

БИОЛОГИЯ

Часть 1

УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ

Под редакцией академика РАН, профессора **В. Н. Ярыгина**
и профессора **И. Н. Волкова**

7-е издание, переработанное и дополненное

Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям и специальностям

Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2016

УДК 57
ББК 28.0я73
Б63

Авторы:

Ярыгин Владимир Никитич — доктор медицинских наук, профессор, академик РАМН (гл. 1, 10, 11, 25);

Волков Игорь Николаевич — доцент, кандидат медицинских наук, профессор, доцент кафедры биологии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова (гл. 12—24);

Синельщикова Валерия Васильевна — доцент, кандидат медицинских наук, доцент кафедры биологии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова (гл. 3—7);

Черных Галина Васильевна — кандидат медицинских наук, доцент (гл. 8, 9);

Бульчук Ольга Владимировна — кандидат медицинских наук, доцент (гл. 2).

Рецензенты:

кафедра биологии и гистологии Северо-Осетинской государственной медицинской академии (зав. кафедрой — проф. *Л. В. Бибаева*);

кафедра биологии Ижевской государственной медицинской академии (зав. кафедрой — проф. *В. А. Глумова*).

Биология. В 2 ч. Ч. 1 : учебник для бакалавриата и магистратуры / под ред. В. Н. Ярыгина, И. Н. Волкова. — 7-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 427 с. — Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-7232-0 (ч.1)

ISBN 978-5-9916-7234-4

В книге освещены основные свойства живого и процессы жизнедеятельности последовательно на молекулярно-генетическом, клеточном, онтогенетическом, популяционно-видовом, биогеоэкологическом и биосферном уровнях организации живого. Особое внимание уделено биосоциальной сущности человека и его роли во взаимоотношениях с природой, вопросам общей экологии и экологии человека.

Учебник соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Для студентов широкого круга направлений подготовки и специальностей высших учебных заведений.

УДК 57
ББК 28.0я73

ISBN 978-5-9916-7232-0 (ч.1)
ISBN 978-5-9916-7234-4

© Коллектив авторов, 2012
© Коллектив авторов, 2015,
с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2016

Оглавление

Введение	8
----------------	---

Раздел I. Жизнь как особое природное явление

Глава 1. Общая характеристика жизни	13
1.1. Этапы развития биологии	13
1.2. Стратегия жизни. Приспособление, прогресс, энергетическое и информационное обеспечение	17
1.3. Свойства жизни	22
1.4. Происхождение жизни	26
1.5. Происхождение эукариотической клетки	29
1.6. Возникновение многоклеточности	32
1.7. Иерархическая система. Уровни организации жизни	33
1.8. Проявление главных свойств жизни на разных уровнях ее организации	38
1.9. Особенности проявления биологических закономерностей у людей. Биосоциальная природа человека	40
Вопросы и задания для самоконтроля	41

Раздел II. Клеточный и молекулярно-генетический уровни организации жизни — основа жизнедеятельности организмов

Глава 2. Клетка — элементарная единица живого	45
2.1. Клеточная теория	45
2.2. Типы клеточной организации	46
2.3. Структурно-функциональная организация эукариотической клетки	47
2.3.1. Принцип компартментации. Биологическая мембрана	48
2.3.2. Строение типичной клетки многоклеточного организма	49
2.3.3. Поток информации	57
2.3.4. Внутриклеточный поток энергии	57
2.3.5. Внутриклеточный поток веществ	59
2.3.6. Другие внутриклеточные механизмы общего значения	60

2.4. Закономерности существования клетки во времени.....	60
2.4.1. Жизненный цикл клетки	60
2.4.2. Изменения клетки в митотическом цикле.....	61
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	<i>65</i>
Глава 3. Структурно-функциональная организация генетического материала.....	67
3.1. Наследственность и изменчивость — фундаментальные свойства живого.....	67
3.2. История формирования представлений об организации материального субстрата наследственности и изменчивости.....	68
3.3. Общие свойства генетического материала и уровни организации генетического аппарата	71
3.4. Генный уровень организации генетического аппарата	71
3.4.1. Химическая организация гена	72
3.4.2. Свойства ДНК как вещества наследственности и изменчивости.....	77
3.4.3. Использование генетической информации в процессах жизнедеятельности.....	95
3.4.4. Функциональная характеристика гена.....	120
3.4.5. Биологическое значение генного уровня организации наследственного материала	121
3.5. Хромосомный уровень организации генетического материала	121
3.5.1. Некоторые положения хромосомной теории наследственности	121
3.5.2. Физико-химическая организация хромосом эукариотической клетки.....	123
3.5.3. Проявление основных свойств материала наследственности и изменчивости на хромосомном уровне его организации	131
3.5.4. Значение хромосомной организации в функционировании и наследовании генетического аппарата.....	139
3.5.5. Биологическое значение хромосомного уровня организации генетического материала	142
3.6. Геномный уровень организации наследственного материала	142
3.6.1. Геном. Генотип. Кариотип	142
3.6.2. Проявление свойств наследственного материала на геномном уровне его организации ...	144
3.6.3. Особенности организации наследственного материала у про- и эукариот	153
3.6.4. Эволюция генома.....	155
3.6.5. Характеристика генотипа как сбалансированной по дозам системы взаимодействующих генов	161

