

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра биологической химии

Н.А. Клёнова

ИСТОРИЯ БИОЛОГИИ И ХИМИИ
(с древнейших времен до конца XX века)

*Утверждено редакционно-издательским советом
университета в качестве монографии*

Самара
Издательство «Самарский университет»
2013

УДК 57
ББК 28.0
К48

Рецензенты:

доктор философских наук, профессор А. А. Шестаков,
доктор биологических наук Ю. М. Попов

Клёнова, Н. А.

К48 История биологии и химии (с древнейших времен до конца XX века) : монография. — Самара : Издательство «Самарский университет», 2013. — 300 с.

ISBN 978-5-86465-587-0

Монография представляет собой расширенное и дополненное издание вышедших ранее учебных пособий «История биологии и химии. Часть I (с древних времен до конца XIX века)» и «История биологии и химии. XX век». Очерчены основные этапы развития биологических и химических наук в органической взаимосвязи, их роль в формировании современного естествознания, раскрыты проблемы естественнонаучных парадигм, дан подробный анализ развития биологии в XX веке.

Материал изложен в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования биологического факультета для магистров по курсу «История и методология биологии». Возможно использование магистрами при изучении курса «История и методология химии», а также специалистами и аспирантами при подготовке к кандидатскому экзамену по истории науки.

УДК 57
ББК 28.0

ISBN 978-5-86465-587-0

© Клёнова Н. А., 2013
© Самарский государственный
университет, 2013
© Оформление. Издательство
«Самарский университет», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Глава 1. Периодизация развития биологических представлений в человеческом обществе. Период накопления знаний	6
Глава 2. Попытки объяснения накопленных знаний. Эпоха Возрождения	26
Глава 3. Развитие химических и биологических наук в XVIII веке	43
Глава 4. Научные обобщения. Интеграция наук. Создание единого взгляда на законы развития природы. Первая половина XIX века	59
Глава 5. Развитие химических и биологических наук во второй половине XIX века	94
Глава 6. Основные направления развития химии в XX веке	136
Глава 7. Развитие биологической и биоорганической химии в XX веке	156
Глава 8. Становление микробиологии, развитие вирусологии и иммунологии	169
Глава 9. Развитие и успехи физиологических наук в XX веке	176
Глава 10. Возникновение и развитие цитологии и генетики в XX веке	186
Глава 11. Развитие эволюционной теории и палеонтологии	200
Глава 12. Антропогенез. Проблемы происхождения человека разумного в XX веке	221
Глава 13. Развитие зоологических и ботанических наук. Экология и охрана природы	232
Заключение. Перспективы развития химических и биологических наук в XXI столетии	248
Именной указатель	253
Библиографический список	294

Предисловие

История науки — увлекательное путешествие во времени, позволяющее понять и оценить процесс творческого познания законов природы, постепенного накопления и развития знаний, особенностей внедрения их в практическую деятельность человека. Изучение зарождения, развития биологии как комплекса наук о живой природе, формирования основных понятий, использования научных достижений в сельском хозяйстве, медицине, пищевой промышленности призвано помочь студентам и аспирантам понять взаимосвязь явлений, их единство и детерминированность. Становление биологических наук, уровень их развития и формулирование закономерностей во многом определялись состоянием других естественнонаучных дисциплин: физики, химии, успехи которых создавали необходимую базу для познания явлений жизни.

В данном издании развитие биологических наук рассматривается во взаимосвязи с основными достижениями комплекса химических наук. История биологии представлена во временном аспекте, а также по отдельным направлениям и дисциплинам, отделившимся в ходе развития науки о живой природе, проиллюстрирована портретами ученых и рисунками. Приводятся биографические сведения наиболее выдающихся ученых, внесших значительный вклад в развитие биологии и химии. Данный подход позволяет, с одной стороны, понять истоки формирования тех или иных понятий и целых научных парадигм, ощутить единство законов природы, взаимосвязь и взаимозависимость природных явлений, а с другой — проследить обстоятельства и истоки исследовательской мысли, порождающей великие открытия. Яркие примеры истории некоторых открытий и признания их научным сообществом позволяют утверждать, что для доказательного установления закономерности недостаточно наблюдения и описания факта, необходимо четкое соблюдение всех условий его констатации, а также многократное наблюдение или экспериментальное воспроизведение его в тех же условиях. Молодые исследователи после знакомства с историей возникновения и развития решаемой ими проблемы смогут лучше оценить современное состояние вопроса и более эффективно приступить к решению поставленных перед ними научно-исследовательских задач.

Большое внимание в монографии уделяется новейшей истории биологии. Это обусловлено особой ролью именно биологии в современном естествознании, для развития которой только в XX веке была создана необходимая база, сформировавшая научную парадигму, что сделало возможным появление молекулярной биологии.

Бурное развитие химических и биологических наук в прошедшем столетии способствовало совершенствованию быта, промышленности и сельского хозяйства, выходу медицины на уровень, позволяющий лечить подавляющее большинство болезней и значительно увеличить продолжительность жизни человека. Тщательное изучение истории развития биологии в XX столетии позволит с большей точностью оценить перспективы развития данного комплекса наук во вновь наступившем веке. Развитие экспериментальной базы, широкое внедрение в биологические науки новейших физико-химических методов исследования обусловили в конце XX — начале XXI века настолько быстрые темпы получения данных в области молекулярной биологии, биохимии, биофизики, что они привели к интеграции наук, к новым подходам решения мировоззренческих проблем, к осмыслению положения человечества по отношению к природе.

Автор выражает искреннюю признательность О.В. Зайцевой за помощь в написании главы, посвященной вопросу развития эволюционной теории в XX веке.

Глава 1.

Периодизация развития биологических представлений в человеческом обществе.

Период накопления знаний

Далеко не сразу человек приспособился к условиям жизни на планете Земля. С момента формирования рода *Homo* в ходе постепенной трансформирующей эволюции вида *Homo sapiens sapiens* человек накапливал представления о природе, которые, основываясь на опыте поколений, превращал в знания. Изначально знания служили только практическим потребностям человека, существовали в виде записок, рецептов и передавались из поколения в поколение. Затем образовался слой людей, рассуждавших об общих вопросах отношения к миру, которых стали называть философами. Наконец, сформировались собственно науки, отражающие законы развития природы (естествознание). Естествознание прошло сложный путь развития от первых натурфилософских учений древних греков о природе как едином Космосе через расчленение на десятки и сотни специальных дисциплин Нового и Новейшего времен до воссоединения на базе синтетических и интеграционных процессов в единую картину эволюционирующего Космоса второй половины XX века.

Историю развития биологических наук можно разделить на три крупных этапа, характеризующихся как мировоззренческими особенностями взглядов на природу, так и существующими парадигмами — «общепринятыми в конкретных научных сообществах фундаментальными теориями в определенных областях знаний» (Т. Кун).

I. Период накопления знаний. От древнейших цивилизаций до эпохи Возрождения.

II. Период попыток объяснения полученных знаний, формулирование ряда законов. Период расчленения естествознания на множество отдельных научных дисциплин. XVII—XIX вв.

III. Научные обобщения. Интеграция наук. Создание единого взгляда на законы развития природы. XIX—XX вв.

Период накопления знаний охватывает огромный промежуток времени от древнейших цивилизаций (IV тысячелетие до нашей эры) до

эпохи Возрождения. Поэтому целесообразно разбить его на три этапа:

- 1) первоначальные представления о живой природе в древнейших цивилизациях;
- 2) натурфилософские школы Древней Греции и Древнего Рима;
- 3) схоластический период Средневековья.

Первоначальные представления о живой природе

Источником знаний человека о природе в глубокой древности служила практическая деятельность людей. Человек не противопоставлял себя природе, он являлся ее частью. Люди кроманьонского периода хорошо различали многих животных, знали их привычки, поведение, образ жизни. Об этом свидетельствуют наскальные рисунки, где представлены эпизоды охоты, а также тела животных, у которых в надлежащих местах изображены соответствующие органы. Древние люди знали не только млекопитающих, но и рыб, птиц, пчел. В это же время появляются первые противопоставления рациональному и материалистическому в своей основе пониманию природы в виде *анимизма*, для которого характерно представление о «душе», способной выходить из тела и вести самостоятельное существование. Анимизм становится основой появления всех религиозных верований человечества.

Еще в эпоху палеолита успех охоты во многом зависел от конкретных знаний о природе: повадках животных, местах их обитания и спаривания, особенностях растительного покрова и общего ландшафта местности. От собирательства и охоты палеолита человечество постепенно переходит в неолит, осваивая навыки земледелия скотоводства.

Ассирио-вавилонская цивилизация (IV тысячелетие до нашей эры). Древнейшие сведения о биологических представлениях в Месопотамии были получены после расшифровки содержания клинописных табличек, датируемых серединой XIV века до н. э. Это один из древнейших источников, иллюстрирующих представления людей того времени о живой природе. В табличках приводятся списки животных и растений, которые были известны и использовались человеком, сведения, характеризующие бытовавшие тогда представления о природе. Народы Месопотамии делили весь животный мир на «рыб», под которыми они понимали всех водных животных вообще, членистых, змей, птиц и четвероногих. Среди последних различали плотоядных и травоядных. Растения подразделяли на деревья, овощи, пряности, лекарственные травы.

Народы Месопотамии успешно занимались скотоводством, выводили новые породы животных, которых одомашнили: лошадей, ослов, овец, крупный рогатый скот. Занимались они и земледелием, выращивая злаки, бобовые, некоторые овощи, и даже проводили искусственное опыление финиковой пальмы для получения лучших плодов. Разведение животных и культивирование растений сопровождалось бессознательным искусственным отбором, что приводило к улучшению потребительских качеств и появлению множества местных пород домашних животных и сортов возделываемых растений.

На основе Ассирио-вавилонской цивилизации начинается новая цивилизация — **Древнего Египта**. