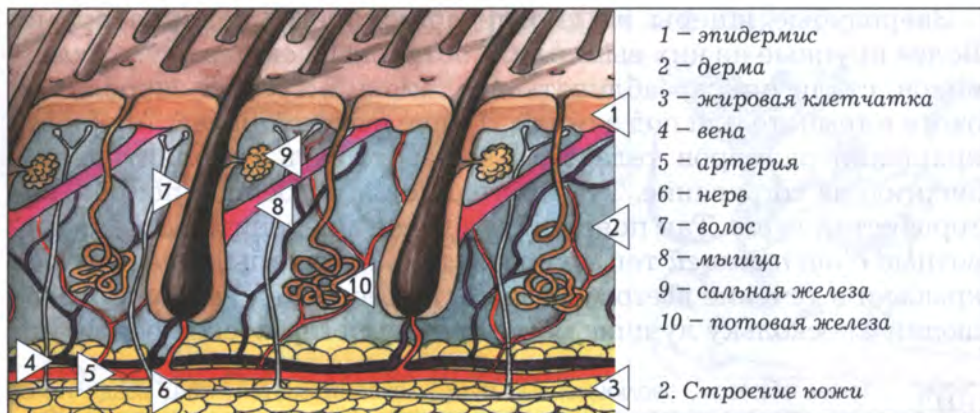
Таким образом, эволюционные пути млекопитающих и птиц разделились почти сразу после выхода позвоночных на сушу, но шли *параллельно*. Обе группы освоили эффективные способы дыхания и размножения на суше, сходные особенности родительского поведения, а в конце концов приобрели изолирующие покровы и стали теплокровными животными.

Динозавров, как мы помним, погубили их крупные размеры и высокая специализация: они не смогли приспособиться к изменениям в кайнозойских экосистемах. К тому времени млекопитающие прошли уже очень долгий (150 млн. лет!) путь приспособлений к различным суровым условиям. Они были готовы не просто занять освободившееся место, но и породить огромное разнообразие новых форм, использующих ресурсы более эффективно.

Вот какие адаптации они приобрели «на задворках эволюции».



Рассмотрим их по порядку, а к деталям размножения млекопитающих позднее вернемся отдельно, в другом параграфе.



### Кожа – «огород» важнейших адаптаций

Поверхность **кожи** (рис. 2) образована многослойным *эпидермисом*. Снаружи его клетки пропитываются роговым веществом, отмирают и создают защиту. Чем быстрее клетки снашиваются снаружи, тем быстрее они нарастают изнутри. Поэтому в трущихся местах – на подошвах, коленях – образуются толстые мозоли.

Под эпидермисом лежит *дерма*, или собственно кожа. Она состоит из переплетения очень прочных волокон, содержит сосуды и нервные окончания. В глубине дермы откладываются запасы жира для теплоизоляции и как энергетический резерв.

*Роговые образования* кожи – волосы, когти, копыта, рога, чешуи – состоят из мертвых клеток, заполненных роговым веществом. Но в их основании, погруженном глубоко в кожу, обязательно есть живые, делящиеся клетки.

**Шерстный покров** состоит обычно из волос двух типов: *остевых* и *пуховых*. Длинные и жесткие *остевые* волосы создают структуру меха. Они имеют *ворс* – наклон, облегчающий движение, скатывание воды и пыли. Наклон регулируется мышцами. На холоде они сокращаются и поднимают остевые волоски: мех набирает воздух и становится толще. (У нас это выглядит как «гусиная кожа».) *Пуховые* волосы – нитевидные, часто спирально закрученные – играют особенно важную роль в теплоизоляции.

В сезонном климате млекопитающие линяют два раза в год – весной и осенью. Зимний мех, более густой и длинный, у многих имеет белую покровительственную окраску.

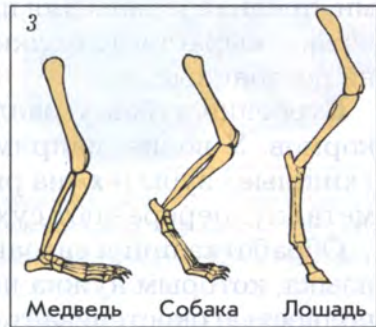
Кожа млекопитающих богата **железами**. *Сальные железы* открываются у корней волос. Их жирный секрет придает коже эластичность, предохраняет от воды, микробов и грибков. *Потовые железы* выделяют на поверхность кожи *пот* – воду с растворенными продуктами обмена, поступающими из крови. Их основное назначение – охлаждать тело в жару. *Пахучие железы* предназначены для общения. Они выделяют секрет с запахом, с помощью которого звери метят территорию и узнают друг друга.

У самок всех млекопитающих развиваются *молочные железы* – видоизменение потовых желез. Они забирают из крови всё самое питательное и выделяют на поверхность кожи в виде *молока*. У большинства зверей протоки многих желез объединяются и открываются на сосках. Число сосков – от 2 до 12 пар у разных видов – примерно соответствует числу рождаемых детенышей.

### Подвижность и ловкость

Скелет зверей – основа разнообразия и совершенства их движений. У бегущих животных ноги подведены под туловище, локтевой сустав обращен назад, а коленный – вперед. За счет этого уменьшились затраты энергии на стояние и увеличился шаг. Хорошие бегуны еще больше увеличили шаг: они перешли к пальцехождению (рис. 3). А самые лучшие бегуны опираются на кончик среднего пальца с копытом.

Плечевой пояс упрощен. Его кости срослись и соединены с остальным скелетом мощными мышцами и связками, прикрепленными к большой, плоской лопатке. Кости таза срослись снизу, а сверху надежно соединены с крестцом из нескольких слившихся позвонков.



Найдите пяточную кость и объясните ее функцию.

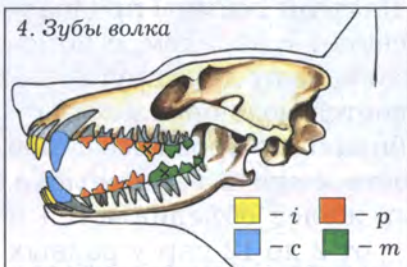


Строение скелета млекопитающих зависит от способа передвижения. В общем, у наземных зверей он сходен со скелетом рептилий, у водных больше похож на рыбий, а у летучих мышей – на птичий. Но по способу сочленения головы с позвоночником все звери похожи только на своих далеких предков – амфибий!



## Тщательно пережевывайте пищу

Так советуют врачи, и они правы. Ведь усложнение обработки пищи во рту было одним из главных шагов в эволюции млекопитающих. Они смогли извлекать больше пользы из пищи и использовать новые объекты питания. Как им это удавалось?



Зубы млекопитающих корнями глубоко погружены в углубления челюстей – альвеолы. Верхние и нижние зубы плотно смыкаются. Они различны и выполняют разные функции (рис. 4). Острые *резцы* (*i*) позволяют срезать кору, соскабливать мясо с кости. *Клыками* (*c*), по-

хожими на ножи, можно схватить и умертвить добычу. *Предкоренные* зубы (*p*) обычно имеют клиновидную форму и позволяют перегрызать. *Коренные* зубы (*m*), снабженные тупыми бугорками, предназначены для пережевывания, перетирания. Когда животное вырастает, мелкие «молочные» зубы у него заменяются на постоянные.

Строение зубов у различных зверей зависит от их основных кормов. У волка, например, выделяются крупные треугольные «хищные» зубы («х» на рисунке). Они действуют как ножницы по металлу: перерезают сухожилия и дробят кости.

Обработка пищи связана со сложной работой мышц челюстей и языка, которым нужна надежная опора. Поэтому череп у зверей полностью окостеневает, многие кости его срастаются.



Особенно интересна эволюция челюстей (рис. 5). У пресмыкающихся, которые *глотают*, не жуя, буквально «рот до ушей». Каждая челюсть состоит из нескольких костей, что допускает раздвижение в стороны. Млекопитающие развили способность *жевать*, и челюстной сустав образовался у них в другом месте. В качестве челюстей работают только передние из этих костей. Задние же – кстаты, остатки хрящевых дуг рыбообразных предков, – сильно уменьшились и превратились в косточки среднего уха, передающие звук по слуховому каналу.

Заметное место в черепе зверей занимает орган обоняния – *носовая полость*. Проход



из нее в легкие отгорожен *костным нёбом* и *мягким нёбом* так, что можно дышать и жевать одновременно.

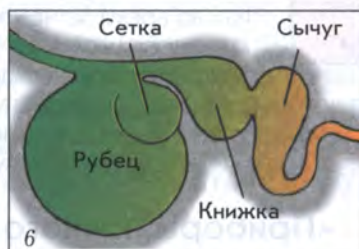
*Губы* и *щеки* образованы мышцами и эластичной кожей. Они тоже нужны для обработки пищи во рту. Чувствительность губ помогает определять качество пищи. Соски молочных желез у самок, видимо, появились не раньше, чем губы у их детенышей.

### Передвижная фабрика-кухня

Пищеварительный тракт млекопитающих значительно длиннее, чем у птиц и рептилий. В нем больше различных отделов и желез. Переваривание идет дольше и эффективнее, несмотря на то, что многие звери едят низкокалорийную пищу. В их пищеварительной системе обитает множество бактерий, грибов и простейших, разлагающих клетчатку.



Особенно сложно устроен желудок жвачных животных (рис. б). Трава, съеденная овцой, сначала поступает в объемистый *рубец*, где идет бактериальное брожение. Овца может отрыгнуть пищу из рубца и пережевать еще раз – тогда брожение ускорится. В *сетке* и *книжке* продолжается бактериальное разложение. Попадая в *сычуг*, пища, наконец, подвергается действию желудочного сока.



В тонкую кишку поступают ферменты печени, поджелудочной железы и стенок самой кишки. Здесь идет дальнейшее расщепление и всасывание пищи. Самые грубые растительные остатки снова перерабатываются с помощью бактерий, грибов и простейших в слепой и толстой кишке.

В прямой кишке всасывается вода и удерживаются каловые массы. Если бы звери опорожнялись так же часто, как птицы, хищник мог бы легко выследить их по запаху.

### Обмен веществ поддерживает теплокровность

Теплокровные организмы должны не только больше есть, но и получать больше кислорода при каждом вдохе. Для этого у млекопитающих, кроме общего с рептилиями грудного способа дыхания, есть второй – диафрагмальный. *Диафрагма* – это куполообразная мышечная перегородка, отделяющая грудную клетку от брюшины. Ее сокращение позволяет дополнительно растягивать легкие в сторону брюшной полости. Легочных пузырьков у зверей очень много, и за счет этого поверхность легких в 50–100 раз больше поверхности тела.

Сердце зверей *четырёхкамерное*, как и у птиц. Кровоток полностью разделен на два круга: малый, через легкие, и большой, ко всем органам тела. Таким образом, их кровеносная система приобрела сходные черты самостоятельно, независимо от птиц. Но из двух дуг аорты предков у них сохранилась только *левая дуга*. Она отходит от левого желудочка и разносит чисто артериальную кровь. Эритроциты млекопитающих так же многочисленны, как у птиц. Вдобавок они лишены ядра и поэтому потребляют сами меньше кислорода, а переносят – больше.

Орган выделения млекопитающих – тазовые *почки*. Их строение позволяет удалять вредные вещества из крови более избирательно и этим поддерживать высокий уровень обмена веществ.



Теплокровность – дорогое свойство. Некоторые звери способны экономить энергию, впадая в *спячку* во время сезонного недостатка корма зимой или во время летней засухи. Животные долго готовятся к спячке: накапливают жир, подыскивают убежище, некоторые запасают корм на первое время.

В период спячки температура тела ежей, сурков, летучих мышей снижается почти до нуля, а обмен веществ замедляется в 30 раз! Разбудить их невозможно: надо сначала согреть. Медведь впадает, скорее, не в спячку, а в глубокий сон: обмен снижается всего лишь вдвое, и за зиму медведь сильно теряет в весе.

### «Приборы ночного видения»

Древние млекопитающие, используя преимущества теплокровности, приспособились к ночной активности. В темноте успех сопутствовал тем животным, у которых развились чуткие органы *обоняния, слуха и осязания*.

Запахи воспринимаются слизистым эпителием, покрывающим разветвленные проходы в глубине носовой полости (рис. 7).

У косули сложная система раковин настолько увеличивает чувствительную поверхность органа, что ей достаточно вдохнуть несколько молекул вещества, чтобы определить запах.

Ушные мышцы настораживают ушные раковины навстречу звуку (рис. 8). Они «ловят» звуковые волны, как парус ловит ветер. Три косточки в среднем ухе передают усиленные колебания к воспринимающим клеткам внутреннего уха. Если развит слух – значит, развит





и голос. У зверей, в отличие от птиц, голосовые связки расположены в самом начале трахеи – в *верхней гортани*, между хрящами, которые есть только у млекопитающих.

Органами осязания, кроме поверхности тела, служат специальные длинные волоски-*вибриссы* (рис. 9). А кожа на носу крота-звездорыла в тысячи раз чувствительнее наших пальцев.

Дневные животные – обезьяны, антилопы – полагаются прежде всего на зрение. Но самые большие глаза – у сумеречных зверей, например у кошек (рис. 10). Они не различают цвета, зато число клеток, отличающих свет от тьмы, в их сетчатке поразительно велико. Задняя стенка глаза отражает лучи света и тем самым увеличивает их воздействие на сетчатку. Вот почему глаза сумеречных зверей «светятся» от луча фонарика.

## Зачем нужна голова?

Млекопитающие достигли совершенства как органов восприятия, так и органов действия. Связать преимущества одних с возможностями других помогла теплокров-

ность. При постоянной температуре и кровоснабжении развилась **кора больших полушарий** головного мозга (рис. 11). Это новое образование стало центром *высшей нервной деятельности*, координирующим работу других мозговых центров: обоняния и ходьбы, дыхания и зрения и всех остальных.



11. Отделы мозга млекопитающего



12. План строения млекопитающего

Ученые доказали, что в коре головного мозга, как на экране, складывается полная картина окружающего мира, полученная от органов чувств. Работу клеток коры, как и работу компьютера, обеспечивают слабые электрические токи. Здесь принимаются решения о том, как действовать в данной ситуации,

и передаются сигналы в нужные отделы мозга.

Кора состоит из тел нервных клеток, а их волокна уходят в глубь мозга. Чем больше поверхность – тем больше клеток. Поэтому у высокоразвитых животных поверхность коры образует множество извилистых складок.

Млекопитающие унаследовали от предков и развили сложную зубную систему и свойства кожи. Спасаясь от крупных хищников, они выработали адаптации к суровым условиям: сложную обработку пищи в ротовой полости, ускоренный обмен веществ и развитую нервную систему. В конце концов эти адаптации позволили им занять господствующее положение в экосистемах.

### Шерстный покров. Кожные железы. Диафрагма. Кора

1. Какие особенности строения предков развили млекопитающие?
2. Каково строение и свойства шерстного покрова?
3. Что позволяет млекопитающим лучше усваивать пищу?
4. Как дыхание и кровообращение поддерживают теплокровность у зверей?
5. Как звери воспринимают окружающий мир?
- 6\*. В чем заключается параллелизм эволюции птиц и млекопитающих?
- 7\*. В чем сходство строения кожных желез и роговых образований?
- 8\*. Какие возможности дает способность усваивать растительную пищу?
- 9\*. Почему крокодила нельзя научить выполнять команды, понятные собаке?

#### Лабораторная работа. Зубная система и мех зверей

1. Рассмотрите зубную систему на черепе собаки или другого млекопитающего. Опишите отличие, назначение и количество резцов, клыков, предкоренных и коренных зубов данного вида зверей.
2. Рассмотрите мех на шапке из норки, ондатры или другого млекопитающего. Различаются ли волоски по длине и структуре? С чем связаны эти различия?

## § 58. КАК ВЫРАСТИТЬ СМЫШЛЕННОЕ ДИТЯ

Для чего служат зародышевые оболочки?  
 Что такое яйцеживорождение?  
 У кого и в каких условиях оно встречается?

**Проблема:** Найти наилучший способ развития и воспитания теплокровного существа.

### Что лучше: яйцекладка или деторождение?

Живорождение «придумано» многими животными независимо друг от друга: оно встречается у некоторых насекомых, акул, ящериц. Наряду с яйцеживорождением существует и настоящее, когда зародыш питается за счет организма матери. Почему же живорождение широко распространено только среди млекопитающих?



Группа	Задача	Яйцекладка	Деторождение
Водные холодно-кровные	Обеспечить питанием...	Позволяет иметь много потомков без риска для самки, но и без гарантии выживания	Повышает выживаемость небольшого числа потомков
Наземные холодно-кровные	...а также запасом воды	В теплом климате дает возможность не заботиться о потомстве	Позволяет размножаться в особых условиях
Теплокровные	...и создать оптимальную температуру	Освобождает от долгого вынашивания, но требует почти непрерывного присутствия в гнезде	Освобождает от насиживания, создает идеальные температурные условия

Таким образом, мы убеждаемся, что для холоднокровных животных живорождение имеет тактическое значение для приспособления к частным особенностям их жизни. Для теплокровных же оно имеет стратегическую выгоду: обеспечивает развитие более сложных организмов, с более совершенной нервной системой. У птиц живорождение невозможно: оно мешало бы полету. Вот и получается, что млекопитающие – первые животные, для которых живорождение и выгодно, и необходимо.

## Приспособления к деторождению

Органы размножения млекопитающих, как и рептилий, состоят из парных семенников (у самцов) или яичников (у самок), их выводящих путей и желез, которые регулируют выведение половых продуктов.



Найдите и назовите органы зародыша, пользуясь рисунком на стр. 212.

Отличия связаны с тем, что оплодотворенная яйцеклетка развивается в материнском организме, прирастая к стенке яйцевода. Этот нижний отдел яйцевода превращен в **матку** – мускульный мешок, выстланный рыхлыми тканями и имеющий специальное кровоснабжение. Стенка матки в том месте, где поселилась яйцеклетка, набухает и образует разветвленную сеть капилляров. Зародышевые оболочки, тоже пронизанные капиллярами, прорастают **ворсинками**, как корнями, в глубь стенки матки и оплетают ее капилляры. Так из тканей матери и зародыша

образуется **плацента**, или детское место, – сплетение кровеносных сосудов, через которое зародыш получает от матери кислород и питательные вещества, а также избавляется от продуктов выделения. Стенки зародышевых пузырей, где проходят сосуды, превращаются в **пупочный канатик**, соединяющий зародыш с плацентой.

В теле матери детеныш проходит те же стадии развития, что и птенец в яйце. В конце концов под влиянием гормонов мышцы матки сокращаются, и детеныш рождается на свет. Вместе с ним отходят околоплодные воды – содержимое зародышевых пузырей, а затем и послед – плацента. Обычно самка съедает послед, а у детеныша на брюхе остается рубец от оборванного пупочного канатика – пупок.

## Млекопитающие – «питающие молоком»

Взрослые звери могут приспособиться питаться корой и колючками или грызть кости. Но младенцу такая пища недоступна. Поэтому у млекопитающих возник новый способ заботы о потом-

стве: самка, поедая грубые и низкокалорийные корма, перерабатывает их в универсальный пищевой продукт – **МОЛОКО**.

Молоко содержит все необходимое для развития: белки, жиры, углеводы, витамины и соли. Чем больше в нем белков и жиров, тем быстрее идет развитие. В молоке собаки, например, питательных веществ в 4 раза больше, чем в коровьем, а в тюленьем – в 10 раз больше! Период выкармливания молоком длится от нескольких недель (грызуны) до нескольких лет (обезьяны).

### Яйцекладущие, или первозвери

Каждое усовершенствование требует многих миллионов лет эволюции. Система воспроизводства млекопитающих не исключение. Об этом свидетельствуют интереснейшие группы примитивных животных, сохранившиеся только в Австралии (рис. 2). Ведь этот материк откололся от других материков в самом начале эволюции класса млекопитающих.



В тихих заводях с богатой прибрежной растительностью встречается *утконос*. Его «клюв» действительно похож на утиный и служит тем же целям, а пальцы соединены перепонками. В период размножения самка устраивает в норе гнездо, куда откладывает 1–3 некрупных яйца, покрытых кожистой оболочкой. Эти яйца, однако, содержат уже наполовину сформированный зародыш, и через 9–10 дней насиживания из них выходят маленькие утконосы. Они слизывают молоко с брюшной части тела матери, у которой нет сосков, а многочисленные млечные железы открываются прямо на поверхность кожи.

Другое животное – *ехидна* – не строит гнезда, а вынашивает единственное яйцо в специальной сумке на брюхе. Утконос и ехидна относятся к подклассу *первозверей*. Им свойственны и



другие примитивные черты. Как у рептилий и птиц, их прямая кишка и мочеполовое отверстие открываются в клоаку. Губ нет, детеныши не сосут, а слизывают молоко. Плечевой пояс включает несколько отдельных костей, из которых у других зверей остается только лопатка. Температура тела ниже, чем у других млекопитающих.

### Сумчатые, или низшие звери

Кенгуру, более 200 его австралийских родственников и несколько десятков американских видов относятся к инфраклассу *сумчатых* (рис. 3). Они «отказались» от наружных яйцевых оболочек и решили проблему воспроизведения иначе. Их зародыш развивается, прикрепившись к стенке матки, и получает питание как из желточного мешка, так и от матери, но еще без образования настоящей плаценты. Быстро растущему зародышу не хватает такого снабжения. Он рождается недоразвитым и переползает в сумку – складку кожи на животе. Там он прикрепляется к соску молочной железы и продолжает развитие. Он настолько беспомощен, что мать долгое время сама впрыскивает молоко ему в рот.



Вся эволюция сумчатых в Австралии проходила в отсутствие высших млекопитающих, но она привела к возникновению жизненных форм, удивительно похожих на знакомых нам зверей. Среди них есть крупные и мелкие, растительноядные и хищные, наземные, древесные и подземные обитатели.

## Плацентарные, или высшие звери

Все остальные млекопитающие образуют инфракласс *плацентарных*. Их яйцеклетки значительно мельче икринок лягушки, так как в них почти нет желтка. Зародыш получает питание от организма матери через разветвленную сеть капилляров плаценты и пуповину. Внутриутробное развитие проходит достаточно долго: у оленя, например, 8–9 месяцев, в то время как у гигантского кенгуру – всего 40 дней. Новорожденные сами умеют, по крайней мере, сосать, а у некоторых видов – даже бегать.



Это зависит от условий жизни, к которым приспосабливаются животные. У зайца-беляка, например, беременность длится 50 дней. Зайчата рождаются зрячими, покрытыми шерсткой (рис. 4). В первые же часы они разбегаются кто куда и затаиваются в траве, чтобы не попасться хищнику. Мать сама находит их, чтобы покормить молоком. Кролики, внешне так похожие на зайцев, устраивают гнездо в норе. Внутриутробное развитие продолжается 30 дней. Крольчата рождаются слепыми и голыми, самка еще долго кормит их в гнезде (рис. 5).



4. Новорожденный зайчонок



5. Новорожденные крольчата

Плодовитость млекопитающих связана с размерами животных, условиями и продолжительностью жизни. Крупные звери живут долго. Слоны и носороги доживают до 70–80 лет. Поэтому они начинают размножаться только после 10 или даже 20 лет и рожают по одному детенышу раз в три года. Виды собачьих живут 10–15 лет и, начиная со второго года, ежегодно приносят по 3–8 щенков. Мелкие грызуны не доживают и до двух лет, зато способны рожать до 10–12 детенышей каждые 2–3 месяца.

## Долгое развитие головного мозга

Детеныш начинает жизнь в качестве «органа» матери. Ее теплоресный организм обеспечивает постоянство условий развития, в котором особенно нуждаются клетки головного мозга.

Развитие мозга продолжается и в детский период, во время обучения. Путем проб и ошибок у детеныша формируются **условные рефлексy** – реакции на раздражитель в зависимости от дополнительных условий. Он учится выполнять некоторые действия *при условии*, что они помогают утолять голод и избежать боли.

Щенок научится подходить, услышав свое имя, если его два-три раза при этом покормить. В мозге устанавливается *временная* связь между клетками памяти, хранящими образ его имени, и нервными клетками, отвечающими за другие действия и эмоции:

$$\boxed{\text{«Тузик»}} + \boxed{\text{«Иду к хозяину»}} = \boxed{\text{«Хорошо»}}$$

Если в другой раз его позвать и ударить, хрупкая биоэлектрическая связь между этими клетками мозга начнет разрушаться:

$$\boxed{\text{«Тузик»}} + \boxed{\text{«Иду к хозяину»}} = \boxed{\text{???}}$$

Если его побить еще раз, образуется другая связь:

$$\boxed{\text{«Тузик»}} + \boxed{\text{«Иду к хозяину»}} = \boxed{\text{«Больно»}}$$

Тузик научится убегать от хозяина, *если* он плохой, и подходить – *если* хозяин хороший. Особенно – *если* у него в руках колбаса. Условные рефлексy позволяют предвидеть многие ситуации и поступать таким образом, чтобы вероятнее всего сохранить постоянство внутренней среды организма: сытость, тепло, отсутствие боли, положительные эмоции.

## Обучение помогает стать взрослым

Поведение млекопитающих сложно и разнообразно. Только основные его формы передаются по наследству в виде инстинктов. Как вести себя в каждом случае, дети узнают, подражая взрослым. Забота зверей о потомстве не ограничивается строительством гнезда, вынашиванием, выкармливанием, обогреванием и защитой. Она включает еще и **обучение**. Забота родителей помогает детям многому научиться быстрее и без особого риска.

Первые навыки вырабатываются в играх друг с другом, с родителями, с принесенной пищей. Детеныши хищных зверей учатся охоте, а детеныши травоядных – защите от нападения. В зависимости от питания и образа жизни взрослые воспитывают детей поодиночке или объединяются в группы.

Связь поколений, позволяющая передавать опыт, развита и у некоторых птиц, но для млекопитающих особенно характерна.

### Индивидуальная приспособленность

Обучение позволяет приспособливаться к новым условиям не только эволюционным путем, требующим миллионы лет, а путем развития *собственного приспособительного поведения* и совершенствования его в течение жизни.

Птицы приспособлены к воздушной среде, рыбы – к воде. Млекопитающие приспособлены к *изменениям* в различной среде. Число видов млекопитающих не так велико, но каждый из них по разнообразию поведения и взаимоотношению со средой стоит десятых. Поэтому виды сильно различаются. Млекопитающие бьют все рекорды разнообразия жизненных форм.

Млекопитающие прошли эволюционный путь от откладки яиц до рождения развитых детенышей. Яйцеклетка уменьшилась до микроскопических размеров. После оплодотворения она прирастает к стенке матки. Вместо питания желтком зародыш получает необходимые вещества, включая кислород, прямо из крови матери через плаценту. Питание детенышей молоком дает им время подготовиться к взрослой жизни. Благодаря совершенству строения и развития нервной системы млекопитающие достигали наибольшей индивидуальной приспособленности. Родительская забота и обучение обеспечивают потомкам максимальное выживание.

### Матка. Плацента. Молоко. Условный рефлекс

1. Какие преимущества дает плацента?
2. Как формируется связь зародыша с организмом матери?
3. Какие эволюционные этапы прошла система органов размножения?
4. Каким образом млекопитающие проявляют заботу о потомстве?
- 5\*. Как связаны плодовитость, продолжительность жизни и размеры животных?
- 6\*. Приведите примеры условных и безусловных рефлексов млекопитающих.
- 7\*. Как образ жизни зверей влияет на особенности их размножения?

## § 59. ОХОТНИКИ ЗА НАСЕКОМЫМИ

Строение каких органов определяет большое разнообразие форм пресмыкающихся?

Почему птицы распространены шире рептилий?

**Проблема:** Как звери-охотники за насекомыми «поделили добычу» с другими позвоночными?

### Мезозойский образ жизни

Самая древняя группа плацентарных зверей – отряд *насекомоядные*. Конечно, среди его представителей уже нет современников динозавров. Но родственники есть родственники: образ жизни насекомоядных мало изменился. Их пильчатые зубы слабо различаются, а большие полушария головного мозга относительно невелики и не имеют извилин. Подвижный удлинненный хоботок несет чуткие органы осязания и обоняния. Это позволяет находить и съесть любых мелких животных в верхнем слое почвы и на поверхности.



Несмотря на древнее происхождение, насекомоядные и сейчас играют огромную роль в экосистемах лесов и лугов (рис. 1). В наших лесах на каждом гектаре обычно обитает не менее 100 мелких *землероек-бурозубок*. Землю они роют мало, но легко перемещаются под опавшими листьями и в густой траве. За сутки они съедают червей и насекомых не меньше, чем весят сами. *Ежи* охотно поедают также лягушек и ящериц. На зиму ежи впадают в глубокую спячку. *Выхухоль* хорошо плавает и питается водными беспозвоночными. Жизнь *крота* проходит под землей. В поисках червей он раздвигает почву клиновидной головой и лопатообразными когтистыми лапами. Глаза крота слабо развиты, но различают день и ночь для настройки «биологических часов».

## «Близнецы», да не братья



В Африке живут другие группы насекомоядных (рис. 2). Новейшие исследования ДНК доказали, что по происхождению они так же далеки от наших, как и от сумчатых, но внешне очень на них похожи. Внешнее сходство неродственных форм, связанное с приспособлением к сходному образу жизни, называется *конвергенцией*. Предполагают, что в конце мезозоя, когда формировались эти группы, северные материки имели сухопутную связь, а южные были отделены морями как от них, так и друг от друга. Различные насекомоядные на разных материках дали начало всем современным отрядам плацентарных. Позднее Африка сомкнулась с Азией, и их фауны частично смешались.

Насекомые были важнейшим кормом древних зверей, а приспособление к питанию ими – мощным фактором эволюции. Питание муравьями и термитами стало причиной специализации животных на разных континентах независимо друг от друга (рис. 4). Они относятся к разным отрядам, но имеют ярко выраженные конвергентные признаки: вытянутое рыло, недоразвитые зубы, длинный язык, мощные когти-крючья.

Рисовый тенрек



Ежиный тенрек



Водяной тенрек



Златокрот



2

3



Кенгуровая мышь



Ехидна



Утконос



Сумчатый крот

Что можно сказать о происхождении и образе жизни этих животных из Австралии?

Муравьед (Ю. Америка)



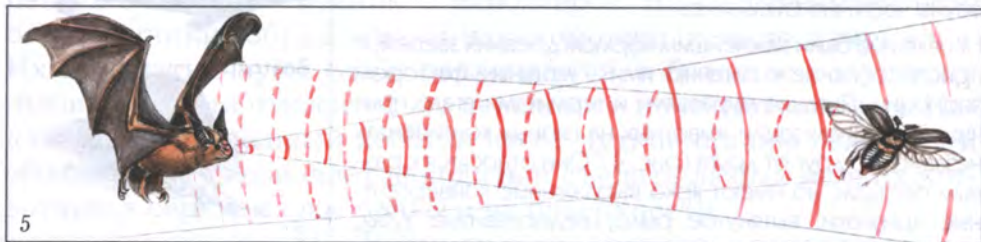
Панголин (Азия и Африка)

Трубкозуб (Африка)

4. Звери – потребители термитов и муравьев

## Рукокрылые «переоткрыли» воздушную стихию

Казалось бы, кто осмелится конкурировать с птицами в освоении воздушной среды? Млекопитающие из отряда *рукокрылых*: *летучие мыши* и *крыланы*! Они делают это с успехом, освоив «нишу» ночного крылатого охотника. Птерозаврам для этого не хватало теплокровности, птицам – «ночного видения». И вот летучие мыши применили самый совершенный способ поиска в темноте – *ультразвуковую эхолокацию* (рис. 5). Они издают высокий, неслышимый нам писк и с помощью кожной нащепки-рефлектора на морде направляют его прямо перед собой, как луч фонарика. Большие, растопыренные уши улавливают отраженный звук, как наши глаза – свет.



Рукокрылые (рис. 6) – единственные килегрудые млекопитающие. Кожистая летательная перепонка охватывает очень длинные пальцы передних конечностей, задние конечности (кроме пальцев) и хвост. Ноги «коленками назад» с хвостовой частью перепонки и выступающими лапами служат для захвата добычи на лету. На задних лапах рукокрылые подвешиваются для отдыха. Единственный свободный палец на «руках» помогает цепляться и ползать.



Есть у рукокрылых одна беда: через летательную перепонку, состоящую из живой ткани, они теряют много тепла. Поэтому они привыкли экономить. Очень чутко определяя атмосферное давление, они летают на охоту, только когда оно снижается. Это значит, что ночь будет теплая и вылетит много насекомых. Остальные дни они проводят в оцепенении, прячась в дуплах, пещерах, на чердаках. Перед полетом им нужно время на разогрев. В районах с умеренным климатом летучие мыши на зиму впадают в спячку, скапливаясь в подземных убежищах, либо улетают на юг, как птицы.

Продолжая сравнение с птицами, заметим, что летучие мыши сходных размеров живут обычно в несколько раз дольше. Поэто-

му они рожают всего 1–2 детеныша за сезон. До самостоятельных полетов детеныши питаются только материнским молоком, причем самки некоторых видов первое время носят их на себе.

Наши летучие мыши питаются насекомыми. *Рыжая вечерница* их ловит высоко в воздухе, а с наступлением осени улетает на юг. *Ушан* порхает между кронами деревьев, схватывая как летающих, так и сидящих насекомых. На зиму впадает в спячку.



Рукокрылых больше в теплых странах. В Южной Америке встречаются *вампиры*. Их зубы остры, как бритва, а слюна обезболивает укус и препятствует свертыванию крови. Это позволяет вампирам незаметно нападать на скот, прокусывать кожу и пить кровь. В тропиках Восточного полушария обитают фруктоядные крыланы с размахом крыльев до 1 м. Они находят спелые фрукты с помощью острого обоняния и зрения.



Насекомоядные и рукокрылые приспособились добывать беспозвоночных в таких условиях, в которых они недоступны для других охотников. Различные группы зверей на разных материках приспособлялись к жизни сходными путями.

1. Какие органы чувств помогают охотникам за насекомыми?
2. В чем проявляется древность происхождения отряда насекомоядных?
3. Какие виды насекомоядных и рукокрылых обитают в вашей местности?
- 4\*. Найдите гомологичные и аналогичные черты строения птиц и рукокрылых.
- 5\*. Почему ресурсы пищи насекомоядных и рукокрылых не были освоены раньше?
- 6\*. Почему на разных материках обитают сходные жизненные формы?



## § 60. ОБИТАТЕЛИ ПАСТБИЩ

Как изменились условия жизни животных в начале кайнозойской эры?

Какими общими чертами обладают домашние животные?

**Проблема:** Какие приспособления позволяют использовать самый обильный источник корма – зеленую массу растений?

### Ресурсы травяных экосистем должны быть использованы



С тех пор как существуют пастбища, существуют и копытные – самые совершенные травоядные животные. А пастбища существуют с тех пор, как на смену старому, мезозойскому миру голосеменных пришел новый мир цветковых растений и началась кайнозойская эра. В чем же их совершенство? В том, что не было и нет других позвоночных животных, способных превращать солнечную энергию, запасенную в растениях, в ткани своего тела с таким высоким к.п.д.

Эти животные принадлежат в основном к двум отрядам: *парнокопытных* и *непарнокопытных*. Образ жизни травоядного – необходимость смены пастбищ и спасения от хищников – объясняет многие черты сходства этих животных. В их числе – длинные ноги, пальцехождение, превращение когтей в копыта для быстрого бега по твердой почве. Парнокопытные опираются на 2 или 4 пальца, непарнокопытные – на 1 или 3 пальца. Высоко поднятая голова, развитые слух и зрение позволяют издали заметить хищника днем и ночью. Копытные вынашивают детенышей так долго, что, едва родившись, они стоят на ногах и готовы следовать за матерью.

### Сложная технология переработки клетчатки

Трава, а тем более ветки и кора – некалорийная и грубая пища, ее надо есть почти круглосуточно и специально перерабатывать. Поэтому у копытных сильные мясистые губы, длинный подвижный язык, мощные жевательные мышцы и особая зубная система. В зубном ряду имеется характерный разрыв между резцами и жевательными зубами. Плоская жевательная поверхность ко-



К каким отрядам принадлежат эти всем известные виды копытных?

ренных зубов покрыта замысловатой системой выступов и напоминает терку.

Несъедобная для зверей клетчатка усваивается в пищеварительном тракте микроорганизмами. Эти микроорганизмы растут, размножаются, а через несколько часов сами превращаются в ценную белковую пищу. Все копытные специализированы на потреблении растительной пищи, но в разной степени.

Особенности пищеварения	Жвачные и мозолоногие	Нежвачные и непарнокопытные
Пережевывание пищи	двукратное	однократное
Строение желудка	сложное	простое
Время прохождения пищи	4 суток	2 суток
Полнота усвоения пищи	80%	50%

Понятно, что, например, лошадям нужно больше пищи. Быстрые ноги дают им возможность легко перемещаться на новые пастбища. Пищеварение жвачных более эффективно. Поэтому верблюды и антилопы способны обходиться скудной растительностью пустынь. На высокогорных склонах пасутся мохнатые яки, горные козлы и бараны. Северный олень довольствуется лишайниками в тундре, а огромный лось в тайге всю зиму питается корой и ветками. Длинные ноги позволяют ему не увязнуть в снегу.

Нежвачные парнокопытные избрали другой путь приспособления – всеядность. Кабаны питаются не только травой, опавшими плодами, но и мелкими животными, кореньями, червями, а зимой выкапывают желуди и каштаны из-под неглубокого снега.



Но настоящий рай для копытных – это саванны. Масса травянистых растений здесь нарастает очень быстро. Десятки видов растительноядных животных разделяют ресурсы пищи по высоте, калорийности, доступности. Самые высокие листья достаются жирафам. Только в условиях изобилия существуют такие тяжеловесы, как бегемоты и носороги. Слоны – представители отряда хоботных – нуждаются в листьях древесной растительности, которая способна удовлетворить их гигантский аппетит.

## Почему разные виды не мешают друг другу?

Различие видов по размеру позволяет им использовать одно и то же пастбище. Крупные виды менее разборчивы в еде: им нужно съесть много, и они «набивают желудки» в основном грубой пищей. У мелких видов более интенсивный обмен, им нужна

нежная молодая травка, которую легче найти, когда уже съеден весь «бурьян».

Засуха – главный враг обитателей саванны. Корни трав проникают не так глубоко в землю, и травянистые растения страдают от засухи больше, чем кустарники или деревья. Настоящие травоядные (лошади, быки, антилопы) вынуждены перемещаться в поисках богатых пастбищ и скапливаться там, где недавно прошли дожди. Они образуют стада, иногда насчитывающие более миллиона голов.

Виды, которые объедают листья кустарников и деревьев (козлы, тапиры, олени, жирафы), должны преодолевать защитные приспособления растений: шипы, колючки, яды. Они каждый день отщипывают от разных кустов понемножку, потому что если наестся с одного куста, можно отравиться. Таким животным некуда спешить, а самцам выгоднее защищать свою территорию. Самки обычно держатся группами с одним самцом, обладающим лучшим участком. Еще важнее территория для мелких лесных видов, которые предпочитают плоды и семена. Они живут моногамными семьями.

### Самки «руководят» эволюцией самцов

У копытных самка вносит большой вклад в заботу о потомстве: она вынашивает и выкармливает детенышей, а самец может предложить только свои гены. В любой момент найдется гораздо больше самцов, готовых к спариванию, чем самок. Потомство оставляют только те самцы, которые нравятся самкам. Поэтому они крупнее самок и вооружены рогами. Правда, драки между самцами чаще носят ритуальный характер и не приводят к серьезным ранениям.

Рога полорогих представляют собой костные выросты черепа, защищенные роговым чехлом. У оленей рога – производные кожи. Они отрастают каждый год заново, окостеневают накануне брачных турниров, а потом (обычно весной) сбрасываются. У некоторых видов, обитающих на открытых пространствах, рога имеют даже самки: они используют их против хищников.

### Охота на копытных сделала человека человеком

Человек стал человеком во многом благодаря копытным. В те времена, около 2 млн. лет назад, в африканских саваннах обитали

буйволы, вероятно, вдвое больше современных. Им не было причин бояться хищников. Именно поэтому они стали основной добычей древнего человека. Обладая изобретательным умом, занимаясь коллективной охотой и владея метательным оружием, он стал важнейшим хищником и получил возможность добывать пищу в избытке. Благодаря обилию копытных численность человечества возросла, появилось свободное время. Наскальные картины в пещерах Евразии свидетельствуют о том, что охота на копытных была основным источником пищи в периоды оледенений.

### Вместе по жизни

Поворотным моментом в отношениях человека и животных стало одомашнивание копытных. Нетерриториальные животные, которые держались на пастбищах небольшими стадами, легко восприняли заботу и управление со стороны человека. Примерно от 12 до 4 тысяч лет назад в разных местах Земли бы-



Какие свойства развивал человек у этих пород домашних животных?

ли одомашнены овцы и козы, верблюды и ламы, коровы и свиньи, ослы и лошади – всего 15 видов. Лошадей стали использовать для езды лишь 4 тыс. лет назад. Это помогло людям стать более мобильными.

Незаменимыми оказались жвачные животные – источник мяса, молока, шерсти, кожи. Благодаря несравненной способности усваивать пищу они дают наибольший выход продукции с гектара. Селекция новых пород и скрещивание их с разновидностями местной фауны повысили производительность еще больше. Стада домашнего скота распространились по саваннам, степям, полупустыням, горным лугам и пастбищам в других зонах.