3.6.6. Регуляция экспрессии генов на геномном уровне организации наследственного материала...	172
3.6.7. Биологическое значение геномного уровня организации наследственного материала	180
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	<i>181</i>
Глава 4. Клеточные и молекулярно-генетические механизмы обеспечения свойств наследственности и изменчивости у человека	183
4.1. Молекулярно-генетические механизмы наследственности и изменчивости у человека.....	184
4.2. Клеточные механизмы обеспечения наследственности и изменчивости у человека	188
4.2.1. Соматические мутации	189
4.2.2. Генеративные мутации	192
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	<i>198</i>

Раздел III. Онтогенетический уровень организа- ции живого

Глава 5. Размножение	201
5.1. Способы и формы размножения	201
5.2. Половое размножение	202
5.2.1. Чередувание поколений с бесполом и половым размножением	206
5.3. Половые клетки	207
5.3.1. Гаметогенез	209
5.3.2. Мейоз	211
5.4. Чередувание гаплоидной и диплоидной фаз жизненного цикла	216
5.5. Пути приобретения организмами биологической информации	217
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	<i>218</i>
Глава 6. Периодизация онтогенеза	220
6.1. Этапы, периоды и стадии онтогенеза	220
6.2. Видоизменения периодов онтогенеза, имеющие экологическое и эволюционное значение	222
6.3. Морфофизиологические и эволюционные особенности яиц хордовых	224
6.4. Оплодотворение и партеногенез	228
6.5. Эмбриональное развитие	230
6.5.1. Дробление	230
6.5.2. Гастрюляция	235
6.5.3. Образование органов и тканей	241
6.5.4. Провизорные органы зародышей позвоночных	245

6.6. Эмбриональное развитие млекопитающих и человека ...	249
6.6.1. Периодизация и раннее эмбриональное развитие...	249
6.6.2. Примеры органогенезов человека, отражающих эволюцию вида	260
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	269
Глава 7. Онтогенез как процесс реализации наследственной информации.....	271
7.1. Фенотип организма. Роль наследственности и среды в формировании фенотипа	271
7.1.1. Модификационная изменчивость.....	272
7.1.2. Роль наследственных и средовых факторов в определении половой принадлежности организма.....	274
7.2. Реализация наследственной информации в индивидуальном развитии. Мультигенные семейства..	280
7.3. Типы и варианты наследования признаков.....	283
7.3.1. Закономерности наследования признаков, контролируемых ядерными генами.....	283
7.3.2. Закономерности наследования внеядерных генов. Цитоплазматическое наследование	301
7.4. Роль наследственности и среды в формировании нормального и патологически измененного фенотипа человека	302
7.4.1. Наследственные болезни человека	303
7.4.2. Особенности человека как объекта генетических исследований	316
7.4.3. Методы изучения генетики человека.....	318
7.4.4. Пренатальная диагностика наследственных заболеваний.....	333
7.4.5. Медико-генетическое консультирование	335
<i>Вопросы и задания для самоконтроля:</i>	337
Глава 8. Закономерности индивидуального развития организмов.....	338
8.1. Основные концепции в биологии индивидуального развития	338
8.2. Механизмы онтогенеза	339
8.2.1. Деление клеток	339
8.2.2. Миграция клеток	341
8.2.3. Сортировка клеток.....	343
8.2.4. Гибель клеток.....	345
8.2.5. Дифференцировка клеток	349
8.2.6. Эмбриональная индукция	356
8.2.7. Генетический контроль развития.....	363
8.3. Целостность онтогенеза	369
8.3.1. Детерминация	369
8.3.2. Эмбриональная регуляция	371

8.3.3. Морфогенез	375
8.3.4. Рост	378
8.3.5. Интегрированность онтогенеза	382
8.4. Регенерация	383
8.5. Старость и старение. Смерть как биологическое явление	390
8.5.1. Изменение органов и систем органов в процессе старения	392
8.5.2. Проявление старения на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях	397
8.6. Зависимость проявления старения от генотипа, условий и образа жизни	399
8.6.1. Генетика старения	399
8.6.2. Влияние на процесс старения условий жизни	403
8.6.3. Влияние на процесс старения образа жизни	408
8.6.4. Влияние на процесс старения эндозоологической ситуации	410
8.7. Гипотезы, объясняющие механизмы старения	411
8.8. Введение в биологию продолжительности жизни людей ...	412
8.8.1. Статистический метод изучения закономерностей продолжительности жизни	413
8.8.2. Вклад социальной и биологической компонент в общую смертность в историческом времени и в разных популяциях	414
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	<i>416</i>
Глава 9. Онтогенез и патология человека	
9.1. Критические периоды в онтогенезе человека	418
9.2. Классификация врожденных пороков развития	419
9.3. Значение нарушения механизмов онтогенеза в формировании пороков развития	423
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	<i>427</i>

Введение

Термин *биология* (от греч. *биос* — жизнь, *логос* — наука) введен в начале XIX в. независимо Ж.-Б. Ламарком и Г. Тревиранусом для обозначения науки о жизни как особом явлении природы.

