

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н.А. Кленова

## ИСТОРИЯ БИОЛОГИИ И ХИМИИ

*Часть 2*

**XX век**

*Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

Самара  
Издательство «Самарский университет»  
2009

Рецензенты: д-р филос. наук, проф. А.А. Шестаков,  
д-р биол. наук, проф. М.М. Серых

**Кленова, Н. А.**

К 49 **История биологии и химии** : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2 /  
Н. А. Кленова. – Самара: Издательство «Самарский университет». –  
2009. – 124 с.

Во второй части пособия рассматривается история развития химии и биологии в XX веке, раскрываются проблемы естественнонаучной парадигмы настоящего времени. Особенностью данного пособия является параллельное рассмотрение истории развития биологических и химических наук, показана их взаимосвязь и необходимость знаний истории химии для студентов-биологов.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для подготовки студентов биологического факультета по курсу «история и методология биологии и химии».

Пособие может быть использовано также аспирантами при подготовке к кандидатскому экзамену по истории науки.

- © Кленова Н.А., 2009
- © Самарский государственный университет, 2009
- © Оформление. Издательство «Самарский университет», 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Глава 1.</i> Основные направления развития химии в XX веке.....	4
<i>Глава 2.</i> Развитие биологической и биоорганической химии в XX веке.....	24
<i>Глава 3.</i> Становление микробиологии, развитие вирусологии и иммунологии.....	37
<i>Глава 4.</i> Развитие и успехи физиологических наук в XX веке.....	43
<i>Глава 5.</i> Возникновение и развитие цитологии и генетики в XX веке	53
<i>Глава 6.</i> Развитие эволюционной теории и палеонтологии.....	66
<i>Глава 7.</i> Антропогенез. Проблема происхождения человека разумного в XX веке.....	87
<i>Глава 8.</i> Развитие зоологических и ботанических наук. Экология и охрана природы.....	98
<i>Глава 9.</i> Перспективы развития химических и биологических наук в XXI столетии.....	114
<i>Библиографический список.....</i>	119

## ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ХИМИИ В XX ВЕКЕ

Фундаментом развития химии в XX веке стало учение о строении атома. Оно позволило создать теорию периодической системы элементов, поднять на новый уровень теорию строения органических соединений, разработать и развить современные представления о химической связи и реакционной способности элементов и соединений.

В XX веке возникают и стремительно развиваются новые химические направления:

1. Элементоорганическая химия и химия координационных соединений, что привело к сближению неорганической и органической химии и размыванию четких границ между ними.

2. На стыке химии и физики возникли новые самостоятельные дисциплины: а) термохимия, электрохимия, радиохимия; б) химия поверхностных явлений; в) физико-химия растворов; г) химия высоких давлений и температур; д) учение о катализе и кинетике реакций.

3. Расщепление химии по объекту исследования: а) химия легких элементов, редкоземельных и радиоактивных элементов, химия благородных газов, переходных металлов; б) химия отдельных элементов (фтора, фосфора, кремния); в) химия отдельных классов соединений: химия гидридов; перекисных соединений; полупроводниковых веществ; природных соединений; ароматических соединений и т. д.

Характерной чертой XX века становится также гибридизация наук – возникновение новых научных направлений исследований на стыке наук: биохимии, биоорганической химии, геохимии, космохимии.

Стремительно совершенствуются методы изучения веществ, их свойств и взаимодействий. В 40-50-е годы широко внедряются новые физические методы исследования: ультрафиолетовая и инфракрасная спектрофотометрия; масс-спектрометрия; радиоспектроскопия; методы электромагнитного и ядерномагнитного резонанса. Новые методы позволили расширить область исследования пространственного строения соединений, в том числе важнейших объектов биоорганической химии. Большое практическое применение в химических и биологических исследованиях нашли методы меченых атомов, рентгеноструктурный анализ. Последний позволил установить строение многих биологически активных органических со-

единений (цианкобаламин, морфин, стрихнин, резерпин, новокаин и осуществить их синтез в промышленном масштабе.

В XX веке идет создание глубоких теоретических основ химии, которое позволяет существенно развить фундаментальную биологию, способствует прогрессу медицины, сельского хозяйства и улучшению быта. Все это происходит на базе разработки квантовой, а затем и квантово-механической теории строения атома. XX век – век успешного развития химической и химико-технологической промышленности.

Осветить подробно все аспекты развития химических наук в прошлом веке не представляется возможным в небольшом учебном пособии, поэтому остановимся только на самых значительных событиях, в основном имеющих отношение к развитию биологических наук, медицины.

*Учение о периодичности свойств элементов.* На стыке XIX–XX веков произошли важнейшие открытия, послужившие физическому обоснованию закона периодичности свойств элементов: (1) открытие рентгеновских лучей в 1895 году; (2) открытие явления радиоактивности *Анри Беккерелем* в 1896 году и теоретическое истолкование этого явления *Пьером и Марией Кюри*; (3) открытие электрона в 1897 году.

Экспериментальные данные, позволившие уверенно говорить о существовании электрона, были получены независимо друг от друга английскими физиками *Дж. Томпсоном* и *Э. Вихертом*. Они произвели точные измерения скорости и удельного заряда частиц катодного излучения. Открытие электрона послужило ключом к построению моделей атомов. Одна из первых моделей была предложена в 1901 году французским ученым *Ж. Перреном*, в основных чертах она предвосхитила планетарную модель английского физика *Э. Резерфорда*. В 1902 году свою модель предложил английский физик *В. Кельвин* – электроны равномерно вкраплены в положительно заряженное ядро («пудинг с изюмом»); 1903 год – модель немецкого физика *Ф. Ленарда* – дуплеты положительных и отрицательных зарядов, большая часть атома является пустой; 1904 год – модель японского физика *Т. Нагаоки* – «сатурнианский атом» (вокруг положительного ядра располагаются кольца электронов). Однако ни одна из этих моделей не могла быть теоретически обоснованной и приемлемой для объяснения периодичности свойств элементов. Модель Резерфорда будет предложена только в 1911 году после глубокого изучения природы явлений радиоактивности.

К 1903 году стало известно около 15 радиоактивных веществ (элементов) и возник вопрос об их размещении в таблице Менделеева, в которой оставалось только семь свободных мест. Э. Резерфорд и *Ф. Содди* предложили теорию радиоактивных превращений путем испускания  $\alpha$ -частиц. Фактически радиоэлементы, как выяснилось впоследствии, оказались изотопами естественной радиоактивности соответствующих элементов. Постепенно были построены радиоактивные ряды урана 235 (1902–1935 годы), тория 232 (1903–1910) и т.п.

Физическим обоснованием периодичности свойств элементов явилась идея *А. Ван-ден-Брука* (1913) – «для атома существует фундаментальная величина, которая увеличивается регулярным образом при переходе от одного элемента к другому. Эта величина может быть только зарядом центрального положительного ядра». Экспериментальное подтверждение этому положению вскоре получил *Г. Мозли*. Чтобы связать свойства элементов со строением атомов, необходимо было преодолеть внутреннюю противоречивость Резерфордской модели атома. Это сделал *Нильс Бор* (1885–1962), сформулировав квантовую теорию строения атома. В 1921 году Н. Бор на основе своей теории вскрыл действительную связь свойств химических элементов с распределением электронов на орбитах их атомов и стал лауреатом Нобелевской премии по физике 1922 года.

К середине 30-х годов относится появление представления о новом, ядерном учении в периодичности свойств элементов. Термин «ядерная периодичность» впервые употребил в 1924 году российский ученый *С.А. Шукарев*. Как только был открыт нейтрон (1932, *Дж. Чэ́двик*), то сразу возникла протонно-нейтронная схема строения ядра, в целом сформулированная россиянином *Д.Д. Иваненко* и развитая немецким физиком *В. Гейзенбергом*. Исследования, которые привели к упрочению идей о ядерной периодичности, выполнены немецким физиком *В. Эльзассером*, французским ученым *К. Гюгген-Хеймером*, российским ученым *И.П. Селивановым*.

Благодаря изобретению *Э. Лоуренсом* в 1931 году циклотрона и осуществлению процесса ускорения протонов, а также открытию нейтрона, в 1932 году в лаборатории Э. Резерфорда стали возможны реакции ядерного синтеза элементов. В истории синтеза новых химических элементов четко прослеживаются два основных этапа: (1) синтез элементов в старых

границах периодической системы (до 1941 года); (2) синтез трансурановых элементов.

Наибольшими успехами первого этапа можно считать работы *К. Перве* и *Э. Сегре*. В 1937 году ими с помощью реакций ядерного синтеза был получен элемент № 43 – технеций. Следы технеция в природе обнаружены только в 1961 году *Б. Кенне* и *П. Куроде* (США). Металлический технеций получен раньше – в 1948 году *С. Фридом* (США).

В 1938 году опубликовано сообщение о синтезе элемента №61 американцами *М. Пулом* и *Л. Квиллом*. Однако достоверный синтез изотопов этого элемента был осуществлен только в 1945 году. Элемент назвали прометий. Металлический прометий получен в 1963 году немецким химиком *Ф. Вайгелем*, а в природе его обнаружить удалось в 1968 году как продукт спонтанного деления ядра урана.

В 1940 году *Дж. Корсон*, *К. Маккензи* и *Э. Сегре* получили изотоп элемента №85, в 1947 году его назвали астат. В природе астат обнаружили в 1943 году. Элемент №87 сначала был обнаружен в природе, а затем синтезирован. Обнаружение его связано с именем французского радиохимика *Маргариты Перей*. В 1946 году она предложила назвать этот элемент францием. Название и символ были утверждены в 1949 году.

История синтеза трансурановых элементов в свою очередь делится на два этапа.

1. 1940–1955 годы. За эти 15 лет удалось синтезировать более 80 изотопов девяти трансурановых элементов от №93 по №101. В силу того, что США менее всего пострадали во Второй мировой войне, синтез был осуществлен здесь, главным образом в лабораториях *Г. Сиборга* на циклотронах г. Беркли (Калифорния). Далее классические методы ядерного синтеза оказались неэффективными.

2. Были разработаны принципиально новые методы ядерно-физической и химической идентификации. В качестве тяжелых ионов использовались ионы бора, кислорода, азота, неона, аргона. Все элементы с №102 по №107 оказались короткоживущими, и чтобы изучить их свойства, требуется каждый раз новый синтез.

В 50-х годах работы по ядерному синтезу стали проходить в г. Дубна Московской области в объединенном институте ядерных исследований. Работы возглавил академик *Г.Н. Флёров*.

Новейшая история учения о периодичности свойств элементов связана с размещением вновь обнаруженных элементов в таблице Менделеева. В 50-е годы Г. Сиборг выступил с новой идеей относительно структуры седьмого периода: ряд типа редких земель начинается с актиния, так же как ряд лантаноидов начинается с лантана. На настоящий момент эта концепция не является бесспорной, так как в седьмом периоде отчетливо намечается размывание периодичности.

С XX веком связано рождение и развитие химии благородных газов. После разработки Н. Бором модели атомов с применением квантово-механической теории, инертность газов нулевой группы получила, как казалось, исчерпывающее объяснение. Действительное рождение химии благородных газов произошло только в 1962 году и связано с именем канадского химика *Н. Барлетта*, которому удалось получить химические соединения благородных газов. Действуя на ксенон смесью фтора с гексафторидом платины, он получил соединение типа  $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_x$ . В 1963 году удалось получить тетрафторид криптона, далее были получены оксиды и фтороксиды ксенона и криптона, некоторые соли ксеноновых и криптоновых кислот, установлен факт химического взаимодействия фтора с радоном, соединения ксенона с азотом. В настоящее время известно более 150 соединений, около 50 из них синтезировано на территории бывшего СССР. С конца 60-х годов благородные газы стали помещаться в VIII группе в качестве основной подгруппы.

До настоящего времени одной из проблем учения о периодичности свойств химических элементов остается проблема верхней границы периодической системы.

*Учение о валентности и химической связи.* В конце XIX века после открытия электрона возникли принципиально новые возможности в объяснении природы валентности и химической связи. В 1898 году *В. Нернст* применил электронные представления для объяснения образования ионов. Идея об ионной (электровалентной) связи разрабатывалась в 1909–1915 годах преимущественно американскими химиками *Г. Фраем*, *К. Фальком*, *Д. Нельсоном*. До 20-х годов химики пользовались теорией, в основе которой лежала гипотеза о существовании ионной связи во всех молекулах. Представления о возможности образования межатомной связи парой электронов, принадлежащей обоим атомам, впервые были высказаны в 1907 году в книге *Н.А. Морозова* «Периодические системы строения вещества».



Теория образования химических элементов». В 1915 году эти представления были развиты в работах *И. Штарка*.

Создание в 1925–1926 годах квантовой механики позволило надеяться, что для развития теории химической связи открылся новый путь. Квантовая механика появилась в двух формах: матричной механики *Гейзенберга* и волновой механики *Шредингера*. Одна из первых задач квантовой химии заключалась в том, чтобы объяснить устойчивость молекулы водорода (два электрона в поле двух ядер). Задача была решена в 1927 году в работе *В. Гайтлера* и *Ф. Лондона* и имела огромное значение: условие, обуславливающее связь атомов в водороде, состоит в том, что электроны, ранее принадлежавшие различным атомам, входят в одну и ту же электронную оболочку. В 1928 году *Лайнус Полинг* (США, 1901–1994), опираясь на эту работу, впервые высказал идеи о гибридизации атомных орбиталей и резонансе структур.

В 1931 г. *Э. Хюккель* опубликовал серию статей, посвященных изучению электронного строения ненасыщенных органических соединений, где им была предложена классификация орбиталей на два типа –  $\sigma$  и  $\pi$ .

В 50-х годах на смену методу валентных схем приходит метод молекулярных орбиталей.

**Координационная химия.** Господствующее представление о валентности химических связей не было в состоянии объяснить природу комплексных соединений. В конце XIX века возникает координационная теория *А. Вернера*, согласно которой комплексные соединения состоят из двух сфер: (1) внутренней, где находятся центральный атом и все атомные группировки, связанные прямой связью; (2) внешней – расположение групп, удаленных от центрального атома, связанных не прямой связью.

А. Вернер ввел в науку понятие о *координационном числе*, показывающем сколько атомов или атомных групп может прямо связаться с центральным атомом-комплексобразователем. Вернер предложил октаэдрическую модель комплексных соединений с координационным числом 6, а для соединений с координационным числом 4 – модель плоского квадрата. А. Вернером было открыто явление оптической активности комплексных соединений.

В 1902 году А. Вернер разработал учение о главной и побочной валентностях. Однако позднее, в 1939 году, с применением метода меченых атомов для изучения строения комплексных соединений *Александр Абра-*

*мович Гринберг* (1898–1965) сделал обоснованный вывод о том, что различие между главной и побочной валентностью отсутствует.

Развитию координационной теории способствовали работы *Льва Александровича Чугаева* (1873–1922). Чугаев и его ученики (особенно *И.И. Черняев*) изучили взаимное влияние атомов в комплексных соединениях. Черняевым была сформулирована закономерность трансвлияния – повышенная подвижность лигандов, расположенных в транспозиции к нитрогруппе. С начала 50-х годов предпринимаются попытки установить количественные характеристики закономерности трансвлияния. В 1957 году *А.А. Гринберг* и *Ю.Н. Кукушкин* открыли и цис-эффект, хотя и более слабый.

В 50–60-е годы синтезированы множество новых комплексных соединений с необычными координационными числами 5,7,8 и с необычной геометрией. В 1946 году открыт (*Броссе*) совершенно новый тип комплексных соединений – кластеры ( $\text{Mo}_6 \text{Cl}_8$ ).

Явление комплексообразования тесно связано с жизненными процессами. Многие биологически активные соединения – комплексные соединения. Например, витамин  $\text{B}_{12}$  – цианкобаламин, гемовые структуры, хлорофиллы и т.д. *Ганс Фишер* (немецкий биохимик, представитель знаменитой династии химиков-органиков, биохимиков и биологов Фишеров) в Мюнхене исследовал пиррольные соединения, установив формулу хлорофилла *a* в 1929 году и хлорофилла *b* в 1940 году. Также в 1929 году Г. Фишер синтезировал гем и показал, что гемоглобин состоит из гема и глобина. В 1931 году он же осуществил синтез билирубина. Структура цианкобаламина была расшифрована только в 1958 году *Д. Холскиным* с сотрудниками. В 1963 году немецкому химику *Г. Циглеру* и итальянскому химику *Д. Натта* присуждена Нобелевская премия за развитие метода полимеризации этилена при низком давлении в присутствии катализаторов – комплексных соединений аммония и титана.

К концу 60-х годов наметилось два направления: изучение комплексов молекулярного азота и изучение реакции его восстановления.

В 1944 году *Е.К. Завойский* открыл ЭПР – электронный парамагнитный резонанс, а в 1947 году *Б.М. Козырев* впервые применил ЭПР для изучения радикалов и металлоорганических соединений. После успешного применения *Л.А. Чугаевым* *диметилглиоксима* для обнаружения никеля в аналитической химии последовало открытие многих координационных

соединений, которые в свою очередь служили для открытия и количественного определения того или иного элемента.

Впервые практическое применение комплексные соединения получили в 20-х годах в аффинажной промышленности, занятой очисткой и разделением платиновых металлов.

В 30-е годы особую актуальность приобрела химия комплексных соединений аммония, молибдена, вольфрама, ниобия, тантала, так как техника нуждалась в этих элементах. Очистка таких элементов, как уран, торий, плутоний основана также на реакциях комплексообразования, проблема очистки которых решена в 50-60-е годы.

Значительным событием в развитии химии синтетических красителей явилось открытие *фталоцианов* (1933–1935) – темно-синих пигментов, обладающих большой устойчивостью. Фталоцианы оказались координационными соединениями.

Большой вклад в практическое применение комплексных соединений внес *Илья Ильич Черняев* (1893–1966), предложив промышленные методы получения платины, осмия и рутения.

*Развитие физической химии.* Основными направлениями развития физической химии стали: создание теории растворов; обновление теории кислот и оснований; разработка учения о поверхностных явлениях.

Теория электролитической диссоциации Аррениуса была не в состоянии удовлетворительно объяснить процессы в концентрированных водных растворах сильных электролитов. Важный шаг в решении этой проблемы сделан в работах *Пауля Дебая* и *Эриха Хюккеля*, опубликованных в 1923–1925 годах. Ими была разработана теория, получившая название *теории Дебая-Хюккеля для сильных электролитов*. Теория учитывала силы взаимодействия между катионами и анионами, без учета взаимодействий ионов с растворителем. В 30-х годах работами *Я. Френкеля*, *Дж. Бернала*, *Р. Фаулера* были экспериментально изучены процессы взаимодействия ионов с молекулами воды и разработаны механизмы гидратации. Большой вклад в изучение механизмов гидратации и структуры водных растворов внесли исследования *О.Я. Самойлова* 1950–1957 годов.

В неразрывной связи с развитием учения о растворах эволюционировали теории кислот и оснований. В 1923 году одновременно появились работы *Томаса Лоури*, *Иоханна Брэнстеда* и *Гильберта Льюиса*, в которых была разработана новая теория кислот и оснований. Согласно этой теории, кислот-

ные свойства связаны со способностью вещества отдавать протон партнеру, выступающему в роли основания (то есть вещества, способного присоединять протон). В 1927–1929 годах Г. Льюис развил электронную теорию кислот и оснований: основания – вещества, имеющие свободную пару электронов; кислоты – вещества, способные использовать свободную пару электронов. Однако данная теория не может объяснить свойства амфотерности проявления водой и кислотных и основных свойств. Теория, сформулированная И. Брэнстедом, не предусматривала наличие кислотных свойств у апротонных кислот. Развитием теории Брэнстеда можно считать определение понятия «кислота», предложенное *Михаилом Ильичом Усановичем* (1894–1981): кислоты – это вещества, способные отдавать электроположительные частицы и присоединять электроотрицательные.

Одним из направлений физической химии, получившим развитие в XX веке, стала *электрохимия*. Важную роль в изучении электрохимической кинетики сыграл полярографический метод, разработанный чешским ученым *Я. Гейровским*. Важный шаг в развитии электрохимической кинетики был сделан *А.М. Фрумкиным* в 1933 году, который впервые тесно связал кинетику электродных процессов со строением двойного слоя ионов.

Кинетика электродных процессов является одним из ведущих разделов современной электрохимии. Основные усилия электрохимиков направлены на изучение физико-химических свойств и поведения их электронов в жидкой и газовой фазах, а также на исследование механизмов электродных процессов при взаимодействии ионов с поверхностью металла.

Результаты исследований в области электрохимической кинетики нашли применение в практике. Они были использованы для создания электрохимических генераторов, методов электросинтеза органических соединений с высокой степенью чистоты. В настоящее время существует мощная электрохимическая промышленность, базирующаяся на исследованиях процессов электроосаждения и электрорафинирования металлов, физико-химических свойств и электролиза расплавленных электролитов, коррозионных процессов и разработки методов борьбы с коррозией.

*Коллоидная химия*. В первом десятилетии XX века происходит оформление коллоидной химии в самостоятельную науку. В 1923 году *Теодор Сведберг* и *Г. Ринге* сконструировали ультрацентрифугу для дисперсного анализа зольей по скорости седиментации, которая позволила измерить массы высокодисперсных частиц. В 30-е годы в классической кол-

лоидной химии начинают быстро развиваться новые направления: физико-химическая механика дисперсных систем и физико-химических высокомолекулярных соединений, превратив коллоидную химию в науку, изучающую физико-химические дисперсные системы и поверхностные явления.

В результате большой серии работ *Петра Александровича Ребиндера* и сотрудников были выяснены закономерности, механизм образования и устойчивости пространственных дисперсионных структур, что позволило управлять свойствами мелкозернистых высокопрочных и долговечных твердых тел и технических материалов. П.А. Ребиндером открыт эффект облегчения деформации твердых тел и понижения их прочности под влиянием активной среды (*эффект Ребиндера*). Исследование дисперсных структур привело к разработке методов получения бетонов, керамики, металлокерамики.

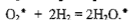
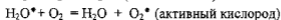
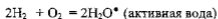
В 50–60-х годы широкое применение получили исследования физико-химических свойств аэродисперсных систем (аэрозольей), которые позволили создать методы разрушения туманов и облаков, разработать высокоэффективные лекарственные формы и фильтры для очистки воздуха.

**Химическая кинетика.** В конце XIX века и начале XX большое внимание было обращено на изучение реакций сопряженного окисления с образованием промежуточных продуктов. В 1905 году *Николай Александрович Шилов* (1873–1930) опубликовал работу «О сопряженных реакциях окисления». Согласно Н.А. Шилову, в сопряженных процессах одна реакция может воздействовать на другую только вследствие образования промежуточного соединения, обладающего высокой химической активностью.

Немецкий химик *Макс Бодеништейн* (1871–1942) изучил фотохимическую реакцию образования хлористого водорода из газообразных хлора и водорода и обнаружил ее двухстадийность (1916) и цепной характер. В 1918 году немецкий физико-химик *Вальтер Нерист* (1864–1941) предложил механизм данной реакции, что имело принципиальное значение для дальнейшего развития химической кинетики:

1.  $\text{Cl}_2 + h\nu = \text{Cl} + \text{Cl}$  (зарождение цепи)
2.  $\text{Cl} + \text{H}_2 = \text{HCl} + \text{Cl}$  (продолжение цепи)
3.  $\text{H} + \text{Cl}_2 = \text{HCl} + \text{Cl}$  (продолжение цепи)
4.  $\text{Cl} + \text{Cl} = \text{Cl}_2$  (обрыв цепи)
5.  $\text{H} + \text{H} = \text{H}_2$  (обрыв цепи)

В 1926–1929 годах почти одновременно появляются три цикла работ в области химической кинетики: (1) работы лаборатории электронной химии государственного физико-технического института (ГФТИ) Ленинграда под руководством *Николая Николаевича Семенова* (1896–1986); (2) работы *Сирила Хиншелвуда* (1897–1967 Оксфорд, Англия); (3) работы *Г. Бэкстрема* (Принстон, США). Г. Бэкстрем в 1927 году на основе изучения ингибирующего действия некоторых веществ на аутоокисление бензальдегида пришел к выводу об аналогии фотохимических и темновых реакций, о едином принципе их торможения путем обрыва реакционных цепей. С. Хиншелвуд предложил механизм взаимодействия  $H_2$  и  $O_2$  :



Н.Н. Семенов и сотрудники (1927–1928 гг.), изучая процессы воспламенения паров серы и фосфора, описали механизмы цепных реакций окисления, обнаружили эффект разветвления цепей. В 1934 году вышла монография Н.Н. Семенова «Цепные реакции», а в 1956 году Н.Н. Семенов и С. Хиншелвуд были удостоены Нобелевской премии по химии. В 1939 году *Виктор Николаевич Кондратьев* экспериментально показал наличие ОН-радикала, что подтвердило теорию цепных реакций.

В 60-е годы для изучения механизмов элементарных химических процессов были применены ЭПР и ЯМР. Это позволило обнаружить и охарактеризовать короткоживущие частицы с высокой химической активностью – радикалы. Результаты незамедлительно нашли применение в различных областях химии, физики и биологии:

(1) в физике, при разработке современной теории превращения ядерного горючего;

(2) в химии, для обоснования многих технологических процессов – окисления углеводородов, галогенирование, крекинг нефти, получение искусственных волокон и пластических масс;

(3) в биологии, для создания теории свободно-радикального окисления жирных кислот и роли свободных радикалов в процессах регуляции.

*Органическая и биоорганическая химия.* Органическая химия достигает в XX веке наибольшего расцвета и успехов, характеризуется быстрым

внедрением фундаментальных исследований в практику. Органический синтез продолжает занимать особое место среди методов органической химии. Начало века ознаменовалось попытками синтезировать самые сложные органические соединения: гемины, хлорофиллы, белки. Кроме того, от синтеза природных соединений химики перешли к синтезу соединений, не существующих в природе. Изменились и методы анализа: в 1911 году разработана техника органического микроанализа; в 1906 году М.С. Цветом создан метод хроматографии. Также в начале века в работах *Поля Сабатье* и *Владимира Николаевича Ипатьева* были разработаны основы каталитического органического синтеза и химии природных соединений – первоисточника современной биологической химии. В 20-е годы работами *Р. Робинсона* и *К. Ингольда* начались исследования роли электрона в органических реакциях. Позднее ими, а также Л. Полингом было введено представление об индуктивном, таутомерном и мезомерном эффектах в формировании ковалентной связи. В 1933–1934 годах К. Инголд, отметив, что различные реагенты обладают сродством либо к электронам, либо к ядрам, ввел термины «электрофильный», «нуклеофильный». В 1935 году обнаружено явление «свехсопряжения» (*Р. Малликен*) – алкильные группы оказались способными к передаче электрона с уменьшением эффекта в ряду  $\text{CH}_3 > \text{CH}_2\text{CH}_3 > \text{CH}(\text{CH}_3)_2 > \text{C}(\text{CH}_3)_3$ . Теория свехсопряжения была развита в 1940–1950-х годах школой *Александра Николаевича Несмеянова*.

Метод валентных связей развивался трудами Лайнуса Полинга, им была предложена теория резонанса. Однако формирование теоретической концепции энергии резонанса произошло при введении квантовомеханических представлений в 50–60-е годы.

**Развитие стереохимии.** На рубеже веков *Эмиль Фишер* (немецкий химик-органик, основоположник биохимии) создал стройную классификацию углеводов, а затем аминокислот и впервые разработал систему методов целенаправленного получения разнообразных оптических изомеров этих двух классов соединений.

Развитие стереохимии в XX веке шло прежде всего по пути дополнения и расширения классических представлений. Расширение знаний о формах существования оптических изомеров повлекло за собой многочисленные попытки обосновать теорию возникновения оптической активности. Впервые физическая теория оптического вращения была предложена в 1929 году *Р. Куном* и *К. Фрейдленбергом*. Одновременно аналогичную

теорию развивал К. Хадсон. В 1951 году в Утрехте ряд ученых (*И. Бейвут, А. Пеердеман, А. ван Боммель*), применяя специальную дифракционную технику, определили абсолютную конфигурацию натрийрубидийтартрата. После этого удалось определить абсолютную конфигурацию многих оптических изомеров и биологически активных соединений и их фрагментов (в том числе аминокислот). Чрезвычайно важным стало распространение стереохимических представлений в область биологической химии, в область химизма обмена веществ, энзимологии. Первые шаги в этом направлении были сделаны Эмилем Фишером, разработавшим концепцию специфичности ферментативного действия. В XX веке физические методы стали главным фактором в развитии стереохимии, так как с их помощью можно было количественно определять геометрические параметры молекул – длины связей и валентные углы. Наиболее важными методами явились электронографический, спектрографический и рентгенографический. Сочетание экспериментальных и расчетных методов привело к введению понятия конформации и возникновение конформационного анализа.

20-е годы XX века ознаменовались большими успехами в изучении природных соединений. До этого в 1914 году *Э. Кенделл* выделил тироксин, в 1917 году *Р. Робинсон* тропинон, исходное вещество тропановых алкалоидов. Наиболее знаменитым стал синтез гемина *Гансом Фишером* (1929), открытие в 1928 году пенициллина *Александром Флемингом* (английский биохимик, физиолог). В 1921 году *Г. Штаудингер* установил структуру природного каучука. В 1923 году *Р. Вильштеттер* и сотрудники завершили синтез природного L-кокаина. *Алексей Евгеньевич Чичибачин* и *Николай Алексеевич Преображенский* в 1930 году синтезировали стереоизомерные пилополовые кислоты и установили строение пилокарпина. Работы *Александра Павловича Орехова* способствовали изучению других алкалоидов. В работах *У. Хеурса* были предложены новые формулы для описания полуацетальной циклической структуры моносахаров (1925 г., форма «кресло», «лодка»). *Г. Фрейдлинберг* изучил строение катехина, а *Г. Виланд* – птеринов, пигментов крыльев бабочек.

Большие успехи достигнуты в изучении строения и синтеза витаминов, цитохромов, открытых в 1925 году *Д. Кейлином*. Была также установлена структура целлюлозы.

Влияние теоретических разработок стало сказываться на лабораторной практике, что привело к постановке новых методов исследования. Появил-



ся метод электрофореза (*Г. Теоролль*, 1935), нашедший широкое применение в биохимии. *Т. Рейхштейн* разработал методы жидкостной хроматографии (1938), также применяемые в настоящее время в различных отраслях биологии. В 30-е годы *П. Каррер* (Швейцария) и его школа успешно развивали химию каротинов и каротиноидов. Значительным успехом стала расшифровка строения холестерина *Г. Виландом* (Нобелевский лауреат) в 1932 году. В 1933 году *Роберт Кун* и независимо от него *А. Сценг-Дьердьи* выделили рибофлавин. Было установлено строение и осуществлен синтез аскорбиновой кислоты, *А. Виндаус* определил строение и синтезировал тиамин. *П. Каррер* и *А. Тодд* расшифровали и синтезировали токоферолы. В конце 30-х годов *С. Гаррисом* был синтезирован пиридоксин. В этот же период изучен механизм реакции переаминирования русскими химиками *Михаилом Михайловичем Шемякиным* и *Александром Евсеевичем Браунштейном*. Значительно продвинулась вперед химия гормонов: изучена химическая природа стероидных и пептидных гормонов. Вторая мировая война стимулировала производство антибиотиков.

Все эти исследования и разработки оказали существенное влияние на развитие и становление биохимии как области биологических наук. В 1941–1944 годах *А. Мартином* и *Р. Сингом* был создан метод распределительной хроматографии на бумаге, сразу же нашедший применение в медицине и биологии. В 1942 году *Дороти Кроуфут-Ходжкин* доказала присутствие  $\beta$ -лактамного кольца в молекуле пенициллина, чем содействовала установлению его точной структуры, синтезу его аналогов с повышенной физиологической активностью. В 1942 году был осуществлен синтез кортизона, в 1946 году он стал производиться промышленно и использоваться как лекарственный препарат сильнейшего противовоспалительного действия. В 1944 году *Р. Вудворд* осуществил синтез хинина, что спасло человечество от чудовищного вреда, наносимого ему малярией. *Р. Робинсон* в 1946 году установил структуру стрихнина. Это позволило биохимикам в дальнейшем установить механизм его действия на организмы, разработать лекарственные препараты, содержащие стрихнин, и найти им адекватное применение.