Сегодня численность домашнего скота в 10 раз превышает число их диких собратьев, которые лишились своих исконных пастбищ. Неумеренный выпас, разрушение растительности и почвы в Африке привели к изменению климата и росту пустыни Сахара. В Австралии и Новой Зеландии от овец жестоко пострадала вся местная фауна, не знавшая плацентарных животных. В степях Восточной Европы около 300 лет назад вымер тур (предок коровы), а более ста лет назад – тарпан (дикая лошадь). Теперь здесь находится заповедник Аскания-Нова, в котором охраняется дикая степная фауна и делаются попытки вывести животных с признаками вымерших диких предков.

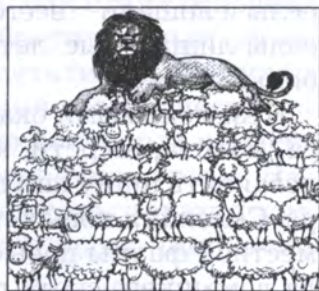
Копытные появились и эволюционировали вместе с травяными экосистемами. Их основные адаптации – это быстрые ноги для спасения от хищников и сложное пищеварение для переваривания клетчатки. Различия частных приспособлений позволяют разным видам использовать одно и то же пастбище. Охота на копытных ускорила развитие человеческого разума. Домашние копытные – главные спутники человека. Предпосылками для этого были их быстрый рост, эффективное использование массового корма и стадный образ жизни. Стада домашних животных угрожают существованию диких видов копытных.

1. Как эволюция копытных связана с особенностями их местообитаний?
2. Как корова приспособлена к питанию травой?
3. Как развитие человечества и его хозяйство связаны с копытными?
- 4\*. В чем выражается симбиоз копытных и злаков?
- 5\*. Почему жвачные животные не вытеснили нежвачных в ходе эволюции?
- 6\*. Какие свойства диких копытных могут пригодиться селекционерам?

## § 61. НА ВЕРШИНЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПИРАМИДЫ

Как численность животных зависит от их места в пищевой цепи? Почему?

**Проблема:** Какие особенности экологии хищных животных надо знать, чтобы сохранить их разнообразие в природе?



### Хищные млекопитающие

Отряд *хищные* (рис. 1) объединяет самых различных животных. Лев ест только свежее мясо, а панда предпочитает листья бамбука. Ласка легко пролезает в мышиную норку, а белый медведь в 25 тыс. раз превосходит ее по массе. Калан живет в море, а пальмовая циветта редко спускается на землю. Всех их роднят, по крайней мере, острые «хищные» зубы, предназначенные для разделки мяса и говорящие о «древней профессии» их предков.

Различия между семействами касаются их тактики охоты. *Кошачьи* подкрадываются к жертве, выжидают в засаде и наконец делают решающий бросок. *Собаачьи* отбивают жертву от стада и преследуют, пока ее силы не иссякнут. *Куньи* обычно захватывают добычу в местах, недоступных для других хищников: в норе, на дереве, в воде. *Медвежьи* в основном растительноядны, но при случае добывают молодых лосей или нерестящуюся рыбу.

Общая черта всех хищных – острота органов чувств. По запаху они могут не только находить и преследовать жертву, но и общаться с соседями, узнавать родственников. Многие хищники предпочитают охотиться поодиночке и обозначают границы своей территории. Но для родственников вход не запрещен, если пищи достаточно. Шакалы объединяются в группы, чтобы охотиться на крупную добычу. Гиены вместе защищаются от львов, а гиеновые собаки воспитывают не только родных детей, но и племянников. «Тетушки» делятся добычей с кормящей матерью или могут «посидеть» с детьми, пока родители на охоте. Большая дружная семья учит младших, как охотиться на копытных загонem.

Основа взаимоотношений в любой экосистеме – пищевые связи между видами, из которых один – это корм, или жертва, а другой – потребитель, или хищник. Слабые, больные, плохо защищенные особи чаще становятся кормом. Воздействие потреби-



теля ведет к естественному отбору лучших защитных свойств своих прокормителей. Хищники контролируют численность, качество и разнообразие многих видов-жертв. Те, в свою очередь, влияют на виды, которыми они питаются. Выходит, что хищные млекопитающие через пищевые цепи оказывают влияние на все виды животных и растений, входящие в экосистему.



Верховным хищникам для жизни нужна большая территория, поэтому они больше других зверей чувствительны к изменениям своих природных мест обитания. Сейчас многие из них занесены в Красную книгу и требуют срочной охраны в заповедниках.

К хищным относится самое древнее домашнее животное – собака, одомашненная более 15 тысяч лет назад. Кошка живет с человеком с тех пор, как он стал запасать зерно, привлекавшее мышей. На пушных хищных зверей издавна охотились из-за ценного меха. Последнее столетие их разводят в клетках, хотя по качеству меха они несколько уступают диким.

### Возвращение в море

Посмотрите на голову тюленя: вылитая собака, только ушей не хватает. Действительно, отряд *ластоногих* (рис. 2) объединяет ближайших родственников хищных, которые перешли к водному образу жизни и питанию рыбой. Их конечности превращены в ласты.

Различают *тюленей ушастых* и *настоящих*. Первые покрыты густым мехом, нередко выходят на сушу для отдыха и размножения. Именно они ловко выполняют цирковые номера. Настоящие тюлени совсем лишились ушных раковин и способности подгибать задние ласты. Они отдыхают и размножаются обычно на льдинах. Замерзнуть в холодной воде им не дает подкожная жировая прокладка. Она еще лучше развита в семействе *моржей*. Моржи живут в арктических морях и питаются донными беспозвоночными, которых «выпахивают» длинными клыками.



2

Морж

Морские львы

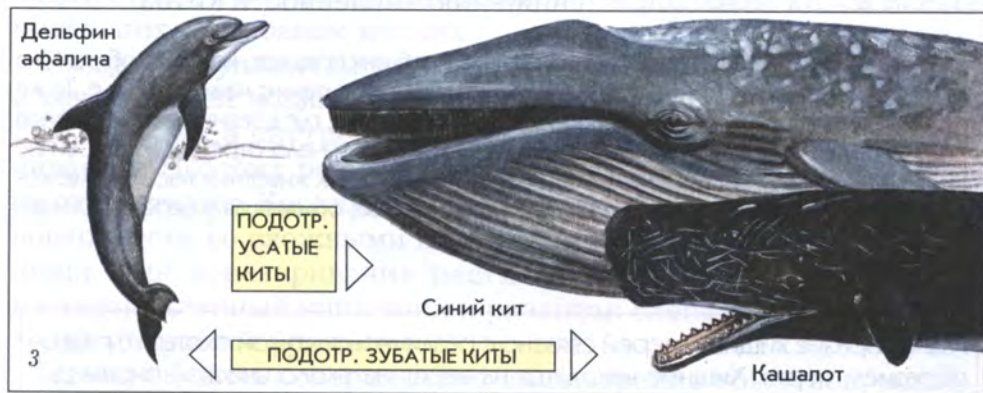
Серый тюлень

### «ЧУДО-ЮДО» ДЫШИТ ЛЕГКИМИ

Еще более глубокое приспособление к жизни в воде демонстрируют *китообразные* (рис. 3). Животные этого отряда приобрели конвергентное сходство с рыбами по внешнему строению и не могут выходить на сушу. Передние конечности превратились в плавники, а задние полностью утрачены (сохраняется лишь одна кость тазового пояса). Основным органом движения служит мощный хвост с горизонтальными кожными лопастями.

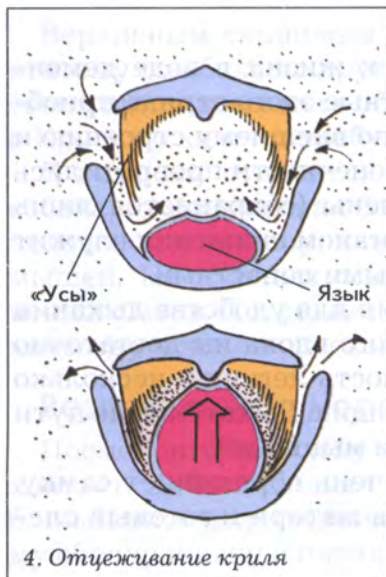
Ноздри китообразных смещены на темя для удобства дыхания при выныривании. Одного очень глубокого вдоха им достаточно для погружения на целый час. Поверхность легких в несколько раз больше, чем у наземных млекопитающих. Дыхательные пути при нырянии запираются специальными мышцами.

Вынашивание детеныша в воде не очень обременяет самку. Он рождается длиной до половины тела матери и готовый следовать за ней.



*Зубатые киты* питаются рыбой и кальмарами, обнаруживая их ультразвуковой эхолокацией, как летучие мыши. Дельфины издадут звук с помощью воздушных камер носовой полости. Жировая линза под кожей на лбу фокусирует его в узкий «луч». Звук в воде распространяется лучше, чем в воздухе. Звуковые колебания, отраженные от жертвы, воспринимаются нижней челюстью и передаются во внутреннее ухо.

Дельфины сообразительны, дружелюбны, легко и многому учатся. Эти качества соответствуют развитию коры их головного мозга и сложному стайному поведению при загоне добычи.



Киты освоили мировой океан, покрывающий более 2/3 поверхности планеты, питаясь разнообразными продуктами моря. Самый мелкий и многочисленный корм – планктонных ракообразных – освоили самые крупные, *усатые киты*. Еще во время эмбрионального развития их зубы замещаются частыми вертикальными пластинками для процеживания воды – «усами». Самый большой пойманный синий кит весил 150 тонн при длине 27 м. Такой гигант съедает по 4 тонны криля в день. Запрещенный ныне промысел китов, добыча рыбы и криля, загрязнение океана привели к снижению численности китов.



Китообразные и парнокопытные имели общих предков, которые обитали на северных материках и были приспособлены к питанию на мелководье. То же самое в начале кайнозоя произошло и в Африке, где древние предки слонов также освоились в прибрежных водах и дали начало отряду *сирен*. Сейчас несколько видов этих крупных растительноядных животных населяет мелководные тропические моря и устья рек. *Морская корова*, обитавшая у берегов Камчатки, полностью уничтожена в XVIII в.

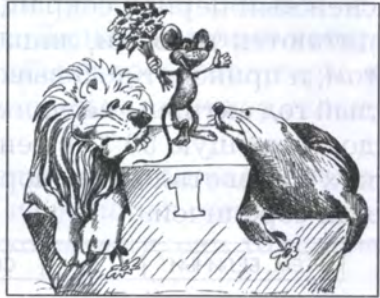
Разнообразие хищных зверей связано с различной тактикой охоты и с разнообразием жертв. Хищные находятся на вершине экологической пирамиды. Их охотничьи участки велики, а численность мала. Морские звери заняли экологические ниши планктоноядов и «хитроумных» хищников. Они дышат легкими, но во многом походят на рыб, что связано со свойствами среды.

1. Почему хищные звери так различны? Кому из них грозит вымирание?
2. Какие приспособления к жизни в воде приобрели морские млекопитающие?
3. Какова экологическая роль хищных и морских млекопитающих?
- 4\*. Какие группы сухопутных животных родственны морским зверям?
- 5\*. Что угрожает жизни китов?
- 6\*. Почему бурые медведи зимой спят?

## § 62. МАЛЫЕ, ДА УДАЛЫЕ

Какие группы птиц относятся к современным процветающим животным? Почему?

**Проблема:** Какие признаки позволяют утверждать, что грызуны – процветающая современная группа млекопитающих?



### Грызуны – потребители семян

Распространение покрытосеменных растений в кайнозой сильно изменило среду обитания. Новые ресурсы пищи дали толчок эволюции потребителей среди млекопитающих. Если копытные стали основными потребителями зеленой массы, то потребителями семян стали *грызуны* (рис. 1). Это самый большой и процветающий отряд, к которому относится почти половина видов млекопитающих, в основном мелких.

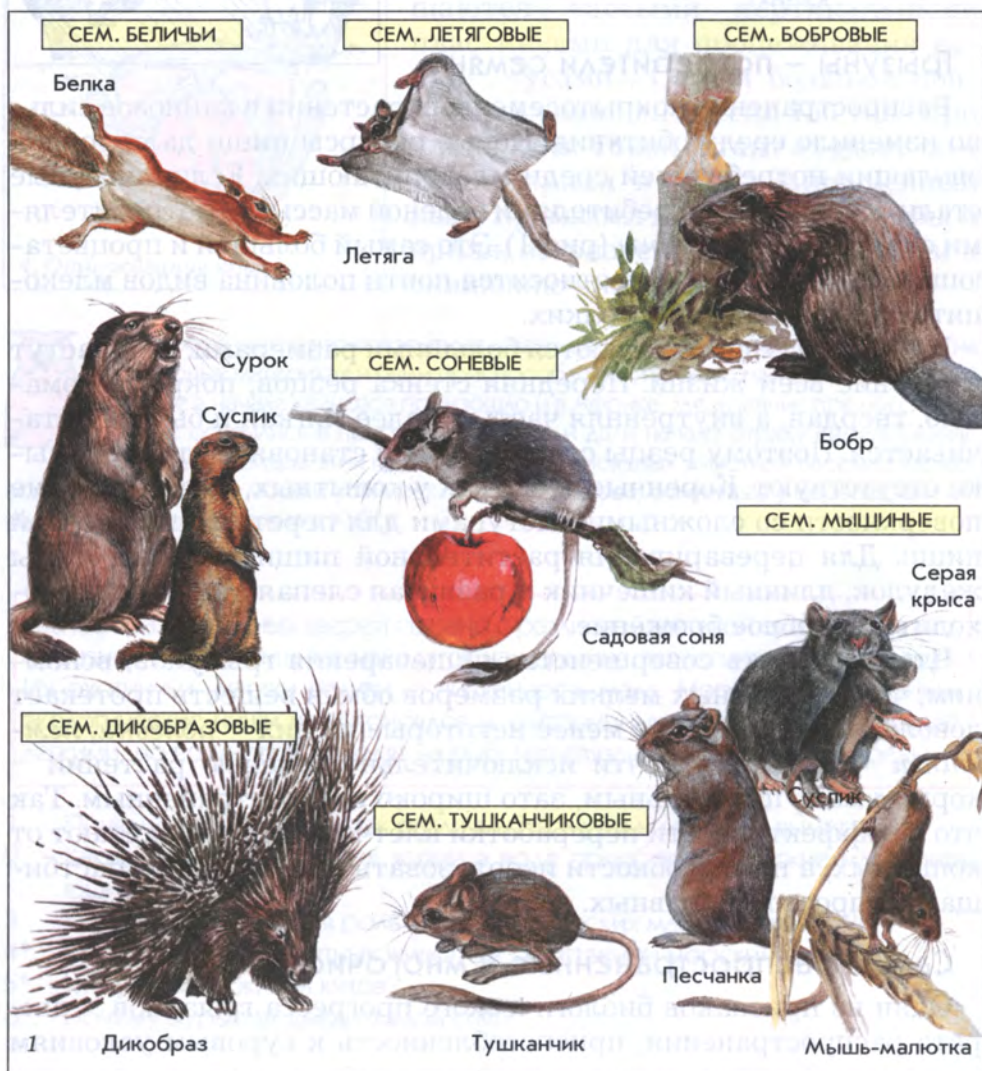
Резцы грызунов отличаются большими размерами. Они растут в течение всей жизни. Передняя стенка резцов, покрытая эмалью, твердая, а внутренняя часть – более мягкая и быстрее стачивается. Поэтому резцы с возрастом не становятся тупее. Клыки отсутствуют. Коренные зубы, как у копытных, имеют плоские поверхности со сложными выступами для перетирания твердой пищи. Для переваривания растительной пищи приспособлены желудок, длинный кишечник и развитая слепая кишка, где происходит микробное брожение.

Чтобы оценить совершенство пищеварения грызунов, вспомним, что у животных мелких размеров обмен веществ протекает довольно бурно. Тем не менее некоторые из них – *полевки, лемминги* – питаются почти исключительно зеленью растений – кормом мало питательным, зато широко распространенным. Так что по эффективности переработки клетчатки они не отстают от копытных, а по способности использовать какие угодно «пастбища» им просто нет равных.

### Самые распространенные и многочисленные

Один из признаков биологического прогресса грызунов – широта распространения, приспособленность к суровым условиям

существования. В тундрах арктического побережья, где бес-  
снежный период сокращается до 2 мес., обитают *лемминги*. Они  
питаются травами, лишайниками и ягодами, находя их под сне-  
гом, и приносят до 5 выводков за год. В пустыне Каракумы круг-  
лый год активны *песчанки*: и в зимние морозы, и в летнюю жару,  
достигающую 50 °С в тени. Дневное время они проводят в глубо-  
ких и разветвленных норах, выкопанных несколькими поколени-  
ями сородичей.



## Многообразие форм грызунов

Велико разнообразие жизненных форм грызунов. *Белка и летяга* – настоящие древесные обитатели. Лапы с цепкими коготками позволяют им удерживаться за любые неровности коры, а расправленный пушистый хвост или специальная кожная складка – планировать с дерева на дерево.

У наземных животных сложились разные адаптации для поиска корма и защиты от хищников. *Сурки и суслики* в степях окружены изобилием пищи. Но, выходя на кормежку, они то и дело принимают сторожевую позу «столбиком», чтобы оглядеться поверх травы и прислушаться. Чтобы найти пищу в пустыне, *тушканчики* быстро перемещаются прыжками на двух ногах. Длинный хвост помогает резко поворачивать, убегая от хищников. *Дикобразу* спешить некуда: он вооружен иглами.

Другие степные грызуны совсем «ушли» под землю. Ведь там находится большая часть растительной массы. *Цокор* роет землю когтями, а *слепыш* – резцами нижней челюсти, сильно выдвигая ее вперед (рис. 2).



Целый ряд видов ведет полуводный образ жизни. *Бобры* специально запруживают лесные речки, чтобы расширить свое местообитание. Они валят соседние деревья, зимой питаются их корой, а древесина идет на постройку плотин. Посередине пруда они строят хатку, недоступную для хищников.

## Запасы на черный день

Грызуны питаются сезонно-обильными кормами, и поэтому очень многие виды во время урожая запасают их впрок. *Бобры* складывают у себя в хатке ивовые ветки, *белки* нанизывают грибы на ветки, *лесные мыши* и *сони* устраивают склад семян липы и злаков в дуплах, *сурки, суслики, хомяки* запасают в норах зерно, *бурундуки* – кедровые орешки (рис. 3). Распространенная по всей лесной зоне *полевка-экономка* на зиму затаскивает в свою



3. Запасы бурундука

нору до 10 кг семян, корешков, травинок, лишайников.

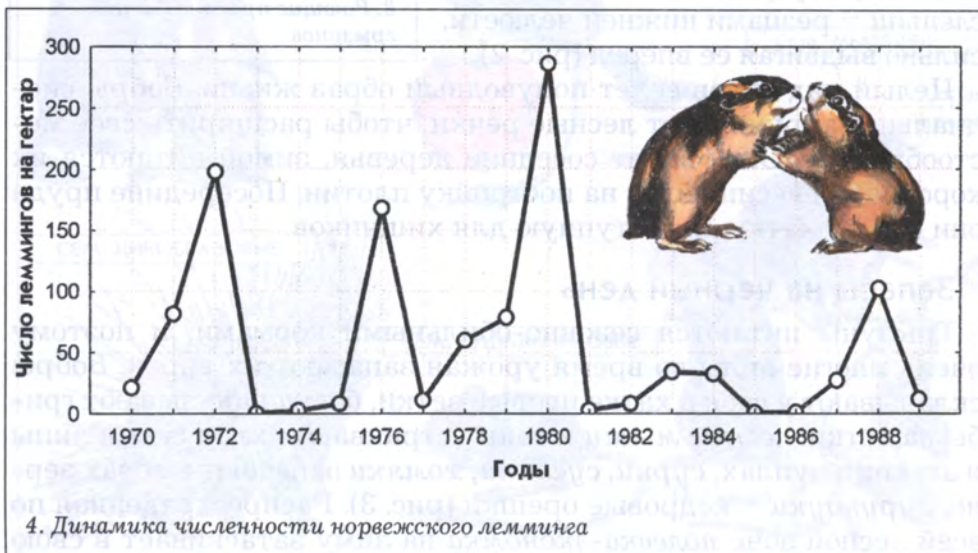
Но случаются и неурожайные годы, которые приводят к массовой гибели зверьков. Поэтому репродуктивные способности грызунов очень велики и позволяют быстро восстанавливать численность популяции. Иногда численность повышается на-

столько, что после сезона размножения молодые зверьки не могут найти для себя свободной территории. Начинается массовая миграция подальше от мест рождения, приводящая к гибели большинства из них. Это явление чаще отмечается на севере, среди тундровых леммингов (рис. 4) или таежных белок.

### «Ошибка природы» или обоснованные издержки?



Такое расточительство может показаться «ошибкой природы». На самом же деле это – проверенный естественным отбором способ существования в суровых, непредсказуемых условиях. Размножение должно сильно превышать смертность в обычные годы, чтобы популяция не вымерла в суровые годы, а если вымрет, то могла бы восстановиться во время массовой «бессмысленной» миграции.



4. Динамика численности норвежского лемминга

Однако ученые обнаружили, что в более благоприятных условиях у животных вырабатываются механизмы регуляции численности. Если численность высока и зверьки слишком часто сталкиваются с соплеменниками, в их организме вырабатывается гормон, тормозящий размножение. У молодых особей наступление половой зрелости задерживается, взрослые отказываются от размножения, а у беременных самок могут рассосаться уже имеющиеся зародыши.

## Общественная организация грызунов

При росте численности зверьки вступают в борьбу за территорию поодиночке или родственными группами. Особенно жестокую борьбу ведут *крысы*. Зато в пределах своей родственной группы они – нежнейшие создания, заботятся друг о друге, уступают пищу молодым, строго подчиняются опытным членам группы и вообще «уважают» старших. Такие **социальные отношения** делают группу более сплоченной и помогают побеждать в борьбе за существование.

## Взаимоотношения с человеком

Грызуны – важная часть большинства природных экосистем, необходимая для их устойчивого существования. При высокой численности некоторые грызуны, живущие рядом с человеком, наносят вред хозяйству. Сурки, суслики, хомяки, полевки съедают часть урожая зерна на полях. Крысы и домовые мыши вредят на продовольственных складах, нападают на домашних зверей и птиц на фермах. Здесь с ними необходимо бороться.

Скопления грызунов представляют собой и другую серьезную опасность. Они могут поддерживать *природные очаги* опасных инфекций: чумы, туляремии, энцефалита. Переносчики этих страшных болезней – кровососущие насекомые и клещи – заражают людей и зверей. Но звери легче переносят болезнь и могут быть источником заражения людей бесконечно долго. Специальные санитарно-эпидемиологические службы контролируют численность животных в очагах, чтобы предотвратить эпидемии.

Среди грызунов немало пушных зверей. В XX в. в лесной зоне России успешно акклиматизировали североамериканскую ондатру, а на озерах юга страны – нутрию с о. Куба. Оба зверька обладают ценным мехом и успешно прижились на новом месте.



## Зайцеобразные



5. Пищуха и ее запасы

Внешне похожи на грызунов, но не родственны им *зайцеобразные*. Зверьков этого отряда можно отличить по второй паре резцов, спрятанных за крупными резцами верхней челюсти. Они питаются в основном зелеными частями растений и корой. Клетчатка переваривается в слепой и толстой кишках с помощью микроорганизмов.

*Пищухи*, или сеноставки, живут колониями в каменистых россыпях (рис. 5). На зиму они заготавливают изрядное количество сена, складывая его в стожки или между камнями.

На западе и юге Европы распространены дикие *кролики*. Они тоже живут колониями в норах. В противоположность им, *зайцы* ведут одиночную жизнь, не роют убежищ и не делают запасов. Покровительственная окраска делает их незаметными, а длинные уши позволяют всегда быть настороже.

Грызуны и зайцеобразные – мелкие растительноядные зверьки, достигшие наибольшего биологического прогресса. Благодаря мелким размерам освоили экологические ниши, недоступные копытным. Питание растительной пищей, специализированное пищеварение, способность делать запасы и жить в суровых условиях, а также развитое социальное поведение – причины современного расцвета этих групп животных.

### Социальные отношения

1. Сравните строение зубов грызунов, копытных и хищных.
2. Как и почему грызуны смогли освоить разнообразные местообитания?
3. Какой образ жизни ведут грызуны и зайцеобразные вашей местности?
- 4\*. Какие приспособления позволяют леммингам жить в тундре?
- 5\*. Чем различается поведение общественных грызунов и насекомых?
- 6\*. Чем объясняется внешнее сходство грызунов и зайцеобразных?

## § 63. НАШЕ РОДОСЛОВНОЕ ДРЕВО

В чем заключается приспособительная роль поведения в жизни животных?

Какие особенности млекопитающих позволяют им использовать сложные формы поведения?

**Проблема:** Какие особенности строения и образа жизни предков лежат в основе возникновения человеческого разума?



### Приматы – древесные акробаты

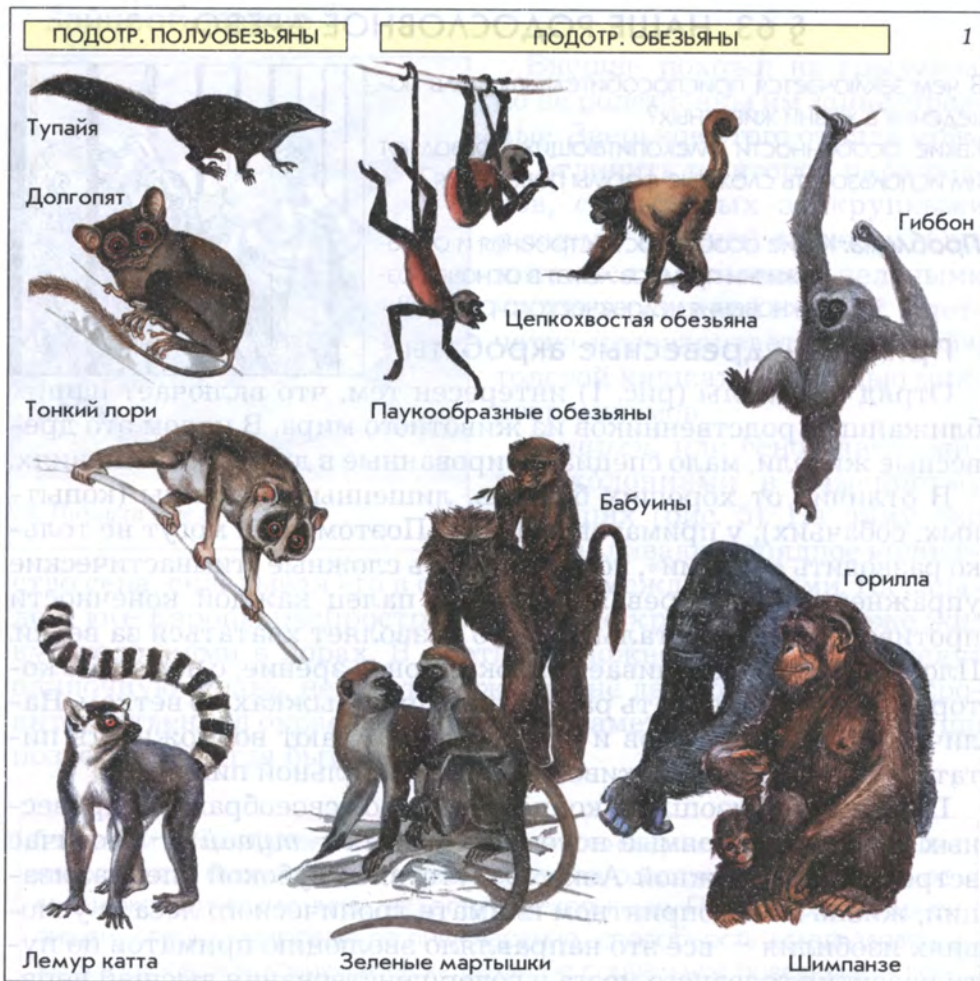
Отряд *приматы* (рис. 1) интересен тем, что включает наших ближайших родственников из животного мира. В целом это древесные жители, мало специализированные в других отношениях.

В отличие от хороших бегунов, лишенных ключицы (копытных, собачьих), у приматов она есть. Поэтому они могут не только разводить «руками», но и совершать сложные «гимнастические упражнения» на деревьях. Первый палец каждой конечности противопоставлен остальным, что позволяет хвататься за ветки. Плоское лицо обеспечивает бинокулярное зрение, с помощью которого можно оценивать расстояние при прыжках по веткам. Наличие зубов всех типов и слепой кишки дают возможность питаться разнообразной животной и растительной пищей.

Приматы произошли в конце мезозоя от своеобразных древесных землероек, прямые потомки которых – *тупайи* – и сейчас встречаются в Южной Азии. Отсутствие глубокой специализации, жизнь в благоприятном климате тропического леса, в условиях изобилия – всё это направляло эволюцию приматов по пути развития головного мозга и совершенствования высшей нервной деятельности.

### У полуобезьян есть «лицо» и «руки»

Низшие приматы образуют подотряд *полуобезьян*, куда входят *лемуры* и *лори*, населяющие тропики Старого Света. У этих зверьков величиной с кошку выпуклый лоб и слегка вытянутая мордочка, говорящая о развитом обонянии. *Лемуры* ловко прыгают по веткам, используя в основном задние конечности и длинный, но не цепкий хвост-балансир. *Лори* – ночные животные с большими глазами. Крепко обхватывая ветки, они медленно пе-



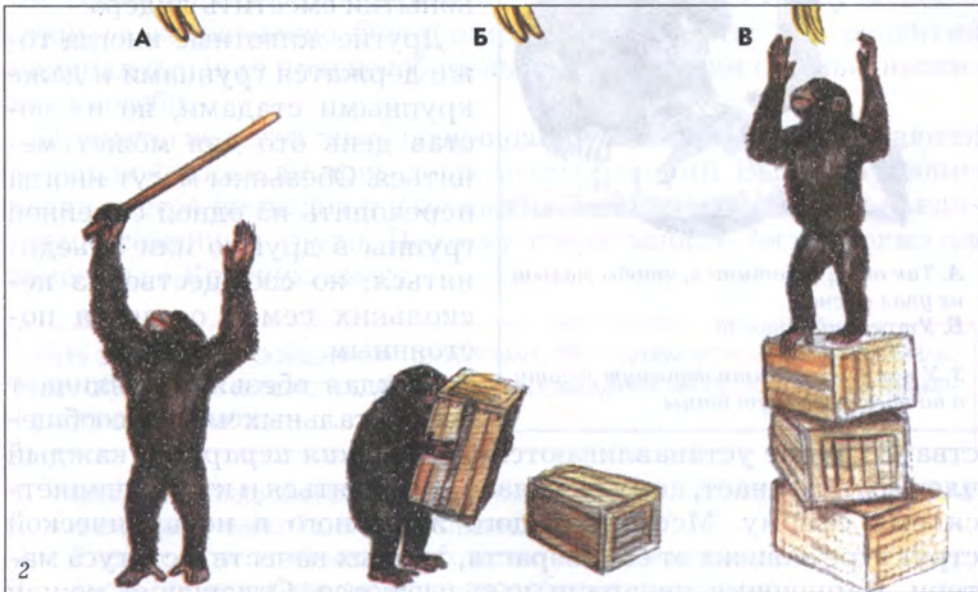
редвигаются в поисках насекомых. Загадочный *ай-ай* выковыривает их из щелей длинным тонким пальцем.

Удивительный ночной зверек *долгопят* ловит насекомых в прыжке, который может в 40 раз превышать длину тела. Ему помогают огромные глаза, малый вес (всего около 100 г) и расширенные подушечки пальцев, которыми он удерживается на вертикальных поверхностях стволов. Самка полгода вынашивает единственного детеныша, который составляет 1/4 веса матери! Вместе с тем по строению носа, уха, верхней губы, сосудов мозга и плаценты долгопят близок к высшим приматам.

## У обезьян «главный орган» – голова

Подотряд *обезьяны*, или высшие приматы, включает животных, у которых первый палец явно противопоставлен остальным. Большинство из них обладает совершенным цветным зрением. Кора головного мозга хорошо развита и образует складки-извилины. В Новом Свете распространены *паукообразные обезьяны*, которые используют свой цепкий хвост как дополнительную конечность. В Старом Свете обитают разнообразные *мартышки*. Некоторые из них живут большими стадами.

Ближайшие родичи человека – *человекообразные обезьяны*: *гibbonы*, *гориллы*, *шимпанзе*, *орангутаны*. По относительной массе мозга и числу извилин им нет равных в животном мире. Их поведение отличается большой сложностью не только при добычании пищи или защите от врагов, но и в отношениях с себе подобными. Оказывается, выживаемость высокоразвитых животных, в особенности обезьян, больше всего зависит от их социального положения.



Опишите, какие задачи последовательно решает шимпанзе для достижения цели. Что делали бы на его месте другие животные? В чем состоит сходство деятельности шимпанзе и человека?

## Общественная жизнь обезьян

Социальность, или общественное поведение, пожалуй, наиболее характерная черта приматов (рис. 3). Исходная причина, заставляющая животных объединяться, — защита от хищников. Если группа животных может также отстаивать свою территорию и запасы пищи, то чем больше группа, тем лучше для каждого ее члена.



А. Так отец заботится, чтобы малыши не упал во сне

Б. Утренний туалет

3. У капуцинов тити основную заботу о потомстве несут отцы

У приматов ядро группы — это самка и ее детеныши. У некоторых видов совместно могут кормиться несколько самок с выводками. Их сопровождают несколько самцов. Иногда с самками остается только самый сильный самец, а другие самцы держатся на расстоянии и время от времени совершают попытки сместить лидера.

Другие животные иногда тоже держатся группами и даже крупными стадами, но их состав день ото дня может меняться. Обезьяны могут иногда переходить из одной семейной группы в другую или объединяться, но сообщество из нескольких семей остается постоянным.

Каждая обезьяна различает всех остальных членов сообщества.

В группе устанавливаются *отношения иерархии*: каждый член группы знает, кому он обязан подчиняться и кто подчиняется ему самому. Место молодого животного в иерархической структуре зависит от его возраста, личных качеств и статуса матери. Нарушения иерархии наказываются. Отношения между взрослыми могут меняться в ходе поединков, которые носят ритуальный характер: ограничиваются позами угрозы, демонстрацией силы и настойчивости. Травмы наносятся редко.

## Венец эволюции – развитие головного мозга

Взаимоотношения между членами группы выражаются самыми разными действиями. Они могут вычесывать друг другу шерсть, делиться пищей, отбирать пищу, дружить, обманывать, учить, просить, объединяться для совместных действий, обижаться, мстить, повиноваться... Сравнительные исследования обезьян различных видов показали, что чем сложнее устроен их мозг, тем сложнее общественная жизнь и тем больше способность применять свой опыт в новой ситуации. Эти структура и функции тесно связаны и в ходе эволюции усиливают друг друга.

Развитие мозга у детеныша требует больших затрат времени и энергии. Чем более развивался мозг обезьян, тем дольше становился период вынашивания, выкармливания и воспитания детеныша. Еще дольше развивается мозг человека, но результат стоит того! Кора больших полушарий головного мозга – это основа *высшей нервной деятельности* – всей совокупности условных и безусловных рефлексов и сложных временных связей между ними. Возможность устанавливать эти связи – то есть обучаться – открыла несравненно более широкие горизонты для развития индивидуального приспособительного поведения с целью выживания особи.

Приматы не могут жить поодиночке. Их сообщества нуждаются в большой площади пригодных местообитаний. Вырубка тропических лесов приводит к нарушению местообитаний, к разъединению семейных групп. Поэтому очень многие виды приматов занесены в Красную книгу.

Путь эволюции, пройденный приматами, был путем усложнения социальных отношений и приспособительного поведения на основе развития коры головного мозга.

1. Какими адаптациями отличается отряд приматов и его представители? Какие органы имеют преимущественное развитие?
2. В чем состоят особенности общественной жизни приматов?
3. Каким образом развитие мозга способствует выживанию?
- 4\*. Сравните поведение пчелы и обезьяны. На чем основаны различия?
- 5\*. Какими тремя путями достигается биологический прогресс? Какие из них избрали грызуны и приматы?

## § 64. ТИП ХОРДОВЫЕ.

## ПОВТОРЕНИЕ

1. Какие особенности развития объединяют всех хордовых?
2. Что объединяет позвоночных?
3. В чем преимущества и недостатки внутреннего скелета?
4. Как усложнялись кровеносная и дыхательная системы у хордовых?
5. Как изменялись покровы у различных групп хордовых?
6. Как строение нервной системы и органов чувств у различных групп хордовых повлияло на их поведение и образ жизни?
7. В чем своеобразие пищеварительной и выделительной систем у различных групп хордовых?
8. Как изменялись особенности размножения в типе хордовых?
9. Охарактеризуйте разнообразие жизненных форм водных позвоночных.
10. Опишите приспособления земноводных и пресмыкающихся к различным условиям их существования.
11. Какими основными жизненными формами представлены птицы и млекопитающие вашей местности? В чем состоит их своеобразие?
12. В чем преимущества и недостатки теплокровности?
13. Какие приспособления позволили позвоночным освоить сушу?

**Что означают эти понятия?** Хрящевые рыбы. Костные рыбы. Земноводные. Пресмыкающиеся. Птицы. Млекопитающие. Биогенетический закон. Хорда. Хордовые. Позвоночник. Череп. Мозг. Двухкамерное сердце. Почки. Челюсти. Чешуя. Боковая линия. Наружное оплодотворение. Яичники. Семенники. Половой диморфизм. Брачный наряд. Проходные рыбы. Трал. Перепромысел. Прудовое хозяйство. Пояса конечностей. Легкие. Кожное дыхание. Малый круг кровообращения. Левое предсердие. Метаморфоз. Холоднокровность. Грудная клетка. Внутреннее оплодотворение. Оболочки яйца. Зародышевые оболочки. Слепая кишка. Яйцеживорождение. Теплокровность. Терморегуляция. Перо. Крыло. Киль. Клюв. Воздушные мешки. Выводковый и птенцовый типы развития. Наседное пятно. Моногамия и полигамия. Гнездовой паразитизм. Миграции. Верность месту гнездования. Воробьиные. Расселение. Орнитология. Красная книга. Шерстный покров. Кожные железы. Диафрагма. Кора. Матка. Плацента. Молоко. Яйцекладущие. Сумчатые. Насекомоядные. Рукокрылые. Парнокопытные. Непарнокопытные. Хищные. Ластоногие. Китообразные. Грызуны. Зайцеобразные. Приматы.

## § 65. ЧЕМУ НАС УЧАТ ЖИВОТНЫЕ

Что такое биологический прогресс?  
 В каких группах животных впервые появились  
 ткани?  
 Что называют высшей нервной деятельностью?  
 В чем различие поведения обезьяны и пчелы?

**Проблема:** Какие общие выводы позволяет  
 сделать наука о животных?



### Разнообразие видов животных

Известно около 2 млн. видов животных. Предполагают, что неописанных видов еще больше, особенно среди насекомых. А если учесть вымершие виды, это число возрастет в несколько раз.

Причина такого разнообразия – в самой сущности животных-потребителей. Их роль в экосистеме предполагает подвижность, а для подвижности необходимо *компактное* и *сложное* строение тела. Различные части тела животного обычно высоко специализированы и незаменимы, зато дают возможность приспособляться к условиям несколькими разными способами. В отличие от растений, животные могут уйти от неблагоприятных условий в другое место и там спрятаться, защититься, найти пищу.

Подытожим наши знания о том, как возникло такое разнообразие форм в течение развития жизни на Земле.

### Эволюция животного мира

Такое разнообразие не могло возникнуть вдруг. Мир животных развивался от простого к сложному сотни миллионов лет. Доказательства эволюции мы получаем из разных источников.

*Геологическая летопись* хранит окаменевшие останки животных; возраст их точно установлен.

*Сравнительный метод* позволяет определить степень родства организмов по сходству гомологичных органов и восстановить историю их происхождения.

*Развитие зародышей* высших животных повторяет основные стадии их исторического развития (биогенетический закон).



## Движущая сила эволюции

Ч. Дарвин доказал, что эволюция органического мира – это самопроизвольный процесс. *Изменчивость и наследственность* создают предпосылки для эволюции. *Естественный отбор* является той движущей силой, которая обеспечивает постепенное изменение организмов от поколения к поколению. Заменяя естественный отбор искусственным, человек также может добиваться изменения организмов по своей воле.

В природе естественный отбор происходит в результате борьбы за существование, в которой побеждают наиболее приспособленные. *Более приспособлены такие формы, которые оставляют в среднем больше потомков, доживающих до размножения.*

Возникновение наследственных изменений случайно. Естественный отбор закономерен: он направлен на развитие адаптаций к среде обитания. *Направление отбора определяется средой обитания, в том числе – деятельностью других организмов.* Чтобы преуспеть, надо действовать эффективнее, лучше, чем другие в этой среде, или осваивать новую среду обитания.

*Направление отбора зависит также от возможностей организма:* от тех имеющихся задатков, которые могут быть развиты.

## Шаг эволюции – адаптация

Приспособленность закрепляется в *адаптации* – *приобретении некоего выгодного наследуемого признака.* Это может быть очевидное изменение строения тела или органов: их размеров, окраски или других физических качеств. Изменение химических или биоэлектрических свойств не столь очевидно внешне, но проявляется как изменение физиологии или поведения.

*Любая адаптация относительна:* она дает преимущество только в тех условиях среды, в которых она развивалась, поддерживалась отбором.

Эволюция – это бесконечная череда адаптаций.

## Некоторые общие принципы эволюции



Невозможно преуспеть, ничего не потеряв. Адаптация органа к одной функции делает его менее пригодным для других. *Необходимость чем-то жертвовать для достижения преимуществ в главной адаптации называется адаптивным компромиссом.*

Отсюда вытекает принцип *разделения функций*: орган наиболее эффективен, когда он выполняет единственную функцию, а организм наиболее эффективен, когда каждую из его функций выполняет особый орган (или часть тела).

Образование новых видов и форм происходит тогда, когда общие предки осваивают различные местообитания, ресурсы или способы их использования. Поэтому для *родственных групп видов характерно расхождение признаков*. Их гомологичные органы становятся все более различными.

Если у двух различных групп организмов некоторые органы сходны, то их дальнейшая *адаптация может идти параллельными путями*. Это особенно вероятно для гомологичных органов.

Сходные функции требуют развития сходных приспособлений. Поэтому *в сходных условиях неродственные формы могут достигать большого сходства по некоторым признакам* благодаря развитию аналогичных приспособлений.

Адаптация одного органа вызывает определенные изменения других органов – хотя бы для того, чтобы не мешать его работе. Такую вынужденную *взаимозависимость называют корреляцией органов*.

*Размер имеет значение*. Хорошо иметь крупные размеры, но давит сила тяжести, кровь стучит в висках, а чтобы выжить, надо охранять огромную территорию. Другое дело – жить в микромире, где секунда превращается в минуту, где упав, нельзя ушибиться, где вода сворачивается в шар или затекает вверх по трубочке, где жара и сушь, вода и ветер владеют телом безраздельно, где жизнь ничего не стоит.

## Пути эволюции

Развитие органического мира происходило постепенно, от низших, простых форм к высшим, с более сложным строением. Но сложный организм дольше развивается, поэтому в изменчивых и суровых условиях простое строение может дать преимущество. С появлением сложных форм не все простые организмы вымирают: высокую смертность они компенсируют быстрым размножением. Мир становится более разнообразным.

Эволюция различных групп животных на Земле шла одновременно в разных местообитаниях. По мере того как росло разнообразие организмов, создавались новые экосистемы, увеличивалось и разнообразие экологических ниш, заняв которые организм мог получить преимущество. Поэтому эволюция в разных группах шла различными путями.

Наиболее обычный из них – *развитие частных приспособлений* к особенностям экологической ниши. Это достигается видоизменением отдельных органов или деталей их строения.

Иногда изменения бывали так глубоки и своеобразны, что позволяли освоить среду, недоступную другим. В среде, где много пищи, но нет врагов, происходило *общее упрощение строения*.

Другой путь – *общее усложнение строения* – мы встречаем тогда, когда новая адаптация позволяет повысить эффективность жизнедеятельности в целом, а значит, и жизнеспособность – практически в любых условиях. Это бывает, как правило, при возникновении новых органов или систем органов. Подобные адаптации означают повышение уровня организации. Они выводят эволюцию на новую, более высокую ступень, на которой снова возможно развитие частных приспособлений. Так формируется новый тип или класс животных.

### Эволюция функций организма

Перед любым организмом стоят три главные задачи: жизнеподдержание, связь с внешней средой и воспроизведение. В каком направлении менялось решение этих задач в ходе эволюции?

Жизненные процессы в клетках наиболее эффективны только в очень узком диапазоне условий: температуры, содержания воды, солей, кислорода, питательных и других веществ. Поэтому вся система жизнеобеспечения совершенствовалась в направлении *увеличения постоянства внутренней среды организма*. В процессах клеточного обмена вырабатывается энергия и необходимые вещества. Кровеносная система отвечает за их правильное распределение по организму. Обмен газов происходит через систему дыхания. Питательные вещества поступают из пищеварительной системы, а органы выделения обеспечивают очистку крови от вредных примесей. Развитие каждой из этих систем повышает постоянство условий внутри организма.

Связь между внешней и внутренней средой обеспечивается нервной системой и связанными с ней гормональными железами, опорно-двигательной системой и покровами. Они в наибольшей степени предназначены для «животных» функций: чувствовать, двигаться, добывать пищу, реагировать на изменения среды. Их развитие направлено на то, чтобы *уменьшить зависимость организма от изменений в окружающей среде*. Особенно значительные результаты достигаются через поведение, с помощью инстинктов и высшей нервной деятельности.

Функция воспроизведения развивалась в различных отношениях. Бесполое размножение постепенно вытеснялось половым, при котором потомки обладают большей изменчивостью. Система органов размножения обеспечивала все большую защищенность потомства от изменений внешней среды. Наконец, у высших форм возрастали усилия, направленные на заботу о потомстве после рождения. Таким образом, в ходе эволюции *возрастал родительский вклад* в жизнеспособность каждого потомка.

### Животные в экосистемах

Животные возникли как потребители – члены экосистемы. Потребляя только часть органического вещества, производимого растениями, они создали пищевые (трофические) цепи из многих звеньев и оказывают сильное влияние на всю экосистему. Вместе с грибами и бактериями они участвуют в разрушении органики, переводя ее в доступную для растений форму, и тем самым *поддерживают круговорот веществ*.

В процессе эволюции возникали все новые жизненные формы животных. Структура экосистем усложнялась. Каждый вид животных связан со многими членами своей экосистемы трофическими (пищевыми) и нетрофическими связями. Животные выступают в роли хищников и жертв, паразитов и хозяев, разрушителей и опылителей, симбионтов и конкурентов, переносчиков болезней и преобразователей ландшафтов. Через экологические связи они влияют на численность всех элементов экосистемы. Каждый шаг эволюции животных приводил к изменению связей и перестройке экосистем. Животные служат мощным фактором естественного отбора для всех членов экосистемы и создают разнообразие экосистем на Земле. *Животные – регуляторы экосистем*; в ходе эволюции эта их роль возрастала.

### Чему нас учат животные?

Животные служат нам постоянным самовозобновляющимся источником пищевых и технических продуктов. Лабораторные животные используются как модель человека, для изучения особенностей работы тканей и органов, для получения и испытания медицинских препаратов. Многие дикие животные являются объектом промысла. Другие искусственно разводятся. Третьи стали домашними и сильно изменены для нужд человека.

Среди животных не мало паразитов, возбудителей и переносчиков заболеваний человека, вредителей сельского и лесного хозяйства. Зоология дает нам конкретные знания о том, как уменьшить вредные воздействия со стороны животных и использовать их полезные свойства.

Вместе с тем, природа – неисчерпаемый источник технических изобретений. У животных мы переняли способы создания легких и надежных конструкций, тонких и прочных покрытий, обтекаемых двигательных аппаратов. У них мы скопировали устройство «дополнительных органов чувств», таких, как фотоаппарат, эхолот или современные средства навигации. Строение нервной системы животных подсказывает, как можно усовершенствовать компьютер. Природные «изобретения», возникшие сами по себе, с помощью естественного отбора, пока значительно превосходят человеческие. «Двигателям», обеспечивающим движение животных, пока нет равных по компактности и экономичности. А экосистемы, в которых нет вредных отходов и ничего не пропадает зря, намного совершеннее нашего хозяйства. Поэтому изучение животных, безусловно, ожидает большое будущее.

Кроме непосредственных, практических знаний, зоология дает нам возможность глубже понять устройство мира. Она снабжает конкретными данными общебиологические науки: биохимию, генетику, эмбриологию, теорию эволюции, экологию и другие. Она позволяет нам убедиться в единстве всего органического мира, его происхождения и развития.

Еще не узнав, сколько видов животных обитает на нашей планете, мы точно знаем, что их разнообразие сокращается. Давайте же сделаем все возможное, чтобы остановить этот процесс.

Животные – царство органического мира, сформировавшееся в результате длительного исторического развития подвижных организмов, избравших особый способ гетеротрофного питания. Животные – источник разнообразия и равновесия в экосистемах.

Постарайтесь найти примеры из животного мира, чтобы проиллюстрировать каждый абзац этого параграфа.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автотрофное питание 23  
 Агроценоз 153  
 Адаптация 229, 310  
 Аллантоис 212  
 Амнион 212  
 Амфибии 194  
 Аналогия 14  
 Артерии 172, 209  
*Бабочки* 143  
 Барабанная перепонка 200  
*Беспозвоночные* 37  
 Бесполое размножение 45, 73, 94, 97  
*Бесхвостые амфибии* 205  
 Биогенетический закон 160  
 Биологические методы борьбы 154, 262  
 Биологический прогресс 78  
 Бородки 230  
 Бородочки 230  
 Брачный наряд 175  
 Бронхи 235  
 Бронхиолы 235  
*Брюхоногие* 104  
 Боковая линия 171  
 Брюшко 113, 122, 130  
 Брюшная нервная цепочка 90, 102  
 Вакуоль пищеварительная 40  
   – сократительная 41  
*Веслоногие* 251  
 Верность месту гнездования 247  
 Возбудитель 53  
 Воздушные мешки 234  
 Возрастная пирамида 247  
*Воробьиные* 256  
 Вторичноротые 163, 165  
 Выводковый тип развития 239  
 Выделительная система 72  
 Выкармливание 239  
 Высшая нервная деятельность 273, 307  
*Гагары* 251  
 Гамета 46  
 Гельминтология 83  
 Гемолимфа 115  
 Гермафродит 73, 106  
 Гетеротрофное питание 23  
*Гидроидные* 65  
 Гидроскелет 80  
 Гнездо 239  
 Гнездовой паразитизм 242  
*Голенастые* 252  
 Голова 113, 129  
 Головогрудь 113, 122  
*Головоногие* 109  
 Голосовые связки 256  
*Голуби* 254  
 Гомология 12  
 Гортань верхняя 273  
 Гортань нижняя 256  
 Грудина 209  
 Грудная клетка 209  
 Грудной отдел, грудь 113, 130, 213  
 Грудная кость 233  
*Грызуны* 297  
 Губки 58  
 Губы 271  
 Гусеница 140  
 Гусеобразные 251  
*Двоякодышащие* 180, 186  
*Двукрылые* 141, 144  
*Двустворчатые* 107  
 Деление клетки 45  
 Дерма 268  
 Диафрагма 271  
*Дневные хищники* 255  
*Дрофы* 253  
 Дятлы 254  
 Жабры 90  
 Жгутик 39  
 Железистый отдел желудка 234  
 Железы 197, 269  
   – сальные 269  
   – пахучие 269  
   – молочные 269  
 Желудочек 100, 172  
*Жесткокрылые* 141, 142  
 Жизненная форма 64, 251  
 Жизненный цикл 47  
*Журавли* 252  
 Закон зародышевого сходства 159  
*Зайцеобразные* 302  
 Зародышевые листки 62, 91  
 Зародышевые оболочки 212  
*Звери* 224, 266

- Зверозубые* 266  
*Земноводные* 194  
 Зигота 46  
*Змеи* 220  
 Зоология 5  
 Зоопланктон 70  
*Иглокожие* 163  
 Имаго 139  
 Инвазия 83  
 Инстинкт 149, 241  
 Инфекция 53, 83  
*Камбалообразные* 185  
*Карпообразные* 183  
 Киль 232  
*Кистеперые* 180, 186  
*Китообразные* 295  
 Кишечная полость 61  
 Клещи 126  
 Клыки 266, 270  
 Клов 233  
 Кожа 268  
 Кожно-мышечный мешок 71  
 Кожные железы 197  
 Козодои 255  
*Колибри* 254  
 Колония 56  
 Кольчатые черви 88  
 Конечности 89  
 – членистые 102, 113  
 – ходильные ноги 123  
 Копчиковая кость 233  
 Кора больших полушарий 273  
*Коралловые полипы* 67  
 Коренные зубы 270  
*Костнохрящевые рыбы* 180  
*Костные рыбы* 179  
 Кочующий 244  
*Крабы* 116  
 Красная книга 262  
*Креветки* 116  
 Крестцовый отдел 213  
 Крестцовый позвонок 196  
*Крокодилы* 222  
 Кровеносная система 89, 100  
 Крылья 232  
*Круглые черви* 79  
 Крючочки 231  
 Куколка 139  
 Кукушки 254  
 Кулики 253  
*Куриные* 253  
 Кутикула 80, 121  
*Ластогонии* 294  
 Легкие 106, 199, 209  
 Легочные пузырьки 209  
*Ленточные черви* 75  
 Линька 102, 210, 231  
 Личинка 58  
 Личиночное размножение 75, 202  
 Ложноножка 39, 144  
*Лососеобразные* 182  
*Лучеперые* 180  
*Малощетинковые* 95  
 Малый круг кровообращения 199  
 Малярия 52  
 Мальпигиевы сосуды 122  
 Мантия 100, 105  
 Мантийная полость 105  
 Матка 276  
*Медуза* 64  
 Мезодерма 71, 91, 92  
 Метаморфоз 203  
 Метанефридии 90  
 Миграции 246  
 – нерестовые 178  
 Миграционное состояние 246  
*Млекопитающие* 225, 266  
 Многоклеточные 55  
*Многощетинковые* 93  
 Мозг головной 167, 214  
*Моллюски* 100, 103  
 Молоко 277  
 Моногамы 241  
 Мускулатура поперечно-полосатая 114  
 Мышечный отдел желудка 234  
 Мышцы межреберные 209  
 Надкрылья 133  
 Наседное пятно 240  
*Насекомоядные* 282  
*Насекомые* 129  
 Насиживание 239  
 Наука 6–8  
 Небо костное 271  
 – мягкое 271  
*Непарнокопытные* 286  
 Неполное превращение 136  
 Нервная система 63  
*Низшие хордовые* 161  
 Нога (моллюсков) 101  
 Оболочки яйца 211