Предметом биологии как учебной дисциплины служит жизнь во всех ее проявлениях: строение, физиология, поведение, индивидуальное (онтогенез) и историческое (эволюция, филогенез) развитие организмов, их взаимоотношение друг с другом и с окружающей средой.

Современная биология представляет собой комплекс наук. Отдельные биологические науки возникли вследствие дифференциации, постепенного обособления относительно узких областей изучения и познания живой природы. Так, благодаря изучению животных, растений, простейших одноклеточных организмов, микроорганизмов, вирусов и фагов произошло выделение в качестве крупных самостоятельных областей зоологии, ботаники, протистологии, микробиологии, вирусологии.

Изучение закономерностей, процессов и механизмов индивидуального развития организмов, наследственности и изменчивости, хранения, передачи и использования биологической информации, обеспечения жизненных процессов энергией является основой для выделения эмбриологии, биологии развития, генетики, молекулярной биологии и биоэнергетики. Исследования строения, функций, поведения, взаимоотношений организмов со средой обитания, исторического развития живой природы привели к обособлению таких дисциплин, как морфология, физиология, этология, экология, эволюционное учение. Интерес к проблемам старения, вызванный увеличением средней продолжительности жизни людей, стимулировал развитие возрастной биологии (геронтологии).

Для уяснения биологических основ развития и жизнедеятельности и экологии конкретных представителей животного и растительного мира неизбежно обращение к общим вопросам сущности жизни, уровням ее организации, механизмам существования жизни во времени и пространстве. Наиболее универсальные свойства и закономерности развития и существования организмов и их сообществ изучает общая биология.

Сведения, получаемые каждой из наук, объединяются, взаимодополняя и обогащая друг друга, и проявляются в обобщенном виде, в познанных человеком закономерностях, которые либо прямо, либо

с некоторым своеобразием (в связи с социальным характером людей) распространяют свое действие на человека.

К настоящему времени наукой о жизни получены важные результаты в области изучения механизмов наследственности, изменчивости, фиксации растениями атмосферного азота, синтеза гормонов и других регуляторов жизненных процессов. Уже в реально обозримом будущем путем использования генетически модифицированных растительных и животных организмов, бактерий могут быть решены задачи обеспечения людей продуктами питания, необходимыми медицине и сельскому хозяйству лекарствами, биологически активными веществами и энергией в достаточном количестве, несмотря на рост населения и сокращение природных запасов топлива. Исследования в области геномики и геной инженерии, биологии клетки и клеточной инженерии, синтеза ростовых веществ открывают перспективы замещения дефектных генов у лиц с наследственными болезнями, стимуляции восстановительных процессов, контроля за размножением и физиологической гибелью клеток и, следовательно, воздействия на злокачественный рост.

Биология относится к ведущим отраслям естествознания. Высокий уровень ее развития служит необходимым условием прогресса медицинской науки и здравоохранения.

В результате изучения данного учебника обучающийся будет:

знать

- фундаментальные и методологические аспекты современных биологических проблем; достижения и перспективные направления развития биологических наук о многообразии жизненных форм, физиологии, молекулярной и клеточной биологии, биологии развития, генетики, антропологии, экологии, теоретической биологии и эволюционной теории;

уметь

- применять научные знания в учебной и профессиональной деятельности; осуществлять поиск и анализ научной информации по актуальным вопросам современного естествознания;

- ориентироваться в массивах биологической информации, использовать полученные знания в профессиональной деятельности;

владеть

- методологическими основами современной науки, современной биологической терминологией;

- навыками работы с научной литературой и анализа имеющейся информации, культуры дискуссии, постановки и решения задач.

РАЗДЕЛ

I

**Жизнь как особое
природное явление**

Общая характеристика ЖИЗНИ

1.1. Этапы развития биологии

Интерес к познанию мира живых существ возник на самых ранних стадиях зарождения человечества, отражая практические нужды людей. Для них этот мир был источником средств к существованию, так же как и определенных опасностей для жизни и здоровья. Естественное желание узнать, следует ли избегать встречи с теми или иными животными и растениями или же, наоборот, использовать их в своих целях, объясняет, почему первоначально интерес людей к живым формам проявляется в попытках их классификации, подразделения на полезные и опасные, болезнетворные, представляющие пищевую ценность, пригодные для изготовления одежды, предметов обихода, удовлетворения эстетических запросов.

Характерная черта человека — его способность сохранять и передавать потомкам опыт наблюдений за природными явлениями, благодаря чему этот опыт со временем преумножается, приводя периодически к качественно новым решениям ресурсных и иных проблем. Дошедшие до нас памятники «донаучного» периода истории человечества свидетельствуют об активном отношении людей к происходящему, их тонкой наблюдательности, стремлении к систематизации опыта в целях извлечения наибольшей пользы. Так, на рис. 1.1 представлена печатка с таблицей, которая воспринимается как инструкция по разведению лошадей по результатам оценки фенотипов в ряду поколений. Символы расположены горизонтальными рядами, а головы лошадей по форме относятся к трем разным типам. По мере подобного накопления и систематизации конкретных знаний возрастало их практическое значение, формировалась цепь обобщений и крупных открытий, составляющих биологию с ее основополагающей идеей единства всего живого.