*Химия металлоорганических соединений.* Эра металлоорганики началась еще в XIX веке с работ *В. Гриньяра*. В 1900 году он открыл метод получения магнийалкил- и магнийарилгалогенидов. В создании магнийор-

ганических соединений приняли участие и русские ученые *Л.А. Чугаев, Н.Д. Зелинский, А.Е. и Б.А. Арбузовы*.

В 20–30-х годах начинаются исследования *А.Н. Несмеянова, К.А. Кочеткова, Г.А. Разуваева*. Крупные исследовательские школы складываются также в США и Англии. В изучении натрийорганических соединений большую роль сыграли работы *Шорыгина Петра Павловича*. Им была разработана реакция замены в углеводородном радикале атома Н на Na – реакция *Шорыгина*. Наиболее сильное влияние на процесс формирования химии элементоорганических соединений оказало открытие и введение в органический синтез литийорганических соединений *К. Циглером* в 1925–1930 годах. Эти вещества оказались чрезвычайно удобными в проведении многих реакций; они активнее Mg и Na-органических соединений, но менее сложны и опасны в обращении. К. Циглер показал их каталитические свойства в реакциях полимеризации. С данных открытий начался новый этап развития металлоорганики. Примером эффективного применения литийорганических соединений в качестве катализаторов служит предложенный *Иваном Николаевичем Назаровым* метод получения промедола – заменителя природного морфия.

В 1929 году А.Н. Несмеянов разработал метод получения ароматических соединений многих элементов – диазометод (метод получения двойных диазониевых солей). Этот метод с успехом использовали для получения ароматических производных ртути, сурьмы, мышьяка, висмута, олова, германия, свинца, таллия, алюминия. Синтез фосфорорганических соединений был разработан А.Е. Арбузовым. С развитием химии фосфорорганических соединений связано производство инсекто- и фунгицидов. Немцами в обстановке строгой секретности в 30-е годы были синтезированы нервнопаралитические яды на основе диэтилфторфосфата: табун, зарин, зоман. В СССР многочисленные производные фосфорорганических соединений стали использоваться как средства борьбы с грызунами, вредными насекомыми, грибковыми заболеваниями. Созданы препараты для лечения глаукомы, бронхиальной астмы, параличей и т.д.

В 1935–1939 годах *К.А. Андрианов* впервые получил и изучил ряд кремнийорганических полимеров. Полученные полимеры обладали интересными свойствами: химической инертностью, устойчивостью к нагреванию, холоду, кислороду и озону, действию воды и солнечных лучей. Элементоорганические соединения (в частности, смешанные алюминийорга-

нические соединения) нашли применение в качестве катализаторов. Каталитические системы на их основе были созданы *Карлом Циглером* и *Джулио Натта* и получили широкое применение в промышленности для синтеза стереорегуляторных полимеров олефинов и диенов. Такие полимеры обладают ценными свойствами: они термостойки, химически инертны. И из них стали получать высококачественные синтетические каучуки. За свои работы К. Циглер и Д. Натта в 1963 году получили Нобелевскую премию. Следует признать, что элементоорганическая химия в значительной степени определяет облик современной химической науки.

**Развитие теории катализа.** Пересмотр представлений о катализе, связанный с оценкой новых экспериментальных данных, начался в 20-30-е годы XX века. Прежде всего, требовалась расшифровка и уточнение понятий «гомогенный», «гетерогенный» и «микрогетерогенный» катализ, глубокое изучение механизмов каталитического процесса.

В начале 30-х годов были предложены гипотезы, рассматривающие катализ как результат активированной хемосорбции. Созданию этих теорий предшествовали работы *Х. Тейлора*, *И. Лэнгмюра*, *А.А. Баландина*.

Идеи, заложенные в теории хемосорбции, наиболее полно развиты в так называемой теории А.А. Баландина (1930): молекула фиксируется на катализаторе силами Ван-дер-Ваальса, затем идет образование мультиплетного комплекса, перераспределение связей. Далее особое значение получают две теории (конец 30 – начало 40-х): (1) цепная реакция катализа; (2) теория активных ансамблей. Теория активных ансамблей развивается *Николаем Ивановичем Кобозевым* (1939). Он вводит представление об агрегации – влиянии носителя активного ансамбля. Эти идеи были использованы в 40-х годах для объяснения высокой активности биологических катализаторов-ферментов, белковая часть которых рассматривается как агрегатор.

Продвижение вперед в создании теорий катализа способствовало успехам осуществления в промышленности разнообразных каталитических процессов. В 1913 году был пущен первый завод по синтезу аммиака из водорода и азота. За разработку этой технологии *Ф. Гобер* и *К. Бош* получили Нобелевскую премию в 1918 году. В 1925 году был запатентован «никель Ренея», или скелетный никель, обладающий высокой пористостью и удельной поверхностью, который использовали главным образом при гидратировании и восстановлении органических соединений.

В 40–50-х годах стали применяться как катализаторы гидриды металлов и металлоорганические соединения. С помощью последних был осуществлен диеновый синтез, послуживший для создания синтетического каучука и «ацетиленовой химии». Большие заслуги в развитии диеного синтеза принадлежат школе *Алексея Евграфовича Фаворского* (1860–1945). Диеновый синтез нашел применение в химии природных соединений, в синтезе стероидов, витаминов группы D. В промышленности он стал использоваться после работы *В.Н. Ипатьева* и *С.В. Лебедева*, изучавших димеризацию изопрена и получивших изопrenoиды.

С 1930 года начинается быстрый рост химии ацетилена, подготовленный исследованиями А.Е. Фаворского. В этом же году разработан процесс получения хлоропренового каучука в США *Ю. Ньюлендом* и *У. Карозерсом*, в СССР – *А.Л. Клебанским* и сотрудниками. В конце 30-х годов немецким химиком *В. Ренне* был осуществлен цикл реакций взаимодействия ацетилена с оксидом углерода, ведущих к получению акриловой кислоты и ее производных – незаменимым компонентам в производстве пластмасс.

Создание так называемого кумолового процесса – нового метода получения ацетона и фенола – оценено позднее как открытие века, поскольку фенол служит основным сырьем для многих производств: фенолформальдегидных смол, пикриновой кислоты, капролактама, пестицидов, лекарственных препаратов, пластификаторов и т.п. Это открытие было сделано советскими химиками *Р.Ю. Удрисом*, *П.Г. Сергеевым*, *Б.Д. Кружаловым*, *М.С. Немцовым* (1949).

Таким образом, с использованием различных систем катализаторов в XX веке разработаны методы нефтепереработки и промышленного производства каучуков, пластмасс, волокон, смазочных масел, продуктов парфюмерии и бытовой химии, лекарственных препаратов.

Во второй половине XX века химические науки и их достижения становятся основой развития и обеспечения новейших технологий в электронике и электротехнике, нефте- и газовой промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

Успехи прикладной химии к концу столетия привели к коренным изменениям в условиях жизни человечества. Были найдены лекарства от неизлечимых ранее болезней, получены материалы и вещества, существенно облегчающие и улучшающие быт современного человека.

*Методологические проблемы современной химии.* Во второй половине XX века с развитием квантовой механики химия постепенно трансформируется из «экспериментальной науки о веществах и их превращениях» в систему представлений, методов, знаний и теоретических концепций, направленных на изучение атомно-молекулярных систем. При этом основным средством описания, интерпретации, прогноза состояния атомно-молекулярных систем становится *структурный подход*. В результате возникла методологическая проблема согласования между классическими физико-химическими концепциями (термодинамическими и кинетическими закономерностями) и быстро прогрессирующей информацией о структуре соединений. Само понятие «структура» часто используется неточно, структурные данные с ошибками описываются и не всегда правильно интерпретируются. В настоящее время *структура* трактуется как многоуровневое понятие, существующее в форме ряда весьма различных приближений, что предполагает в каждом конкретном случае использование изложения сущности и степени достоверности предлагаемой структурной модели. Внедрение структурных представлений преобразило многие аспекты деятельности современных ученых-химиков и трактовку фундаментальных химических понятий. Радикально видоизменились понятия о «химическом веществе» и «химическом соединении», изменился подход к формулировке теоретических и экспериментальных концепций, появился новый вид научной гипотезы – компьютерное моделирование.

К середине XX века было накоплено и зафиксировано в научной литературе множество данных, являющихся результатами многочисленных экспериментальных работ. Так, для большого количества химических соединений были рассчитаны диэлектрические постоянные, магнитная восприимчивость, дипольные моменты, термохимические константы и т.п. Подобная единообразная информация оседает в различных компьютерных базах данных. Одной из наиболее обширных в настоящее время является Кембриджская база структурных данных (CSD), содержащая сведения о 230 тысячах рентгеноструктурных и нейтронографических исследованиях органических и координационных соединениях. Брукхейвский банк аккумулирует результаты кристаллографических исследований белков и других биополимеров (с 1998 года он является частью CSD). Данные о структуре, накопленные с использованием новейших методов снятия инфракрасных спектров и спектров комбинационного рассеивания, ядерного

магнитного резонанса и электронного парамагнитного резонанса, дифракционных методов рентгеноструктурного и нейтронографического анализов, по объему в тысячи раз превышают все накопленное за три предыдущих века развития научной химии. Всеобщая стандартизация используемых методов и подходов снижает количество уникальных исследовательских работ, имеющих чаще всего огромную ценность для построения фундаментальных теоретических концепций. Анализируя успехи в химии конца XIX и первой половины XX века, следует отметить особую значимость именно нетрадиционного, нетривиального эксперимента (радиохимические работы М. Складовской-Кюри, определение химической структуры хлорофилла Р.М. Вильштеттером и т.д), который М. Борн назвал «главным источником знания».

Важным аспектом современной химии становится применение компьютерного моделирования, включающего расчетное воссоздание какой-либо системы или ее свойств, воспроизведение процесса, выявление и описание функциональных зависимостей (корреляций).

Конкретно в химии компьютерное моделирование используется для решения следующих задач:

- (1) расчетов строения и спектров молекул и других атомно-молекулярных систем на основе квантовой химии и теоретической молекулярной спектроскопии;
- (2) построения потенциальных поверхностей;
- (3) расчетов на основе метода «молекулярной механики»;
- (4) определения строения, динамики и свойств жидкостей, растворов;
- (5) моделирования химических реакций и химических равновесий;
- (6) установления корреляций структура-свойство.

Компьютерное воспроизведение процессов, происходящих в атомно-молекулярных системах, в настоящее время не дает результатов, которые по их достоверности можно было бы приравнять к экспериментальным. В связи с этим возникает методологическая проблема: какое место в системе научных достижений следует отвести сведениям, получаемым путем компьютерного экспериментирования? Возможно, их можно считать рабочими гипотезами, которые могут быть подтверждены или отвергнуты в дальнейшем.

Современная химия изучает обширный круг принципиально новых атомно-молекулярных систем. Это высокомолекулярные биополимеры:

ДНК, РНК, белки, где каждая молекула выполняет специфические функции, и поэтому они не могут быть рассмотрены как просто вещества. Отдельный интерес также представляют собой системы, возникающие на поверхности, на границах раздела фаз. Примером таких атомно-молекулярных систем являются модифицированные поверхности графита, силикагеля и других носителей с «привитыми» на них молекулами модификаторами.

Самостоятельной и очень важной областью химических знаний в XX веке становится коллоидная химия. Многие химические вещества, которые априори считались гомогенными, в действительности оказались микрогетерогенными, молекулы их часто объединяются в агломераты. Агломераты обнаруживаются и в органических кристаллах, где располагаются закономерно, упорядоченно, и потому не порождают микрогетерогенности. Однако раствор или расплав данных соединений характеризуется существованием микрогетерогенности за счет присутствия стабильных и нестабильных агломератов. Такая структура жидкого вещества влияет на его свойства, например, на фармакокинетические параметры, предопределяющие лечебное действие лекарств.

## ГЛАВА 2. РАЗВИТИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В XX ВЕКЕ

Из недр органической химии постепенно вырастают новые направления химии природных соединений, биоорганической и, наконец, биологической химии.

В начале XX века в области биологической химии основные открытия делают химики, поэтому рассмотрим развитие представлений о химизме живых систем в этой главе.

Основу комплекса биохимических наук составляют два важнейших направления со своим предметом изучения, специфическими методами и задачами: молекулярная биология и биоорганическая химия. Оба эти направления частично восприняли функции биохимии как науки об обмене веществ, вытекающей из цитофизиологии, и о химическом составе, формирующейся на основе биоорганической химии.

Из XIX века биохимия унаследовала представление о том, что основой процесса биологического окисления является активация молекулы кислорода. Представления о механизмах биологического окисления, связанные с активированием кислорода, получили значительное развитие в перекисной теории биологического окисления русского биохимика (физиолога растений) *Алексея Николаевича Баха* (1857–1946). Теория Баха рассматривалась в начале века как единственная достаточно обоснованная гипотеза процессов биологического окисления. Углубление исследований химизма обменных процессов тормозилось двумя факторами: недостаточностью знаний о ферментах и отсутствием представлений о химическом строении основных компонентов живых систем. Неисследованной оставалась структура белков, неизвестным – вещество наследственности. Все это способствовало стремительному и взаимосвязанному развитию как «статического», так и «динамического» направления в биологической химии.

*Изучение природы углеводов и белков.* Тогда как основные принципы строения жиров были открыты еще в XIX веке, химическая природа углеводов и особенно белков еще оставалась загадкой для химиков. основополагающие работы в этой области принадлежали *Эмилю Фишеру* – немецкому химику-органику, которого принято считать основателем биохимии как отдельной науки. 1900–1902 годы – изучение и классификация углеводов, 1902–1919 – установление природы пептидной связи и синтез искус-



ственных полилептидов. Исследуя строение сахаров, Э. Фишер изучил воздействие на них различных ферментов, что привело к открытию явления, получившего название *специфичности действия ферментов*. Работы **В. Брауна** (1902) положили начало гипотезе о фермент-субстратных взаимодействиях. Это позволило в дальнейшем развить глубокие представления о кинетике и механизмах ферментативного катализа. Так, уже в 1903 году **В. Анри** вывел кинетическое уравнение ферментативных реакций, а в 1913 году **Леопор Михаэлис** (1875–1949) и **М. Ментен** разработали первую кинетическую теорию действия ферментов.

С первых десятилетий XX века начинаются поиски биокатализаторов, ускоряющих определенные этапы обмена веществ. Внимание исследователей переключается с изучения природных соединений и их свойств на вопросы превращений их в живых системах, элементы биоэнергетики. Особых успехов в изучении этих проблем в первой половине века добились представители двух мощных научных школ биохимиков: немецкой и российской. Среди немецких биохимиков выдающиеся открытия принадлежат **Генриху Виланду**, **Отто Мейергофу**, **Густаву Эмбдену**, **Отто Варбургу**, **Гансу Кребсу**. В российской школе первой половины XX века следует отметить имена **Владимира Ивановича Палладина** (1859–1922), **Георгия Ефимовича Владимирова** (1901–1960), **Сергея Павловича Костычева** (1877–1931), **Алексея Николаевича Баха** (1857–1946), **Якова Оскаровича Парнаса** (1884–1949), **Александра Альбертовича Кизеля** (1882–1948), **Бориса Ильича Збарского** (1885–1954).

Новая теория биологического окисления взамен баховской (перекисной) была выдвинута уже в 1912 году – *теория Палладина-Виланда*, согласно которой, в основе реакций окисления лежат процессы дегидрирования, а кислород включается только на последнем этапе в качестве конечного акцептора электронов. Идею единства процессов брожения и дыхания впервые высказал российский ученый **Сергей Павлович Костычев** (сын П.А. Костычева, один из основателей российской биохимической школы).

В конце 20-х годов **О. Варбург** (1883–1970) открыл дыхательный фермент цитохромоксидазу, установил, что коферментом цитохромоксидазы является молекула порфирина с атомом железа в центре. За открытие природы и изучение механизма действия дыхательного фермента **О. Варбург** получил Нобелевскую премию в 1931 году (по физиологии и медицине). К началу 30-х годов **О. Варбург** выделил в кристаллическом состоянии де-

вать ферментов гликолитического пути окисления глюкозы. Вместе с *Уолтером Христианом* он изолировал два кофермента: флавинадениндинуклеотид (ФАД) и никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ). В дальнейших исследованиях Варбургом были разработаны спектрофотометрические методы определения активности НАД - и НАДФ-зависимых ферментов, применяемых в настоящее время и известных под названием *теста Варбурга*.

В 1923 году О. Мейергоф удостоился Нобелевской премии по физиологии и медицине «за открытие тесной взаимосвязи между процессом поглощения кислорода и метаболизмом молочной кислоты в мышце». Премию Мейергоф разделил с английским физиологом *Арчибальдом Хиллом* (1886–1977), изучавшим теплопродукцию при мышечном сокращении. Далее Мейергоф и сотрудники обнаружили АТФ и описали ее роль в процессах мышечного сокращения.

В 1932 году Г. Эмбден (1874–1933) обнаружил среди продуктов распада гексоз фосфоглицериновую и глицерофосфорную кислоты, что позволило ему и О. Мейергофу (1884–1951) построить первую обоснованную схему анаэробного расщепления глюкозы, которая в последствии была дополнена Я.О. Парнасом и получила название *пути Эмбдена-Мейергофа-Парнаса* (гликолиз). Я.О. Парнасу удалось установить очень важную деталь гликолиза – возможность субстратного синтеза АТФ. Далее Я.О. Парнасом был изучен процесс расщепления гликогена, открыт его фосфоролит, образование глюкозо-1-фосфата, изомеризация в глюкозо-6-фосфат и вовлечение последнего в окислительный распад по пути Эмбдена-Мейергофа-Парнаса.

Огромное значение для раскрытия механизмов энергетического катаболизма имели работы Г. Кребса. Кребсу принадлежит честь раскрытия химизма процессов мочевинообразования – орнитинового цикла. Убедившись в цикличности этого процесса, Кребс предположил, что цикличность является главной особенностью протекания многих метаболических реакций. Догадка, оказавшаяся просто гениальной, привела его в 1937 году к открытию цикла лимонной кислоты (цикл трикарбоновых кислот, цикл Кребса). Кребс экспериментально доказал, что пировиноградная кислота, продукт гликолиза, далее превращается с выделением углекислого газа в ацетилкоэнзим А, образующийся также при расщеплении жирных кислот. С помощью его экспериментов удалось наконец показать непосред-

ственную связь обмена глюкозы и жирных кислот, замеченную еще Г. Эмбденом. Нобелевская премия Г. Кребсу за открытие цикла лимонной кислоты была присуждена только в 1953 году. Далее, продолжая исследования в этом направлении, Г. Кребс совместно со своим учеником *Г. Корнбергом* открыли разновидность цикла лимонной кислоты – глиоксилатный цикл.

В 30-40-х годах супруги *Кори Карл* (1896-1984) и *Герти* (1896-1957) провели серию экспериментов, в которых были выяснены некоторые биохимические реакции обмена глюкозы и гликогена. В настоящее время полный цикл расщепления и ресинтеза гликогена носит название цикла Кори. В 1947 году Карлу и Герти Кори была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине «за открытие каталитического превращения гликогена».

Если в Германии и других европейских странах биохимия выросла из недр органической химии, в России биохимия как наука сформировалась в рамках нескольких научных биологических школ: физиологической (направление физиологической химии); микробиологической (изучение обмена веществ у микроорганизмов); физиологии растений (обмен веществ и энергии в растениях).

Основоположителем направления «физиологической химии» полноправно может считаться профессор Казанского и Харьковского университетов, а затем Военно-медицинской академии в Петербурге *Александр Яковлевич Данилевский* (1838-1923). Данилевский много занимался биохимией белков. Работы Данилевского и его учеников посвящены обратимости реакций действия протеолитических ферментов. Результатом изучения ферментов поджелудочной железы стала разработка метода избирательной абсорбции их из растворов. Этот метод впоследствии с успехом был использован выдающимся немецким биохимиком *Р. Вильштеттером* для выделения и очистки многих ферментов. В 1897 году А.Я. Данилевский издал «Краткий курс физиологической химии». Он также создал большую школу ученых, работавших в области проблем физиологической химии, связанных с вопросами питания и нарушениями обмена веществ у человека. Единственной исследовательской биохимической лабораторией до 1917 года в России была лаборатория *Марцелия Вильгельмовича Ненцкого* (1847-1901) в Институте экспериментальной медицины в Петербурге. Работы Ненцкого развивались в трех основных направлениях: органической химии, биологической химии и микробиологии. Докторская

диссертация М.В. Ненцкого была посвящена превращению в животном организме бензола и его производных. Он показал, что производные бензола, имеющие боковые цепи, превращаются в бензойную кислоту, которая выводится из организма в виде гиппуровой кислоты. В течение многих лет Ненцкий изучал вопрос о генезисе мочевины в животном организме. Он полагал, что источником для синтеза мочевины является аммиак, отщепляющийся от аминокислот. Важное значение имели также работы этого ученого, посвященные пигментам животных и растений. Им было установлено принципиальное химическое сходство между хлорофиллом и гемоглобином. В институте экспериментальной медицины Петербурга под влиянием идей М.В. Ненцкого сложилась школа биохимиков, работавших как в направлении «животной химии», так и в направлении биохимии микроорганизмов.

В Институте экспериментальной медицины в Петербурге (далее в Ленинграде) трудился *Сергей Николаевич Виноградский* (1856–1953). Его классические работы по изучению обмена веществ у микроорганизмов имели важное значение и для развития общей биохимии. Много было сделано также сотрудником Виноградского *Василием Леонидовичем Омелянским* (1867–1928), исследовавшим процессы брожения. Омелянский организовал и стал первым редактором сборника «Успехи биохимии».

Выдающимся учеником М.В. Ненцкого был *Сергей Сергеевич Салазкин* (1862–1932). Его докторская диссертация посвящена роли печени в процессе образования мочевины. Он экспериментально показал, что азот аминокислот после их дезаминирования фиксируется в мочеvine, а у птиц в мочевой кислоте. Учениками Салазкина являются видные российские биохимики – *С.Р. Мардашев, Э.Э. Мартисон, Л.Т. Соловьев* и другие.

В институте экспериментальной медицины также протекала научная деятельность *Ефима Семеновича Лондона* (1869–1939). Важнейшими достижениями Лондона были разработанные им методы ангиостомии, синусостомии и органостомии, позволяющие прижизненно изучать обмен веществ в различных органах животных. Благодаря этим методам удалось изучить обмен веществ целостного организма при различных физиологических и патологических состояниях. В 1927 году Е.С. Лондон был командирован в Нью-Йорк, где совместно с американским биохимиком *Ф.А. Левиным* он выделил и окончательно идентифицировал D-дезоксирибозу в качестве основного сахара в составе ДНК.

Одним из первых центров биохимии в России в начале века стала также кафедра физиологии растений Петербургского университета, возглавляемая в это время *Андреем Сергеевичем Фаминцыным* (1835–1918). Им был создан крупный обзорный труд «Обмен веществ и превращение энергии в растениях», который в течение многих лет являлся настольной книгой для физиологов и биохимиков. В лаборатории А.С. Фаминцына начал свою научную деятельность *Михаил Семенович Цвет* (1872–1919), работавший над изучением хлорофилла и желтых пигментов растений. Он впервые разработал хроматографический адсорбционный метод разделения смесей пигментов, который затем нашел широчайшее применение во многих областях химии и биохимии. Также большое значение для развития биохимии и молекулярной биологии имела разработка в 1923 году шведским химиком *Теодором Сведбергом* (1884–1971) метода ультрацентрифугирования для определения константы седиментации (константы Сведберга), свидетельствовавшей о молекулярной массе биополимеров и частиц, из них состоящих. В 1937 году шведский биохимик *Андре Тиселюс* (1902–1971) изобрел электролитический метод разделения белков и значительно усовершенствовал хроматографический метод, применив его также для выделения белков из смесей.

Важнейшую роль в истории развития биохимии растений сыграл академик *Владимир Иванович Палладин* (1859–1922), профессор Петербургского университета. Главным направлением его исследований были физиология и биохимия дыхательных процессов у растений. Одним из учеников Палладина стал академик *Сергей Павлович Костычев* (1877–1931), его работы раскрыли ряд стадий спиртового брожения и дыхания у растений и микроорганизмов. В конце 20-х годов под руководством ученика Палладина профессора *Николая Николаевича Иванова* (1884–1940) была проделана большая работа по биохимической характеристике важнейших видов и сортов культурных растений, обобщенная в 8-томном труде «Биохимия культурных растений».

В начале 30-х годов центром подготовки специалистов по биохимии растений становится кафедра органической химии Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. Здесь под руководством академика *Николая Яковлевича Демьянова* (1861–1938) создан ряд учебных пособий по методам химического анализа растений. В 1933 году вышла в свет книга Н.Я. Демьянова и В.В. Феофилактова «Химия растительных веществ».

В 1934 году профессором *А.В. Благовещенским* опубликован учебник «Биохимия растений». Большое значение имели работы члена-корреспондента АН *Владимира Степановича Буткевича* (1872–1942), ученика К.А. Тимирязева и Д.Н. Прянишникова. Его работы были посвящены превращениям белков в растениях и химизму образования органических кислот плесневыми грибами и растениями. Они послужили основой для создания биотехнологии промышленного производства лимонной кислоты.

В 1929 году в Московском университете создается кафедра биохимии растений, организатором и первым руководителем которой становится ученик К.А. Тимирязева *Александр Альбертович Кизель* (1882–1948). Им был обнаружен и изучен орнитинный цикл у растений, объяснено отсутствие мочевины наличием активной уреазы в значительных количествах. Придавая исключительное значение методике биохимических исследований, А.Б. Кизель уделял много внимания организации практикума по биохимии, внедрению надежных и современных методов. Учениками А.Б. Кизеля являются в дальнейшем видные ученые: Б.А. Рубин, К.Т. Сухоруков, А.Н. Белозерский, В.В. Новиков, С.С. Скворцов, В.Л. Кретович и другие.

Важнейшим направлением научной деятельности академика *Андрея Николаевича Белозерского* (1905–1972) было исследование нуклеиновых кислот. В ряде работ он показал наличие в растениях ДНК, а не только РНК, как считали в это время большинство ученых. Таким образом, стало очевидным, что ДНК является обязательным компонентом любой живой клетки. В 1946 году А.Н. Белозерский организовал лабораторию антибиотиков в Институте биохимии им.А.Н. Баха, переименованную в дальнейшем в лабораторию биохимии микроорганизмов. Здесь был получен антибиотик грамицидин С, доказана его полипептидная природа и установлено, что биологическая активность грамицидина С связана с наличием свободной аминогруппы.

Важным центром биохимии животных стала организованная в 1939 году одноименная кафедра, возникшая на базе группы ученых под руководством *Владимира Сергеевича Гулевича* (1867–1933). Главным направлением экспериментальных работ В.С. Гулевича являлось изучение экстрактивных веществ мышечной ткани. Он совместно с учениками выделил карнозин и карнитин. К школе В.С. Гулевича принадлежал и выдающийся российский биохимик *Сергей Евгеньевич Северин* (1900–1992). После выделения медицинского факультета МГУ в отдельное учебное заведение

была организована кафедра биохимии животных, которую возглавил С.Е. Северин. Кафедра, руководимая В.С. Гулевичем, а затем после его кончины академиком *Борисом Ильичом Збарским* (1885–1954), стала центром изучения биохимии в 1-м Московском медицинском институте. Основные исследования Збарского посвящены вопросам роли эритроцитов в транспорте и обмене аминокислот и роли белков в питании человека. Многие работы Б.И. Збарского и его учеников раскрывают проблему биохимии злокачественных опухолей.

Организованный в 1890 году в Петербурге Институт экспериментальной медицины был преобразован в 1932 году во Всесоюзный институт экспериментальной медицины имени А.М. Горького. В 1933 году организуется его филиал в Москве. Здесь в 1936 году академик *А.Е. Браунштейн* вместе со своей сотрудницей М.Г. Крицман открыл реакции ферментативного переаминирования, играющие важнейшую роль в превращениях аминокислот и универсально распространенных во всем живом мире.

В 1934 году в Москве академиком А.Н. Бахом и его сотрудником *Александром Ивановичем Опариним* (1894–1980) создается Институт биохимии Академии наук СССР, носящий в настоящее время имя А.Н. Баха. В этом же году А.Н. Бахом организуется журнал «Биохимия». Еще в 1924 году А.И. Опарин впервые на съезде Ботанического общества выступил с докладом, посвященным вопросам возникновения жизни, затем он публикует небольшую брошюру «Происхождение жизни». Как гипотеза современная теория происхождения жизни в основных чертах формулируется А.И. Опариним в период 1928–1929 годов. Одновременно и независимо подобная гипотеза высказывается *Дж. Холдейном*. Далее как сам Опарин, так и многие другие биохимики разных стран получают экспериментальные доказательства, превратившие гипотезу в доказанную теорию биохимической эволюции. А.И. Опарин стал организатором и первым председателем Всесоюзного биохимического общества. В руководимой им лаборатории энзимологии начинали свою научную деятельность *А.Л. Курсанов*, *Н.М. Сисакян*, *М.А. Бокучава* и многие другие ученые.

Одним из коллег А.И. Опарина, начинавшего свою деятельность под руководством А.Н. Баха, являлся *Владимир Александрович Энгельгард* (1894–1984). В 1930–1931 годах Энгельгард проводит свои основополагающие работы, открывшие процесс окислительного фосфорилирования и заложившие основы биоэнергетики. Совместно с *М.Н. Любимовой Эн-*

гельгард открывает каталитические функции миозина, связанные с его АТФ-ной активностью. В 1959 году В.А. Энгельгард организовал Институт радиационной и физико-химической биологии, с 1965 года носящий название Института молекулярной биологии АН СССР (РФ).

Представления о химической эволюции вещества на пути возникновения живых систем были подтверждены рядом экспериментальных работ по абиогенному синтезу важнейших органических соединений в условиях, моделирующих химический состав первичной земной атмосферы. Начало данным экспериментам положили *С. Миллер* и *Г. Юри* в 1953 году, когда наблюдали синтез ряда карбоновых и аминокислот при пропускании электрического разряда через смесь газов, предположительно имитирующих первичную атмосферу Земли. Затем опыты Миллера и Юри были многократно проверены на смесях разных газов и при разных источниках энергии (солнечный свет, ультрафиолетовое и радиоактивное излучение, тепловая энергия). Во всех случаях наблюдалось образование различных органических соединений. В России *А.Г. Пасынский* и *Т.Е. Павловская* (1956) показали возможность образования аминокислот при ультрафиолетовом облучении газовой смеси формальдегида и солей аммония. В 1957 году в Москве состоялся первый Международный симпозиум по проблеме происхождения жизни. Испанский химик *Х. Оро* (1960) осуществила биогенный синтез пуринов, пиримидинов, рибозы и дезоксирибозы.

Однако синтез биополимеров в условиях водного раствора мирового океана представлялся весьма проблематичным. Возникло предположение, что образование полимерных соединений шло в условиях концентрирования органических веществ в небольших водоемах, остававшихся после приливов. В США *С. Фокс* (1969) синтезировал полипептиды и белковые соединения в условиях расплавов аминокислот при 130<sup>0</sup>С или 70<sup>0</sup>С с добавлением полифосфатов в качестве катализаторов. Растворенные в воде, они обладали свойствами природных белков и даже катализировали некоторые реакции. *С. Фокс* выдвинул гипотезу образования первичных белковоподобных соединений на раскаленных склонах вулканов, которые затем смывались дождями в океан.

В настоящее время существует также точка зрения, что синтез биополимеров шел непосредственно в первичной атмосфере и образующиеся соединения выпадали в первичный океан в виде частиц пыли. Полифосфаты, вероятно, служили первыми макроэргическими соединениями в сложных



физико-химических системах, предшествовавших живым. Затем они были заменены на нуклеозидтрифосфаты. Впервые абиогенно получил АТФ *С. Поннамперума* (США, 1970). Модельные опыты с фазовообособленными сложными химическими системами (пробионтами), проводимые С. Фоксом в США и А.И. Опариным в России, показали, что эти системы обладают способностью поглощать из окружающего раствора разнообразные вещества, увеличиваться в размерах, делиться. В пробионтах типа коацерватов (Опарин) или микросфер (Фокс) наблюдали протекание реакций полимеризации нуклеотидов с формированием протогенов (Ф. Крик, 1976).

Этап превращения протобионтов в клетки со сформированными системами энергетического метаболизма, синтеза белков по матрице нуклеиновых кислот, еще не воспроизведен лабораторно и вряд ли может быть осуществлен в ближайшем будущем. Процесс формирования клеток занимал во времени около миллиарда лет и в этом, вероятно, кроется причина сложности его экспериментального воспроизводства. Есть мнение (В.М. Бурень, 2005), что «те свойства веществ и структур, которые обеспечили образование из этих веществ клеток, исходно заложены в этих веществах». Действительно, фосфолипиды, помещенные в водную среду спонтанно образуют бислой, лежащий в основе всех мембран клеток, а реакции всегда идут с большей скоростью на границе сред.

В первой половине XX века бурно развивается также химия нуклеиновых кислот. Открытие нуклеиновых кислот было сделано швейцарским химиком *Ф. Мишером* в 1869 году, обнаружившим в ядрах лейкоцитов новое соединение, обладающее кислыми свойствами. Мишер назвал это химическое вещество (на самом деле, смесь) нуклеином. С момента открытия нуклеиновых кислот до расшифровки их строения прошло почти столетие, что связано с несовершенством методов анализа и интерпретации полученных данных. Сначала были установлены компоненты нуклеиновых кислот: в 1909 году в результате гидролиза получены сахара (рибоза и дезоксирибоза), затем в 20-х годах расшифровывается уже весь состав нуклеотидов и определяется их роль как мономерных звеньев нуклеиновых кислот.

В 1928 году *Н.К. Кольцов* впервые высказал идею о матричном синтезе как механизме передачи наследственной информации, хотя структура носителя этой информации еще не была известна. Большинство биологов склонялись к мнению, что гены представляют собой особые белки. К кон-

цу 30-х годов было установлено: во всех живых организмах обнаруживаются нуклеиновые кислоты, а в 1936 году А.Н. Белозерский находит ДНК в растениях и грибах. После этого ученым становится ясно, что наследственная информация может быть непосредственно связана именно с ДНК.

Но только в 50-е годы ученые приблизились к расшифровке структуры ДНК, к пониманию природы и возможных механизмов записи и считывания генетической информации. Изучение структуры и возможных функций ДНК ведутся в США группой *Лайнуса Полинга* (1901–1994) и в Англии группой *Мориса Уилкинса* (1916–2004), проводившего рентгенографические исследования молекул ДНК совместно с опытным кристаллографом *Розалинд Фрэнклин* (1921–1958).

Кроме рентгенограмм, подтверждающих спиральную организацию ДНК, основополагающими для создания модели молекулы ДНК были работы *Эрвина Чаргаффа* (1950), который установил эквивалентность содержания азотистых оснований в данной нуклеиновой кислоте. Именно Дж. Уотсон, сопоставив установленный факт и используя данные Р. Фрэнклин о том, что остов спирали состоит из дезоксирибозы и остатков фосфорной кислоты, а азотистые основания повернуты вовнутрь молекулы, заметил стерическое и химическое соответствие тимина аденину, а цитозина гуанину. Он также предположил, что ДНК состоит из двух цепей, обосновывая эту мысль общим бинарным принципом организации живой природы. Когда Дж. Уотсон изложил свои идеи Ф. Крику, тот сразу же признал их весьма достоверными и принял за расчеты организации спиралей и построение модели. В 1953 году эти данные появились в печати (журнал «Nature»). Нобелевской премии по физиологии и медицине «за открытия в области молекулярной структуры нуклеиновых кислот и за определение их роли для передачи информации в живой материи» Дж. Уотсон, Ф. Крик и М. Уилкинс удостоилось в 1962 году.

В 50-е годы в лаборатории А.Н. Белозерского (МГУ) были получены прямые доказательства участия РНК в синтезе белка. В 1954 году американский ученый русского происхождения *Г. Гамов* (1904–1968) выдвинул предположение о триплетности генетического кода, которое сразу было принято большинством биохимиков и молекулярных биологов.

В конце 50-х – начале 60-х годов ученые открыли различные виды РНК, установили их структуру и роль, осуществили синтез белка в бесклеточной системе (аминокислоты, РНК, рибосомы, АТФ) и расшифровали генетический код всех аминокислот (Ф. Крик, А.Н. Белозерский А.С. Спи-

рин, Р. Холли, Г. Цахау, А.А. Баев, А. Рич, М.У. Ниренберг и другие). Основы процесса транскрипции изучены *Артуром Конбергом* (Нобелевский лауреат совместно с *С. Очоа*). В 1956 году он открыл ДНК-полимеразу и впервые синтезировал биологически активную ДНК. Окончательная схема работы реакций матричного синтеза, а также концепция оперона были предложены в 1961 году французскими биохимиками, Нобелевскими лауреатами *Франсуа Жакобом* и *Жаком Моно* (1910–1976).

Очень успешными следует также считать работы, выполненные в Кавендишской лаборатории *Максом Перутцем* (1914–2002) и *Джоном Кендрию* (сведений о датах жизни не найдено). Им принадлежит честь открытия структуры миоглобина и гемоглобина в 1962 году. В том же году они получили Нобелевскую премию по химии «за исследования структуры глобулярных белков».

В 60-е годы индийско-американским биофизиком *Харом Кораной* с применением метода *М.У. Ниренберга* (Нобелевская премия 1968 года) была расшифрована последовательность нуклеотидов в триплетях, кодирующих большинство аминокислот, синтезирован искусственный ген (Нобелевская премия по физиологии и медицине 1968 года совместно с Р. Холли и М.У. Ниренбергом). Также в 60-х годах российским ученым *С.М. Гершензоном* было предсказано, а американцами *Г. Темным* и *С. Шнигельманом* показано наличие синтеза ДНК на матрице РНК и выделен фермент обратная транскриптаза. *С. Шнигельман* и *Д. Балтимор* синтезировали гены с помощью обратной транскриптазы, чем было положено начало генной инженерии.

Особый интерес представляет направление изучения механизмов формирования третичной структуры глобулярных белков, развиваемое в России *Александром Сергеевичем Спириным* и *Борисом Владимировичем Птицыным* (1903–1965). Исследования успешно продолжаются и в настоящее время в институте белка РАН в г. Пущино. В 80-е годы американскими учеными обнаружены шапероны (белки теплового шока), термин был предложен *Д. Эллисом* в 1987 году.

Одновременно развивалась и функциональная биохимия. Школой *Сергея Евгеньевича Северина* (1901–1992) были изучены молекулярная структура и механизмы регуляции важнейших ферментов гликолиза и окислительного фосфорилирования, аденилатциклазной и гуанилатциклазной систем. Биоэнергетические процессы успешно изучались американ-

скими и российскими биохимиками. Лауреатом Нобелевской премии 1978 года *Питером Митчеллом* сформулирована хемиосмотическая теория сопряжения дыхания и синтеза АТФ, а русским биохимиком, академиком РАН *Владимиром Петровичем Скулачевым* впервые определена величина трансмембранного потенциала в межмембранном пространстве митохондрий.

В настоящее время успехи биохимии и молекулярной биологии применяются в различных областях биологии и медицины, служат основой для развития новых биотехнологий, призванных значительно улучшить жизнь людей и планеты в целом.

### ГЛАВА 3. СТАНОВЛЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИИ, РАЗВИТИЕ ВИРУСОЛОГИИ И ИММУНОЛОГИИ

Важнейшим событием, случившимся под занавес XIX века, стало открытие *Д.И. Ивановским* (1864–1920) возбудителя табачной мозаики, который проходил через все бактериологические фильтры (1892). В 1897 году немецкие микробиологи *Ф. Леффлер* и *П. Фрош* открыли инфекционное начало ящура. Затем голландский бактериолог *М. Бейеринк* (1851–1931) в 1900–1901 изучает инфекционное начало ящура, тоже обладающее фильтрующей способностью и определяет его как токсин. Именно М. Бейеринк предложил назвать вновь обнаруженную инфекцию *вирусом* (в переводе – яд, токсин). В 1903 году в своей докторской диссертации Д.И. Ивановский изучил некоторые свойства нового инфекционного начала: это не токсин, так как разведение не снижает возможности развития заболевания; это необычная бактерия – не растет ни на каких питательных средах, очень мелких размеров. Ивановский вступает в полемику с Бейеринком, который считает инфекционное начало ядом, и разрабатывает первые методы для изучения и культивирования вирусов на живых организмах. Через несколько лет были открыты вирусы бактерий – бактериофаги. В 1915 году английский бактериолог *Фредерик Уильям Творт* (1877–1950) обнаружил, что некоторые из коллекционных колоний бактерий подернулись пленкой, а затем растворились. Он профильтровал эти исчезнувшие колонии и нашел в фильтрате вещество, вызывающее растворение бактерий. Независимо от него канадский бактериолог *Феликс Губерт Дэрелль* (1873–1949) в 1917 году открыл такое же явление и назвал инфекционное начало бактериофагами. Таким образом, в первые два десятилетия XX века были открыты три основные группы вирусов: вирусы растений, животных и бактерий.

В этот же период продолжается изучение механизмов, обеспечивающих реакцию организма на инфекцию, формирование устойчивости к повторному заражению – иммунитет, что приводит к появлению нового направления в микробиологии – иммунологии. В начале века основными теориями иммунитета были две концепции. Одна принадлежала немецкому врачу-микробиологу *Паулю Эрлиху* (1854–1915). Сущность ее заключалась в синтезе в ответ на инфекцию различных антител (антитоксинов, бактериолизиннов, опсониннов, агглютининов), участвующих в уничтожении инфекции. Эта концепция получила название *гуморальной*, то есть действующей через жидкость.

Автором другой концепции являлся *И.И. Мечников* (1845–1916), который обнаружил иммунокомпетентные клетки – фагоциты, уничтожающие чужеродные агенты. В течение многолетней и плодотворной дискуссии между Эрлихом и Мечниковым, сопровождавшейся замечательными экспериментальными работами, были раскрыты многие механизмы, обеспечивающие иммунные реакции. Обе теории оказались правомочными, а механизмы образования антител и клеточный иммунитет взаимосвязанными. За исследования природы иммунных реакций *И.И. Мечникову* и *П. Эрлиху* была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине в 1908 году. В 1946 году Нобелевская премия была вручена *У. Стенли*, который еще в 1935 году выделил в кристаллическом виде вирус табачной мозаики.

В дальнейшее развитие иммунологии внесли значительный вклад ученики *И.И. Мечникова* – *А.М. Безредка* (1870–1940) и *Л.А. Тарасевич* (1868–1927), а также *И.Г. Савченко*, *В.И. Исаев*, *Э. Ру*, *А. Иерсен*, *Э. Беринг*, *Ш. Китазато*, *Ж. Борде*, *О. Жангу*, *Г. Рамон* и многие другие. Результатом последующих многочисленных исследований в первые десятилетия XX века стало установление согласованности обеспечения реализации иммунитета за счет работы макрофагов, лимфоцитов, антител и других факторов. Впервые антитела в крови были обнаружены *Эмилем Берингом*, который в 1901 году получил за это Нобелевскую премию. Пристальное изучение антигенных структур начинается после классических работ 1900–1902 годов австрийского врача *Карла Ландштейнера* (1868–1943), описавшего четыре группы крови человека (Нобелевская премия 1930 года). Эти работы положили начало направлению иммунологии, изучающему антигенные структуры клеток. Благодаря развитию этого направления были решены многие вопросы инфекционной микробиологии, вирусологии, проблемы трансплантации органов. В 1949 году *Ф.М. Бернет* и *Ф. Феннер* высказали положение о иммунологической толерантности, которое экспериментально подтверждалось в 1953 году английскими учеными *П. Медаваром*, *Р. Биллинхемом* и чешским ученым *М. Гашеком*.

Важным звеном в развитии микробиологии стало открытие антибиотиков. В 1929 году шотландец *Александр Флеминг* опубликовал данные о способности зеленой плесени задерживать рост бактерий. Еще раньше, в 1922 году, он же обнаружил бактерицидные свойства лизоцима. Однако от открытия явления до выделения и применения антибиотика пенициллина прошло более десяти лет. Причем получилась еще и довольно скан-

дальняя история. В 1935 году англичанин *Эрнст Чейн* (1906–1979) предлагает своему коллеге *Гуварду Флори* (1898–1968) заняться изучением бактерицидных свойств пенициллина. В 1940 году был доказан бактерицидный эффект пенициллина и Э. Чейн устанавливает его бета-лактамную структуру. Патентирование пенициллина не было проведено по причине военного времени, его производство осуществили американцы по приезде в Америку с готовыми наработками Г. Флори. Справедливость была восстановлена в 1945 году, когда А. Флеминг вместе с Э. Чейном и Г. Флори стал лауреатом Нобелевской премии.

Большой вклад в развитие почвенной микробиологии в России внесла школа *Сергея Николаевича Виноградского* (1856–1953). В 1903 году он стал одним из организаторов микробиологического общества в России, однако с 1932 года и до конца жизни Виноградский руководил агробиологическим отделом Пастеровского института в Париже, что, несомненно, было большой потерей для развития микробиологии в нашей стране. Представители российской микробиологической школы, основанной еще в XIX веке Л.С. Ценковским, *П.Ф. Боровский* (1863–1932) и *Ф.А. Леш* (1840–1903) стали первооткрывателями патогенных простейших – лейшманий и дизентерийной амебы. *И.Г. Савченко* установил стрептококковую этиологию скарлатины, первым использовал антитоксическую сыворотку для ее лечения, создал вакцину против скарлатины. И.Г. Савченко основал Казанскую школу микробиологов, которая сохраняет традиции до настоящего времени и является одной из ведущих научных школ по микробиологии в данный период. *Д.К. Заболотный* (1866–1929) изучал природную очаговость чумы, стал крупнейшим организатором борьбы с этой тяжелой инфекцией. Он создал первую в России самостоятельную кафедру бактериологии в Петербургском женском медицинском институте. Развитию общей, технической и сельскохозяйственной микробиологии способствовали работы академиков *В.Н. Шапошников* (1884–1968), *С.П. Костычева* (1877–1932), *Н.Д. Иерусалимского* (1901–1967), *Б.Л. Исаченко* (1871–1947), *Н.А. Красильникова* (1896–1973), *В.Л. Омелянского* (1867–1928), *Е.И. Мишустина* (1901–1983) и их многочисленных учеников.

В.Н. Шапошников стал основоположником промышленной микробиологии, им была открыта двухфазность процессов пропионовокислого и маслянокислого брожений, оказавшаяся общей закономерностью всех процессов брожения. Шапошников и его ученики стояли у истоков разви-

тия методов селекции микроорганизмов и получения продуктивных штаммов для промышленного производства аминокислот, спиртов, витаминов, а в настоящее время, белков и нуклеотидов.

Медицинская микробиология, вирусология и иммунология во многом обязаны работам таких российских ученых, как *Н.Ф. Гамалея* (1859–1949), *П.Ф. Здоровский* (1890–1976), *Л.А. Зильбер* (1894–1966), *В.М. Жданов* (1914–1987), *З.В. Ермольева* (1898–1979), *А.А. Смородицев* (1901–1989), *М.П. Чумаков* (1909–1990), *П.Н. Кашкин* (1902–1991), *Б.П. Первушин* (1895–1961) и многим другим.

В России создателем школы медицинской вирусологии становится *Лев Александрович Зильбер* (1894–1966). В 1935 году он организует Всесоюзное совещание по проблемам вирусологии и в том же году создает Центральную вирусную лабораторию Наркомздрава РСФСР. В 1937 году экспедиция на Дальний Восток, возглавляемая Зильбером, открыла вирус клещевого энцефалита и его переносчика, разработала практические рекомендации по борьбе с клещами и профилактические мероприятия, приостановившие распространение заболевания, уносившего множество жизней.

В начале 40-х годов Зильбер занимается проблемой онкогенной трансформации клеток и в 1946 году формулирует концепцию участия в этом процессе онкогенных вирусов.

Новый этап развития микробиологии, иммунологии и вирусологии начинается во второй половине XX века в связи с открытиями в области молекулярной биологии и генетики. Детальное изучение структурно-функциональной организации белков привело к активизации изучения антител. *Н. Эрне* в середине 60-х годов предлагает концепцию селективной стимуляции образования антител. Эта концепция была использована *Ф. Бернетом* для развития клонально-селективной теории образования антител. В 1972 году *Р. Портер* (Англия) и *Д. Эдельман* (США) за изучение химической природы и структурной организации иммуноглобулинов удостоены Нобелевской премии. В дальнейшем были открыты и описаны иммунокомпетентные органы, механизмы активации лимфоцитов и макрофагов, регуляция синтеза антител. Современное определение иммунитета дано *Р.В. Петровым* (1982).

После открытия химической природы и структурной организации белков и нуклеиновых кислот стремительно развивается вирусология. С середины до конца XX века были изучены состав, строение, циклы воспроизводства вирусов. В конце 30-х – начале 40-х годов сформулировано поло-



жение о вирусах как живых организмах (*Ф. Бернет*). Основаниями для признания вирусов живыми организмами служили факты способности вирусов к размножению, изменчивости, подверженности их к эволюции. Эта концепция достигла своего расцвета к началу 60-х годов, когда было введено понятие «вирион» (*А. Львофф*, 1962). В это же время появляется противоположная концепция, характеризующая вирион как частицу. Вирус не проявляет свойств живого вне живой клетки, содержит лишь поток информации, у него отсутствуют системы осуществления синтеза белка, процессов обмена веществом и энергией. Вирионы размножаются не так как клетки, процесс их воспроизводства – генетическая репродукция и сборка частиц.

В 1969 году на Международном конгрессе микробиологов в Москве были разработаны основные положения классификации вирусов, принципы их подразделения на группы и семейства. Прохождение данного конгресса в Москве было обусловлено огромным вкладом российских ученых в решение проблем микробиологии и вирусологии.

В получении современных противовирусных вакцин значительные достижения принадлежат *В.М. Жданову*, *А.А. Смородинцеву*, *М.П. Чумакову*. В 60-е годы важные исследования цикла развития вирусов сделаны *А.Ф. Быковским*. В.М. Жданову принадлежат также важнейшие исследования по происхождению и эволюции вирусов. На основе многочисленных данных и анализа фактов, Жданов предложил гипотезу происхождения вирусов – как частиц, служащих изначально для передачи наследственной информации между клетками. Одним из главных доказательств интеграции вирусного и клеточного геномов стало открытие фермента *обратной транскриптазы* *Г. Темным* и *Д. Балтимором*, а также опыты *Р. Дальбеко* (США) в 1970 году по выявлению вирусной ДНК как интегральной части клеточной ДНК в опухолях.

В конце века (80–90-е годы) были детально изучены механизмы воспроизводства вирусных частиц, обнаружены дефектные вирусы и сателлиты, плазмиды, вириды, прионные белки. Все они оказались относительно автономными структурами, способными функционировать только в клетках, с разной степенью зависимости от клеточных белоксинтезирующих и энергетических систем. Происхождение их, вероятнее всего, связано с механизмами обмена информацией в живых системах. Хотя в 60-70-х годах было предложено три гипотезы происхождения вирусных частиц. Согласно первой, вирусы являются потомками бактерий или других древних

одноклеточных организмов, которые претерпели дегенеративную эволюцию. Однако существование вирусов, четко опознаваемых своими клетками-мишенями, а также элементы общности геномов этих клеток и вирусов предполагают, что дегенерации подвергались не только одноклеточные организмы, но и клетки внутри многоклеточного организма, а это маловероятно. Второй гипотезой стала гипотеза происхождения вирусов от предковых доклеточных форм. Одним из аргументов, приводимых в пользу данного предположения, является разнообразие генетического материала у вирусов, исчерпывающее все возможные его формы: одно- и двунитевые РНК и ДНК, их линейные, кольцевые и сегментированные виды. Главным аргументом против этой гипотезы служит отсутствие проявлений жизни вирусов вне клетки, невозможность их существования без клетки, а также появление новых форм в настоящее время. Третья гипотеза, которая в момент ее возникновения (В.М. Жданов, 1969) казалась самой невероятной, в настоящее время поддерживается большинством ученых и имеет множество подтверждений. Согласно этой гипотезе, для вирусов характерно полифилетическое происхождение, это не единовременное событие, а случившееся многократно и продолжающееся в настоящий момент. Возникновение вирусов связано с формирующимися механизмами обмена генетической информацией между клетками. Для бактерий характерны процессы генетической рекомбинации признаков за счет транспозонов, плазмид и трансдуктов – дефектных вирусных частиц. Часть этих фрагментов генетического материала, по-видимому, получила способность к автономному воспроизведению. Таким образом возникли вирусы. Гипотезу подтверждает существование различных мобильных генетических элементов в клетках: транспозонов, плазмид, сателлитов, дефектных вирусов, вирионов и даже запускающих собственное воспроизводство белков – прионов.

В настоящее время бактерии, плазмиды и вирусы служат основными объектами для изучения механизмов многих клеточных процессов, генной и клеточной инженерии, развития новых биотехнологий: получения трансгенных организмов, клонирования и генотерапии. Поэтому наблюдается заметная интеграция различных областей биологии, дифференцированных в начале века. Изучение процессов на молекулярном уровне способствует интеграции таких наук, как микробиология и вирусология с молекулярной биологией и биохимией, молекулярной генетикой и биоорганической химией.

## ГЛАВА 4. РАЗВИТИЕ И УСПЕХИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК В XX ВЕКЕ

В первой половине XX века главным направлением физиологии растений становится изучение биохимических механизмов дыхания и фотосинтеза. Параллельно развивается фитоэнзимология, физиология растительной клетки, экспериментальная морфология и экологическая физиология растений. Физиология растений дифференцируется на несколько отдельных биологических дисциплин, дав начало биохимии растений, фиточитологии, микробиологии и агрохимии.

Большой вклад в изучение процессов фотосинтеза внесли российские и союзные физиологи и биохимики, *А.А. Рихтер* открыл явление адаптивных изменений качественного состава пигментов фотосинтеза в различных условиях жизни растений, *Е.Ф. Вотчал* детально изучил взаимосвязь фотосинтеза с водообменом растений, стал основоположником украинской школы физиологов растений. К этой же школе принадлежали *В.Р. Зеленский*, раскрывший роль сосущей силы как решающего регулятора водного баланса растений, *В.В. Колкунов*, установивший взаимосвязь между анатомическим строением свекловичного корня и его сахаристостью, *В.Н. Любимченко*, доказавший, что хлорофилл в хлоропластах находится не в свободном состоянии, а связан с белками.

С начала века ведутся работы по изучению пигментного состава фотосистем хлоропластов. Успешность данных работ также связана с открытием, сделанным российским ученым *М.С. Цветом*, разработавшим в 1903 году хроматографический метод разделения органических соединений. Распределительная хроматография позволила М.С. Цвету выделить хлорофиллы *a* и *b*, получить три фракции каротиноидов. Элементный химический состав хлорофиллов *a* и *b* был определен в 1914 году немецким химиком *Рихардом Вильштеттером*. Р. Вильштеттер, изучив элементный состав хлорофиллов, выделенных из различных растений с разными местами обитания, показал, что принципиальных различий у них не обнаруживается.

В 1905 году английский физиолог растений *Фредерик Блэкман* (1866–1947) изучил зависимость скорости фотосинтеза от интенсивности светового потока: фотосинтез начинается при достаточно слабом освещении, скорость возрастает с увеличением светового потока до определенного

уровня, дальнейшее усиление не сопровождается повышением активности фотосинтетических процессов. Блэкман обнаружил, что фотосинтез состоит из быстрой световой фазы и более медленной – темновой стадии. В 1914 году *А.А. Рихтером* в России была изучена зависимость интенсивности фотосинтеза от соотношения светового и темнового периода. Правильность результатов подтвердилась аналогичными экспериментами в США, проведенными *Р. Эмерсоном* и *У. Арнольдом* в 1932 году. С этого начинается период пристального изучения химизма стадий фотосинтеза. Крупный вклад в изучение этого вопроса вносят немецкий биохимик и физиолог *Отто Варбург*, американский биохимик *Х. Гафрон*. В 1931 году американский микробиолог *К. Нил* обнаружил, что фототрофные бактерии могут осуществлять фотосинтез без выделения кислорода, так как при ассимиляции углекислого газа окисляют сероводород, тиосульфат или молекулярную серу. Это доказывало то, что фотосинтез в своей основе является окислительно-восстановительным процессом. В 1941 году советскими учеными *А.П. Виноградовым* и *М.В. Тейц*, а также американскими учеными во главе с *Мелвином Кальвиным* (1911–1997) было установлено: источником кислорода у растений является вода, она же становится и донором электронов и протонов. В 1937 году профессор Кембриджского университета *Робин Хилл* детально исследовал процесс фотолиза воды, получивший название *реакции Хилла*.

В 1940 году установлена структурная формула хлорофиллов *a* и *b* немецким биохимиком и органиком *Гансом Фишером*. Способность хлорофилла к фотовосстановлению впервые показана в 1948 году в работах *А.А. Красновского*. В 1960 году химики-органики *Р.Б. Вудворд* и *М. Штрель* завершили полный синтез молекулы хлорофилла и подтвердили правильность структурной формулы, установленной Г. Фишером. Пути биосинтеза хлорофиллов были изучены советским исследователем *Т.Н. Годневым* и американским *Е. Рабиновичем* (1937).

В период с 1946 по 1956 год ведутся плодотворные работы в университете Беркли (США) по установлению последовательности реакций фиксации углекислого газа в темновой стадии фотосинтеза. Группу ученых возглавляют *М. Кальвин* и *А. Бенсон*. Результатом стало открытие последовательности реакций образования глюкозы (цикл Кальвина). В 1956–1957 годах впервые была показана возможность связывания углекислоты

C<sub>4</sub>-соединениями в работах *Л.А. Незговоровой*. В 1966 году австралийские биохимики описали C<sub>4</sub>-путь фотосинтеза, отличный от известного C<sub>3</sub>-пути.

Детальное изучение пигментов и процессов трансформации энергии электромагнитных волн в химическую энергию привело к открытию в 1957 году американским ученым *Д.И. Арноном* циклического, нециклического и псевдоциклического фотофосфорилирования. Д. Арноном был описан также альтернативный циклу Кальвина путь фиксации углекислого газа, встречающийся у пурпурных и зеленых водорослей (цикл Арнона).

В начале века были сделаны также основополагающие открытия в области обмена веществ в растительных организмах. Особенно это направление развивалось российскими физиологами растений. Можно по праву сказать, что в России биохимия как наука изначально выросла из школы физиологов растений. Далее изучение процессов обмена веществ параллельно шло как в растительных, так и в животных клетках (см. в гл. «Развитие биологической и биоорганической химии»). В 1957 году *А. Корнбергом* и *Г. Кребсом* был описан гликосилатный цикл у некоторых бактерий, плесневых грибов и растений.

Детальным изучением процессов обмена азотистых веществ в растениях, результаты которого привели к коренным изменениям в практике использования азотсодержащих удобрений, наука обязана советскому агрохимику, физиологу растений и растениеводу *Дмитрию Николаевичу Прянишникову* (1865–1948) и его ученикам. Большое значение имели работы этой школы в области фосфорного и калийного питания растений, разработка ими методов известкования почвы, изучение других вопросов минерального питания растений. Представитель школы Д.Н. Прянишникова *Г.Г. Петров* детально изучил процессы метаболизма азотсодержащих соединений у растений в зависимости от условий освещения; другой ученик Прянишникова *И.С. Шулов* создал ряд вариантов вегетационного метода, с помощью чего доказал способность корней растений ассимилировать органические соединения, в том числе и некоторые белки; *Ф.В. Чириков* исследовал физиологические особенности сельскохозяйственных растений, различающихся по способностям усваивать труднорастворимые формы фосфатов почвы. В области изучения водообмена и засухоустойчивости растений фундаментальные работы были проделаны *Н.А. Максимовым*.

Дальнейшее детальное изучение индивидуального развития растительного организма и природы регулирующих его факторов показало, что

наряду с условиями внешней среды мощное влияние на развитие растения оказывают содержащиеся в его тканях фитогормоны – ауксины (*Ф. Кегл*, 1935), гиббереллины (*Т. Ябута* и *Ю. Сумики*, 1938), цитокинины (*Д. Летам*, 1963). Эти открытия дали толчок к изучению с новых позиций ростовых процессов, перехода растений от вегетативной к генеративной фазе развития. Была выявлена важнейшая роль корневых систем в регуляции общего хода развития растений, так как именно в клетках корневой системы осуществляется синтез гиббереллинов и цитокининов. В 1961 году *Б. Луи* и *Х. Карнс* получили из кожуры зрелых коробочек хлопчатника вещество, ускоряющее опадение листьев. Вскоре, в 1963 году, группа ученых во главе с *Ф. Эддикоттом* установила эмпирическую формулу этого соединения, *Ф. Уоринг* с коллегами выделили подобное вещество из листьев березы, вызывающее переход почек в состояние покоя. В 1967 году было установлено, что это одно и то же вещество – абсцизовая кислота. Американские физиологи растений *Х. Бортовик* и *С. Хендрикс* (1952) выявили, что ряд физиологических процессов регулируются фитохромом: прорастание семян, удлинение и разгибание гипокотыля, образование листовых зачатков, дифференцировка первичных листьев, элементов ксилемы, устьиц. Была доказана индукция фитохромом биосинтеза ферментов, участвующих в образовании хлорофилла, формировании хлоропластов и фотосинтетического аппарата в целом.

В дальнейшем получены ценные данные о роли отдельных минеральных веществ в обмене растений, успешно изучаются функции органоидов растительной клетки, строение клеточных мембран и их роли в процессах поглощения, транспорта и выделения ионов. Выполняется множество работ, имеющих важное практическое значение по исследованию физиологической природы устойчивости растений к различного рода неблагоприятным абиотическим (высокие и низкие температуры, засуха, избыточное увлажнение, засоление и др.) и биотическим факторам (иммунитет к болезням и вредителям).

Наряду с успешным решением проблем общей физиологии растений, все большее внимание уделяется развитию исследований по физиологии отдельных видов и сортов сельскохозяйственных растений.

В первые десятилетия XX века продолжалось успешное развитие российской физиологической школы животных и человека. Физиологические исследования проводились в крупнейших университетах: Московском, Пе-

тербургском, Казанском, Харьковском, Киевском, Томском, в медико-хирургической академии Петербурга, а также в физиологической лаборатории Российской Академии наук. Основная роль в развитии физиологии человека и животных в этот период принадлежит *Ивану Петровичу Павлову* (1849–1936) и его ученикам. Павлов стал первым русским нобелевским лауреатом по физиологии. В 1904 году ему была присуждена Нобелевская премия за цикл работ по изучению регуляции процессов пищеварения. Направление, которое развивает И.П. Павлов в дальнейшем, – это изучение физиологии высшей нервной деятельности человека. Им были изучены сложнейшие формы подкорковых рефлексов и их отношение к условно-рефлекторной деятельности, анализ и синтез условных раздражителей и ответной реакции организма на них, описаны такие сложные формы рефлексов, как ситуационные, подражательные, экстраполяционные, цепные двигательные и другие.

Всемирно известными представителями Петербургской школы физиологов животных и человека являлись *Николай Евгеньевич Введенский* (1852–1922, ученик И.М. Сеченова) и *Алексей Алексеевич Ухтомский* (1875–1942, ученик И.П. Павлова). В начале века Н.Е. Введенский создает учение о парабозе. В 1908 году в совместных исследованиях Введенский и Ухтомский показали, что иррадиация нервных возбуждений имеет место при любых раздражениях – сильных, умеренных, слабых. Это положение было сформулировано как закон о диффузной иррадиации импульсов возбуждения в нервной системе. В дальнейшем, основываясь на трудах И.М. Сеченова, Н.Е. Введенского и *Ч. Шеррингтона*, Ухтомский открывает один из основных принципов деятельности нервной системы – принцип доминанты. Впервые его учение о «доминанте» изложено в работе «Доминанта как рабочий принцип нервных центров» (1923). Понятие о доминанте, а также учение Ухтомского об усвоении ритма, согласно которому режим работы органа соответствует ритму внешних раздражений, позволили ему по-новому рассмотреть физиологическую природу состояния утомления. Эти работы имели чрезвычайно важное значение для медицины, психологии и педагогики, так как позволили понять физиологию формирования и удовлетворения потребностей, раскрыть физиологические основы работоспособности и утомления.

Выдающимся учеником Павлова и Сеченова стал *Александр Филиппович Самойлов* (1867–1930), работавший в Казанском университете.

В организованной им электрофизиологической лаборатории велась большая научная и педагогическая работа. В 20-х годах Самойлов приступает к изучению нервных процессов. Благодаря применению тонкой электрофизиологической методики, ему удается установить химический характер перехода возбуждения с нервов на мышцу. Таким образом, Самойлову одному из первых в мировой физиологии принадлежит заслуга создания химической теории передачи нервных процессов – возбуждения и торможения. Одновременно мощная физиологическая лаборатория создается в стенах Казанского университета другим выдающимся физиологом мирового уровня *Николаем Александровичем Миславским* (1854–1928). Представителями Казанской физиологической школы в первые пятнадцать лет XX века были выполнены исследования симпатического отдела нервной системы. Н.А. Миславский создает научную школу ученых, изучающих физиологию процессов дыхания. Одним из выдающихся физиологов, успешно изучающих центральные механизмы регуляции процессов дыхания, становится *Михаил Васильевич Сергеевский* (1898–1983). Им сформулирована принципиально новая теория рефлекторной регуляции дыхания, изучена роль гуморальных факторов, участвующих в регуляции. В конце жизни его интересы сосредотачивались на анализе структурно-функциональной организации дыхательного центра, изучении природы ритмогенеза.

В период 1918–1940-х годов огромный вклад в развитие физиологии человека и животных был внесен работами *Леона Абгаровича Орбели* (1882–1958) и *Петра Кузьмича Анохина* (1898–1974). Особое значение имела разработка следующих основных проблем: физиологии нервной системы, органов чувств, нейроэндокринной регуляции организма, мышечной деятельности, секреции и экскреции, физиологии дыхания, физиологии обмена веществ и энергии, биоэлектрических явлений, физиологии труда и утомления, дегенерации и регенерации функций. Орбели также считал неотложной задачей развитие сравнительной физиологии, эмбриологической физиологии и возрастной физиологии, много внимания он уделял проведению исследований по изучению влияния стратосферных условий на организм человека и животных. Л.А. Орбели – один из основоположников эволюционной физиологии. Важное теоретическое и практическое значение имели работы Орбели в области вегетативной нервной сис-



темы, приведшие к открытию адаптационно-трофической функции симпатической нервной системы.

В 1926–1930 годы П.К. Анохин в лаборатории Павлова занимается исследованием механизма внутреннего торможения. Он обнаружил, что при дифференцировочном и угасательном торможении возникают изменения, сопровождающие и внешние торможения.

В 1930 году, по рекомендации Павлова, Анохина избирают профессором кафедры физиологии Нижегородского университета. Особый научный интерес П.К. Анохина в это время направлен на изучение интегративной деятельности нервной системы. Для решения этого вопроса им был предложен ряд методов исследования: секреторно-двигательный метод условных рефлексов, метод гетерогенных анастомозов, метод пересадки тканей в эмбриогенезе, комплексный метод исследования животных в сочетании с электрофизиологическими методиками. В 1932 году на кафедре физиологии Нижегородского университета П.К. Анохином создается отделение эволюционной физиологии высшей нервной деятельности. Затем П.К. Анохин, уже являясь сотрудником ВИЭМ, в коллективной монографии 1935 года «Проблемы центра и периферии в физиологии нервной деятельности» дает первое определение «функциональной системы».

В 30-е годы особая заслуга в развитии физиологии человека и высших животных также принадлежит *Дж. Баркфорду*. Он занимался изучением системы крови и ее химизма, исследовал свойства гемоглобина в присутствии молочной кислоты и под влиянием гипоксии. Много внимания Дж. Баркфорт уделял проблемам эволюционной и эмбриологической физиологии, установил интересный факт: дыхание и питание плода в материнском организме происходит через послед путем диффузии, однако плод содержит гемоглобин иной химической структуры, отличный от материнского (фетальный гемоглобин).

Приоритетом физиологии XX столетия становится изучение целостности функциональной активности организмов, изучение, с одной стороны, тонких механизмов регуляторных процессов, управляющих деятельностью клеток и организмов, и, с другой стороны, интегративный подход, рассматривающий организм как единое целое.

В 1927 году в классической работе *В. Кеннона* было показано значение симпатико-адреналовой системы в механизмах экстренной мобилизации организма при эмоциях. В работах *А.Д. Сперанского* (1935), *И.П. Пав-*

лова и *М.К. Петровой* (1946), *К.М. Быкова* (1947) устанавливалось, что в результате чрезвычайных раздражений нервной системы, вызывающих перенапряжение процессов возбуждения и торможения, срывов нервной деятельности, возникают не только неврозы, но и генерализованные нарушения трофики, заболевания внутренних органов, предрасположенность к развитию опухолей.

С 1936 года проблема неспецифических реакций организма на различные раздражения начинает освещаться в печати в оригинальном направлении, связанном с интенсивными исследованиями австрийского физиолога и патолога *Ганса Селье* и его сотрудников, сконцентрировавших свое внимание на значении гипофизарно-кортикостероидной системы в процессах адаптации и дезадаптации. Г. Селье предложил и обосновал концепцию общего адаптационного синдрома и болезней адаптации. С его именем также связано широкое распространение в научной литературе представлений о стрессе. На основании экспериментальных материалов Г. Селье установил, что разнообразные повреждающие воздействия способны вызвать стереотипный неспецифический ответ в виде стимуляции коры надпочечников, атрофии тимико-лимфатического аппарата и изъязвлении желудочно-кишечного тракта. Общий адаптационный синдром Г. Селье охарактеризовал как повышение активности гипофиза, увеличение массы коркового слоя надпочечников с уменьшением содержания в них липидов и холестерина, увеличению выведения из организма кортикостероидов, инволюцию тимико-лимфатического аппарата, возникновение язв желудочно-кишечного тракта. Согласно концепции Селье, возникающий при стрессе общий адаптационный синдром проходит три фазы: тревоги, резистентности, истощения. Г. Селье подчеркивал, что адаптационный синдром сам по себе не является патологической реакцией, наоборот, это физиологическая реакция на повреждение как таковое, имеющая защитный характер. В фундаментальной монографии «Стресс» (1950), Г. Селье рассматривает стресс как реакцию организма, оказывающую исключительно повреждающее воздействие. В дальнейшем Селье трансформирует свои первоначальные представления, разделяя понятия стресса на «полезный стресс» и «вредный стресс».

Концепция Г. Селье широко освещалась в печати, развивалась многими учеными (А.Д. Адо, А.А. Виру, П.Д. Горизонтов; Г.И. Косицкий, Ф.З. Меерсон, А.М. Чернух; Ш. Вайнер и другие).

В 1960-х годах физиологи СССР сформулировали два понятия стрессовых состояний: физиологический стресс, как основа процессов приспособления и развития, и патологический стресс – причина развития ряда заболеваний.

**Ф.З. Меерсон**, много лет плодотворно изучающий механизмы процессов адаптации, уже в 1986–1988 годах определяет стресс как стандартную реакцию организма на любой новый фактор окружающей среды, выражающуюся активацией гипофизарно-адреналовой и адренергической систем организма и являющуюся необходимым звеном более сложного процесса адаптации.

**П.Д. Горизонтов** (1974) дает определение стрессу как неспецифической реакции организма на действие чрезвычайного раздражителя, вызывающего включение нервных и гормональных звеньев адаптации.

**Т. Сох** в 1978 году предлагает рассматривать стресс как часть динамической системы взаимодействия личности с окружающей средой при осознании человеком трудности выполнения предъявляемых требований или их несоответствия имеющимся возможностям.

Ученик Ухтомского **Илья Аркадьевич Аршавский** (1903–1996) развивал идеи о роли доминанты и стресса в эволюционном процессе. Полученные им экспериментальные данные показывали возможность наследования приобретенных признаков в результате постепенного сдвига приобретенного свойства на все более и более ранние стадии развития, пока оно не станет появляться уже у эмбриона.

К особо важным задачам физиологии человека XX века относится изучение основ жизнедеятельности человеческого организма, изучение механизмов, обеспечивающих функционирование организма в условиях воздействия неблагоприятных факторов внешней среды, в первую очередь, вызывающих эмоциональные стрессы. Также продолжались исследования, направленные на оздоровление условий труда, выявление критических условий труда, создающих психоэмоциональное перенапряжение.

Важное значение имели исследования системных механизмов обеспечения постоянства внутренней среды организма, механизмов созревания функциональных систем в пренатальном и постнатальном онтогенезе, основных стадий деятельности человека и животных.

В настоящее время особый интерес у исследователей вызывают работы по изучению механизмов действия экстремальных факторов на орга-

низм животных и человека, а также слабых, но постоянных воздействий электромагнитных полей, магнитного поля Земли, изучение тонких физиологических механизмов психической деятельности животных и человека, биохимических закономерностей физиологических отравлений.

Из недр физиологии животных и человека вырастает в первой половине XX века новое направление, именуемое в настоящее время «биофизикой». Рождение термина можно связать с двумя именами: *Карла Пирсона* (1857–1936) английского математика и биолога, основоположника биометрии, и *Жака Арсена Д'Арсонваль* (1851–1940), французского физиолога.

В «Журнале общей биофизики», основанном *Ж. Легом* в Америке печатаются работы по нейрофизиологии, пролиферации клеток и расчету параметров роста, действию физических факторов на биологические системы. Развитие биофизики идет в тесной взаимосвязи с биохимией, молекулярной биологией, электрофизиологическим направлением в физиологии, совершенствованием применения количественных методов в биологии.

*Г.М. Франк*, с именем которого связано развитие биофизики в 60-е – 70-е годы XX века, накануне 4-го Международного биофизического съезда в Москве (1972) писал: «Биофизика не имеет присущего только ей объекта или предмета исследования...эта наука, скорее, характерна только ей присущим физическим подходом к изучению широкого круга жизненных явлений...особенно тесна связь, скорее даже “взаимопроращивание” биофизики и биохимии». На наш взгляд, такую точку зрения следует признать правомерной, так как биофизика предполагает действительно определенный методический подход к изучению свойств биологических систем. В настоящее время принято делить биофизические исследования на три направления: молекулярную биофизику, биофизику клетки и биофизику сложных систем. Хотя, следует признать, разделение становится все более и более условным и не только в отношении направлений биофизики, но и в отношении дифференциации на биофизику, биохимию, молекулярную биологию и генетику, физиологию клетки. Например, *Андрей Владимирович Лебединский* (1902–1965) развивал физиологическое направление в биофизике, им выполнены значительные работы по решению физических проблем физиологии зрения, изучению соматических эффектов ионизирующего излучения.

## ГЛАВА 5. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЦИТОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ В XX ВЕКЕ

Вторичное открытие законов Г. Менделя в период с 1900 по 1903 годы немцем *К. Корренсом*, австрийцем *Э. Чермаком* и голландцем *Гуго де Фризом* начинается развитие новой науки – генетики, которое шло параллельно с изучением клеточных структур, ответственных за передачу и хранение наследственных признаков. В истории развития генетики обычно выделяют два периода: классической, или формальной, генетики (1900–1944) и молекулярной генетики, который продолжается до настоящего времени.

Дальнейшее совершенствование знаний о структуре аппарата наследственности связано с именем *Томаса Бовери*. Он установил постоянство числа и формы хромосом для представителей каждого вида, редукцию хромосом в процессе образования половых клеток, восстановление их числа после оплодотворения.

В 1902–1904 годах Т. Бовери и *В. Сэттон* вносят идею о независимом расхождении пар аллелей признаков за счет расхождения хромосом в мейозе. В 1906 году английские ученые *У. Бэтсон* и *Р. Пеннет* описали первый случай отклонения от законов Менделя, названный позже сцеплением генов. В том же году английский генетик *Л. Донкастер* в опытах с бабочками обнаружил явление сцепления признака с полом. Термин «ген» в 1909 году предлагает использовать *В. Иогансен* для обозначения менделевского фактора наследственности. В. Иогансен устанавливает, что признаки, возникающие под влиянием обычных внешних воздействий, то есть благоприобретенные, не связаны с генами и не передаются по наследству. Он вводит термины «генотип», как совокупность наследственных задатков данного организма, «фенотип», как внешнее проявление признаков, анализирует их в связи с действием отбора. В. Иогансен обращает внимание на то, что отбор по фенотипам неэффективен в популяции без наличия генетических различий. Постепенно начинает формироваться генетика популяций, тесно связанная с эволюционной теорией. В 1908 году английский математик *Г. Харди* и немецкий врач *В. Вайнберг* независимо друг от друга сформулировали основной закон генетики популяций о постоянстве частоты встречаемости генов и аллелей в популяциях. Работами россий-

ских ученых *Н.В. Тимофеева-Ресовского*, *Ф. Добржанского* и других популяция выделяется как элементарная единица эволюции.

Утверждению хромосомной теории наследственности способствовали работы школы американского ученого *Томаса Моргана* (1866–1945), проведенные в основном в 1910–1913 годах. Попытка проверки законов Г. Менделя на животных привела Т. Моргана и его коллег не только к находке дрозофилы как очень удобного объекта для генетических исследований, но и формулированию основных положений хромосомной теории наследственности. Следует, однако, заметить, что явление кроссинговера обнаружил еще в 1904 году Т. Бовери. В своем первоначальном виде хромосомная теория не была лишена элементов механицизма, что послужило основой критического отношения к ней многих ученых-современников Моргана. Ген представлялся неделимым, а изменения генов – мутации – рассматривались как результат чисто внутренних процессов. Сотруднику Т. Моргана *А. Стертеванту* в 1913 году удалось составить первую генетическую карту X-хромосомы дрозофилы. Морганом и его сотрудниками (Т. Пайнер, К. Бриджес, А. Стертевант) была также создана хромосомная теория определения пола.

Важной вехой в развитии классической генетики стали работы по искусственному мутагенезу. В 1927 году американский генетик *Герман Мёллер* (1890–1967) показал возможность искусственного получения мутаций с помощью рентгеновских лучей и высоких температур, что было важно для развития как генетических, так и селекционных исследований. Здесь также уместно указать, что российский генетик и микробиолог *Георгий Адамович Надсон* (1867–1940) за два года до Мёллера использовал рентгеновские лучи для получения мутантных клеток дрожжей.

Хромосомная теория наследственности Моргана была значительно развита и освобождена от элементов механицизма московской школой российских генетиков, во главе которой в начале века стоял *Николай Константинович Кольцов* (1872–1940), впервые высказавший идею о матричном механизме передачи наследственной информации. Основателем же первой российской генетической школы принято считать *Юрия Александровича Филипченко* (1882–1930). В 1929 году *Александр Сергеевич Серебровский* (1892–1942) и молодой в то время *Николай Петрович Дубинин* (1907–1998) впервые экспериментально показали сложную природу организации гена, открыв явление ступенчатого аллелизма у дрозофилы.

В это же время *Сергей Сергеевич Четвериков* (1880–1959) заложил основы экспериментальной генетики популяций. В лаборатории Зоотехнического института Н.П.Дубинин с группой молодых ученых начали проводить генетические исследования явлений эволюции. Разработав метод перевода в гомозиготное состояние всех генов одной хромосомы дрозофилы, им удалось сформулировать понятие о генетическом грузе популяции.

В 20-30-х годах XX века российские школы генетиков и селекционеров за счет работ *Н.К. Кольцова*, *С.С. Четверикова* (1880–1959), *А.С. Серебровского*, *Б.Л. Астаурова* (1904–1974), *Ю.А. Филипченко*, *Н.В. Тимофеева-Ресовского* (1900–1981), *Н.И. Вавилова* (1887–1943), *И.В. Мичурина* (1855–1935), *Г.Д. Карпеченко* (1900–1943), *Г.А. Левитского* (1879–1943) и других вышла на передовые рубежи и ни в чем не уступала американской школе Т. Моргана.

Наиболее значительные работы принадлежали Н.И. Вавилову и сотрудникам. Вавиловым был открыт закон гомологических рядов изменчивости, описаны центры происхождения и многообразия культурных растений. Благодаря многочисленным экспедициям удалось собрать уникальную коллекцию семян, проводилась плодотворная селекционная работа. В созданный в Ленинграде Всесоюзный институт растениеводства (ВИР) приезжали работать ученые из других стран. Успешными были селекционные работы И.В. Мичурина, использовавшего в отдаленной гибридизации множество новых методов преодоления нескрещиваемости. С помощью предварительного вегетативного сближения, посредника, опыления смесью пыльцы, ментора Мичурину удалось получить новые сорта плодово-ягодных культур, сразу же принесших результаты – более качественные плоды и ягоды. В селекционной работе И.В. Мичурин использовал и гибридизацию, и жесткий отбор, проводимый многократно и по семенам, и по растениям. Плодотворными оказались работы Б.Л. Астаурова, получившего новую породу тутового шелкопряда, и Г.Д. Карпеченко, экспериментально преодолевшего нескрещиваемость аллоплоидов.

Однако уже в 20-е годы наметились основы кризиса и будущих крупных разногласий, приведших в конце 40-х годов к трагической гибели всех достижений и отбросивших генетику в России на полвека назад.

Начало серьезным методологическим расхождениям, скорее всего, было положено развитием евгенических представлений среди корифеев российских генетиков – Н.К. Кольцова, А.С. Серебровского, Ю.А. Фи-

липченко. Имн высказывались идеи возможности научно влиять на размножение человека, чтобы «предохранить человечество от вырождения», а именно возможность отбора наиболее ценных производителей и искусственное оплодотворение. В 1923 году Н.К. Кольцов в статье «Улучшение человеческой породы» (Русск.евгенический журн., т.1, вып.1) отрицает влияние благосостояния людей на качество потомства. Такие взгляды вызвали резкую критику со стороны многих ученых, что стало причиной закрытия журнала и ликвидации общества евгеников к концу 20-х годов. Ситуацию ухудшало появление неоламаркистских взглядов, приверженцы которых активно отстаивали теорию наследования приобретенных свойств. Неоламаркисты нашли существенную поддержку группы философов-марксистов, заявивших, что теория Ж.Б. Ламарка соответствует основным постулатам диалектического материализма.

А.С. Серебровский, кроме евгенических идей, заметно увлекся теорией «присутствия-отсутствия» генов, выдвинутой англичанином *Вильямом Бэтсоном* (1861–1926) в 1905 году. Бэтсон полагал, что реальной изменчивости генов не существует, а происходит «выпадение» генов. Это привело его к отрицанию дарвиновской теории эволюции и формированию собственной, идеалистической концепции: у первичных организмов, созданных творцом, имелся самый сложный генотип, в котором присутствовали гены всех будущих органических форм. Однако в наборе также были гены, тормозящие проявление многих других генов. Затем мутации приводили к выпадению генов-подавителей и появлялись все новые и новые формы организмов. Бэтсон не принял хромосомную теорию наследственности Моргана, а Серебровский поставил своей задачей совместить хромосомную теорию с теорией Бэтсона. Он считал, что причиной мутаций становится только выпадение участка хромосомы, и экспериментально пытался измерить укорочение хромосом у мутантных особей.

В 1929 году в Ленинграде состоялся I Всесоюзный съезд по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству. На съезде с докладами выступили А.С. Серебровский («Проблемы и метод геногеографии»), Н.И. Вавилов (о значении генетики для селекционных работ), цитолог Г.А. Левитский (о материальных основах наследственности). Съезд послал приветственную телеграмму И.В. Мичурину с высокой оценкой его работ. Однако именно с этого времени и начинается нарастание кризисных проблем среди генетиков и селекционеров России. Съезд наметил «важнейший



фронт» работ по генетике – обеспечение высоких темпов развития сельского хозяйства, то есть непосредственный и быстрый выход фундаментальных исследований в практику. Хотя общие принципы генетики того времени и определяли научные основы селекции, но непосредственная связь экспериментальных работ по генетике, проводимых чаще всего на дрозофиле, была еще делом далекого будущего. По мнению очевидца событий, Н.П. Дубинина, «преувеличение возможностей генетики того времени при решении практических задач было серьезной ошибкой лидеров генетики» (прежде всего Н.И. Вавилова, А.С. Серебровского, Н.К. Кольцова). В 1935 году умер И.В. Мичурин, что способствовало разделению двух направлений в генетике: «формальной», или «классической», генетики (Н.И. Вавилов, Н.К. Кольцов) и «мичуринской» генетики (Т.Д. Лысенко и его единомышленники). Все 30-е годы до войны оба направления существовали независимо и корифеи вместе с талантливыми учениками, впоследствии ставшими знаменитыми учеными, продолжали плодотворно работать. В 1935 году выходит в свет трехтомный труд Н.И.Вавилова и его сотрудников «Теоретические основы селекции растений», содержащий как итоги мирового опыта, так и личные исследования и обобщения Вавилова и других ученых.

Центром другого направления становится Одесса, где активно работают *Трофим Денисович Лысенко* (1898–1976) и И.И. Презент (юрист по образованию, превратившийся в дальнейшем в философа и методолога биологии). В создании научного авторитета Т.Д. Лысенко большую роль сыграл Н.И. Вавилов. Свою трудовую деятельность Т.Д. Лысенко начинает в 1924 году в качестве агронома. Уже в следующем году, переехав на опытную станцию в Ганджу, он выступил с рядом статей. В 1928 году Вавилов сам посещает опытную станцию для ознакомления с работами Лысенко. По теории Лысенко, растения в своем развитии должны проходить две стадии – стадию яровизации и световую стадию. Регулируя характер внешних условий на этих стадиях, то есть, изменяя температуру на одной и освещенность на другой, можно активно влиять на развитие растений. Метод яровизации, разработанный Лысенко, представляющий собой обработку увлажненных семян перед посевом пониженной температурой, давал хорошие результаты и активно внедрялся в практику посевов зерновых культур. Лысенко действительно удалось установить закономерность развития растений, связанную с их эволюцией и особенностями онтогенеза (наличие в онтогенезе значительной фазы покоя). Метод яровизации ус-

пешно используется и в настоящее время. Вавилов высоко оценил заслуги Лысенко в разработке метода яровизации и в 1933 году представил его на соискание Государственной премии. Т.Д. Лысенко во всех своих выступлениях ставил, прежде всего, вопросы необходимости связывания науки с практикой, перестройки сельского хозяйства на научные основы. Однако изначально Лысенко негативно относился к фундаментальной генетике, считал работы Г. Менделя и Т. Моргана антинаучными, схоластичными, совершенно оторванными от практических задач. С 1935 года под редакцией Т.Д. Лысенко и И.И. Презента стал издаваться журнал «Яровизация», посвященный биологии развития растений.

После смерти И.В. Мичурина, придававшего огромное значение методам гибридизации для селекционных работ, Т.Д. Лысенко и И.И. Презент постепенно начинают выдвигать на первый план свое собственное понимание идей и методов Мичурина, заявляя полную противоположность «мичуринской генетики» «менделевско-морганистской». Идея о возможности внешних факторов глубоко изменять наследственные свойства организмов приводит Лысенко и его сторонников к отрицанию особых свойств наследственного вещества и даже к отрицанию вообще его наличия.

К осени 1936 года, опираясь на идеологическую помощь И.И. Презента, Т.Д. Лысенко начинает решительную борьбу против Н.И. Вавилова и классической генетики в целом. На IV сессии ВАСХНИЛ он выступил со следующими обвинениями в адрес фундаментальных генетиков и селекционеров, опиравшихся на нее: (1) отрыв от колхозного строительства; (2) наличие идеализма и метафизики в таких теориях, как автогенез; (3) непонимание роли внешних условий и математизированный, абиологический подход к организму. Н.И. Вавилов и А.С. Серебровский заняли в дискуссии чисто оборонительную позицию. Они указывали на недостаточную грамотность оппонентов, пытались убедить слушателей в правоте классической генетики, обрушивая на них громаду научных фактов. А.С. Серебровский и Г.Г. Мёллер (США), защищая автогенетическую концепцию, придавали неправдоподобный консерватизм наследственным признакам, что сразу же вызывало яростные атаки со стороны апологетов активной переделки природы животных и растений в практических целях человека. Доклад же Т.Д. Лысенко призывал к необходимости пересмотра научных основ селекции, развернуто ставил вопрос о связи науки с производством. В условиях всеобщей склонности к революционности в различ-

ных областях мнение Лысенко и его сторонников было предпочтительным. Молодой, но уже известный в это время своими работами и в России, и за рубежом Н.П. Дубинин выступил в защиту концепций классической генетики и объявил о появлении опасных тенденций, которые могут стать разрушительными для фундаментальных исследований. Руководитель Саратовского селекционного центра академик *Г.К. Мейстер* попробовал примирить спорящие стороны, критикуя и Серебровского с Вавиловым, и Лысенко. Выступление Дубинина он охарактеризовал как проявление паники.

Однако надежды на примирение не оправдались, после дискуссии 1936 года противоречия между генетиками школы Н.И. Вавилова и сторонниками Т.Д. Лысенко только обострились. Этому способствовала невыполнимость грандиозных работ, намеченных Н.И. Вавиловым и А.С. Серебровским на пятилетку 1932–1937 годов в докладах на Всесоюзной конференции по планированию селекционно-генетических работ. Просчет состоял в том, что долгосрочные общенаучные задачи, были представлены как задачи, которые можно решить в сроки одной пятилетки.

Притязательность выступлений Т.Д. Лысенко заключалась в постановке вопроса о немедленном использовании научных разработок в сельском хозяйстве. Однако к 1937 году стали обнаруживаться расхождения в содержании слова и дела в деятельности самого Лысенко. Заявление, что его теоретические принципы направленной переделки наследственности путем воспитания приведут к плановому выведению новых сортов в два-три года, были опровергнуты ведущими селекционерами А.П. Шехурдиным, В.Я. Юрьевым, П.Н. Константиновым, П.И. Лисициным и другими.

В 1939 году на дискуссии в Институте экспериментальной биологии Т.Д. Лысенко наиболее четко излагает свои взгляды, объявляя классическую генетику лженаукой, и предлагает заменить ее своим направлением, которое называет «мичуринским учением». В этом же году он избирается действительным членом Академии наук СССР. Решительно против взглядов Лысенко и Презента выступили Н.И. Вавилов, Н.П. Дубинин и другие генетики. Их поддержал философ М.Б. Митин, который в этот период резко критиковал философские словоблудия Презента. Дискуссия на время преградила дорогу притязаниям Т.Д. Лысенко, что позволило некоторым представителям классической генетики еще несколько лет плодотворно заниматься научной деятельностью. Однако в этом же году в «Правде» появилась злобная статья против Н.К. Кольцова, а в институт, им возглавляемый (Институт экспери-

ментальной биологии), была направлена комиссия, включающая Лысенко. На основании заключения комиссии Кольцов был снят с должности директора. Через несколько месяцев (1940) он умирает от инфаркта миокарда.

К началу 40-х годов генетика находилась в СССР в состоянии расцвета. Среди работ, имеющих мировое значение, можно отметить работы Б.Л. Астаурова по регулированию пола у тутового шелкопряда генетическими методами, цитогенетические исследования Г.А. Левитского, работы по генетике и селекции растений А.А. Сапегина, К.К. Мейстера, А.Р. Жebraка, Н.В. Цицiana, по генетике и селекции животных – М.Ф. Иванова, по химическому мутагенезу – В.В. Сахарова, М.Е. Лобашева, С.М. Гершензона, И.А. Рапопорта, по генетике человека – С.Г. Левита и С.Н. Давиденкова.

В 1940 году состоялось заседание президиума Академии наук СССР под председательством В.Л. Комарова. Н.И. Вавилова попросили ответить на критику классической генетики. Он высказал мысль, что истинной наукой может быть только классическое направление, что все нападки сторонников Т.Д. Лысенко не являются объективными. Вскоре после этой дискуссии Н.И. Вавилов был арестован и обвинен во вредительстве и шпионаже. Суд состоялся 9 июля 1941 года, Вавилова приговорили к расстрелу, но вскоре расстрел заменили на 20 лет тюрьмы. 26 января 1943 года Н.И. Вавилов (55 лет) скончался в Саратовской тюрьме от истощения. Кроме Вавилова в застенках НКВД погибли Г.А. Левитский (64 года), Г.Д. Карпеченко (43 года) и многие другие. Все ученые не были ни в чем повинны и впоследствии были реабилитированы.

В автобиографической книге «Вечное движение» академик Н.П. Дубинин писал, что после войны «раны от дискуссии по генетике как будто были вылечены временем и потрясениями, которые все мы пережили в годы Великой Отечественной войны. Возникло как бы динамическое равновесие между представителями классической генетики и сторонниками Т.Д. Лысенко. Причем все вроде бы постепенно сдвигалось в область истинной генетики».

В лаборатории цитогенетики Института цитологии, гистологии и эмбриологии Академии наук СССР успешно проводились работы по эволюционной генетике и искусственному мутагенезу (И.А. Рапопорт). Привлекают к себе внимание работы по получению полиплоидных мутаций у растений (В.В. Сахаров). Работы генетиков и селекционеров, использовавших методы классической гибридизации и полиплоидии, поддерживались президентом

Академии наук С.И. Вавиловым. Положение же Т.Д. Лысенко и его группы становилось все более и более непрочным. Практические предложения терпели крах, шумные обещания создать зимостойкую пшеницу для Сибири оказались пустым звуком. Для спасения положения Лысенко необходимо было уничтожить своих противников, причем, по мнению Н.П. Дубинина, «Т.Д. Лысенко не понимал, в какой мере беспочвенны были его успехи перед лицом науки и перед задачами развития производительных сил нашей страны. Ему казалось, что он разгромил твердыни “буржуазной” науки». Однако, помня древний принцип – *ignorantia non est argumentum*, трудно с этим согласиться. Лысенко имел звание академика, а это ко многому обязывает и предполагает ответственность ученого за свои действия.

Чтобы укрепить свои очень шаткие позиции в науке, а главное, в руководстве научными исследованиями Т.Д. Лысенко и его сторонники, не без помощи И.И. Презента, тщательно продумали и организовали в августе 1948 года «печально знаменитую» (Н.П. Дубинин) сессию ВАСХНИЛ. Сессия ВАСХНИЛ, как указывалось в ее резолюции, «вскрыла реакционную, антинародную сущность вейсманистско-морганистско-менделеевского направления в биологической науке, разоблачила его конкретных носителей». В постановлении президиума АН предписывалось: освободить от занимаемой должности академика Л.А. Орбели, академика И.И. Шмальгаузена, упразднить в Институте цитологии, гистологии и эмбриологии лабораторию цитогенетики, возглавляемую Н.П. Дубининым. Развитию не только генетики и селекции, но и цитологии, молекулярной биологии, эволюционной концепции был нанесен невосполнимый ущерб, развитие в целом всех биологических наук было остановлено и отброшено назад минимум на 50 лет. Таким образом, волей нескольких амбициозных личностей в 1948 году были разгромлены выдающиеся научные школы, стоящие на уровне всемирно известных. Некоторым ученым-генетикам удалось выстоять, не отказываясь от своих убеждений, благодаря смене на время своих научных направлений. Н.П. Дубинин несколько лет работал орнитологом (его принял на работу В.Н. Сукачев), М.В. Лобашев стал физиологом, А.А. Прокофьева-Бельговская – микробиологом, И.А. Рапопорт – палеонтологом и т.п.

Постепенное восстановление классического направления генетики начинается после смерти И.В. Сталина. На X Международный генетический конгресс в 1958 году в Канаду уже отправилась делегация российских ученых во главе со сторонником классической генетики *В.Н. Столетовым*.