- Обратная связь 25, 168, 229  
- положительная 25
- Обучение 280
- Общественные насекомые 146
- Окологлоточное нервное кольцо 90
- Окунеобразные 185
- Оседлый 244
- Опахало 230
- Оплодотворение наружное 174  
- внутреннее 211
- Орган 63  
- зрения 200, 236, 273  
- слуха 200, 236, 272
- Органелла 24
- Орнитология 263
- Осетрообразные 181
- Остевые волосы 268
- Очин 230
- Парабронхи 235
- Паразит 48
- Параподия 89
- Паренхима 71
- Парнокопытные 286
- Пастушки 253
- Пауки 122
- Паукообразные 121
- Паутина 124
- Певчие (птицы) 256
- Педипальпы 123
- Перелетные (птицы) 245
- Переносчик 53
- Перепончатокрылые 141, 146
- Перепромысел 191
- Первозвери 277
- Переходная форма 160
- Перо 230
- Перьевая сумка 231
- Перья 229
- Пергаментная оболочка 211
- Пингвины 249
- Пищеварение 29  
- внеклеточное 61  
- внекишечное 123
- Пилявки 97
- Плечевой пояс 196, 269, 278
- План строения 17
- Плацента 276
- Плацентарные 279
- Плоские черви 71
- Подвижность 29
- Подразительное сходство 132
- Поганки 251
- Позвоночник 167
- Позвоночные 157, 161
- Покровительственная окраска 132
- Полигамы 241
- Полип 64
- Половой диморфизм 175, 205
- Половое размножение 47, 65, 73
- Половой процесс 46
- Полость тела 80  
- первичная 88  
- вторичная 88
- Полное превращение 139
- Полосатые тела 236
- Полужесткокрылые 138, 141
- Попугаи 254
- Почка 105, 272
- Почкование 65
- Пояса конечностей 169
- Поясничные отделы 213
- Предкоренные зубы 270
- Предсердие 100, 172, 199
- Предупреждающая окраска 132
- Пресмыкающиеся 207
- Приматы 303
- Природно-очаговое заболевание 53
- Природные очаги 301
- Прогноз 7
- Протонефридии 72
- Простейшие 38
- Противочумная служба 53
- Проходные рыбы 178
- Прудовое хозяйство 192
- Прямокрылые 137, 141
- Птенцовый тип развития 239
- Птерилии 231
- Птицы 224, 229
- Пупочный канатик 276
- Пуховые волосы 268
- Радула 105
- Развитие прямое 212  
- с полным превращением 139  
- с неполным превращением 136
- Раки 115
- Ракшеобразные 254
- Раковина 100
- Ракообразные 113
- Расселение 35, 247



- Ребра 209  
 Регенерация 42  
 Редукционное деление клетки 46  
 Резонатор 202  
 Резцы 266, 270  
 Реликтовый 249  
*Рептилии* 207  
 Ресничка 39  
*Ресничные черви* 73  
 Роговые образования кожи 268  
 Ротовой аппарат 130  
*Рукокрылые* 284  
 Сапрофаги 126  
 Сегментация 88  
*Сельдеобразные* 182  
 Семенник 73, 174  
*Сенокосцы* 127  
 Сердце 172  
 Сероза 212  
 Симбиоз 33, 66, 118, 135  
 Симметрия лучевая 65  
 – двусторонняя 72  
 Система органов 88  
 Систематика 17  
 Систематическая группа 17  
 Систематическая категория 18  
 Сифон 108  
*Скаты* 180  
 Скелет наружный 99  
 – осевой 161  
*Скорпионы* 127  
 Слепая кишка 217  
 Сложный крестец 233  
 Слюнные железы 201  
 Смена хозяев 74  
*Совы* 255  
*Соомобразные* 183  
*Сосальщики* 74  
 Социальные отношения 301  
 Сравнительный метод 8, 309  
 Стержень 230  
*Страусы* 250  
*Стрижи* 255  
*Сумчатые* 278  
 Суставы 195  
 Сцифоидные 67  
 Сходство 8  
 Тазовый пояс 196  
*Тараканы* 136, 141,  
 Теплокровность 224  
 Терморегуляция 225  
 Территория 240  
 Ткань 62  
 Трахеи 100, 122, 131  
 Трахея 209, 235  
*Трескообразные* 185  
*Трубноносые* 252  
*Туканы* 254  
*Угреобразные* 184  
 Условный рефлекс 280  
 Фасеточное зрение 134  
 Финка 76  
 Фитопланктон 70  
*Фламинго* 252  
 Халазы 238  
*Хамелеоны* 222  
*Хвостатые амфибии* 204  
 Хелицеры 123  
 Хитиновый панцирь 113  
*Хищные* 292  
 Хозяин 53  
 Холонокровные 204  
 Хорда 160  
*Хордовые* 160, 162  
*Хрящевые рыбы* 179  
 Циста 42  
 Цитоплазма 24  
*Чайковые* 252  
 Челюсти 170  
*Червяги* 205  
 Череп 167  
*Черепahi* 222  
*Чешуекрылые* 141, 144  
 Чешуя 170, 210  
*Чистики* 251  
*Членистоногие* 101  
 Чувствительность 29  
 Щеки 271  
*Щукообразные* 184  
 Эволюционное родство 11  
 Экологическая ниша 181, 216–218, 220, 256  
 Эктодерма 62, 91  
 Эмбриология 159  
 Энтодерма 62, 91  
 Эпидермис 210, 268  
 Эритроцит 236  
 Ядро 24  
 Ядовитые зубы 220  
 Яичник 73, 174  
 Яйцезиворождение 218  
*Яйцекладущие* 277

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>КТО ТАКИЕ ЖИВОТНЫЕ</b> .....	5
<b>ЗООЛОГИЯ – НАУКА О ЖИВОТНЫХ</b> .....	6
§ 1. ВАЖНЕЙШИЙ МЕТОД НАУКИ .....	6
§ 2. ГОМОЛОГИЧНЫЕ ОРГАНЫ .....	11
§ 3. ЧТО ИЗУЧАЕТ СИСТЕМАТИКА .....	16
§ 4. ПЛАН СТРОЕНИЯ ЖИВОТНОЙ КЛЕТКИ .....	21
§ 5. ПЛАН СТРОЕНИЯ ЖИВОТНОГО .....	28
§ 6. «ИСКЛЮЧЕНИЯ», ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ПРАВИЛО .....	32
<b>БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ</b> .....	37
<b>ПРОСТЕЙШИЕ</b> .....	38
§ 7–8. КЛЕТКА В РОЛИ ОРГАНИЗМА .....	38
§ 9. РАЗМНОЖЕНИЕ – ОСНОВА ЖИЗНИ .....	45
§ 10. БОЛЬШАЯ РОЛЬ МАЛЕНЬКИХ ПРОСТЕЙШИХ .....	50
<b>НИЗШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ</b> .....	55
§ 11. ВОЗНИКНОВЕНИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ .....	55
§ 12–13. НАСТОЯЩИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ .....	61
§ 14–15. РОЖДЕННЫЕ ПОЛЗАТЬ .....	70
§ 16–17. КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ И ПРОГРЕСС .....	78
§ 18. ПРОСТЕЙШИЕ И НИЗШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ. ПОВТОРЕНИЕ .....	86
<b>ВЫСШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ</b> .....	87
§ 19. СЕГМЕНТИРОВАННЫЕ ЖИВОТНЫЕ .....	87
§ 20. КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ В ЭКОСИСТЕМАХ .....	93
§ 21. ЖИВОТНЫЕ С НАРУЖНЫМ СКЕЛЕТОМ .....	98
§ 22–23. МОЛЛЮСКИ – ТИХОХОДЫ .....	104
§ 24–25. РАКООБРАЗНЫЕ – ВОДНЫЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ .....	113
§ 26–27. ПАУКООБРАЗНЫЕ – ЖИТЕЛИ СУШИ .....	121
§ 28. НАСЕКОМЫЕ – РЕКОРДСМЕНЫ МНОГООБРАЗИЯ .....	129
§ 29. ПРЕВРАТНОСТИ ПРЕВРАЩЕНИЙ .....	136
§ 30–31. СЛАГАЕМЫЕ УСПЕХА НАСЕКОМЫХ .....	142
§ 32. НАСЕКОМЫЕ В ЭКОСИСТЕМАХ СУШИ .....	151
§ 33. ВЫСШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ. ПОВТОРЕНИЕ .....	156
<b>ПОЗВОНОЧНЫЕ И ИХ «РОДНЯ»</b> .....	157
<b>ТИП ХОРДОВЫЕ</b> .....	158
§ 34. НАШИ МОРСКИЕ ПРЕДКИ .....	158
§ 35–36. РЫБЫ – ВОДНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ .....	166
§ 37. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ РЫБ .....	174
§ 38–39. РАЗНООБРАЗИЕ РЫБ .....	179

§ 40. РЫБНЫЕ РЕСУРСЫ .....	188
§ 41–42. ЗЕМНОВОДНЫЕ – ПЕРВЫЕ НАЗЕМНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ .....	193
§ 43. ДЕТИ ВОДНОЙ СРЕДЫ .....	202
§ 44–45. ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ – ПЕРВЫЕ ХОЗЯЕВА СУШИ .....	207
§ 46–47. РАЗДЕЛЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ .....	215
§ 48. ПЛАТА ЗА НЕЗАВИСИМОСТЬ .....	224
§ 49–50. РОЖДЕННЫЕ ДЛЯ ПОЛЕТА .....	229
§ 51. ПОД МАТЕРИНСКИМ КРЫЛОМ .....	238
§ 52. В ПОИСКАХ СЕЗОННОЙ ВЫГОДЫ .....	244
§ 53–54. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ПТИЦ .....	249
§ 55. ПТИЦЫ И ЛЮДИ .....	258
§ 56–57. ЗВЕРИ: «ИЗ ГРЯЗИ – В КНЯЗИ» .....	266
§ 58. КАК ВЫРАСТИТЬ СМЫШЛЕННОЕ ДИТЯ .....	275
§ 59. ОХОТНИКИ ЗА НАСЕКОМЫМИ .....	282
§ 60. ОБИТАТЕЛИ ПАСТБИЩ .....	286
§ 61. НА ВЕРШИНЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПИРАМИДЫ .....	292
§ 62. МАЛЫЕ, ДА УДАЛЫЕ .....	297
§ 63. НАШЕ РОДОСЛОВНОЕ ДРЕВО .....	303
§ 64. ТИП ХОРДОВЫЕ. ПОВТОРЕНИЕ .....	308
§ 65. ЧЕМУ НАС УЧАТ ЖИВОТНЫЕ .....	309
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>315</b>

**Вахрушев Александр Александрович, Бурский Олег Владиславович,  
Раутиан Александр Сергеевич**

### **Биология**

Учебник для 7 класса

«От амёбы до человека»

Концепция оформления и художественное редактирование – *Е.Д. Ковалевская*  
Художник – *А. Панаютиди*

Подписано в печать 10.07.12. Формат 70х90/16. Печать офсетная. Гарнитура Журнальная.  
Бумага офсетная. Объем 20 п. л. Тираж 5000 экз. Заказ № 32273 (Sm-13).

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, том 2; 953005 – литература учебная

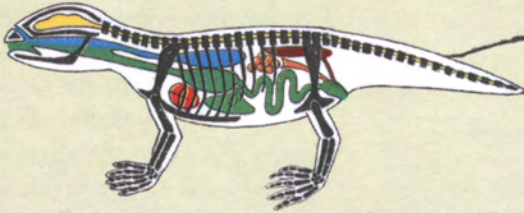
Издательство «Баласс». 109147, Москва, Марксистская ул., 5, стр. 1  
Почтовый адрес : 111123, Москва, а/я 2, «Баласс»  
Телефоны для справок: (495) 672-23-34, 672-23-12,  
<http://www.school2100.ru> E-mail: [balass.izd@mtu-net.ru](mailto:balass.izd@mtu-net.ru)

Отпечатано в ОАО «Смоленский полиграфический комбинат»  
214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1

КЛАСС ПТИЦЫ



КЛАСС ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ



КЛАСС  
ЗЕМНОВОДНЫЕ



ПОЗВОНОЧНЫЕ

ТИП ХОРДОВЫЕ

ТИП ИГЛОКОЖИЕ





КЛАСС МЛЕКОПИТАЮЩИЕ











КЛАСС КОСТНЫЕ  
РЫБЫ

КЛАСС ХРЯЩЕВЫЕ РЫБЫ

КЛАСС  
УГЛОРОТЫЕ



КЛАСС  
ХИЩНЫЕ  
РЫБЫ

-  Пищеварительная система
-  Нервная система
-  Дыхательная система
-  Кровеносная система
-  Опорная система
-  Мышечная система
-  Выделительная система
-  Система размножения



## УМК

Образовательной системы  
«Школа 2100»

обеспечивает образовательный  
результат в соответствии  
с ФГОС через методический аппарат  
и систему заданий по формированию  
универсальных учебных действий

Это позволит каждому научиться

1. Решать разные возникающие в жизни задачи.  
**Главное не знания, а умение ими пользоваться!**
2. Самостоятельно открывать новое.  
**Не надо зубрить и всегда искать готовые ответы!**
3. Выбирать главное и интересное.  
**Не всё, что есть в учебнике, надо запомнить или выполнить!**

### НЕПРЕРЫВНЫЕ КУРСЫ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ

Рекомендовано Министерством образования и науки РФ

Биология



Учебники, 5–11 кл.

География



Учебники, 5–9 кл.

Химия



Учебники, 8–11 кл.

Химия



Лабораторные журналы  
по химии, 8–11 кл.



Задачники по химии,  
8–11 кл.

Биология



Тематические тесты для подготовки  
к итоговой аттестации и ЕГЭ

География



К учебникам выпущены рабочие тетради, проверочные и контрольные работы,  
задачники–практикумы и методические рекомендации для педагогов

Заявки принимаются по адресу: 111123 Москва, а/я 2, «Балласс»

Телефоны для справок: (495) 672–23–12, 672–23–34, 368–70–54;  
[www.school2100.ru](http://www.school2100.ru)

Заявки на отправку по почте: (495) 735–53–98, [bal.post@mtu-net.ru](mailto:bal.post@mtu-net.ru)

Запись на курсы повышения квалификации по телефону:  
(495) 778–16–74; [www.school2100.ru](http://www.school2100.ru)

Ежемесячный журнал «Начальная школа плюс До и После»  
В журнале – материалы о работе по учебникам «Школы 2100»  
для основной школы

Почтовый индекс для подписчиков РФ – 48990