Важнейшим научным доказательством единства всего живого послужила *клеточная теория* Т. Шванна и М. Шлейдена (1839).

Открытие клеточного строения растительных и животных организмов, уяснение того, что все клетки (несмотря на имеющиеся различия в форме, размерах, некоторых деталях химической организации) построены и функционируют в целом одинаковым образом, дали толчок исключительно плодотворному изучению закономерностей, лежащих в основе морфологии, физиологии, индивидуального развития живых существ.

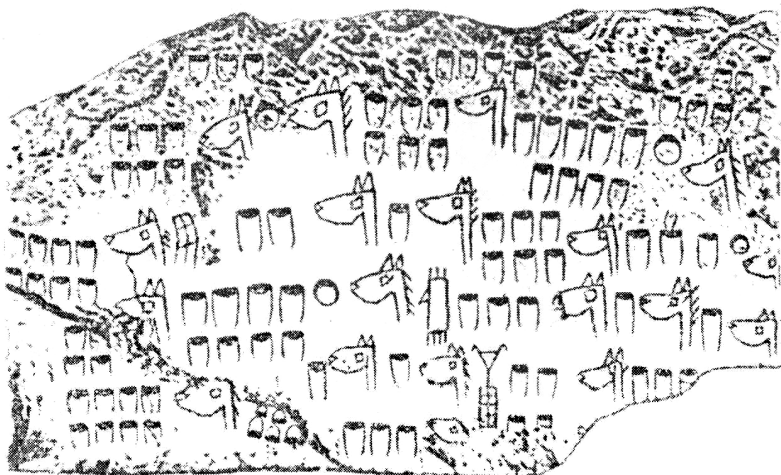


Рис. 1.1. Изображение на печатке: запись о разведении лошадей в Двуречье 6000 лет назад

Открытием фундаментальных законов наследственности биология обязана Г. Менделю (1865), Г. де Фризу, К. Корренсу и К. Чермаку (1900), Т. Моргану (1910—1916), Дж. Уотсону и Ф. Крику (1953). Названные законы раскрывают всеобщий механизм передачи наследственной информации от клетки к клетке, а через клетки — от особи к особи и перераспределения ее в пределах биологического вида. Законы наследственности важны в обосновании идеи единства органического мира; благодаря им становится понятной роль таких важнейших биологических явлений, как половое размножение, онтогенез, смена поколений.

Представления о единстве всего живого получили основательное подтверждение в результатах исследований *биохимических* (обменных, метаболических) и *биофизических* механизмов жизнедеятельности клеток. Хотя начало таких исследований относится ко второй половине XIX в., наиболее убедительны достижения *молекулярной биологии*, ставшей самостоятельным направлением биологической науки в 50-е гг. XX столетия, что связано с описанием Дж. Уотсоном и Ф. Криком (1953) строения дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). На современном этапе развития молекулярной биологии и генетики возникло новое научно-практическое

направление — *геномика*, имеющая в качестве главной задачи прочтение ДНК-текстов геномов человека и других организмов. На основе доступа к личной биологической информации возможно ее целенаправленное изменение, в том числе путем введения генов от других видов. Такая возможность представляет собой важнейшее доказательство единства и универсальности базисных механизмов жизнедеятельности.

Молекулярная биология уделяет главное внимание изучению в процессах жизнедеятельности роли биологических макромолекул (нуклеиновые кислоты, белки), закономерностей хранения, передачи и использования клетками наследственной информации. Молекулярно-биологические исследования раскрыли универсальные физико-химические механизмы, от которых зависят такие всеобщие свойства живого, как *наследственность*, *изменчивость*, *специфичность* биологических структур и функций, *воспроизведение* в ряду поколений клеток и организмов определенного строения.

Клеточная теория, законы наследственности, достижения биохимии, биофизики и молекулярной биологии свидетельствуют в пользу единства органического мира в его современном состоянии. То, что живое на планете представляет собой единое целое в историческом плане, обосновывается *теорией эволюции*. Основы названной теории заложены Ч. Дарвином (1858). Свое дальнейшее развитие, связанное с достижениями генетики и популяционной биологии, она получила в трудах А. Н. Северцова, Н. И. Вавилова, Р. Фишера, С. С. Четверикова, Ф. Р. Добжанского, Н. В. Тимофеева-Ресовского, С. Райта, И. И. Шмальгаузена, чья плодотворная научная деятельность относится к XX столетию.

Эволюционная теория объясняет единство мира живых существ *общностью их происхождения*. Она называет пути, способы и механизмы, которые за несколько миллиардов лет привели к наблюдаемому ныне разнообразию живых форм, в одинаковой мере приспособленных к среде обитания, но различающихся по уровню морфофизиологической организации. Общий вывод, к которому приходит теория эволюции, состоит в утверждении, что *живые формы связаны друг с другом генетическим родством*, степень которого для представителей разных групп различается. Свое конкретное выражение это родство находит в преемственности в ряду поколений фундаментальных молекулярных, клеточных и системных механизмов развития и жизнеобеспечения. Такая преемственность сочетается с изменчивостью, позволяющей на основе этих механизмов достичь более высокого уровня приспособленности биологической организации.