Хотя в делегации участвовали и представители «школь» Т.Д. Лысенко – И.Е. Глущенко, Н.И. Нуждин, Х.Ф. Кушнер и др.) они смогли принять участие только в секции прививных гибридов.

В то время, когда в СССР развитие генетики было заторможено, во всем мире она развивалась бурными темпами. Произошло раскрытие биохимической природы и функций генов, механизмов передачи наследственной информации на молекулярном уровне, молекулярный механизм мутаций, сделана расшифровка генетического кода и изучена регуляция работы генов (эти вопросы затронуты в предыдущих главах, так как трудно на молекулярном уровне найти границы между конкретными предметами изучения биохимии, молекулярной биологии и генетики), описаны и определены функции многих органелл и структурных компонентов клетки. К этому времени были также раскрыты основные проблемы структурной организации вирусов и фагов, открыты явления трансформации, трансдукции.

Решающим для победы истинно научного направления в генетике и селекции для России стал 1957 год, когда *Михаил Ефимович Лобашев* (1907–1971) начал читать генетику в Ленинградском университете, а *М.А. Лаврентьев* решил основать Институт цитологии и генетики в структуре Сибирского отделения АН СССР. М.Е. Лобашев работал в Ленинградском университете и Институте физиологии им. И.П. Павлова (в период «лысенковщины»). Ученый разработал концепцию сигнальной наследственности-приемственности между поколениями животных, основанной на механизме условного рефлекса, стал автором первого российского учебника по генетике, который вышел в свет в 1963 году. В Киевском университете генетику начал читать *П.К. Шкварников*. Тем не менее, позиции Т.Д. Лысенко были крепкими вплоть до 1965 года, когда он наконец был снят с поста директора Института генетики. Осенью 1988 года в Москве состоялась конференция по генетике, на которой были подведены итоги развития этой науки в России. По результатам конференции, в 1990 году большая группа несломленных противников Лысенко: С.М. Гершензон, Н.П. Дубинин, В.С. Кирпичников, И.А. Рапопорт, Ю.И. Полянский, В.А. Струнников, А.Л. Тахтаджян и другие получили правительственные награды.

Новая революция в мировой генетике началась в середине 70-х годов, что было связано с получением новых знаний в области биохимии, цитологии, бактериологии и вирусологии, молекулярной биологии. Результатом открытия организации вирусов и бактериофагов, а также внехромосомных ДНК бактерий – плазмид, стала разработка методов конструирования гене-

тических носителей и началась эра генной инженерии. В 1974 году *К. и Н. Маррей* создали, используя фаг  $\lambda$ , вектор клонирования чужеродной ДНК. В 1975 году были предложены несколько важнейших методов генной инженерии учеными *У. Бентоном, Р. Дейвисом, М. Гранштейном* и *Е. Саузерном*. 1978 год – группой *Т. Маниаса* созданы первые геномные библиотеки. В следующем году *В. Бендер, П. Спирер* и *Д. Хогнесс* разработали метод «хромосомной ходьбы», позволивший клонировать протяженные фрагменты ДНК. В настоящее время с помощью этого метода уже клонированы тысячи генов. Несколько позже, в 1985 году, *Р. Саики* и *К. Мюллер* предложили другой подход к клонированию – метод полимеразной цепной реакции (ПЦР), позволяющий синтезировать необходимые фрагменты ДНК и затем многократно увеличивать количество их копий. Сейчас метод нашел широкое применение не только в молекулярной биологии, биохимии и молекулярной генетике, но в медицине, истории, этнографии и криминалистике. В 1979 году *Ф. Сегнер* и его коллеги сообщили о полном прочтении последовательности нуклеотидов в ДНК фага  $\phi$ X174 в результате применения разработанного ими метода секвенирования. Используя эти методы, в 90-х годах большие группы ученых разных стран секвенируют геномы уже более 50 видов. В 1992 году консорциум ученых (146 человек из 35 лабораторий европейских стран) сообщил о секвенировании последовательностей нуклеотидов в 3-й хромосоме сахаромыцетов.

В 1995–1997 годах расшифровали геномы ряда бактерий, в том числе *Escherichia coli* (*Ф. Блаттер* и др.). В марте 2000 года группа из 200 ученых (*М. Адамс* и др.) сообщили о расшифровке генома дрозофилы. Весной этого же года английские ученые из Кембриджа заявили, что в основном секвенирован геном человека. В начале 2001 года геном человека был расшифрован большой группой ученых США из фирмы *Celera*.

После того, как было открыто явление переноса генетической информации (трансформации) у прокариотов, постоянно предпринимались попытки осуществить такой перенос у эукариотов. В 1980 году первые трансгенные мыши были получены инъекцией клонированной ДНК в пронуклеус оплодотворенного яйца (*Дж. Гордон* и др.) В том же году была предложена методика эффективной трансформации культивируемых клеток млекопитающих микроинъекцией ДНК непосредственно в ядро. Использование мигрирующих элементов генома, главным образом, их способности

перемещаться по геному, привело к развитию методики трансформации у дрозофилы. Разработка метода трансформации оказала колоссальное влияние на всю экспериментальную генетику. Особое значение и общественный резонанс имели работы по клонированию животных. Интересным является факт, что данная проблема имела начало в России. В начале 40-х годов Г.В. Лопашов (один из представителей классической генетики) осуществил первые пересадки ядер из некоторых клеток тритона в безъядерные фрагменты цитоплазмы яиц на стадии 1-2 бластомеров. Однако работа была приостановлена из-за войны, а затем из-за запрета генетики в СССР.

В 1962 году английский ученый Дж. Гёрдон, поставив задачу выяснить, сохраняется ли в дифференцированных клетках тот же самый набор генов, что имеет зигота, осуществил пересадку ядра из клетки кишечника головастика в яйцо лягушки, из которого было удалено собственное ядро. В результате из такой гибридной яйцеклетки развилась нормальная лягушка. Это свидетельствовало о том, что ядра соматических и половых клеток качественно идентичны. В 1997 году группой ученых в Шотландии во главе с А.Вилмутом с помощью методики ядерных трансформаций была получена овца, всемирно известная Долли, в 1999 году ученые из США клонировали мышь и корову, а в марте 2000 года на свет появилось сразу пять клонированных поросят.

За вторую половину XX века на основе достижений фундаментальной генетики бурно развивалась и селекция. Несмотря на проблемы, в России созданы наиболее зимостойкие и засухоустойчивые сорта зерновых, сочетающие повышенную устойчивость к стрессовым факторам среды с высокой технологичностью, адаптивностью и урожайностью. Всего за 1992–1996 годы селекционно-опытными учреждениями РФ создано и принято на госиспытания 285 сортов колосовых зерновых культур. За этот период 279 сортов и гибридов зерновых культур включено в Госреестр. Большим резервом роста продуктивности и стабильности урожая зерновых культур является селекция на гетерозис. Наибольшего по своей продолжительности гетерозиса удалось добиться в селекции гибридной кукурузы в США. В целом в производство введены гибридные сорта почти для 40 продовольственных культур. Исследования в этом направлении уже привели к коммерческому использованию гибридов пшеницы в США, Франции и Австралии, ржи в ФРГ, риса в КНР и Японии. С созданием эффективных химических гаметоцидов начался новый этап их в селекции и производственном использовании. С их по-



мощью в США, Великобритании, Франции, Италии и ряде других стран получено большое количество гибридов пшеницы, дающих устойчивую прибавку урожая (15-20%) по сравнению с современными высокопродуктивными сортами. Ведутся исследования цитоплазматической мужской стерильности с помощью методов генной инженерии. Генетически обусловленная мужская стерильность позволяет исключить ручную кастрацию при скрещивании, что значительно облегчает и удешевляет селекционную работу и массовое производство гетерозисных гибридных семян.

Создание и совершенствование методов генной и клеточной инженерии внесло существенное изменение в проведение селекционных работ. Многие трансгенные продукты нашли широкое применение и оказались лучше и безопаснее обычных. Например, трансгенная соя более экологична. Для борьбы с сорняками и вредителями, поражающими эту культуру, традиционно использовали пестициды, гербициды и инсектициды, не безопасные для человека. Трансгенная соя устойчива к заболеваниям и вредителям, поэтому представляет собой экологически чистый продукт. Трансгенный картофель сам способен защититься от колорадского жука, так как имеет ген синтеза ингибитора целлюлазы, фермента, без которого колорадский жук погибает с голоду, хотя и будет есть листья картофеля. Единственное, что настораживает экологов, так это нарушение естественных пищевых цепей: что же будет есть несчастный колорадский жук? Наверное, другие пасленовые. Если картофель не трансгенный, то никто не согласится отдать весь выращенный урожай на съедение жуку, и его будут травить химическими средствами. Все трансгенные продукты, как и все новые продукты, проходят экспертизу на токсичность и аллергенность, поэтому не представляют никакой опасности в употреблении. К настоящему времени получены трансгенные животные: птицы, рыбы и некоторые млекопитающие. Биотехнологии экономичнее и безусловно менее опасны с экологической точки зрения, а значит, за ними будущее.

В перспективе намечается развитие генотерапии, которая должна способствовать снижению риска проявления вредных генов и тем самым приводить к максимальному снижению генетического груза в человеческих популяциях.

## ГЛАВА 6. РАЗВИТИЕ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ТЕОРИИ И ПАЛЕОНТОЛОГИИ

Новый, XX век, ознаменовался кризисом существовавших эволюционных концепций. Особенно это коснулось дарвинизма в авторском его варианте. Причины наступившего кризиса лежали в накоплении новых фактических данных о природе явлений наследственности и изменчивости: 1900–1901 годы – переоткрытие законов Менделя; 1901–1903 годы – появление мутационной теории де Фриза; 1906–1907 гг. – работы В. Иогансена о наследовании признаков в популяциях и чистых линиях. В связи с этим формируется новая наука – генетика, которая стремится к самоутверждению и самостоятельности. Однако до правильной интерпретации полученных данных было еще далеко, ученые не знали ни материальной основы наследственности, ни механизмов, лежащих в основе ее передачи потомкам. Как пишет *К.М. Завадский* (1973), «абсолютизируя данные первых экспериментов, самые авторитетные генетики резко противопоставили генетику как науку точную, основанную на экспериментальном методе, эволюционной теории как совокупности спекулятивных идей, опирающейся на «устаревший» исторический метод».

Полностью отрицая существующие эволюционные концепции, первые генетики противопоставили им новые, свои собственные, которые обозначаются в целом как *генетический антидарвинизм*, так как были отрицанием прежде всего наиболее распространенной и признанной теории. Генетический антидарвинизм включал *мутационизм* – абсолютизацию значения крупных мутаций как главного, а зачастую и единственного, фактора видообразования («видообразовательная изменчивость»). Другое направление – *гибридогенез* – признание главенства за комбинативной изменчивостью, отбор лишь уничтожает неудачные комбинации. Третье – *преадапационизм* – абсолютизация возникновения адаптаций в результате однократного мутирования, отрицание длительного адаптоциогенеза и роли естественного отбора в формировании адаптаций.

Претензии генетиков к эволюционистам определялись и допущениями последних наследования благоприобретенных признаков – неоламаркизм Э. Копа, авторский вариант дарвинизма и «геккелевский» дарвинизм.

Общей основой всех форм антидарвиновских, а по сути, и антиэволюционистских концепций вообще, возникших на основе классической, фор-

мальной генетики, стал *генетический автогенез*. Он основывался на обнаружении относительной устойчивости генов, которую трактовали как их неизменность. Отсутствие четких данных о механизмах мутагенеза породили идеи о «самопроизвольности» возникновения мутаций. Многие генетики того времени, в частности, *Ю.А. Филипченко* склонялись к позиции *филогенетического автогенеза*. В основу эволюционных преобразований, с этой точки зрения, кладутся внутренние силы, заложенные в самих организмах. В данном случае уже можно говорить о зарождении *идей номогенеза*, наиболее четкое выражение которых мы встречаем у *Льва Семеновича Берга* (1876–1950) в основной его книге «Номогенез, или эволюция на основе закономерностей» (1922). Номогенез Берга включал новые идеи значения для эволюции ортогенеза, преадаптации и пророческих фаз (цит. по: Ю.В. Чайковский «Наука о развитии жизни», 2006). Под ортогенезом понимают длительную тенденцию какой-либо группы к эволюции в определенном направлении. Причем многие ученые отмечали, что ортогенез, начавшись с формирования адаптационно полезного для данных организмов признака, мог продолжаться далеко за пределы полезных изменений. Преадаптация – изменение признака, которое оказывается полезным гораздо позже, чем появляется. Пророческой фазой в 1901 году геолог и палеонтолог А.П. Павлов называл ситуацию, когда зародыш или молодая особь предка обнаруживает признак, обычный у взрослых потомков. Анализируя множество примеров подобных явлений, Берг делает вывод, что в ходе эволюции организмы изменяются закономерно, согласно внутренним присущим законам, а роль внешней среды сводится к отбору. Отличие в трактовке от классического дарвинизма, на наш взгляд, сводится лишь к отрицанию случайного характера мутационной изменчивости. В настоящее время с этим хочется согласиться, так как многоуровневая связь биохимических процессов и наличие сложных регуляторных механизмов не может не обуславливать определенных, вполне закономерных изменений морфофизиологических свойств организма.

Однако больше всего были распространены мутационистские теории эволюции, то есть сведение эволюционного процесса к видообразовательной изменчивости. Это объяснялось не только высоким авторитетом Г. де Фриза, но и особой привлекательностью его взглядов. Он не склонялся к идее неизменности генов, не сводил эволюцию к простой их перекombинации, не считал, что законы эволюции непознаваемы. В 1910 году

в своей статье «Изменчивость» де Фриз, вступая в противоречие с высказанными ранее мыслями, утверждает: «происхождение нового вида частично зависит от мутабельности, но главным образом оно обязано естественному отбору... Действуя в течение длительного геологического времени, отбор ... определяет развитие органического мира» (цит. по: К.М. Завадский, 1973). Анализируя взгляды Г. де Фриза, можно сделать вывод, который должен, по нашему мнению, стать основополагающим для ученых и настоящего времени: нельзя методом полного отрицания ценных идей других исследователей прийти к пониманию таких сложных процессов, происходящих в природе, как эволюционные преобразования живых организмов.

Концепция *преадаптации*, использованная позже Бергом, возникла еще в начале века и была призвана объяснить мутационный механизм возникновения полезных признаков. Гипотезу эволюции путем преадаптаций предложили в 1901 году Л. Кено и в 1903 году Ч. Девенпорт (независимо). Само понятие преадаптации как мутационно возникшего признака, бесполезного при данных условиях, но способного стать полезным в других условиях, было сформулировано Л. Кено в 1911 году. По мнению ученого, естественный отбор не только не является творческим фактором эволюции, но, наоборот, играет негативную или консервативную роль. Теория преадаптации Кено – это гипотеза о *сальтационном* (внезапном, скачкообразном) происхождении новых форм, обладающих бесполезными или полупользными особенностями, которые способны превращаться в полезные при смене образа жизни в резко изменяющихся условиях (Кено, 1914). Девенпорт рассматривал свою гипотезу как дополнение к теории де Фриза: мутации дают новые структуры, потенциальные адаптации. Отбор он считал механизмом, сортирующим возникшие адаптации. А.Е. Парр (1926) ввел понятие *адаптоциогенеза* как результата многократного совмещения перспективных функций организма и среды. В итоге активных взаимоотношений организма и среды происходит формирование приспособлений: за счет преадаптаций организм может выбрать среду обитания, а среда способствует превращению преадаптации в адаптацию. Номогенетическая ветвь преадапционизма предполагала закономерное появление преадаптаций. Представители неodarвинизма и классического дарвинизма первой трети века критиковали преадапционизм, отрицая саму возможность явления преадаптаций.

Наиболее неблагоприятными для дарвинизма оказались первые десятилетия XX века. Пятидесятилетний юбилей выхода в свет книги Ч. Дарвина «Прохождение видов...» проходил под лозунгами гибели дарвинизма, атакованного представителями раннего генетического антидарвинизма. Накануне юбилея вышла книга *В. Келлога* (1907, США) «Дарвинизм сегодня», которую он посвятил полувековым итогам развития дарвинизма. В книге подробно изложены различные возражения против учения Дарвина (в его авторском изложении) и селекционизма начала века, а также проанализированы аргументы защитников дарвинизма. Келлог рассматривает существующие в это время альтернативные концепции: теорию органического отбора, различные теории изоляции, мутационные и неоламаркистские гипотезы. В последней главе книги он делает вывод о том, что хотя дарвинизм переживает кризис, но остается вполне жизнеспособным, что другие концепции слишком слабы для объяснения причин эволюции по сравнению с ним.

Кроме отрицания и критики в этот трудный для эволюционной концепции период, встречаются и попытки синтеза идей естественного отбора и достижений формальной генетики. Так, в своей книге *Р. Локка* (1906) предполагает, что мутации поставляют материал для естественного отбора, предвосхищая развитие идеи синтетической теории эволюции. В защиту дарвинизма в 1909–1910 годах выступает в ряде статей («За Дарвина», «Случайность или преднамеренность в происхождении и эволюции адаптаций») *Томас Морган*.

В 1910 году в Англии выходит сборник «Дарвин и современная наука», содержащий 28 научных статей и письмо Дж. Гукера редактору сборника А. Стьюарду. Девять статей посвящены исследованиям влияния дарвинизма на развитие геологии, философии, физики, истории, социологии, языковедения, астрономии и даже религии. Четырнадцать статей содержали вопросы состояния антропологии, генетики и цитологии, эмбриологии, палеоботаники и палеозоологии, экспериментальной морфологии, биогеографии, физиологии растений. И лишь четыре статьи вскрывали проблемы эволюционной теории. Это статья А. Вейсмана по теории отбора, де Фриза по изменчивости как фактору эволюции, Паультона по значению окраски в борьбе за существование и Ллойда Моргана по психическим факторам эволюции. Во Франции, традиционно придерживающейся ламаркистских взглядов на эволюцию, появляется книга *Дантека* (Le Dantec, 1909) «Кри-

зис трансформизма». Дантек утверждает, что кризис эволюционной теории не может привести к ее краху, а наоборот открывает перед ней новые пути развития. При этом он критикует дарвинизм, считает концепцию отбора неудовлетворительной для объяснения происхождения видов.

Попытки анализа существующих теорий эволюции в начале века встречаются в работах *Рихарда* (1850–1937) и *Оскара Гертвига* (1849–1922) (немецкие зоологи).

Р. Гертвиг выделяет главные направления многочисленных теорий эволюции: *филогенетический преформизм*; *теория бластогенного преобразования видов (неодарвинизм)*; *теория соматогенного преобразования видов (неоламаркизм)*. К первому направлению он относит все телеологические и автогенетические теории К. Бэра и К. Нэгели (1817–1891) и, критикуя, отвергает их. Изложив главные аргументы механоламаркизма, Р. Гертвиг не принимает и их, считая, что вся масса существующих пассивных приспособлений не может возникнуть путем упражнения или же прямого приспособления. Главный недостаток теории естественного отбора Р. Гертвиг видит в отсутствии экспериментальных данных, доказывающих действие отбора в процессах видообразования. О. Гертвиг в статье «Современное положение дарвинизма» (1910) пишет: теория отбора должна в настоящее время рассматриваться лишь как одна из возможных гипотез. Он критикует классический (авторский) дарвинизм за отсутствие доказательств наследования приобретенных признаков, а неодарвинизм Вейсмана – за отсутствие экспериментальных подтверждений.

В России к юбилею публикации книги Ч. Дарвина вышел в свет труд *Н.В. Цингера* (1909) о видообразовании с помощью естественного отбора у сорняков льна (торицы и рыжика). В 1910 году был опубликован сборник «Памяти Дарвина», включавший статьи И.И. Мечникова, К.А. Тимирязева, М.А. Мензбиря, И.П. Павлова, Н.А. Умова, М.М. Ковалевского. В статье «Дарвинизм и медицина» (1910) И.И. Мечников подчеркнул плодотворное влияние дарвинизма на развитие биологии и медицины. В ряде статей К.А. Тимирязева формулируются принципиальные отличия между ламаркизмом и дарвинизмом, особенно критикуется идея прямого приспособления. Тимирязев выступает также против скачкообразного видообразования и наследования приобретенных признаков. В своих статьях Тимирязев подчеркивает мысль о том, что менделизм не только не противоречит дарвинизму, но и может стать его значительной поддержкой. Анализируя но-

вые эволюционные концепции начала века, К.А. Тимирязев констатирует: альтернативы дарвинизму нет, а самое главное его достоинство в видении эволюции как естественного процесса, зависящего от взаимодействия множества факторов. Данная мысль не утрачивает значения и до настоящего времени, так как и сегодня ряд ученых склонны просто отрицать дарвинизм и даже синтетическую теорию эволюции вместо того, чтобы проводить творческий синтез вновь открываемых закономерностей такого многофакторного и сложнейшего явления природы как микро- и, особенно, макроэволюция.

В защиту дарвинизма выступили молодые в это время ученые: *А.Н. Северцов*, *В.М. Шимкевич*, *А.А. Остроумов*, *И.И. Шмальгаузен* и другие. Главными идеями их статей стало утверждение, что дарвинизм не находится на грани краха, а должен быть творчески развит в связи с новыми фактами.

Второй слабой стороной сегрегацноселекционизма начала века, после неизученности явлений наследственности, было отсутствие экспериментальных данных изучения естественного отбора в природе. Работы Иоганнсена, Дженнингса, а позже С.С. Четверикова доказывали эффективность отбора только в генетически гетерогенных популяциях. Однако вместо изучения степени гетерогенности природных популяций и частоты разных типов мутирования, многие ученые делали вывод о невозможности направленного накопления адаптивных изменений и, следовательно, видообразования. Исследуя явления естественного отбора, ученые обнаружили факты, свидетельствующие о том, что отбор чаще поддерживает постоянство признаков, чем их изменения. Биометрическими методами было показано, что у моллюсков *Marpessa laminate* и *Arianta arbustorium* изменчивость раковины более характерна для молодых особей, с возрастом наблюдается уменьшение изменчивости, и это объясняется естественным отбором, отсекающим крайние формы и сохраняющим основные признаки видов (Велдон, 1901; Чеснола, 1907). Также в работах *Е. Тампсона* с соавторами, сопоставивших размах изменчивости осенней и весенней популяций ос, демонстрировалась консервативная роль отбора, сохраняющего среднее значение признаков. В период кризиса селекционизма эти факты были использованы для абсолютизации данной формы отбора, охраняющей сложившуюся норму значений признаков для вида.

Ученики С.С. Четверикова в России продолжали работы по изучению роли мутационной изменчивости в представлении материала для естественного отбора и его творческой роли в эволюции. Б.Л. Астауров описал мутацию четырехкрылости у дрозофилы и отметил феномен генетической нестабильности: мутация возникает редко, а возникнув, может проявляться в потомстве с самыми различными частотами, причем различия в частотах зависят от условий среды: в обычных условиях частота мутаций составляет всего 7%, а на холоду увеличивается до 35%. *Е.И. Балкашина* (1899–1981), изучая явление гетероморфоза (появление одного органа на месте другого), отметила параллелизм между прижизненными и наследственными изменениями. Причем это явление было обусловлено мутацией определенных генов. Таким образом, доказывалось, что именно мутации определенных генов способны значительно изменять строение организма. Немецкий генетик *Рихард Гольдшмидт* на основе подобных экспериментальных данных в 1940 году формулирует свою теорию эволюции, в основу которой кладет понятие *системных мутаций*. Системные мутации захватывают область генов, регулирующих морфогенез, создавая значительные морфологические различия с исходными формами. Открытие гомологических рядов изменчивости В.И. Вавиловым вносило свой вклад в эволюционную концепцию – *изменчивость имеет закономерный характер*, то есть возможными являются далеко не все изменения, а, говоря современным языком, только имеющие термодинамическое обоснование.

Работы по изучению действия естественного отбора в первые десятилетия XX века были связаны с исследованием развития покровительственных и предостерегающих окрасок у насекомых. *Е. Паультон* (1908) показал, что прозрачность крыльев у бабочек достигается различными морфофизиологическими путями: уменьшением размеров чешуек, исчезновением пигмента, редукцией чешуек, снижением числа чешуек и другими, а это свидетельствовало в пользу селективного происхождения данного признака. *У. Гаррисон* (1920) положил начало классическим работам по изучению естественного отбора у бабочек пяденицы. В сосновом лесу (Йоркшир, Англия) 96% бабочек имели темную окраску, тогда как рядом в березовой роще их было только 15%. На основе исследования поедания бабочек птицами было установлено, что соответствие между окраской бабочек и окраской фона поддерживается постоянно действующим естественным отбором.



Одной из обобщающих монографий по изучению естественного отбора в начале века была книга *Дж. Гулика* (1905) о расообразовании в изолированных местах обитания у моллюсков *Achatinella* на Гавайских островах. По его мнению, изоляция и сегрегация являются основными фундаментальными факторами, определяющими направление эволюции, а отбор не играет ведущей роли. Хотя Гулик и недооценивал роль естественного отбора, большое значение для эволюционной теории имел анализ им его форм. На эти исследования в последствии опирался *И.И. Шмальгаузен* (1864–1961), разрабатывая учение о формах естественного отбора, элиминации и их взаимосвязи.

В течение первых двух десятилетий XX века шло накопление фактов как подтверждающих селекционизм, так и в какой-то мере отвергающих учение о естественном отборе. Причем к концу этого периода уже никто не опровергал существования естественного отбора, хотя функции его определялись по-разному. Никем не отрицалась только поддерживающая и негативная роль отбора, но многими не разделялась идея о его «творческой», накапливающей роли. Неясным оставался вопрос о частоте, характере и причинах наследственной изменчивости, существующей в природе. Проблема мутагенеза в популяциях оставалась практически не изученной. Несмотря на работы С.С. Четверикова, Г. Харди и В. Вайнберга, еще весьма вескими признавались возражения В. Иоганнсена. Также существенным недостатком селекционной теории являлась полное отсутствие экологических основ, точных сведений о динамике численности и плотности природных популяций, фактических факторов элиминации особей.

Таким образом, выход эволюционизма из кризиса начала века напрямую определялся и действительно был связан с разработкой вопроса о частоте мутирования в природных популяциях, с открытием их высокой гетерозиготности (С.С. Четвериков, 1926), с характеристикой популяций как элементарной единицы эволюционного процесса. В статье «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» Четвериков показал, что природные популяции дрозофилы насыщены разнообразными рецессивными мутациями и включают с помощью отбора в свой состав все новые и новые мутации. Это открытие позволило снять одно из существенных возражений дарвинизму – тезис о нехватке материала для работы отбора. По мнению *Ф.Г. Добржанского* (1965), именно С.С. Четвериков создал основы для формирования синтетической теории

эволюции, предполагающей глубокий синтез открытий генетики и дарвинизма. Большое значение в преодолении кризиса и слияния генетических идей с эволюционной теорией имели работы российской школы генетиков 20-х годов XX века, особенно исследования Н.И. Вавилова и его учеников, Н.В. Тимофеева-Ресовского, А.С. Серебровского и других. Среди экспериментальных методов изучения и моделирования борьбы за существование имели значение труды Н.Н. Кулешова, А.А. Сапегина, В.Е. Писарева, упоминавшиеся уже в главе, посвященной развитию генетики, а по межрасовой и межбиотипной борьбе – работы *В.Н. Сукачева* (1880-1967).

В 1928 году, используя математические методы, *Рональд Фишер* (английский математик, теоретический физик, 1890–1962) подходит к построению генетической концепции естественного отбора, с чего начинается разработка математической теории борьбы за существование.

Ленинградский генетик *Юрий Александрович Филипченко* (1882–1930) в 1927 году предложил разделить эволюцию на два процесса: микроэволюцию (дивергенция от популяционного уровня до нового вида) и макроэволюцию (дивергенцию на уровне выше вида). Причем Ю.А. Филипченко считал, что мутации, комбинативная изменчивость и отбор наиболее действенны на уровне микроэволюции. Это подтверждается и современными данными.

Окончательный настоящий синтез генетики и селекционизма начинается в 30-40-е годы XX века. Для эволюционных исследований стали более широко применяться экологические данные и данные популяционной генетики. Популяция как единица эволюционных преобразований характеризовалась по величине ареала, динамике численности, возрастному и половому составу, генетической гетерогенности. Классической была признана работа американского генетика *Сьюэлла Райта* «Эволюция в менделевских популяциях» (1931). Далее Р. Фишер и С. Райт обратили внимание на тот важный факт, что распределение и концентрация частот аллелей в популяциях может идти не только под действием неограниченного скрещивания (панмиксии), но и под действием случайных факторов, получивших название «дрейфа генов». В последующие два десятилетия идеи синтеза эволюционной концепции и достижений других областей биологии были развиты целой плеядой блестящих ученых: Ф. Г. Добржанским – с позиций генетика; *Эристом Майером* – систематика; *Джорджем Симпсоном* – палеонтолога; *Джулианом Хаксли* – систематика и натуралиста;

А.Н. Северцовым – эволюционного морфолога и И.И. Шмальгаузенем – эмбриолога и эволюционного морфолога.

Плодотворный синтез привел к созданию и творческому развитию концепции синтетической теории эволюции (СТЭ) на основе данных популяционной генетики, палеонтологии, эмбриологии, а затем и молекулярной биологии и селекционизма. Согласно СТЭ, генетический материал является в какой-то мере консервативным, но подвергается изменениям за счет различных комбинаций генов при мейозе, рекомбинаций при кроссинговере в момент конъюгации гомологичных хромосом, разнообразных мутаций. Все это создает возможность появления новых вариантов проявления признаков, и, соответственно, действия отбора.

В 60-х годах японский биохимик *М. Кимура* выдвинул теорию *нейтральной эволюции*. Эта теория утверждает, что «огромное большинство» молекулярных изменений, происходящих в процессе эволюции, селективно нейтральны или почти нейтральны.

Кимура рассматривает полное или почти полное постоянство скоростей молекулярной эволюции как веский аргумент в пользу теории нейтральности. Это постоянство было бы трудно объяснить, если считать, что молекулярные изменения контролируются отбором. Однако по мере накопления данных по скорости молекулярной эволюции появились примеры непостоянства скорости изменений. При сравнении аминокислотной последовательности супероксиддисмутазы (СОД) у восьми видов эукариотических организмов (представителей четырех отрядов млекопитающих, одной рыбы, одного двукрылого и двух видов грибов) оказалось, что за последние 100 млн. лет молекулы этого фермента изменялись быстро, а на ранних стадиях филогенеза – очень медленно.

Считая молекулярные замены преимущественно нейтральными, Кимура использует следующую концепцию прогрессивной эволюции: образуются дополнительные избыточные участки ДНК, которые изменяются за счет случайных мутаций – они становятся материалом для образования новых, биологически значимых генов. Как же ведут себя нейтральные мутации Кимуры на уровне органа и всего организма? Ответ на этот вопрос попытался найти украинский ученый *И. Дзеверин* уже только в 2000 году. Для анализа он использовал математические выкладки М. Кимуры, описав с их помощью поведение совокупности мутаций в популяции за определенный промежуток времени. Нейтральная мутация вносит изменение

в генетическую программу, но не нарушает строения белка настолько, чтобы он перестал выполнять свою функцию, хотя некоторые функциональные нарушения могут иметь место. Организм сохраняет определенные нарушения, ген с мутацией закрепляется в потомстве и у потомков уже могут проявляться функциональные изменения процессов обмена веществ, редукция органа и т.п. Со временем этот орган перестанет нормально формироваться, «уродов» будет становиться все больше, «нормальных» – все меньше, причем у каждой особи этот орган будет по-своему безобразным. Поэтому еще одним признаком утраты органом своего значения является, помимо уменьшения и упрощения (редукции), его высокая изменчивость. По изменчивости и определяют, что же происходит с органом: если орган стал вредным, то будет исчезать, но мало изменяться (отрицательный естественный отбор), если же он просто утратил значение – будет исчезать медленнее, зато станет очень сильно меняться. Таким образом, работы М. Кимуры подтверждают выводы Ч. Дарвина и И. Шмальгаузена; редукция органов и схожие процессы будут осуществляться именно при присутствии любых форм отбора. Поскольку формирование органа определяется эмбриональной индукцией, любой орган нестабилен с точки зрения эволюции и со временем непременно разрушится мутационным давлением. Давление мутаций может быть остановлено стабилизирующим отбором – силой, выталкивающей из популяции всех «уродов», даже если их изменения не смертельны. Однако подобные утверждения И. Дзевекина еще не имеют достаточных доказательств. Более интересной является мысль *Б.М. Медникова* о том, что нейтральность и селекционизм не противостоят друг другу, они попросту действуют в разных плоскостях.

Случайное сочетание признаков у потомков хорошо объясняется при синтезе достижений цитологии и генетики с эволюционной теорией. При созревании половых клеток, в результате мейоза происходит редукция хромосом за счет случайного расхождения их к полюсам клетки. В ходе оплодотворения случайно попавшие хромосомы половых клеток сливаются, образуя геном зиготы. Кроме того, при конъюгации гомологичных хромосом в профазе I мейоза может происходить обмен участками, что ведет к рекомбинации признаков. Микроэволюция, согласно СТЭ, является результатом взаимодействия генетического материала с внутренними и внешними условиями развития организма и может быть представлена как отбор комбинаций генов, имеющих наибольшую приспособленность.

Естественный отбор рассматривается как позитивный и творческий процесс созидаания новых форм. Важнейшими факторами эволюция выступают также изоляция различных форм, дрейф генов, периодические колебания численности популяций.

Синтетическая теория эволюции формировалась в 30-е годы XX века и в основном сложилась к середине века. В период 1978-1980 годов основные постулаты СТЭ формулируются *Н.Н. Воронцовым*. В настоящее время их можно встретить в новых монографиях этого автора. Н.Н. Воронцов выделяет 11 постулатов СТЭ.

1. Материалом для эволюции служат мутации. Наибольшее значение в СТЭ уделяется точечным, генным мутациям. Мутационная изменчивость носит случайный, ненаправленный характер.

2. Основным движущим фактором служит естественный отбор.

3. Наименьшая эволюционная единица – популяция.

4. Эволюция носит дивергентный характер.

5. Эволюция носит постепенный и длительный характер.

6. Вид состоит из множества соподчиненных, морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов, популяций.

7. Обмен аллелями, «поток генов» возможен лишь внутри вида. Вид есть генетически целостная и замкнутая система. Целостность вида обеспечивается возможностью скрещивания и потоком генов между разными популяциями внутри вида.

8. Критерии вида не применимы к формам без полового процесса.

9. Все ископаемые формы остаются за пределами биологической концепции вида.

10. Любой реальный, а не сборный таксон имеет однокорневое, монофилетическое происхождение.

11. Эволюция непредсказуема, имеет ненаправленный характер.

В момент формулировки СТЭ и ее распространения еще не существовало четко обоснованной концепции вида, не были открыты механизмы передачи наследственной информации.

В последующий период по мере появления новых данных в области молекулярной биологии, биохимии и генетики предпринимались попытки использования их в рамках существующих постулатов СТЭ, хотя сами по-

ложения этой теории оставались весьма расплывчатыми, точнее, их формулировки никем не корректировались.

Однако *Э.И. Колчинский* в монографии 2002 года пишет, что вряд ли формулирование точных постулатов действительно полностью характеризует СТЭ. Рассматривая представления сторонников СТЭ о факторах эволюции, Колчинский отмечает различие в решении этой проблемы у главных апологетов СТЭ: Ф. Добржанского, Э. Майера, Г. Оше, И. Шмальгаузена, Дж. Стебблинса, Ж. Симпсона и других. Например, Дж. Стебблинс считал, что СТЭ выделяет пять главных факторов эволюции: генные мутации, хромосомные перестройки, генетические рекомбинации, отбор и репродуктивную изоляцию. Подобная детализация факторов, замечает Колчинский, может быть продолжена, с чем нельзя не согласиться. Действительно, существуют еще механизмы мутаций по регуляторным генам, передачи информации через вирусы и фаги, а репродуктивная изоляция часто предполагает изменения кариотипа.

Критиковавшие несовершенные постулаты СТЭ ученые преимущественно опровергали все, выдвигая при этом другие концепции. Наиболее существенными из них являются следующие.

*1. Ортогенез.* Организмы изменяются в заданном направлении под действием определенной внутренней силы. Природу данной силы различные авторы трактовали по-разному. Это и ламарковское стремление к совершенствованию (повышению организации), и некая мистическая сила (Bergson, 1911; Teilhard de Chardin, 1955), постулированный процесс направленного мутирования (Osborn, 1934, Werth, 1956), и номогенез (Л.С. Берг, 1922).

Наибольшее значение в данном направлении имеет теория, выдвинутая еще в 1922 году академиком *Л.С. Бергом* (1886–1950), которую он изложил в монографиях «Номогенез, или эволюция на основе закономерностей» (1922) и «Теория эволюции» (1922). Концепция номогенеза предполагает наличие внутренней запрограммированности исторического развития живой природы. Используя ламарковскую идею о присущей организмам изначальной целесообразности, а также констатируя существование зачаточных признаков, потенциально дающих новые адаптации, Берг делает вывод о *реформированности* процесса эволюции. Естественный отбор рассматривается как пассивный фактор, сохраняющий норму путем отсеивания всех отклонений.

Автор утверждает, что в природе нет и не может быть примеров, когда естественный отбор сохраняет появившиеся вновь отклонения от среднего значения признака. На это можно возразить, используя работы И.И. Шмальгаузена. Среднее значение признаков сохраняется в условиях действия стабилизирующего отбора, если популяция длительное время находится в неизменных условиях. Если же условия среды изменяются, начинает действовать движущая форма отбора и норма реакции данного признака также сдвигается. Берг считает, что новообразования в органических формах происходят закономерно и охватывают сразу громадные массы особей. Процесс видообразования, по Бергу, идет путем массовых трансмутаций, в то же время он отводит естественному отбору сохранение «нормы». Этих умозаключений, по мнению Берга, достаточно, чтобы опровергнуть селекционизм, который понимается ученым как учение об отборе случайно-полезных вариаций, и, показать, что эволюция есть *намогенез*, или образование новых форм на основе закономерностей. Сразу возникает ряд вопросов к автору, связанных с тем, что книга написана очень давно, до проведения даже первоначального научного синтеза достижений генетики, молекулярной биологии и эволюционного учения. Самым, на наш взгляд, законным вопросом является философский, определяющий соотношение в природе случайного и закономерного. Анализ явлений, событий, происходящих в природе, в жизни, непременно приведет к осознанию того, что любые процессы в одинаковой степени и случайны, и закономерны. Наше появление на свет случайность или закономерность? С одной стороны – это случайная встреча определенных половых клеток, которые несут опять же случайные наборы хромосом. А с другой стороны, сколько различных вполне реальных и не случайных событий должно было произойти, чтобы произошла встреча родителей, чтобы они спланировали зачатие и т.п. В настоящее время известно, что мутации совсем неслучайны, они происходят под действием определенных мутагенов. Влияние таких мощных мутагенов, как ионизирующее и ультрафиолетовое излучение, гипо- и гипертермия, агрессивные химические соединения вполне могут вызывать массовые трансмутации. Весьма возможен также горизонтальный перенос генов от значительно более быстро мутирующих вирусов и бактерий. Однако это вовсе не отвергает селекционизм, который не предполагает ничего, кроме осуществления отбора наиболее перспективно размножающихся представителей данной популяции.

2. *Наследование приобретенных признаков.* Данная концепция также представлена у Ламарка (1809) в виде эффектов употребления и неупотребления органов, затем встречается у представителей неоламаркизма, широко была распространена в России в период «лысенковщины» (Лысенко, 1948; Koestler, 1972). В настоящее время наблюдения многих ученых доказывают активную роль фенотипических изменений в эволюции (Е.И. Лукин; Г.Ф. Гаузе, В.С. Кирпичников).

3. *Сальтационизм.* Внезапное создание новых видов как следствие крупных мутаций (de Vries, 1903; Goldschmidt, 1940; Schindewolf, 1950).

Становление новых таксонов путем сальтаций получило значительное развитие в трудах немецкого генетика *Р. Гольдимида* (1878–1958), который создал стройную концепцию макроэволюции. Его взгляды выражены в следующих постулатах: макроэволюция не может быть понята на основе гипотезы о накоплении микромутаций – она сопровождается реорганизацией генома, перестройкой хромосомного аппарата; изменения хромосом могут вызвать значительный фенотипический эффект независимо от точечных мутаций; фенотипический эффект основывается на преобразовании систем межклеточных взаимодействий в процессе индивидуального развития и может иметь эволюционное значение, обуславливая появление так называемых «многообещающих уродов», значительно отклоняющихся в своем строении от нормы.

Сальтационизм получил новый толчок к развитию в 70-е годы в виде так называемого «пунктуализма», основоположниками которого стали американские ученые С. Гоулд и Н. Элдридж. Решающая роль в обновлении органического мира отводится глобальным катастрофам, создающим предпосылки для крупных мутаций и появления новых форм жизни.

Один из выдающихся палеонтологов двадцатого века *О. Шиндевольф* (1886–1971) выдвинул теорию *типострофизма*. Он отвергал популяцию как единицу эволюции, считая носителем эволюции отдельную особь. Шиндевольф считал, что отсутствие промежуточных форм в палеонтологических остатках объясняется быстрой трансформацией форм под действием сильных мутагенов – космической и солнечной радиации.

Оригинальная сальтационистская концепция предложена *В.А. Кордюмом* (1982). Согласно этой концепции, которую автор назвал «информационной концепцией эволюции биосферы», трансформация форм происходит за счет горизонтального переноса целых блоков генетической ин-



формации от прокариотов и вирусов к эукариотам. Естественному отбору В.А. Кордюм отводит роль фактора, дорабатывающего случайно возникшие адаптации. В результате горизонтального переноса могли возникнуть многие инадаптивные «монстры», обреченные на вымирание. К таким «монстрам», Кордюм, в частности, отнес динозавров.

В настоящее время становится очевидным то, что эволюционная теория требует нового синтеза, творческого анализа достижений молекулярной биологии, вирусологии, экологии, а также использования открытий других естественнонаучных дисциплин – физики, химии, геологии. Междисциплинарный подход к решению проблемы эволюции развивает *А. Лима-де-Фария* в монографии 1991 года «Эволюция без отбора. Автоэволюция формы и функции». Биологическая эволюция, по Лима-де-Фария, является завершающим этапом канализации эволюции физического и химического мира, основным содержанием которых является комбинирование и наложение друг на друга (суперпозиции) ограниченного числа исходных форм и функций. Само же появление новых форм, видов живых организмов обусловлено внутренней нестабильностью, повышающей частоту перебора возможных вариантов, «фильтрация» (автор употребляет различные выражения, всячески избегая термина «отбор») которых идет по законам внутренней симметрии и под давлением окружающей среды.

Лима-де-Фария описывает три эволюции, предшествующие биологической и канализировавшие ее: эволюцию элементарных частиц; эволюцию химических элементов; эволюцию минералов. Он вводит термин «автоэволюция» для обозначения процесса трансформации, заложенной в организации вещества и изофункционализма. На самом деле мысль об эволюции природы до появления жизни не является суперновой, так как концепция биохимической теории происхождения жизни описывает все периоды развития планеты Земля, а этапы химической эволюции даже имеют экспериментальные подтверждения. Решение же автора категорически убрать термин «отбор» вообще ничего не меняет – суть явления никогда не меняется от смены названия. В этом плане интересной нам показалась позиция *В.М. Буреня* (2005), который считает, что ход эволюционного процесса предопределяется свойствами, присущими самой материи. Действительно, если в водной среде находятся липидные и белковые молекулы, то вскоре они самоорганизуются в подобие мембранных структур, формируя микросферы *С. Фокса*. *Б.А. Богатых* (2006) полагает, что альтернатив-

ность концепций селектогенеза и номогенеза, а также «автоэволюции» Лима-де-Фария может быть снята изменением логики рассуждений, более глубоким анализом теоретических знаний. Б.А. Богатых отмечает в статье «Фрактальные структуры живого и эволюционный процесс» (2006): «В эволюционной биологии к настоящему времени произошло понимание того, что целостная теория, по возможности, должна описывать феномен развития (систему) сразу и в генах, и в единичных организмах, и в видах и родах, и более высоких таксономических единицах, причем на принципах коэволюции. Этому требованию, на наш взгляд, отвечает фрактальная концепция». По мнению автора, фрактальная организация присуща как неживым, так и живым системам, лежит в основе устройства всех многоклеточных организмов. Фрактальную природу имеют различные системы органов животных и растений. Фрактальный подход требует синтеза, так как необходимо учитывать вероятностно-детерминистическую эволюцию живого, то есть эволюция включает в себя стохастические явления, но в то же время имеет некую направленность, векторизованность. Направленность может быть обусловлена физико-химическими закономерностями, лежащими в основе строения и функционирования сложных открытых, саморегулирующихся систем. Особое значение имеют состояния, обладающие минимальной свободной энергией и возможностью приобретения подобного состояния.

К отрицанию творческой роли отбора приходит в своих выводах, сделанных на основе многолетних наблюдений, российский эволюционист **Ю.В. Чайковский**. Однако, как впрочем и во многих случаях, приведенные в обширной монографии (2006) факты могут быть с таким же успехом использованы и для противоположных утверждений. Автор подчеркивает: отбор (при том *только искусственный*) выбирает лучшее из наличного, но не более. Разве кто-то спорит, что изменения в наследственном материале не результат отбора, а результат мутаций? Естественный отбор оставит *не лучшее*, поскольку этого понятия в природе нет, а то, что выживет, причем вне зависимости от причины выживаемости. Весьма спорными являются и рассуждения Ю.В. Чайковского о неизбежности развития у термитов несъедобности, ведь известно немало примеров эволюционных ограничений. Если бы все поедаемые животные и растения вырабатывали токсины, на Земле нечего было бы есть и жизнь перестала бы существовать. У термитов, по-видимому, нет биохимических возможностей формирования не-

съедобности. Их существование обеспечивается высокой размножаемостью, неприхотливостью в источниках пищи, постройкой мощных термитников, социальным образом жизни. Социальный образ жизни помог выживаемости и прогрессивной эволюции приматов и самому человеку разумному, у которого тоже не было ни несъедобности, ни мощных средств защиты. Ю.В. Чайковский предлагает в качестве главного фактора эволюции *активность особи*. Эволюцию движет избыток активности, а ее недостаток ведет к застою, а затем к вымиранию. С этим нельзя не согласиться. Однако необходимо расшифровать, из чего складывается активность, каковы механизмы ее формирования, регулирования и реализации у особей. К тому же, почему нельзя предположить, что более активные особи будут выживать, а менее активные выбраковываться? На самом деле, сомнению в настоящий момент следует предать положение о накоплении и длительной селекции мелких, случайных изменений особей как главного фактора эволюции, формирующего приспособления к окружающей среде.

В 80-е годы были опубликованы основные работы М.А. Шишкина, который сформулировал основные положения эпигенетической теории эволюции. Ряд ученых в настоящий момент (В.А. Красилов, 1984; Ю.В. Чайковский, 1990; Д.Л. Гродницкий, 2001) считают, что данная концепция способна объединить селекционизм, номогенез и синтетическую теорию эволюции. Эпигенетика изучает причинные взаимодействия между генами и их продуктами (белками), формирующими фенотип, и представляет собой раздел биологии развития. Согласно эпигенетической теории, эволюционные изменения возникают тогда, когда популяция попадает в непривычные условия существования. Данное положение абсолютно соответствует синтетической теории эволюции, так как одним из факторов, способствующих новому видообразованию, является существенное изменение условий среды. Далее, по положениям теории, новые внешние факторы воздействуют непосредственно на онтогенез особей и вызывают появление значительного числа необычных фенотипов – морфозов. Авторы считают, что морфозы наследуются *неустойчиво* и представляют собой материал для естественного отбора. Если какой-либо из вновь появившихся морфозов оказывается способным существовать в изменившихся условиях, то естественный отбор приводит к генетической ассимиляции этого морфоза (K.Waddington, 1975) и к реорганизации популяционного генома, так что

морфоз приобретает наследственную обусловленность и далее реализуется онтогенезом вне зависимости от внешних условий.

Анализ данных положений сразу вызывает ряд вопросов: что представляет собой *морфоз*, какие генетико-биохимические механизмы лежат в его основе их фенотипического проявления? Что означает «наследуются неустойчиво»? Если изменения происходят не в наследственном материале, то каковы механизмы генетической ассимиляции *морфозов*? Авторы оставляют данные вопросы без вразумительных ответов. Например, генетическая ассимиляция объясняется изменением многих генов генотипа, а что служит причиной их изменения? Приходится вносить предположительную трактовку выдвинутых положений данной теории. При существенном изменении условий существования возможным становится воздействие сильных мутагенных факторов: излучений, гипер- или гипотермии, химических соединений. Кроме того, может меняться или резко усиливаться горизонтальный перенос информации через генетические векторы: трансдукты, транспозоны, вириды, прионы. Это может приводить к изменениям регуляторных механизмов реализации генетической информации в клетках и целом организме и лежать в основе формирования новых фенотипических проявлений, то есть *морфозов*. Изменения регуляторных механизмов не всегда сопровождаются изменением наследственной информации в половых клетках (все зависит от их значимости и силы). Может, в этом указываемая авторами «неустойчивость наследования» *морфозов*? Если изменения наследственного материала произошли в половых клетках, то морфологические изменения будут наследоваться потомками. Изменения же генетического материала в соматических клетках передаются через механизмы бесполого размножения. Наличие вегетативного размножения у растений и бесполого у бактерий и грибов ведет к более быстрому видообразованию в данных группах организмов. Подобная трактовка положений эпигенетической теории, на наш взгляд, абсолютно не противоречит синтетической теории эволюции, если, конечно, учитывать условия нового, современного синтеза данных генетики, биохимии и молекулярной биологии.

В настоящее время накоплен обширный эмпирический материал в области молекулярной биологии, генетики, биохимии, микробиологии, вирусологии, который существенно дополнит и творчески преобразит синтетическую теорию эволюции, вовсе не являющуюся догмой. В последней четверти XX века получены данные, свидетельствующие о качественном

своеобразии макроэволюции и несводимости ее к микроэволюции. Выделена новая форма видообразования – *синтезогенез*, предполагающий слияние генофондов разных видов. Получены доказательства существования макромутаций, захватывающих области регуляторных генов, контролирующих онтогенез. Согласно современным данным, хромосомные мутации не редкое явление: примерно 4-5% основных видов млекопитающих характеризуются хромосомными перестройками, не ведущими к летальным или тератогенным исходам. Хромосомные мутации, вероятно, сыграли ведущую роль в происхождении человека. Изменение набора хромосом обеспечило необходимую репродуктивную изоляцию предков человека и стало основой формирования нового рода – *Homo*. Хромосомные перестройки не равновероятны, они случаются чаще в определенных местах – на границах разных генетических блоков, а значит, возможность появления одинаковых хромосомных изменений у различных особей популяции под воздействием мощных мутагенных факторов (вирусные пандемии, радиоактивность, высокая концентрация радоновых вод, солей тяжелых металлов и др.) не так уж мала. Совершенно очевидным является то, что в природе существует как медленное, постепенное видо- и родообразование, так и дискретное, скачкообразное через механизмы макромутаций, горизонтального переноса генетической информации, хромосомных перестроек.

В последней монографии Н.Н. Воронцова рассматриваются пути и возможности нового синтеза современных достижений молекулярной биологии, биохимии и генетики. В анализ форм видообразования в современный период включены такие пути, как алло- и полиплоидия, симбиогенез, макромутации по регуляторным генам, хромосомные абберации, горизонтальная передача наследственной информации через вирусы и трансдукты. Весьма существенное значение для образования нового вида, скорее всего, имеет конъюгационная несовместимость хромосом. Например, у шимпанзе и человека наблюдается удивительная гомология ДНК, но из почти одинаковых генов формируются разные хромосомные структуры, что и служит причиной несовместимости генотипов. Возможно, разные вирусы, поразившие популяции предшественников, привнесение вирусных генов и стало причиной структуризации генома будущего человека в 46 отдельных структурных единиц, а у будущих шимпанзе – в 48. После этого успешной гибридизации уже не могло быть, и виды сформировали

новые роды за счет присоединения механизмов физиологической и экологической изоляции.

Таким образом, в современный период развития биологии необходим новый теоретический синтез накопленного эмпирического материала, учитывающий все возможные пути и формы видо- и родообразования. Не разработанными и требующими основательного осмысления остаются механизмы макроэволюции. Очевидным является то, что постулаты СТЭ в настоящий момент, по крайней мере, в том виде, в каком мы обнаруживаем их у Н.Н. Воронцова (1999, 2004), неприемлемы. На наш взгляд, следует признать: факторы и механизмы эволюционного процесса трудно свести к ряду постулатов, поскольку огромное значение имеют масса сопутствующих обстоятельств – уровень организации особей, подвергающихся эволюционным изменениям, комплекс факторов (биотических и абиотических), действующих на них, ограничения возможности возникающих изменений. Эволюционный процесс настолько многогранен и неоднозначен для различных условий и различных организмов, что вряд ли возможно представить его в деталях, как, например, зная основные принципы организации клетки, невозможно в полной мере представить всю взаимосвязь и взаимозависимость десятков тысяч процессов, в ней протекающих.

## ГЛАВА 7. АНТРОПОГЕНЕЗ. ПРОБЛЕМЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА РАЗУМНОГО В XX ВЕКЕ

Немногие научные проблемы вызывают такие острые, длительные и, в основном, эмоциональные дискуссии, как проблема происхождения человека разумного. Многие возражения абсолютно не обоснованы с научной точки зрения, а выдвигаются от противного: «не может быть, чтобы мы такие разумные, такие духовные имели бы общих предков с обезьянами». Людям очень хочется верить в свою исключительность. Но уже давно ученые заметили удивительное сходство человека и человекообразных обезьян, а Ч. Дарвин в XIX веке, проведя добротное сравнительно-анатомическое изучение, сделал заключение о вероятном наличии общих предков у рода *Homo* и современных гоминид. Это являлось смелым предположением, поскольку кроме двух неандертальских черепов из Германии и Гибралтара других останков древнейших людей найдено к этому времени не было.

В течение двадцатого столетия было получено множество палеонтологических доказательств постепенной, длящейся миллионы лет эволюции человеческого рода.

В 1925 году *Р. Дарт*, крупнейший антрополог ЮАР, открыл фрагменты скелета ребенка в Таунге, возраст которых составлял 2,5 млн. лет. Останки принадлежали *австралопитеку африканскому* и меняли представления о географическом месте формирования рода *Homo* (до начала XX века большинство антропологов полагало, что человек возник в Юго-Восточной Азии) и подтверждало догадку Ч. Дарвина об африканских корнях рода человеческого.

С конца 50-х годов родословная человека продолжает удлиняться и ветвиться. Антропологи столкнулись с тем, что в Восточной и Южной Африке 2,6-1,2 млн. лет тому назад одновременно существовали сразу несколько видов австралопитековых: *Australopithecus africanus* (изящный) *Australopithecus robustus* (мощный). Первый вид являл собой, вероятно, всеядных собирателей, второй питался, по-видимому, фитомассой определенного состава, о чем свидетельствовали мощные челюсти. Группа массивных австралопитеков процветала, так как по частоте встречаемости останков можно судить, что на одну особь *Australopithecus africanus* приходилось 30-50 особей *Australopithecus robustus*. Кроме *Australopithecus robustus* были обна-

*tus* были обнаружены останки и другого мощного вида австралопитеков — *Australopithecus boisei*.

В 1959 году на склоне кратера Нгоронгоро в Олдовайском ущелье английский антрополог *Л. Луки* вместе с остатками одного из австралопитеков нашел кости постракниального скелета, а в 1960 году в том же месте — череп существа, более близкого к человеку, чем австралопитеки. В 1961 и в последующие годы несколько десятков фрагментов сходной формы были обнаружены и в других местах Африки. Это существо получило название *Homo habilis* — человек умелый. По расчетам масса мозга человека умелого составляла 650 г, тогда как у австралопитеков 450-500 г. Кроме того, вместе с остатками скелетов были найдены грубые галечные орудия и кости животных, расколотые для добывания мозга.

В 1974 году *Д. Джохансон* обнаружил останки более примитивного австралопитека афарского (*A.afarensis*), которые «удревнили» человеческую историю до 3 млн. лет. К настоящему времени найдены останки около 250 индивидуумов, по ним удалось установить пропорции тела этих существ и особенности строения черепа, а Джохансон констатировал факт двуногого передвижения австралопитека. Найденные в разных по древности геологических слоях останки австралопитековых из Хадара (Африка) оказались сходными морфологически. Таким образом, стало очевидным, что *A.afarensis* просуществовал почти в неизменном виде в течение 900 тыс. лет (3-4 млн. лет тому назад). По-видимому, афарские австралопитеки успешно конкурировали с другими видами приматов, травоядными и хищниками. Палеоантропологи едины во мнении, что ранние австралопитековые могли передвигаться на двух ногах, много времени проводили на земле. Отпечатки следов как минимум двух особей *A.afarensis*, оставленные 3,5 млн. лет назад и сохранившиеся на вулканическом пепле в Летоли (Таизания), отчетливо свидетельствуют, что основной упор стопы приходился на пяточную кость, как у человека.

Многие антропологи считали *A.afarensis* прямым предшественником *Australopithecus africanus* и *Australopithecus robustus*. Дивергенция произошла в условиях усиления конкуренции с растительноядными и хищниками при переходе к полностью наземному образу жизни.

Однако в конце века были обнаружены находки в Канапои и Алия-Бей вблизи озера Туркан (Кения). Они представляли собой останки двуногого существа, жившего около 3,9-4,2 млн. лет назад и названного *Australopith-*



*ecus anamensis*. Этот вид, как считает американский антрополог **Я. Татерсел**, близкородственен *A.afarensis*. Размеры эпифизов большой берцовой кости и угол ее сочленения с бедренной в коленном суставе указывают на то, что *Australopithecus anamensis* уже передвигался на двух ногах. Однако кинетика их движений была иная, чем у современного человека. Обнаружение в вулканических рифах Летоли цепочки следов австралопитеков показали, что они двигались «легкой рысью», чуть согнув колени и немного наклонившись вперед.

В середине 90-х годов американский палеоантрополог **Т. Уайт** объявил об открытии в Эфиопии того самого «недостающего звена», о котором мечтали многие антропологи. Новая форма, чей возраст оценивался в 4,4 млн. лет, была выделена в новый род *Aridipithecus* и названа *A.ramidus* – наземная человекообразная обезьяна. По мнению Уайта, она претендует на место прародителя австралопитековых. Между *Australopithecus anamensis* и *Aridipithecus ramidus* просматривается, по мнению многих ученых, несомненное сходство.

Таким образом, эволюция австралопитековых привела к формированию на юго-востоке Африки двух основных видов австралопитеков, отличающихся по морфологии и характеру питания: *Australopithecus africanus* и *Australopithecus robustus*. Первые оказались более низкоспециализированы, что дало им преимущества в условиях изменения климатических условий (более засушливые и холодные). Именно эволюция *Australopithecus africanus* лежит в основании возникновения и развития рода *Homo*. Первой линией гоминид становится *Homo habilis*. Он умел изготавливать орудия труда, носил их с собой, собирал съедобные растения, совместно охотился на зверей, строил из колючих растений защитные укрытия от хищников. Так как вес мозга уже достигает 650-700 г, то для него могут быть характерны зачатки речи. В конце 80-х годов в Горном Алтае обнаружены орудия труда, сходные с орудиями африканского *Homo habilis*. Если этот факт подтвердится другими находками, то можно будет считать, что *Homo habilis* был распространен не только в Африке, но и на территории Азии. Однако около 4 млн. лет тому назад началось глобальное иссушение климата, наиболее сказавшееся в Африке (а возможно, и в южной Азии), где появились огромные пространства, занятые саваннами и степями. Это послужило причиной обострения конкуренции между травоядными и всеядными животными и было отправной точкой появления рода *Homo*.

Согласно современным взглядам, первые человекообразные обезьяны появились в олигоцене, который начался 38 млн. лет назад. По пути гоминизации шли многие виды приматов, и человек в момент своего появления выступал просто представителем одной из нескольких конкурирующих линий. То, что именно он достигнет успеха на арене эволюции, не было предопределено.

В плиоцене появились первые гоминиды, или прямоходящие человекообразные приматы. Самый первый из известных гоминид *австралопитек* – «южная обезьяна», его возраст насчитывает четыре миллиона лет.

Считается, что примерно два миллиона лет назад, в начале плейстоцена, одна ветвь австралопитеков превратилась в человека умелого *Homo habilis*.

Появившийся новый род продолжал расселяться и эволюционировать, и около 1,8 млн. лет назад в Африке появляется новый вид человека – *Homo erectus*.

Самый близкий родственник человека разумного был обнаружен еще в 1865 году в местечке Неандерталь возле Дюссельдорфа. Подобные останки найдены позже также на севере Англии, на востоке Узбекистана и на юге Израиля и получили название неандертальцев – *Homo sapiens neanderthalensis*. Неандертальцы жили от 200 до 27 тыс. лет назад, изготавливали примитивные орудия, раскрашивали тело узорами, имели религиозные представления и отправляли похоронные ритуалы. Предполагается, что неандерталец эволюционировал из *Homo erectus* в Европе и вымер, не способный конкурировать с пришедшим из Африки *Homo sapiens sapiens*. Причиной вымирания могла стать слишком высокая специализация – неандертальцы были приспособлены к жизни в условиях ледникового периода. Долгие годы обсуждался вопрос о месте неандертальцев на эволюционном древе и возможности скрещивания между ними и *Homo sapiens sapiens* в период их сосуществования на протяжении десятков тысячелетий. Если скрещивание было возможно, то современные европейцы могли иметь некоторые гены неандертальцев. Генетик *Сванте Пэбо*, экстрагировал ДНК из останков неандертальца, имеющих возраст нескольких десятков тысяч лет. Несмотря на то, что ДНК была сильно фрагментирована, ученым удалось с помощью метода полимеразной цепной реакции установить нуклеотидную последовательность небольшого участка митохондриальной ДНК. Сравнение ее с митохондриальной ДНК современного человека показало их значительное отличие. Это свидетельствует о том, что не-

андертальцы составляли отдельный, хотя и родственный *Homo sapiens sapiens* вид. Скрещивание между ними было уже невозможно. По последовательности ДНК было оценено время расхождения ветвей неандертальцев и современного человека, которое составило 550-690 тыс. лет. Однако эти исследования нельзя считать окончательными, так как они сделаны на анализе останков одного индивида.

В настоящее время большинство ученых разделяют мнение, что *Homo sapiens sapiens* возник на юго-востоке Африки около 200 тыс. лет назад и расселился оттуда по всей планете. Вероятнее всего, первые современные люди, появившиеся в Африке, были ближе к монголоидной расе. Дело в том, что монголоидная раса имеет ряд архаичных черт, в частности, в строении зубов, которые характерны для неандертальцев и *Homo erectus*. Популяции монголоидной расы обладают высокой адаптивностью к различным условиям обитания, от арктической тундры до экваториальных влажных лесов, тогда как у детей негроидной расы в высоких широтах при недостатке витамина D развивается рахит, то есть они специализированы к условиям высокой инсоляции.

Концепции африканского происхождения *Homo sapiens sapiens* противопоставляется концепция мультирегионального происхождения, предполагающая, что наш предковый вид *Homo erectus* трансформировался в современного человека в различных точках земного шара независимо.

В конце века для реконструкции истории рода человеческого стали использовать метод «молекулярных часов». Он основан на том, что скорость изменения нуклеотидной последовательности молекулы ДНК за счет точечных мутаций настолько постоянна, что ее можно использовать для датировки отхождения данной эволюционной ветви от общего ствола. Так как, по современным представлениям, большинство таких мутаций нейтральны и не элиминируются отбором, «молекулярные часы» были откалиброваны при сравнении скорости изменения ДНК тех видов, время расхождения которых надежно установлено по ископаемым останкам.