Результаты изучения молекулярного и атомного состава клеток и тканей, строящих тела организмов, получение в химической лаборатории веществ, свойственных в естественных условиях только живому, доказали возможность перехода в истории Земли от неживого к живому. Не противоречит законам биологической эволюции

появление на планете социального существа — человека. Клеточная организация, физико-химические и генетические законы неотделимы от его существования, так же как и любого другого организма. Эволюционная теория показывает истоки биологических механизмов развития и жизнедеятельности людей, т.е. того, что может быть названо их *биологическим наследством*.

В классической биологии родство организмов, относящихся к разным группам, устанавливали путем сравнения их во взрослом состоянии, в эмбриогенезе, поиска переходных ископаемых форм. Современная биология подходит к решению этой задачи также путем изучения различий в нуклеотидных последовательностях ДНК или аминокислотных последовательностях белков. По главным

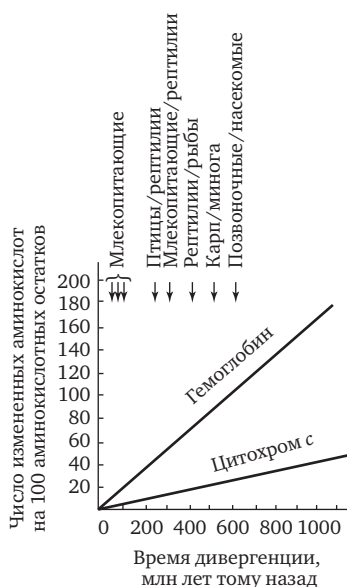


Рис. 1.2. Время дивергенции различных групп животных согласно молекулярно-биологическим исследованиям

своим результатам схемы эволюции, составленные на основе классического и молекулярно-биологического подходов, совпадают (рис. 1.2).

Выше было сказано, что первоначально люди классифицировали организмы в зависимости от их практического значения. К. Линней (1735) ввел *бинарную классификацию*, согласно которой для определения положения организмов в системе живой природы указывается их принадлежность к конкретному роду и виду. Хотя бинарный принцип сохранен в современной систематике, оригинальный вариант классификации К. Линнея носит формальный характер. Биологи до создания теории эволюции относили живые существа к соответствующему роду и виду по их подобию друг другу, прежде всего близости строения. Эволюционная теория, объясняющая сходство между организмами их генетическим родством, составила

естественно-научную основу биологической классификации.

Идея единства мира живых существ находит свое подтверждение также в *экологических исследованиях*, относящихся главным образом к XX в. Представления о биоценозе (В. Н. Сукачев) или *экологической системе* (А. Тенсли) раскрывают универсальный механизм обеспечения важнейшего свойства живого — постоянно происходящего в природе *обмена веществ и энергии*. Названный обмен возможен только в случае сосуществования на одной территории и постоянного взаимодействия организмов разного плана строения и уровня организации. Учение о *биосфере и ноосфере* (В. И. Вернадский)

раскрывает место и планетарную роль живых форм, включая человека, в природе, так же как и возможные последствия ее преобразования людьми.

Каждый крупный шаг на пути познания фундаментальных законов жизни неизменно оказывал влияние на состояние медицины, приводил к пересмотру содержания и понимания механизмов патологических процессов. Соответственно пересматривались принципы организации лечебной и профилактической медицины, методы диагностики и лечения.

Так, исходя из клеточной теории и разрабатывая ее дальше, Р. Вирхов создал *концепцию клеточной патологии* (1858), которая на долгое время определила главные пути развития медицины. Эта концепция, придавая особое значение в течении патологических состояний структурно-химическим изменениям на клеточном уровне, способствовала возникновению в практическом здравоохранении патологоанатомической, прозекторской службы.

Применив генетико-биохимический подход в изучении болезней, А. Гаррод заложил основы *молекулярной патологии* (1908). Этим он дал ключ к пониманию практической медициной таких явлений, как различная восприимчивость людей к болезням, индивидуальный характер реакции на лекарственные препараты.

Успехи общей и экспериментальной генетики 1920—1930-х гг. стимулировали исследования по генетике растений, животных и человека. В результате в медицине возник новый раздел патологии — *наследственные заболевания*, появилась особая служба практического здравоохранения — *медико-генетические консультации*.

Геномика и современные молекулярно-генетические технологии открывают доступ к диагностике на уровне нуклеотидных последовательностей ДНК не только собственно генных болезней, но также предрасположенности к ряду тяжелых соматических патологических состояний (астма, диабет, злокачественные новообразования и др). Доступный уровень *генодиагностики* создает предпосылки для осознанного манипулирования с наследственным материалом в целях *генотерапии* и *генопрофилактики* заболеваний. Достижения в названных областях науки привели к появлению целой отрасли производства — *биотехнологии*.

1.2. Стратегия жизни. Приспособление, прогресс, энергетическое и информационное обеспечение

Многочисленные находки ученых в виде окаменелостей, отпечатков в мягких породах и других объективных свидетельств указывают на то, что жизнь на Земле существует не менее 3,5 млрд лет. На протяжении более чем 3 млрд лет область ее распространения ограничивалась исключительно водной средой. К моменту выхода на сушу жизнь уже была представлена разнообразными формами:

прокариотами, низшими и высшими растениями, простейшими и многоклеточными животными, включая ранних представителей позвоночных.

За указанный период, составляющий примерно 6/7 всего времени существования жизни на нашей планете, произошли эволюционные преобразования, предопределившие лицо современного органического мира и, следовательно, появление человека. Знакомство с важнейшими из них помогает понять *стратегию жизни*.

Организмы, которые появились первыми, современная наука называет *прокариотами*. Это одноклеточные существа, отличающиеся относительной простотой строения и функций. К ним относятся бактерии и синезеленые водоросли (цианобактерии). О простоте их организации свидетельствует, например, имевшийся у них небольшой объем наследственной информации. Для сравнения: длина ДНК современной бактерии, кишечной палочки, составляет $4 \cdot 10^6$ пар нуклеотидов. Не больше ДНК было, по-видимому, и у древних прокариот. Названные организмы господствовали на Земле более 2 млрд лет. С их эволюцией связано появление, во-первых, механизма фотосинтеза и, во-вторых, организмов *эукариотического типа*.

Фотосинтез открыл доступ к практически неисчерпаемой кладовой солнечной энергии, которая с помощью этого механизма накапливается в органических веществах и затем используется в процессах жизнедеятельности. Широкое распространение фотосинтезирующих автотрофных организмов, прежде всего зеленых растений, привело к образованию и накоплению в атмосфере Земли кислорода. Это создало предпосылки для возникновения в эволюции механизма *дыхания*, который отличается от анаэробных механизмов энергообеспечения жизненных процессов гораздо большей эффективностью (примерно в 18 раз).

Эукариоты появились среди обитателей планеты около 1,5 млрд лет назад. Отличаясь от прокариот более сложной организацией, они используют в своей жизнедеятельности больший объем наследственной информации. Так, общая длина молекул ДНК в ядре клетки млекопитающего составляет примерно $2 \cdot 10^9$ — $5 \cdot 10^9$ пар нуклеотидов, т.е. в 1000 раз превосходит длину молекулы ДНК бактерии.

Первоначально эукариоты имели *одноклеточное строение*. Доисторические одноклеточные эукариоты послужили основой для возникновения в процессе эволюции организмов, имеющих *многоклеточное строение тела*. Они появились на Земле около 600 млн лет назад и дали широкое разнообразие живых существ, расселившихся в трех основных средах: водной, воздушной, наземной. Полезно заметить, что многоклеточность возникла в эволюции в период, когда атмосфера планеты, обогатившись O_2 , приобрела устойчивый окислительный характер.

Около 500 млн лет назад среди многоклеточных появляются *хордовые животные*, общий план строения которых радикальным образом отличается от плана строения существ, населявших планету

до их появления. В процессе дальнейшей эволюции именно в этой группе возникают *позвоночные животные*. Среди них примерно 200—250 млн лет назад появляются *млекопитающие*, характерной чертой которых становится особый тип заботы о потомстве — вскармливание народившегося детеныша молоком. Названная черта соответствует новому типу отношений между родителями и потомством, способствующему укреплению связи между поколениями, созданию условий для выполнения родителями воспитательной функции, передачи ими опыта.

Именно через группу млекопитающих, в частности через отряд приматов, прошла линия эволюции, ведущая к человеку (примерно 1, 8 млн лет назад). Однозначного соответствия уровню морфофизиологической организации количества ДНК среди представителей разных классов многоклеточных животных не установлено. Тем не менее для появления процветающего класса насекомых понадобилось, чтобы общая длина молекулы ДНК в геноме превысила 10^8 пар нуклеотидов, предшественников хордовых — $4 \cdot 10^8$, амфибий — $8 \cdot 10^8$, рептилий — 10^9 , млекопитающих — $2 \cdot 10^9$ пар нуклеотидов (рис. 1.3).

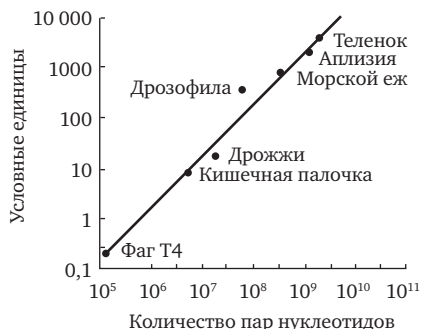


Рис. 1.3. Изменение объема уникальных нуклеотидных последовательностей в геномах в процессе прогрессивной эволюции

Выше названы узловые пункты исторического развития жизни от одноклеточных форм до людей, наделенных разумом и способностью к активной созидательной деятельности и сознательному переустройству среды жизни. Знакомство с составом обитателей планеты на любом из этапов развития жизни свидетельствует о его разнообразии, сосуществовании в одни и те же периоды организмов, различающихся как по общему плану строения тела, так и по времени появления в процессе эволюции (рис. 1.4). И в наши дни органический мир представлен наряду с эукариотами бактериями и синезелеными водорослями, относящимися к прокариотам. На фоне разнообразия многоклеточных эукариотических организмов имеется значительное число видов одноклеточных эукариот.

Заслуживает упоминания еще одно обстоятельство, характеризующее органический мир в самом общем виде. Среди организмов разного плана строения, сосуществующих в определенный исторический период времени, некоторые формы, имевшие некогда широкое распространение, представлены относительно небольшим количеством особей и занимают ограниченную территорию. Фактически они лишь поддерживают свое пребывание во времени, избегая

(благодаря наличию у них определенных приспособлений) вымирания в ряду поколений. Другие, напротив, увеличивают свою численность, осваивают новые территории и экологические ниши. В таких группах возникают разнообразные варианты организмов, отличающихся в той или иной мере от предковой формы и друг от друга деталями строения, физиологии, поведения, экологии.

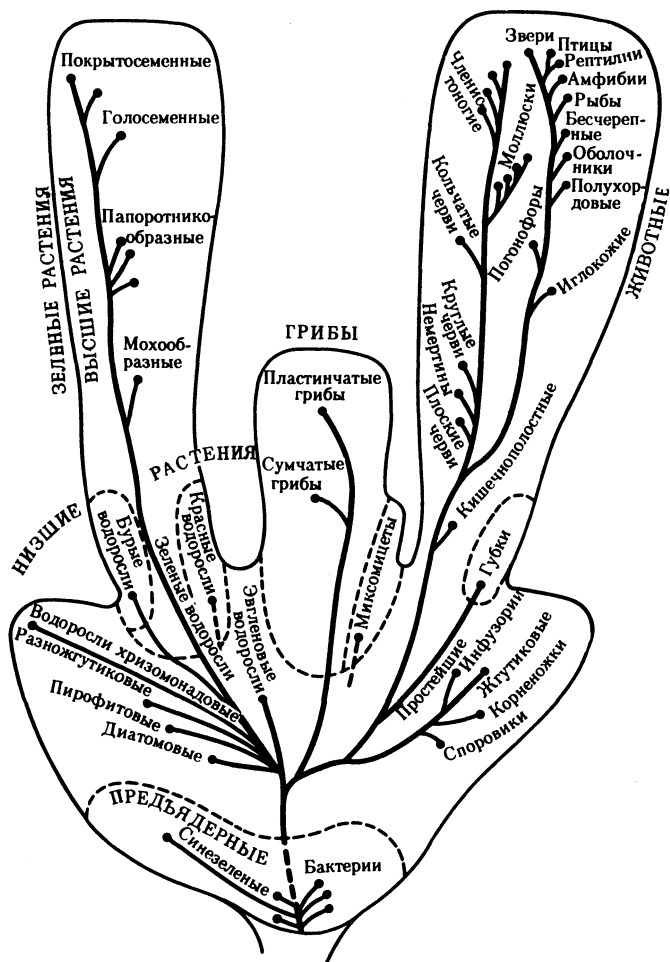


Рис. 1.4. Филогенетические отношения основных групп растений, грибов, животных и прокариот.

Пунктиром обозначено предполагаемое положение групп

Можно заключить, что эволюция жизни на Земле характеризуется следующими общими чертами. Во-первых, возникнув в виде

простейших одноклеточных форм, жизнь в своем развитии закономерно порождает существа со все более сложным типом организации тела, совершенными функциями, повышенной степенью независимости от прямых влияний со стороны окружающей среды на выживаемость. Во-вторых, любые варианты живых форм, возникавшие на планете, сохраняются столь долго, сколь долго существуют геохимические, климатические, биогеографические условия, удовлетворяющие в достаточной мере их жизненным запросам. В-третьих, в своем развитии отдельные группы организмов проходят стадии подъема и нередко спада. Стадия, достигнутая группой на данный исторический момент, определяется по тому месту, которое ей принадлежит на этот момент в органическом мире в зависимости от численности и распространенности.

Развитию событий или явлений во времени соответствует понятие *прогресса*. С учетом описанных выше общих черт в процессе исторического развития жизни наблюдаются три формы прогресса, качественно отличающиеся друг от друга. Эти формы по-разному характеризуют положение соответствующей группы организмов, достигнутое в итоге предшествующих этапов эволюции, экологические и эволюционные перспективы.

Биологическим прогрессом называют состояние, когда численность особей в группе от поколения к поколению растет, расширяется территория (ареал) их расселения, нарастает количество подчиненных групп более низкого ранга — *таксонов*. Биологический прогресс соответствует понятию процветания. Из ныне существующих групп к процветающим относят насекомых, млекопитающих. Период процветания, к примеру, пресмыкающихся завершился около 60—70 млн лет назад.

Морфофизиологический прогресс означает состояние, приобретаемое группой в процессе эволюции, которое дает возможность части ее представителей выжить и расселиться в среде обитания с более разнообразными и сложными условиями. Такое становится возможным благодаря появлению существенных изменений в строении, физиологии и поведении организмов, расширяющих их приспособительные возможности за рамки обычных для предковой группы. Из трех главных сред обитания наземная представляется наиболее сложной. Соответственно выход животных на сушу, например в группе позвоночных, был связан с рядом радикальных преобразований конечностей, дыхательной и сердечно-сосудистой систем, процесса размножения.

Появление среди земных обитателей человека соответствует качественно новому состоянию жизни. Переход к этому состоянию, хотя и был подготовлен ходом эволюционного процесса, означает смену законов, которым следует развитие человечества, с биологических на социальные. Вследствие названной смены выживание и неуклонный рост численности людей, их расселение по территории планеты, проникновение в глубины океана, недра Земли, воздушное

и даже космическое пространство определяются результатами труда и интеллектуальной деятельности, накоплением и преумножением в ряду поколений опыта преобразующих воздействий на природную среду. Эти воздействия превращают природу в очеловеченную среду жизни людей.

Ряд последовательных крупных эволюционных изменений, таких как эукариотический тип организации клеток, многоклеточность, возникновение хордовых, позвоночных и, наконец, млекопитающих животных (что обусловило в конечном итоге появление человека), составляет в историческом развитии жизни линию *неограниченного прогресса*. Обращение к трем формам прогресса, названным выше, помогает раскрыть главные стратегические принципы эволюции жизни, от которых зависят ее сохранение во времени и распространение по разным средам обитания. Во-первых, эволюция по своим результатам на любом из этапов носит приспособительный характер. Во-вторых, в процессе исторического развития закономерно повышается уровень организации живых форм, что соответствует *прогрессивному характеру эволюции*.

Чем выше уровень морфофизиологической организации, тем большее количество энергии требуется для ее поддержания. В силу этого еще один стратегический принцип эволюции заключается в освоении *новых источников и эффективных механизмов энергообеспечения* жизненных процессов.

Для образования высокоорганизованных форм в сравнении с низкоорганизованными в целом необходим больший объем наследственной информации. Закономерное *увеличение объема используемой в жизнедеятельности генетической информации* также является стратегическим принципом развития жизни.

1.3. Свойства жизни

Поразительное многообразие жизни создает большие трудности для ее однозначного и исчерпывающего определения как особого явления природы. Во многих определениях жизни, предлагавшихся выдающимися мыслителями и учеными, указываются ведущие свойства, качественно отличающие (по мнению того или иного автора) живое от неживого. К примеру, жизнь определяли как «питание, рост и одряхление» (Аристотель); «стойкое единообразие процессов при различии внешних влияний» (Г. Тревиранус); «совокупность функций, сопротивляющихся смерти» (М. Биша); «химическую функцию» (А. Лавуазье); «сложный химический процесс» (И. П. Павлов). Неудовлетворенность ученых этими определениями понятна. Наблюдения показывают, что свойства живого не носят исключительного характера и по отдельности обнаруживаются среди объектов неживой природы.

Определение жизни как «особой, очень сложной формы движения материи» (А. И. Опарин) отражает ее качественное своеобразие,

несводимость биологических законов к химическим и физическим. Однако оно носит общий характер, не раскрывая конкретного содержания этого своеобразия.

В практическом отношении полезны определения, основанные на выделении комплекса свойств, который обязателен для живых форм. Одно из них характеризует *жизнь как макромолекулярную открытую систему, которой свойственны иерархическая организация, способность к самовоспроизведению, обмен веществ, тонко регулируемый поток энергии. Жизнь, согласно этому определению, представляет собой ядро упорядоченности, распространяющееся в менее упорядоченной Вселенной.*

Рассмотрим главные, обязательные свойства жизни более подробно. Живым существам присущ особый способ взаимодействия с окружающей средой — *обмен веществ*. Его содержание составляют взаимосвязанные и сбалансированные процессы *ассимиляции* (анаболизм) и *диссимиляции* (катаболизм). Результатом ассимиляции является образование и обновление структур организма, диссимиляции — расщепление органических соединений с целью обеспечения различных сторон жизнедеятельности необходимыми веществами и энергией. Для осуществления обмена веществ необходим постоянный приток определенных веществ извне; некоторые продукты диссимиляции выделяются во внешнюю среду. Таким образом, организм является по отношению к окружающей среде *открытой системой*.

Процессы ассимиляции и диссимиляции представлены многочисленными химическими реакциями, объединенными в метаболические цепи, циклы, каскады. Последние представляют собой совокупность взаимосвязанных реакций, протекание которых *строго упорядочено во времени и пространстве*. В итоге осуществления клеткой метаболического цикла достигается определенный биологический результат: из аминокислот образуется молекула белка, молекула молочной кислоты расщепляется до CO_2 и H_2O . Упорядоченность различных сторон обмена веществ достигается благодаря *структурированности* объема клетки, например выделения в ней водной и липидной фаз, наличия обязательных внутриклеточных структур, таких как митохондрии, лизосомы и др. На важность свойства структурированности указывает следующий пример. Тело микоплазмы (микроорганизма, занимающего по размерам промежуточное положение между вирусами и типичными бактериями) превосходит по диаметру атом водорода всего в 1000 раз. Даже в таком малом объеме осуществляется примерно 100 биохимических реакций, необходимых для жизнедеятельности этого организма. Для сравнения: жизнедеятельность клетки человека требует согласованного протекания более 10 000 реакций.

Из сказанного следует, что структурированность необходима для эффективного обмена веществ. С другой стороны, любая упорядоченность для своего поддержания требует затраты *энергии*. Для выяснения характера связей между структурированностью, обменом