С помощью метода «молекулярных часов» определена дата разделения ветвей человека и человекообразных обезьян. Она составляет 5-7 млн. лет. До этого палеонтологи предполагали, что это произошло гораздо раньше – около 25 млн. лет тому назад. Теперь общепризнано, что разделение родов человека и шимпанзе случилось около 5 млн. лет назад, отделение

горилл произошло раньше и еще раньше (10-15 млн. лет тому назад), отделилась ветвь orangутанов.

Чем выше скорость накопления мутаций в ДНК, тем сложнее отрезки времени эволюции видов определять при помощи «молекулярных часов». Быстрее всего накапливаются мутации в митохондриальной ДНК (мтДНК). При оплодотворении мтДНК сперматозоида не попадает в яйцеклетку, так что и мужчины и женщины получают мтДНК только от матери.

Американский генетик *Алан Уилсон* изучил мтДНК людей различного происхождения – африканцев, европейцев, азиатов, австралийцев и жителей Новой Гвинеи. По количеству различий и нуклеотидной последовательности мтДНК он определил степень родства различных групп людей и построил родословное древо человечества. Самая ранняя точка ветвления на этом древе отделяет группу африканцев от остальных людей. По современным данным, это произошло  $137 \pm 15$  тыс. лет назад.

Также были определены различия между последовательностями мтДНК людей и шимпанзе. По известной дате отделения ветви шимпанзе (5 млн. лет назад) вычислили время первого разделения групп предков ныне живущих людей, произошедшего 180-190 тыс. лет назад. Это дата наиболее древней мутации в мтДНК, которую генетики могут распознать.

Древнюю обладательницу этой мтДНК сразу окрестили Евой, что внесло некоторую путаницу. «Ева» – отнюдь не единственная женщина в это время, она не отличалась от других по способности к размножению, просто мтДНК ее современниц были утрачены, так как не все женщины оставляют потомство, к тому же если это сыновья, то их мтДНК не передается следующему поколению. По независимым оценкам нескольких групп генетиков, размер популяции, к которой принадлежала африканская «Ева», составлял в то время около 10-30 тыс. человек.

Близкая оценка времени появления и численности исходной популяции *Homo sapiens sapiens* получена при исследовании Y-хромосомы. Эта хромосома передается только от отца к сыну и представляет удобный объект для эволюционных исследований в поисках «Адама».

Генетическое изучение людей европейской расы показало, что люди с белым цветом кожи произошли от группы числом около 20 человек, при этом число мужчин в два раза превышало число женщин.

*Альтернативные гипотезы антропогенеза.* (А) *Симбиотические гипотезы* рассматривают происхождение человека от одного из родов современ-

ных человекообразных обезьян. Для представителей данной гипотезы наиболее характерен постулат, в котором чаще всего обвиняют Ч. Дарвина: «человек произошел от обезьяны». Обычно авторы гипотез анализируют и дискутируют вопрос о том, какая из современных ветвей антропоидов обладает наиболее существенными чертами родства с человеком. В зависимости от такого подхода выделяются гиббоноидная, орангоидная, гориллоидная и шимпанзоидная гипотезы антропогенеза или их комбинации.

Приверженцы гиббоноидной гипотезы пытаются основываться на том, что *проплиопитек* дал начало *плиопитекам*, а затем гиббонам и человеку. Но известно, что проплиопитек был общим предком всех антропоидов и человека независимо от плиопитека. Идею о гиббоидных филогенетических связях человека высказывали палеонтолог *Гюи Пильгрим* и антрополог *Ганс Верт*.

Однако двуногая походка у человека формировалась под влиянием совсем других причин, чем у гиббона. Гиббон, с его длинными руками, которыми он цепляется за ветви деревьев, перешел к двуногости в связи с сугобо древесным образом жизни. Человек не прошел через стадию сверхспециализации, как гиббон, иначе это отразилось бы на пропорциях конечностей человека во время его внутриутробного развития и в дальнейшие периоды жизни. Сторонники гипотезы указывают на то, что гиббоны сильнее, чем другие обезьяны напоминают человека по некоторым особенностям строения: расположению внутренних органов, формой грудной клетки, развитием пальцев стопы и кисти, формой коренных зубов, строению нижней челюсти (у сростноналых гиббонов нижняя челюсть имеет сравнительно хорошо выраженную подбородочную часть с зачаточным подбородочным выступом).

Некоторые ученые выдвигали гипотезу происхождения человека от орангутанов. Согласно взглядам *Германа Клаача*, ориньякский человек ведет начало от орангутана, а неандерталец — от гориллы. Позже *Ганс Фриденваль* указывал на относительно более высокий череп орангутана как на один из признаков сходства этой обезьяны с представителями монголоидной расы. Однако большинство современных ученых возражают против ближайшего родства орангутангов и человека из-за множества особых черт специализации: щечных наростов у самцов; редукции большого пальца стопы; оголенных мест с грубой кожей в области седалищных мозолей; неподразделенных на доли легких. Также у орангутанов отсутствует

язычок на небной занавеске, характерен вогнутый, «бульдогообразный» профиль лица, громадные гортанные мешки и множество других признаков, отличных от человека.

Что касается гориллы, то некоторые авторы, например, антрополог *Артур Кизс*, склоняются к признанию этого антропоида ближайшим родственником человека. Головной мозг гориллы крупнее и более сложно устроен, чем у шимпанзе или орангутана. Мужские половые клетки гориллы очень похожи на человеческие. Строение черепа гориллы, по мнению палеонтолога *Вейденрейха*, наиболее полно отвечает представлению о форме черепа ближайшего предка питекантропов. Однако и в этом случае имеется множество аргументированных возражений: череп самца гориллы снабжен мощными гребнями, кровь гориллы дает менее выраженную реакцию преципитации, чем кровь гиббона и шимпанзе.

Наиболее распространенной является шимпанзоидная симиальная гипотеза антропогенеза. Такие антропологи, как *Г. Швальбе*, *Г. Вейнерт* и другие наделяют дриопитека и более поздних верхнетретичных предков человека, вплоть до австралопитека, чертами, сближающими их с шимпанзе. Действительно, можно отметить поразительное сходство в строении больших полушарий, физиологии, гормонального фона, поведении, способности к обучению и рефлексии человека и шимпанзе.

Анализ анатомо-физиологических данных по антропоидам и человеку с очевидностью говорит о ближайшем родстве человека с африканскими антропоидами. Напомним, что эту идею, не имея достаточных тому подтверждений, выдвинул еще в конце XIX века Ч. Дарвин.

Разные авторы, начиная с 1922 года, когда *Гарольдом Куком* был обнаружен в нижнеплиоценовых слоях Вайоминга (Северная Америка) единственный зуб гесперопитека, пытались доказать происхождение людей от американских обезьян. Крупные американские палеонтологи сначала определили зуб как принадлежащий ископаемой человекообразной обезьяне. Однако тщательные дополнительные исследования зуба и новые находки показали, что они принадлежат одной из ископаемых форм североамериканских свиней пекари из рода *простенопс*.

*Тарзимальная гипотеза.* Представления Дарвина о развитии человека из ископаемых человекообразных обезьян различные палеонтологи и антропологи пытаются заменить идеями его прямого происхождения от ранних приматов. Английский биолог и анатом *Фредерик Вуд Джонс* под-

робно разработал гипотезу о происхождении человека непосредственно от древнетретичного долгопята. Впервые Вуд Джонс выступил с данной идеей в 1916 году. Гипотеза не встретила поддержки среди современников. Тогда в 1929 году он выпускает в свет монографию, в которой собирает воедино весь арсенал своих доказательств происхождения человека от долгопята. Вуд Джонс старается доказать, что все признаки сходства человека и человекообразных обезьян являются результатом параллельной эволюции, а не кровного родства. В качестве главного аргумента Вуд Джонс приводит несоответствие пропорций тела у человека (короткие руки и длинные ноги) и современных человекообразных обезьян (длинные руки и короткие ноги), тогда как у долгопята пропорции близки к человеческим.

Однако это совсем не так. Будучи величиной всего лишь с крысу, долгопят по размерам тела сильно уступает человекообразным обезьянам и человеку, к тому же он имеет длинный хвост с различными специальными функциями. Нет сходства в строении других органов, нет гомологии в группах крови, наконец, долгопят не является общественным животным, как человек и человекообразные обезьяны. Таким образом, тарзиальная гипотеза противоречит многим фактам и не выдерживает критики.

*Полигенизм.* Своеобразная позиция происхождения различных рас человека от различных предков отражается в трудах французского антрополога *Жоржа Монтандона* (1928), который развил в применении к человеку гипотезу итальянского биолога *Даниэля Розы* о происхождении и развитии жизни на Земле. Д. Роза считал, что живые существа зародились сразу на всей поверхности земного шара. Современные крупные и мелкие подразделения животного мира имеют самостоятельное происхождение. По предположению Д. Розы, появившиеся в разных местах Земли первые живые существа могли путем самостоятельного развития дать начало очень сходным организмам на различных континентах.

Монтандон, применяя гипотезу Розы к человеку, объявлял: люди на материках возникли независимо друг от друга и, следовательно, не связаны общностью происхождения. Однако давно известно, что человеческие расы близкородственны. Потомство от межрасовых браков вполне нормальное, жизнеспособное и плодовитое. Все это подтверждает моногенетическое происхождение человека от одного общего предка.

*Теория антропогенеза Осборна.* Американский палеонтолог *Генри Осборн* (1857–1935) является ярким представителем ученых, стремящихся

примирить науку с религией. Он провозглашал, что творение органического мира осуществляется путем целенаправленной эволюции. Осборн полагал, что третичные предки человека в виде зоантропов обладали всеми или почти всеми качествами, свойственными современному человеку. Предки людей не были связаны происхождением с человекообразными обезьянами, они вели наземный образ жизни. Все построения Осборна гипотетичны и не основываются на фактах. Осборн постулирует, что эволюция совершалась не столько в процессах естественного отбора, сколько благодаря заложенной в организмах способности к самопроизвольному прогрессивному развитию. Рассматривая ископаемых антропоидов и гоминид, Осборн стремится отвести из человеческой родословной древнейших людей и неандертальцев, ведя линию от гипотетических зоантропов прямо к виду современного человека, древность которого резко преувеличивает.

Кроме эволюционной теории происхождения человека в настоящее время продолжает муссироваться теория творения, хотя следует отметить, что среди ее сторонников отсутствуют ученые – представители антропологии и палеонтологии. В основном такой концепции придерживаются представители духовенства и обыватели. Концепция утверждает, что человек сотворен неким сверхсуществом – Богом или божественной силой из ничего или из какой-либо небιологической субстанции (например, глины). Ортодоксальная теология считает теорию творения не требующей доказательств. Тем не менее выдвигаются различные косвенные доказательства этой концепции, например, сходство мифов и легенд разных народов, повествующих о сотворении человека. Некоторые течения современной теологии, пытаясь примирить увесистую доказательную базу эволюции рода человеческого с бездоказательной, а во многом и абсурдной, библейской версией, допускают, что человек произошел от общих с человекообразными обезьянами предков путем постепенного видоизменения, но не в результате естественного отбора и действия других механизмов трансформирующей эволюции, а по воле Бога или в соответствии с божественной программой. Однако еще Ч. Дарвин научно показал развитие эмоций и элементов мышления у высокоразвитых животных. Опыт и многочисленные научные данные свидетельствуют о том, что разум человека появляется только в условиях, способствующих его развитию. Если же человеческий детеныш попадает в сферу, где нет обучения, общения с себе подобными, он никогда не становится разумным (синдром Маугли). И, наоборот, высо-



коразвитые животные, которых приручает человек, отличаются более развитой психикой, перенимают многое у человека, однако не способны стать полноценными представителями своего вида. Повреждение различных зон коры больших полушарий сопровождается повреждением различных сторон высшей нервной деятельности человека, а это свидетельствует о том, что она является материальной основой для их формирования.

Совершенствование методов исследования, использование новейших достижений молекулярной биологии и генетики позволит в ближайшем будущем представить всю историю происхождения и расселения человека разумного по нашей планете.

## ГЛАВА 8. РАЗВИТИЕ ЗООЛОГИЧЕСКИХ И БОТАНИЧЕСКИХ НАУК. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

Развитие ботанических и зоологических наук в XX веке неразрывно связано со становлением экологии как междисциплинарной, интегральной науки, с решением проблем систематики и дальнейшим изучением биоразнообразия. Изучение флоры и фауны шло также в тесной взаимосвязи с задачами практической деятельности человека и необходимости охраны окружающей среды.

В то же время в начале века продолжается дифференциация биологических наук. В рамках зоологии беспозвоночных выделяются протистология, энтомология и другие частные науки. Зоология позвоночных разделилась на несколько разделов: орнитологию, ихтиологию, маммологию и другие. Дифференциация не минула и ботаническую науку. Выделяются как отдельные дисциплины альгология, микология, анатомия, морфология и физиология высших растений.

Для изучения биоразнообразия в начале века большое значение имели продолжающиеся описательные работы. Ученые открывали и описывали неизвестных науке животных и растения. В 1900 году американец *Гарри Джонсон* описал крупное животное, «живое ископаемое», дожившее до наших дней, «предка» жирафа (промежуточное звено между древними оленями и жирафами) – окапи, сохранившиеся в джунглях Конго.

В России активно изучается уникальная фауна Байкала, в 1901 году *Б.А. Сварчевский* описывает пять новых видов губок, обитающих только в озере Байкал. В дальнейшем продолжается пристальное изучение вертикального и горизонтального распределения фауны Байкала. В 1930 году выходит в свет монография *М.М. Кожова* «К познанию фауны Байкала, ее распределения и условий обитания», в 1936 году – его же книга «Моллюски озера Байкал». В последней автор освещает систематику, распределение, экологию, происхождение и эволюцию этой группы животных.

В 20-х годах заметной научной школой зоологии беспозвоночных становится петроградская школа, возглавляемая *Валентином Александровичем Догелем* (1882–1955), учеником выдающегося зоолога-эволюциониста *Владимира Михайловича Шимкевича* (1858–1923). Петроградские ученые проводили плодотворные исследования в области протистологии, сравнительной анатомии беспозвоночных и эволюционной экологии. Ус-

лешно развивалась и гидробиологическая школа, создателем которой был *К.М. Дерюгин*, а наиболее талантливыми учениками явились *Е.Ф. Гурьянова*, *П.В. Ушаков*, *И.А. Киселев*. Основными достижениями этой школы становится описание зоопланктона и зообентоса Белого моря (1938–1940.).

В течение двадцати лет (1902–1922) датский зоолог *Дж. Шмит* проводит исследования и устанавливает все стадии развития угря. В том числе, он открыл, что угри уходят на нерест из Европы в Мексиканский залив.

В 1938–1955 годах ведутся исследовательские работы недалеко от Канштата в Мексиканском проливе южноамериканским ихтиологом *Дж. Смитом*. Он обнаруживает несколько экземпляров живой кистеперой рыбы латимерии, считавшейся вымершей. Находка становится важной вехой в изучении происхождения земноводных, имеет существенное значение для эволюционной концепции развития жизни на Земле.

Кроме латимерии описываются неизвестные ранее неопелины и погонофоры. В 1952 году в Тихом океане на глубине 3600 м датской экспедицией найдены древнейшие моллюски неопелины, считавшиеся вымершими 350 млн. лет тому назад. Строение их, изученное зоологом *Лемхе*, подтвердило догадку о том, что моллюски – потомки кольчатых червей. В 1955 году *Артеми́й Васи́льевич Ива́нов* издает монографию, посвященную червям – погонофорам, которые выделены в новый тип животного царства и являются близкими к древнейшим предкам хордовых.

Для развития систематики, а также эволюционной концепции важнейшее значение имели работы, определяющие понятие вида, изучающие разнообразные критерии и их ценность для видовой градации животных, растений и других организмов. В 1910 году выходит в свет статья *А.П. Семенова-Тян-Шаньского* «Таксономические границы вида и его подразделения». В работе выдвигается *политипическая* концепция вида – концепция о внутренней структурированности вида: вид состоит из *подвидов, рас, вариететов, морф, экотипов*, то есть представляет собой системную организацию. Подобные взгляды поддерживает *Н.И. Вавилов*, в 1931 году появляется его работа «Линнеевский вид как система». Однако имеются и противоположные взгляды. *В.Л. Комаров* считает, что вид не представляет собой систему, он *монотипичен*, может включать в себя систему подчиненных ему форм, но сам вид – единица. Позже *Т.Д. Лысенко* выдвигает версию, что виды могут порождаться внезапно, превращаться

друг в друга. Его точка зрения напоминает взгляды средневекового Альберта Великого.

Подробный анализ проблемы вида и видообразования дается в книге *Кирилла Михайловича Завадского* «Вид и видообразование» (1968).

В начале века динамично развиваются геоботаника и почвенная микробиология, что сопровождается возрастанием интереса к низшим растениям – водорослям. Разрабатывается классификация водорослей по составу пигментов и способом питания, особенностям размножения и морфологии (*А. Пашер, П. Данжар, Г. Смит, А.А. Еленкин*).

В 40-50-х годах уточняется систематическое положение и роль в эволюции десмидиевых, харовых водорослей, доказываемая прокариотичность синезеленых – цианобактерии (*Р. Лиске, Р. Шоо, М. Лефевр, В. Чаппен, Р. Вуд, Дж. Ален, А.А. Еленкин, К.И. Мейер, В.И. Полянский, Н.Н. Воронихин, Дж. Смол, В.Ф. Куревич*).

Исследования 20-30-х годов XX века способствует углублению представлений о происхождении сосудистых растений. Разрабатывается теория туники и корпуса – исходных образователей всех образовательных тканей (*А. Шмидт*), учение о стеле – сосудистом цилиндре (*Э. Джефери, Ф. Ван-Тигем, И. Бейли*) и побеге как основном органе и структурной единице растения.

С 20-х годов разрабатывается система классификации жизненных форм растений (*Г. Дю-Ризе, К. Раункиер, И.Г. Серебряков, А.А. Уранов*), изучается чередование поколений у низших растений (*А. Блекси, Р. Гернер, П. Джанер, Р. Буллер*). Предпринимаются попытки составления системы цветковых с учетом всех филогенетических взаимосвязей. Наиболее примитивными считались магнолиевые и ископаемые беннеттитовые (*Г. Галмер, Ч. Беси*). По версии *Н.И. Кузнецова* (1914) происхождение цветковых полифилетическое от простейших голосеменных и беннеттитовых.

Важнейшим методологическим подходом в изучении флоры и фауны Земли в XX столетии становятся экологические аспекты. Хотя термин *экология* был предложен еще в 1866 году немецким зоологом-дарвинистом *Э. Геккелем*, а взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой изучались и в XVIII веке, как научная дисциплина экология формируется только в XX веке. Она возникает на основе базовых исследований зоологов, ботаников, микробиологов, почвоведов, геохимиков как междисциплинарная область, интегрирующая данные многих наук: геологии,

климатологии, биохимии, биофизики, генетики, биометрии и, конечно, флористики и фаунистики.

Истоками экологии растений становятся фитоценологические исследования, широко распространенные в первые десятилетия XX века. В 1902 году ряд геоботанических работ, проводимых русскими флористами, были обобщены в научно-популярной книге «Пособие к изучению растительных сообществ Средней России» (А.Ф. Флеров, Б.А. Федченко). С развитием эколого-фитоценологические идеи в первые десятилетия XX века осуществляется изучение степей (Б.А. Келлер, В.В. Алехин), болот (Р.И. Аболин), лугов (А.П. Шенников), разрабатываются методологические основы учения о растительных сообществах (Р.И. Аболин, В.Р. Вильямс, И.К. Пачоский, Л.Г. Раменский).

Огромный вклад в развитие геоботаники в России вносит выдающийся ботаник, ученый широкого профиля, организатор науки *Владимир Николаевич Сукачев* (1880–1967). Научное наследие Сукачева очень разнообразно. Заслуги его одинаково значительны как в разработке учения о растительном покрове, систематики, географии и селекции древесных пород, истории формирования растительного покрова в четвертичный период кайнозойской эры, так и в развитии частных дисциплин, имеющих прикладной характер – лесоведения, болотоведения. В.Н. Сукачев закладывает теоретические основы и методы типологии лесов, которые излагает в монографии 1927 года «Краткое руководство к исследованию лесов». В 1934 году Сукачев с соавторами выпускает книгу «Дендрология с основами лесной геоботаники», посвященную основам лесной фитоценологии. В этом труде были изложены новые представления о сущности типа леса как природной системы, состоящей из разнообразных автотрофных и гетеротрофных организмов и опосредованных ими слоев приземной атмосферы и педосферы.

В начале XX столетия оформились экологические школы гидробиологов, фитоценологов, ботаников и зоологов, в каждой из которых развивались определенные стороны экологической науки. На III Ботаническом конгрессе в Брюсселе в 1910 году экология растений официально разделась на экологию особей (аутоэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Это деление распространилось далее и на экологию животных, равно как и на общую экологию. Появляются первые экологические сводки и руководство к изучению экологии животных *Ч. Адамса*, монографии

*В. Шелфорда* о сообществах наземных животных и *С.А. Зернова* по гидробиологии (1913). В течение 1913–1920-х годов были организованы экологические научные общества, издаются научные журналы, экологию начинают преподавать в университетах. В 30-х годах оформляется популяционная экология, основоположником которой становится *Ч. Элтон*. В развитие популяционной экологии большой вклад вносят русские ученые *Н.А. Северцов*, *С.С. Шварц*, *Н.П. Наумов* и другие.

Важную роль в формировании круга проблем, изучаемых экологией, и в становлении ее методологических основ сыграло представление о *сукцессии*. Одним из первых явление сукцессии описал *Генри Каульс* (1869–1939, США), изучая растительность на песчаных дюнах около озера Мичиган. В дальнейшем концепцию сукцессии детально разрабатывает другой американский исследователь – *Фредерик Клементс* (1874–1945). Клементс трактует растительное сообщество как целостное образование, проходящее в своем развитии такие же стадии, что и организм – от молодости до зрелости, а потом до старости. Клементс полагал, если на начальных этапах сукцессии разные сообщества в одной местности могут сильно различаться, то на более поздних они становятся все более и более сходными. В конце концов, оказывается так, что для каждой области с определенным климатом и почвой характерно только одно зрелое (климаксное) сообщество. В.Н. Сукачев развивает взгляды близкие к воззрениям Клементса и предлагает свою классификацию различных типов сукцессии. Далее, в 1940-х годах, Сукачев формулирует понятие о *биогеоценозах* – природных комплексах, включающих в себя не только растительное сообщество, но и другие живые организмы, занимающие эту территорию, почву, климатические и ландшафтные условия.

Таким образом, важнейшим периодом превращения экологии в самостоятельную науку становятся 20–40-е годы прошлого века. В это время публикуются монографии по различным аспектам экологии, начинают выходить специализированные журналы, возникают научные экологические общества. Постепенно формируется теоретическая основа новой науки, предлагаются первые математические модели, вырабатывается своя методология, оформляются два различных подхода к экологическим исследованиям: *популяционный*, уделяющий основное внимание динамике численности организмов и их распределению в пространстве, и *экосистем-*

ный, концентрирующийся на процессах круговорота вещества и трансформации энергии.

Одной из важнейших задач популяционного подхода стало выявление общих закономерностей динамики численности популяций, особенно активно взаимодействующих друг с другом (конкурирующих за один ресурс или связанных отношениями «хищник-жертва»). Для решения этой задачи использовались простые математические модели, разработанные еще в XIX веке. Внедрение данных моделей в практику экологии началось с работ *Альфреда Лотки* (1880–1949). Он предложил простую модель, описывающую сопряженную динамику численности хищника и жертвы. Модель показывала, что если вся смертность в популяции жертвы определяется хищником, а рождаемость хищника зависит только от обеспеченности его кормом (то есть от числа жертв), то численность и хищника, и жертвы совершает правильные колебания. Затем Лотка разработал модель конкурентных отношений, а также доказал, что в популяции, увеличивающей свою численность по экспоненте, всегда устанавливается постоянная возрастная структура (то есть соотношение долей особей разного возраста). Позднее им были предложены методы расчета ряда важнейших демографических показателей. В это же время (начало века) итальянский математик *В. Вольтерра*, независимо от Лотки, разработал модель конкуренции двух видов за один ресурс и показал теоретически, что два вида, ограниченные в своем развитии одним ресурсом, не могут устойчиво сосуществовать – один вид неизбежно вытеснит другой.

В 1920 году американский исследователь *Р. Перль* (1879–1940) выдвинул так называемую *логистическую* модель популяционного роста, предполагающую, что по мере увеличения плотности популяции скорость ее роста снижается, становясь равной нулю при достижении некоторой предельной плотности. Изменение численности популяции во времени описывалось, согласно этой модели, S-образной кривой, выходящей на плато. Перль предположил, что логистическая модель представляет собой универсальный закон развития любой популяции. Как вскоре выяснилось, это не всегда так, но идея о наличии некоторых основополагающих принципов, проявляющихся в динамике множества разных популяций, оказалась очень продуктивной.

Российский биолог *Г.Ф. Гаузе* предложил свою модификацию уравнений Лотки и Вольтерры, описывающих динамику численности конкури-

рующих видов, и впервые осуществил экспериментальную проверку этих моделей на лабораторных культурах бактерий, дрожжей и простейших. Гаузе удалось впервые показать экспериментально, что виды, близкие по потребностям, могут эффективно сосуществовать, если они занимают разные «экологические ниши». Это правило получило название «закона Гаузе». Результаты работ Гаузе были опубликованы в ряде статей и книге «Борьба за сосуществование» (1934), которая при содействии Перла вышла на английском языке в США и имела огромное значение для развития теоретической и экспериментальной экологии.

Изучение популяций организмов происходило и непосредственно в полевых условиях. Важную роль в развитии общей направленности таких исследований сыграли работы английского эколога *Чарльза Элтона* (1900–1991). В 1927 году вышла его книга «Экология животных», впоследствии не раз переиздававшаяся. Проблема динамики численности выдвигалась в этой книге как одна из центральных для всей экологии. Элтон описал циклические колебания численности мелких грызунов, происходящие с периодом в 3–4 года. Обработав многолетние данные, он выяснил, что численность популяций зайцев и рысей тоже демонстрируют циклические колебания, но пики численности наблюдаются примерно раз в 10 лет. Много внимания Элтон уделял изучению структуры сообществ, предполагая, что структура эта строго закономерна, а также цепям питания и «пирамидам чисел» – последовательному уменьшению численности организмов по мере перехода от нижних трофических уровней к более высоким – от растений к травоядным животным, от травоядных к хищникам.

Популяционный подход в экологии долгое время развивался преимущественно зоологами. Ботаники же больше исследовали сообщества. Их чаще трактовали как целостные и дискретные образования, между которыми довольно легко провести границы. Однако уже в 20-е годы отдельные экологи растений высказывали мнение, что разные виды растений по-своему реагируют на определенные факторы внешней среды, а их распределение вовсе не обязательно должно совпадать с распределением других видов того же сообщества. Из этого следовало, что границы между разными сообществами могут быть весьма размытыми, а само выделение их условно. Такая точка зрения на растительные сообщества развивался российским экологом *Л.Г. Раменским* (1894–1953). В своем докладе «О сравнительном методе экологического изучения растительных сообществ» (1910) он описал метод



координатных синэкологических диаграмм и утверждал, что растительность изменяется постепенно, без явных границ между формациями. Таким образом, Раменский сформулировал основные положения нового подхода, подчеркнув, с одной стороны, экологическую индивидуальность растений, а с другой – «многомерность» (то есть зависимость от многих факторов) и непрерывность всего растительного покрова. Неизменными Раменский считал только законы сочетаемости разных растений, которые и следовало изучать. В США независимо сходные взгляды развивал *Генри Алан Глисон* (1882–1975). В «индивидуалистической концепции», выдвинутой Глисоном в качестве антитезы представлениям Клементса о сообществе как об аналоге организма, подчеркивалась независимость распределения разных видов растений друг от друга и непрерывность растительного покрова. Основные работы по изучению популяций растений развернулись только в 50–60-х годах. В России лидером этого направления был *Тихон Александрович Работнов* (1904–2000), в Великобритании – *Джон Харпер*.

Термин «экосистема» был предложен 1935 году английским экологом-ботаником *Артуром Тенсли* (1871–1955) для обозначения естественного комплекса живых организмов и физической среды, в которой они обитают. Однако уже в самом начале века американский лимнолог *Эдвард Бердж* (1851–1950) с помощью количественных методов изучает «дыхание озер» – сезонную динамику содержания в воде растворенного кислорода, которая зависит как от процессов перемешивания водной массы и диффузии кислорода из воздуха, так и от жизнедеятельности организмов. В 30-х годах большие успехи в изучении круговорота вещества и трансформации энергии были достигнуты в России на Косинской лимнологической станции под Москвой. Возглавлял станцию в это время *Леонид Леонидович Россолимо* (1894–1977), предложивший так называемый «балансовый подход», уделяющий основное внимание круговороту веществ и трансформации энергии. Исследования первичной продукции органического вещества в озерах проводили *Г.Г. Винберг* (Россия), *Г.А. Райли* (США), *Джордж Хатчинсон* (1903–1991).

В 1942 году в журнале «Ecology» появляется статья *Раймонда Линдемана* (1915–1942), в которой предложена общая схема трансформации энергии в экосистеме. Теоретически было просчитано, что при переходе энергии с одного трофического уровня на другой количество ее уменьшается и организмам каждого последующего уровня оказывается доступной

только 10% от предыдущего уровня. Эта работа положила начало крупномасштабным исследованиям продуктивности разных экосистем и процессам трансформации вещества и энергии в них.

Изучение природных экосистем сопровождалось изучением свойств биосферы в целом. Термин «биосфера» для обозначения территорий планеты, занятых жизнью, был предложен в конце XIX века австрийским геологом *Эдуардом Зюссом* (1831–1914). Однако представление о биосфере как о системе биогеохимических циклов, основной движущей силой которых является активность живых организмов, этапах ее развития, было разработано уже в 1920–1930-х годах российским ученым *Владимиром Ивановичем Вернадским* (1863–1945). Первым разрабатывать эту проблему начинает учитель Вернадского *Василий Васильевич Докучаев* (1846–1903). Его в первую очередь волновали практические аспекты изучения биосферных явлений. Учение Вернадского о биосфере явилось крупным обобщением в естествознании начала XX века. Впервые развернутые положения этого учения Вернадский излагает в классическом труде «Биосфера» (1926). Согласно представлениям В.И. Вернадского, биосфера включает в себя живое вещество, образованное совокупностью организмов; биогенное вещество, производимое организмами в процессах жизнедеятельности (атмосферные газы, каменный уголь, нефть, торф, известняки); костное вещество – магматические горные породы; биокостное вещество – результат жизнедеятельности организмов и небиологических процессов, например, почвы; а также радиоактивное вещество, вещество космического происхождения (метеориты) и рассеянные атомы. Биосфера – самая крупная экосистема Земли – область системного взаимодействия живого и костного вещества на планете. Вернадский наметил границы биосферы, описал распределение живого вещества по Земле, сформулировал законы производства и «растекания» биомассы, показал круговорот вещества и энергии в виде биогеохимических циклов основных биогенных элементов.

Главнейшим аспектом учения Вернадского о биосфере стало признание исключительной роли «живого вещества» в формировании облика планеты Земля, влияния жизни на состав и распределение химических элементов в земной коре и газовый состав атмосферы. Вернадский разрабатывает представление об организованности биосферы, согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости орга-

низма и среды. Важной частью учения Вернадского стали представления о возникновении и развитии биосферы.

Современная биосфера – результат длительной и сложной совместной эволюции живых организмов и абиогенных компонентов лито-, гидро- и атмосферы Земли. Анализируя эволюцию биосферы, Вернадский делает вывод о наступлении нового этапа в ее развитии – постепенный переход в *ноосферу*. В трудах Вернадского нет законченного и непротиворечивого толкования сущности понятия «ноосфера». В одних случаях он пишет о ней как о будущем состоянии биосферы, преобразованной под действием разумной деятельности человека, в других – связывает появление ноосферы с появлением человека разумного или с возникновением промышленного производства. По мнению Вернадского, человек не является самостоятельным живым существом, он существует внутри природы и является частью ее. Так как человечество – природное явление, то естественно, что влияние биосферы сказывается не только на среде жизни человека, но и на образе его мыслей. В то же время научная социальная мысль человечества становится геологической силой, мощным преобразователем биосферы. Населив всю планету, опираясь на государственно-организованную мысль и на ее порождение – технику, человек стал представлять собой новую биогенную силу. Вернадский писал: «Этот процесс – полного заселения биосферы человеком – обусловлен ходом истории научной мысли, неразрывно связан со скоростью сношений, с успехами техники передвижения, с возможностью мгновенной передачи мысли, ее одновременного обсуждения всюду на планете». Ученый полагал, что ноосфера – неизбежный итог развития биосферы, изменяющейся под действием науки. По мнению Вернадского, наука в XX веке становится вселенской, охватывающей всю планету. Одной из важнейших задач формирования организованной ноосферы Вернадский считал определение места науки и роли науки в жизни человечества, влияния государства на развитие научных исследований. Большое внимание в своей концепции ноосферы он уделяет решению вопросов организации научной работы, образования, распространения знаний среди народных масс. Заметив нежелательные, разрушительные последствия хозяйственной деятельности человечества на биосферу, Вернадский отнес их ко временным издержкам. Он верил в то, что человеческий разум в конечном счете созидателен и не может вести к разрушению своей

планеты. Подобные мысли придают гипотезе перехода биосферы на определенном этапе развития в ноосферу несколько утопический характер.

Положения о развитии биосферы в ноосферу Вернадского в некотором плане созвучны с взглядами на биосферу *Пьера Тейяра де Шардена* (1881–1955), который рассматривал появление человеческого разума как закономерный процесс эволюции жизни на Земле. Ноосфера у Тейяра де Шардена ноогенична, то есть является порождением разума. Его так же, как и Вернадского, возмущают «пороки» человечества: вражда, войны, гонка вооружений, и так же, как и Вернадский, П. Тейяр де Шарден не находит научного объяснения способности человеческого разума творить разрушение.

В современной биосфере деятельность человека стала одним из наиболее значимых факторов, определяющих ее состояние. Это обстоятельство порождает антропоцентрические настроения и тенденции в развитии экологии. Возникающие в связи с этим проблемы уже выходят за рамки экологии как биологической науки, приобретая все более социальный, а не редко, и политический характер. Изучение процессов, протекающих на уровне ноосферы, не может ограничиваться только экосистемным подходом, оно должно включать все разделы естественных наук наряду с исследованием хозяйственно-экономических, социальных и политических аспектов проблемы. Круг этих вопросов получил объединение под термином «социальная экология», главной задачей которой на данном этапе становится изучение положения современного человечества в глобальных экосистемах. Ценная работа, посвященная изучению вопросов влияния человека на биосферу, вышла в 1967 году в Бельгии – «Биосфера и место в ней человека» *П. Дювиньо* и *М. Танга* ). В 1968 и 1973 годах книгу издали в России с предисловием А.Н. Формозова.

Во второй половине XX века завершается становление экологии как самостоятельной науки. В то же время намечаются ее связи с другими биологическими и не биологическими дисциплинами. Математические модели постепенно приобретают все более реалистичный характер, их предсказания проверяются в эксперименте или наблюдаются в природе. Заметный вклад в развитие методологических основ современной экологии внесли работы американского математика и натуралиста *Мак'Артура* (1930–1972). Он исследовал закономерности соотношения численностей разных видов, входящих в одно сообщество, выбор хищником наиболее

оптимальной жертвы, зависимость числа видов на острове от его размеров и удаленности от материка, степень перекрывания экологических ниш сосуществующих видов и др. Свои взгляды Мак'Артур изложил в книге «Географическая экология» (1972).

Внимание исследователей также привлекает изучение стратегий выживания популяций и видов. Поскольку возможности организмов всегда ограничены, а каждое эволюционное приобретение часто отрицательно сказывается на других признаках, возникают четко выраженные отрицательные корреляции. Растению, например, нельзя одновременно осуществлять очень быстрый рост и образовывать надежные средства защиты от травоядных животных.

Важным стимулом развития популяционных и биоценологических исследований послужила Международная биологическая программа (МБП), начавшая осуществляться в 1964-1967 годах по решению ЮНЕСКО. Всего в проведении МБП участвовали ученые 58 стран. Еще раньше, в 1949-1954 годах, Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) осуществляет эффективную деятельность по сбору сведений о видах животных и растений, находящихся под угрозой вымирания.

Выдающуюся роль в развитии популяционной экологии сыграл *Станислав Семенович Шварц* (1919-1976). В 1956-1958 годах им был предложен для изучения природных популяций метод морфофизиологических индикаторов. Согласно представлениям С.С. Шварца, каждая популяция обладает уникальными морфофункциональными приспособлениями к среде обитания, которые, однако, ограниченнее таковых возможностей вида в целом. Изменения экологической структуры популяций всегда связаны с их генетической перестройкой. С.С. Шварцем был организован Институт экологии растений и животных (Свердловск), в стенах которого были проведены важные популяционно-экологические исследования, получившие мировое признание.

В современной экологии сохраняют свою актуальность и проблемы изучения общих закономерностей динамики численности организмов, оценка роли различных факторов, ограничивающих рост популяций, выяснение причин циклических колебаний числа особей в популяциях. Новым направлением является сравнительное изучение разных видов в масштабах больших территорий (например, континентов) — *макроэкология*.

Совершенствование методов количественной оценки производства биомассы позволило более точно оценивать интенсивность круговорота веществ и энергии, причем на больших территориях. Примером служит дистанционное (с применением спутников) определение содержания хлорофилла в поверхностных водах моря, позволяющее составить карты распределения фитопланктона для всего Мирового океана и оценить сезонные изменения его продуктивности.

Большое распространение получили исследования потоков вещества и энергии в биосфере и отдельных экосистемах, проблемы состояния среды, окружающей человека, взаимоотношений человека с природой. В России этой проблеме были посвящены такие монографии, как «Человек и природа» (К.П. Митрюшкин, Л.В. Шапошников, 1974), «Научно-техническая революция и экологический кризис» (Г.С. Гудожник, 1975). Из зарубежных работ можно отметить капитальный труд по экологии Ю. Одума (1975), сборник статей американских экологов под общим названием «Биосфера» (1970). В 70-е годы большого размаха достигли радиоэкологические исследования, были разработаны методы радиотрекинга для изучения влияния естественно повышенной радиоактивности на живые организмы.

В 1977 году оригинальную сводку «Экологофизиологические основы популяционных отношений у животных» опубликовал русский эколог *И.А. Шилов*. Книга включает обстоятельную характеристику физиологических основ важнейших свойств экологических популяций.

В 1973 году в Москве состоялась 5-я Всесоюзная конференция «Современные проблемы экологии». Теоретические основы и принципы современной экологии освещались в докладах *Н.П. Наумова*, *С.С. Шварца*, *М.С. Гилярова* и других. Были также подняты актуальные вопросы воздействия человека на ход биогеоценологических процессов и биосферу в целом (доклады Н.Н. Данилова и В.А. Попова). Осенью 1974 года в Гааге состоялся 1-й Международный конгресс экологов, который собрал более 150 ученых из 70 стран. В центре внимания участников конгресса находились вопросы, связанные с познанием процессов, происходящих в экосистемах, и влияния на них человека.

В конце XX века активно развивается математическое и компьютерное моделирование в экологии, направленное в основном на разработку новых методов, чем на создание новых теорий экосистем. В 80-90-е годы экологи занимаются формулированием множества экологических «зако-

нов», например, в словаре *И.И. Дедю* (1990) приводится около 60 экологических «законов». Фундаментальные исследования *Ю.М. Свирижсера* с применением математических методов привели к созданию теории устойчивости биологических сообществ, теории трофических цепей, теории оптимальных процессов эксплуатации популяций и сообществ. Концепцию мониторинговых исследований окружающей среды развивал *Ю.А. Израэль*. Он опубликовал целый ряд монографий: «Экология и контроль состояния природной среды» (1979), «Антропогенная экология океана», «Кислотные дожди».

В настоящее время экологические исследования можно считать одними из наиболее интенсивно проводимых в большинстве развитых стран. Это связано с насущными проблемами, в основном созданными самим человеком, его активным вмешательством в экосистемы Земли. Численность человечества неуклонно растет, такие размеры популяций имеют разве что насекомые, но они в сотни раз меньше человека и имеют сезонные колебания численности. Численность популяции людей превышает сейчас численность сравнимых с нами по массе животных в 100 тыс. раз. Покорение человеком всей планеты, рост городов и неизбежная урбанизация, мощная трата энергоресурсов планеты, гигантские горы промышленных и бытовых отходов создают невыносимые условия для жизни многих животных, растений и других представителей жизни на Земле. Красивая концепция Вернадского о развитии биосферы в ноосферу пока кажется утопией, как «Город Солнца» Томазо Компанеллы. Основные виды деятельности человека разрушительно воздействуют на природные экосистемы, нарушают круговорот вещества и энергии, загрязняют атмосферу и гидросферу, ведут к истреблению многих видов животных и растений. У Вернадского основой сферы разума должна стать мировая наука, однако наука находится на службе государства и часто финансируется также лицами, задачи которых, прежде всего, получение прибыли и рост капиталов.

В 1974 академик А. Сахаров в статье «Мир через полвека» предсказывал рост населения планеты до 7 миллиардов человек, истощение природных ресурсов (нефти, газа, плодородия почв, чистой питьевой воды), нарушение природного равновесия и среды обитания человека. Он писал также о громадном скачкообразном увеличении научно-технического прогресса. Сахаров намечал главные опасности, грозящие человеческой цивилизации: возможность термоядерной войны, упадок личной и государст-

венной морали, рост уголовных преступлений, терроризм, алкоголизм и наркоманию. Истощение же биосферы, нарушение круговорота веществ и энергии, глобальное загрязнение природных экосистем не поставлено в один ряд с описанными выше опасностями, хотя, на наш взгляд, предотвратить эти опасности гораздо труднее, чем избежать термоядерной войны. И это понятно, ведь жизнь человека не так длительна, чтобы реально почувствовать опасность нарушений экосистем («после нас – хоть потоп!»), а погибнуть в термоядерной войне никому не хочется.

В 1968 году в Риме произошла первая встреча представителей так называемого «Римского клуба», считавших насущной необходимостью прогнозирование развития биосферы с учетом глобальных изменений, которые вносит в нее человечество. Члены Римского клуба поставили перед собой задачи донести до человечества проблемы критической ситуации, связанной с физической ограниченностью ресурсов Земли на фоне бурно растущего населения и темпов производства и потребления. Ученые Римского клуба сделали первые серьезные прогнозы развития человеческой цивилизации, послужившие стимуляцией поиска срочных общественных изменений, альтернативных источников энергии, развития энергосберегающих технологий, совершенствования методов охраны природных экосистем.

Уже в начале века с лица Земли исчезли 65 видов млекопитающих и 140 видов птиц, огромное количество (не поддающееся учету) видов беспозвоночных животных и растений. В настоящий момент около 600 видов животных находятся на грани уничтожения, еще больше – растений. Вода, воздух, почва загрязнены мазутом, солями тяжелых металлов, гербицидами, пестицидами, радиоактивными и химическими отходами производств, вырублено огромное количество лесов, осушены болота. Многие прежде плодородные и густо населенные растениями и животными территории планеты превращены в безжизненные пустыни. Все это ставит человечество перед глобальной проблемой сохранения своей во многом уникальной планеты для жизни не только представителей своего вида, но и всего биоразнообразия Земли. Однако нередко можно встретить высказывания о том, что насущной задачей биоэкологических исследований должно стать «осуществление планомерной реконструкции биосферы Земли с целью оптимизации условий для жизни увеличивающегося населения планеты» (Длусский, 2006). Подобные подходы кажутся нам глубоко антропоцентрическими, интересы человечества не должны осуществляться во вред остальному живому миру Земли. Вряд



ли проблему в состоянии решить Международные организации по защите уникальных экосистем, создание биосферных заповедников, национальных парков и проведение различных мероприятий по охране природы. Ведь уже в 1970 году начинает свою работу программа «Человек и биосфера» (МАБ), принятая на сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО. МАБ – междисциплинарная программа, посвященная развитию на основе естественных и общественных наук принципов рационального использования и сохранения ресурсов биосферы. В задачи программы входит оценка антропогенных изменений в биосфере, разработка методов и средств для рационального использования природных ресурсов и охраны природы, координирование исследований окружающей среды, содействие природоохранительному образованию населения. Человечеству необходимо осознать, что жертвы с его стороны в плане сдерживания темпов наступления на природу, безудержной ее эксплуатации, просто неизбежны, иначе оно погубит планету и погибнет само.

Современная окружающая природная среда, созданная при активном участии человека, резко отличается от естественно сложившейся за многовековую историю планеты. В основе саморегуляции природных экосистем лежит принцип безотходности процессов, происходящих в биогеохимических циклах. Человек, используя природные ресурсы неэффективно, возвращает в окружающую среду отходы, обилие и вредность которых создает угрозу существованию самого человека. Рассчитано, что из 120 млрд тонн вещества, вовлекаемого в производство и потребление, 94% поступает в окружающую природную среду в виде отходов.

Таким образом, в настоящее время все очевиднее становится необходимость развития экологически безопасных технологий производства и потребления, а также технологий для обезвреживания и переработки промышленных и бытовых отходов жизнедеятельности человечества.

Важным принципом существования природных экосистем является использование незагрязняющей окружающей среды солнечной энергии, тогда как человек сжигает тонны топлива, выбрасывая в атмосферу различные газы, загрязняя воду и почвы солями свинца, урана, никеля, алюминия, ртути и других металлов. Вероятно, в будущем человечеству предстоит разработать технологии для эффективной концентрации солнечной энергии, если оно захочет сберечь для своих потомков биосферу на планете Земля.

## ГЛАВА 9. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК В XXI СТОЛЕТИИ

Стремительное развитие химии и биологии в XX веке во многом преобразило существование человечества, значительно углубило знания о закономерностях развития природы. В настоящее время можно уже дать весьма четкое определение явлению жизни на Земле. Жизнь представляет собой открытую, сложную, саморегулирующуюся *физико-химическую* систему, осуществляющую с окружающей средой *непрерывный и направленный обмен веществом, энергией и информацией*. Ученые приоткрыли завесу происхождения жизни и эволюции живых систем на нашей планете, создали стройное и обоснованное учение о происхождении человека разумного. Открытия второй половины XX века в области молекулярной биологии и генетики позволили ученым раскрыть механизмы передачи наследственной информации, создать сложные биотехнологии – генную и клеточную инженерию, биосенсорику.

Исследования в области органической химии, биохимии и молекулярной эндокринологии позволили значительно продвинуть медицинские науки и практическую медицину, обогатить фармакологические производства. Развитие химических и биологических наук преобразило быт человечества конца XX века – начала XXI века, сделав его необычайно комфортным. Буквально за последние два десятилетия ушедшего века революционно изменились средства бытовой химии, косметологические средства, парфюмерная продукция. В пищевой индустрии появились новые красители, ароматизаторы, улучшители вкуса, стабилизаторы и консерванты. Вновь открываемые биологически активные соединения, не успевая проходить длительный фармакологический контроль, породили производство биологически активных добавок (БАДов), количество которых нарастает как снежная лавина.

Впереди, возможно, бурное развитие биотехнологий. Генная и клеточная инженерия несомненно представляют собой более экологичные технологии, чем химические производства. Они позволяют относительно быстро создавать новые сорта растений, устойчивые к неблагоприятным условиям окружающей среды, к насекомым вредителям, вирусам, гербицидам, окислительному и солевому стрессам. Получены культуры с необычной окраской цветов, а также растения, имеющие более высокую пищевую ценность, растения с измененным вкусом плодов. Многочисленные

трансгенные растения с измененными свойствами и повышенной пищевой ценностью прошли успешную проверку в лабораториях и полевых условиях. Можно предполагать, что в будущем они займут достойное место на рынке пищевых продуктов.

Огромное значение имеют технологии биодegradации веществ, загрязняющих окружающую среду. Генные модификации бактерий помогут создать микроорганизмы, способные к эффективной биотрансформации вредных отходов целлюлозной промышленности, нефтепереработки и бытовых отходов.

Перспективным направлением биотехнологий XXI века является молекулярная диагностика заболеваний. Использование полимеразной цепной реакции (ПЦР-анализ) и специфических зондов существенно повышает чувствительность тестов и позволяет применять нерадиоактивные хромогенные, хемиллюминесцентные и флуоресцентные системы регистрации. В дальнейшем с помощью ДНК-диагностики можно будет выявить большинство, а возможно, и все наиболее распространенные генетические и инфекционные заболевания, а также новообразования. В судебной медицине все более широкое применение находят метод геномной дактилоскопии, основанный на том, что ДНК каждого человека образует уникальный набор гибридизационных полос. При этом в качестве зондов обычно используют минисателлитные ДНК человека, которые не кодируют никаких белков и отличаются высокой вариабельностью.

С помощью клонирования специфических генов и последующей их экспрессии в популяциях бактерий получены белки, используемые в качестве лекарственных препаратов: инсулин, соматотропин, интерфероны. В качестве лекарств могут быть использованы и ряд ферментов после их иммобилизации на носитель и адресного доставления в клетки, где их синтез стал невозможен.

Генноинженерные методы позволяют получать уникальные лекарственные средства, которые представляют собой комплекс токсина белка, связывающегося со специфическими клетками, например, ВИЧ-инфицированными, и токсина. Этот подход находится в стадии разработки и представляется очень перспективным.

Технология рекомбинантных ДНК позволяет создавать более надежные вакцины, чем традиционные. Делетируя гены, ответственные за патогенность и высокую вирулентность, получают живые вакцины, содержа-

щие непатогенные, но иммунологически активные штаммы, которые не могут ревертировать в патогенные. Возможен также и другой путь. Клонированные гены, кодирующие основные антигенные детерминанты патогенного микроорганизма или вируса, встраивают в геном непатогенного носителя (плазмиду или вирус) и получают безопасную вакцину.

В настоящее время не существует достаточно эффективных способов лечения многих наследственных заболеваний. Это связано с трудностями получения и адресной доставки соответствующего генного продукта. Методы генной терапии бурно разрабатываются и являются весьма перспективными. Существует несколько технологий, совершенствование которых сделает возможным коррекцию тяжелых наследственных нарушений. Один из способов – перенос неповрежденного гена в изолированные клетки больного с помощью ретровирусных векторов, их культивирование и введение больному. Процедура пока является весьма дорогостоящей и трудоемкой. Альтернативный способ генной терапии использует генно-инженерную модификацию неаутологичных клеток, заключенных в мембрану, которая предотвращает развитие иммунного ответа и не препятствует освобождению генного продукта.

Весьма перспективным способом борьбы с раковыми опухолями может стать разрушение быстроделющихся клеток генной активацией лекарственных веществ. Как показали исследования последних лет, в качестве лекарственных препаратов можно использовать не только генные продукты (белки), но и олигонуклеотиды (фрагменты генов). С помощью так называемых «антисмысловых» олигонуклеотидов можно подавить полностью или частично экспрессию гена того или иного наследственного заболевания. В настоящее время изучается терапевтическое действие различных олигонуклеотидов, время жизни которых повышают с помощью модификаций.

Таким образом, открытия в области молекулярной биологии и биологической химии стали источником не только новых, но и революционных технологий, перспективы разработки и развития которых вытесняют многие традиционные методы и подходы, будоража при этом общество. Возникают вопросы о правомерности использования новых биотехнологических подходов и об обеспечении их контролируемого и безопасного внедрения. Поскольку молекулярные биотехнологии могут оказать влияние на самые разнообразные стороны жизни современного человеческого общества, необходимо учитывать все возникающие при этом этические, правовые, экономические и социальные

проблемы. В частности, существовало мнение, что попадание генетически модифицированных организмов (ГМО) в окружающую среду может привести к неконтролируемому распространению их в экосистемах. В настоящее время высвобождение ГМО в окружающую среду контролируется специальными органами. В США, например, это осуществляется Агентством по охране окружающей среды и Министерством сельского хозяйства. Усилиями ученых, в том числе и экологов, созданы и реализуются программы, позволяющие оценивать последствия высвобождения ГМО в окружающую среду на модельных системах. Были проведены открытые полевые тестирования, которые показали, что, как правило, внесенные в окружающую среду ГМО не распространяются за пределы участка, где проводится тестирование, не персистируют, не передают свои гены природным микроорганизмам и проявляют сходную биологическую активность как в лабораторных, так и в природных условиях. В США все генетически модифицированные растения, независимо от способа модификации, проходят испытания в полевых условиях и все процедуры тестирования, необходимые для получения лицензии на их применение. Подобные нормативы существуют и в европейских высокоразвитых странах. В слаборазвитых странах методы геной и клеточной инженерии не имеют широкого распространения и выхода в промышленность, медицину и сельское хозяйство. К сожалению, среди таких стран оказалась и Россия.

В быту, в средствах массовой информации нагнетается истерия по поводу «страшной» опасности употребления продуктов, полученных из генетически модифицированных объектов. На самом деле не менее опасной для человека является обычная пицца, скажем копченое мясо, рыба, колбаса, содержащая до 500 мг нитрита натрия на кг, и т.д. Международный совет по пищевой технологии считает, что нет никакой необходимости разрабатывать новые нормативные акты, касающиеся продуктов, содержащих ГМО. Это мнение обосновано, так как все пищевые продукты (независимо от способа их получения) проходят одинаковую проверку на чистоту, токсичность и аллергенность.

Много дискуссий возникает вокруг проблем, связанных с применением биотехнологий непосредственно к человеку, например, развитие геной терапии наследственных заболеваний, получение методами клеточной инженерии аутотрансплантантов, использование стволовых клеток для лечения тяжелых болезней. По мнению не сведущих в вопросах наследственности представителей общественности, лечение генетических заболеваний с по-

мощью генной терапии неизбежно приведет к ухудшению генофонда человеческой популяции, частота дефектного гена будет возрастать за счет оставления потомства теми, кто раньше не мог дожить до половозрелости. Но данные популяционной генетики показывают, что для возрастания частоты гена в популяции потребуются тысячи лет. Самым большим препятствием на пути применения генной терапии для лечения наследственных патологий станет не этика, а, скорее всего, высокая стоимость этих методов.

Интерес общественности вызывают также эксперименты по клонированию животных и вопросы возможности клонирования человека. Принципиально клонирование человека возможно, однако это очень дорогостоящая процедура, требующая высококвалифицированных специалистов и соответствующего лабораторного оборудования. Смешными фантазиями являются представления о том, что клон будет точной копией человека, генетический материал которого взят для клонирования. Ядро клетки этого человека будет внесено в другую клетку, где есть еще наследственный материал в митохондриях, и он обязательно окажет свое действие. Эмбрион будет вынашивать суррогатная мать, что тоже непременно скажется на ребенке. А самое главное – этот новый, совсем другой человек будет воспитан в другое время и другими людьми. Человек как личность формируется под влиянием условий среды, в его мозгу запишется только та информация, которую узнает непосредственно он, а не тот человек, генетической копией которого он является. Странно, что люди этого не понимают. Ведь с природными клонами они сталкиваются постоянно – это однойцовые близнецы, генетически идентичные. И хотя они рождены одновременно и одной матерью, их никто не считает одним и тем же человеком. Ответственность за опыты по клонированию человека во многих странах регулируется законодательно, причем все исследования, связанные с клонированием человека в настоящий момент, запрещены. Но отнюдь не по причине страхов получения «ксерокопий» людей (это просто невозможно), а потому что методы получения эмбрионов из соматических клеток несовершенны и развитие клона может сопровождаться появлением уродств и различных других нежелательных отклонений. В будущем, возможно, создадут безопасные биотехнологии клонирования, они будут иметь несомненно положительный медицинский и социальный эффект, как никто уже не сомневается в положительной роли и необходимости применения искусственного оплодотворения.

## Библиографический список

1. Азимов А. Краткая история биологии. От алхимии до генетики. М.: ЗАО Центрполиграф, 2004. 223 с.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975, 447 с.
3. Астауров Б.Л. О генетике и ее истории // Вопросы истории естествознания и техники. 1987. №3. С.79-88.
4. Бабков В.В. Московская школа эволюционной генетики. М.: Наука, 1985. 216 с.
5. Баландин Р.К., Бондарев Л.Г. Природа и цивилизация. М.: Мысль, 1988. 391 с.
6. Берг Л.С. Номогенез, или эволюция на основе закономерностей. Петербург: Гос. Изд-во, 1922. 205 с.
7. Бернал Дж. Возникновение жизни. М.: Наука, 1969. 304 с.
8. Богатых Б.А. Фрактальные структуры живого и эволюционный процесс // Журнал общей биологии. 2006. Т. 67. С.243-255.
9. Бурень В.М. Возникновение организмов и происхождение видов. СПб: Профи-Информ, 2005. 153 с.
10. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление / под ред. А.Л. Янина. М.: Наука, 1991. 270 с.
11. Войткевич Г.В. Возникновение и развитие жизни на Земле. М.: Наука, 1988. 139 с.
12. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М.: ООО «КМК», 2004. 431 с.
13. Гайсинович А.Е. Зарождение и развитие генетики. М.: Наука, 1988. 423 с.
14. Гиляров М.С. Проблемы современной экологии и теория естественного отбора // Успехи современной биологии. 1959. Т. 48, №3. С. 267-278.
15. Глик Б., Пастернак Дж.. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: «Мир», 2002. 589 с.
16. Грант В. Эволюционный процесс. М.: Мир, 1985. 357 с.
17. Гринин А.С., Новиков А.С. Промышленные и бытовые отходы. М.: Торговый дом «Гранд», 2002. 336 с.
18. Гродницкий Д.Л. Эпигенетическая теория эволюции как возможная основа нового эволюционного синтеза // Журнал общей биологии. 2001. Т. 62. №2. С.99-109.
19. Дарвин Ч. Происхождение человека и половой отбор. Л.: Наука, 1991. 556 с.
20. Дементьев Г.П. Русские основоположники экологии. Очерки по истории экологии. М.: Наука, 1970. 237 с.

21. Джеффри Ч. Биологическая номенклатура. М.: Мир, 1980. 119 с.
22. Длусский Г.М. История и методология биологии. М.: Анабасис, 2006. 220 с.
23. Дубинин Н.П. Вечное движение. М.: Изд-во «Политическая литература», 1975. 430 с.
24. Евдокимов Е.В. Эволюция по Спенсеру: развитие иерархии в организации материи путем поэтапной интеграции и последующей дифференциации // Философия науки. 2003. № 5. С. 12-20.
25. Завадский К.М. Вид и видообразование. Л.: Наука, 1968. 404 с.
26. Завадский К.М. Развитие эволюционной теории после Дарвина. 1859-1920-е годы. Л.: Наука, 1973. 423 с.
27. Завадский К.М., Колчинский Э.И. Эволюция эволюции. Историко-критические очерки проблемы. Л.: Наука, 1977. 235 с.
28. Зоркий П.М. Понятие структуры в современной химии. II. Структурное многообразие конденсированных фаз. Обобщенная кристаллохимия // Журнал структурной химии. 1994. Т. 35. №3. С. 99-121.
29. Зоркий П.М., Ланшина Л.В., Кораблева Е.Ю. Понятие структуры в современной химии. I. Уровни и аспекты моделирования и описания // Журнал структурной химии. 1994. Т.35. №2. С. 121-137.
30. Зоркий П.М., Лубнина И.Е. Супрамолекулярная химия: возникновение, развитие, перспективы // Вестник МГУ. Сер.: 2 «химия», 1999. Т. 40. №5. С. 300-312.
31. История биологии с начала XX века до наших дней / под ред. Л.Я. Бляхера. М.: Наука, 1975. 657 с.
32. Карамян А.И. Академик Леон Абгарович Орбели его научное наследие // Успехи физиол.наук, 1972. Т.3. №4. С. 3-5.
33. Кашкаров Д.Н. Советская зооэкология, ее состояние, успехи за 20 лет и перспективы развития // Природа, 1937. №10. С. 212-229.
34. Колчинский Э.И. Неокастрофизм и селекционизм: Вечная дилемма или возможность синтеза? СПб: «Наука», 2002. 554 с.
35. Корогодин В.И. Информация и феномен жизни / Пушино: Пушкинский научный центр АН СССР, 1991. 202 с.
36. Коштыянец Х.С. Очерки по истории физиологии в России. Л.: Наука, 1946. 135 с.
37. Кремо М., Томсон Р. Запрещенная археология. М. М.: Мир, 1989. 284 с.
38. Кретович В.Л. Очерки по истории биохимии в СССР. М.: Наука, 1984. 103 с.
39. Лима-де-Фария А. Эволюция без отбора: автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991. 455 с.



40. Лукин Е.И. Ароморфозы и условия их возникновения // Закономерности прогрессивной эволюции. Л., «Наука», 1972. С. 217-224.
41. Медников Б.М. Дарвинизм в XX веке. М., «Сов. Россия», 1975. 223 с.
42. Миллс С. Теория эволюции. Открытия, которые потрясли мир. М. «Эксмо», 2008. 202 с.
43. Новиков Г.А. Краткий очерк истории экологии животных. Л.: Наука, 1980. 264 с.
44. Опарин А.И. Возникновение и начальное развитие жизни. М.: Наука, 1966. 244 с.
45. Очерки по истории экологии. М.: Наука, 1970. 237 с.
46. Поннаперума С. Происхождение жизни. М.: Мир, 1977. 287 с.
47. Ръюз М. Философия биологии. М.: Прогресс, 319 с.
48. Савенков В.Я. Новые представления о возникновении жизни на Земле. Киев: Высшая школа, 1991. 231 с.
49. Северцов А.Н. Основы теории эволюции. М.: Изд-во МГУ, 1987. 320 с.
50. Селье Г. Стресс без дистресса / перевод с англ. М.: Прогресс, 1979. 124 с.
51. Сидоров Г.Н., Шустова О.Б., Разумов В.И. Наука и философия о развитии жизни на Земле // Философия науки. 2003. №4. С. 16-27.
52. Соколов Б.С. Вернадский и XX век // Природа. 1988. №2. с. 2-12.
53. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М.: Наука, 1987. 240 с.
54. Телигченко М.М. Введение в проблемы биохимической экологии. М.: Наука, 1990. 228 с.
55. Троицкий Н.А., Картель Н.А. Генетическая инженерия. М.: Наука и техника, 1980. 80с.
56. Ульянкина Т.И. Зарождение иммунологии. М.: Наука, 1994. 319 с.
57. Уотсон Дж.Д. Двойная спираль. М.: «Мир», 1969. 152 с.
58. Франк-Каменецкий М.Д. Самая главная молекула. М.: Наука, 1983. 160 с.
59. Фролов И.Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем // Вопросы философии. 1961. №2. С. 39-51.
60. Фоули Р. Еще один неповторимый вид. Экологические аспекты эволюции человека. М.: Мир, 1990. 368 с.
61. Цаплин В.С. Странная цивилизация. М.: Астрель, 2006. 640 с.
62. Чайковский Ю.В. Элементы эволюционной диатроники. М.: Наука, 1990. 272 с.
63. Чайковский Ю.В. Наука о развитии жизни. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 712 с.
64. Шапиро, И.А. Загадки растения-сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг. Л.: Гидрометиздат, 1991. 80 с.
65. Шмальгаузен И.И. Проблемы дарвинизма. Л.: Наука, 1969. 493 с.

66. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора). М.: Изд-во АН СССР, 1946. 396 с.
67. Шилев И.А. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. М.: Изд-во МГУ, 1977. 258 с.
68. Шишкин М.А. Эволюция как эпигенетический процесс. М.: Изд-во «Недра», 1988. С. 142-169.
69. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1987. 345 с.
70. Штрубе В. Пути развития химии в 2-х томах. 2 том «От начала промышленной революции до первой четверти XX века. М.: Мир, 1984. 278 с.
71. Югай Г.А. Общая теория жизни. М.: Мысль, 1985. 256 с.
72. Юсуфов А.Г., Магомедова М.А. История и методология биологии. М.: «Высшая школа», 2003. 238 с.
73. Яблоков, А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М.: «Высшая школа», 1976. 335 с.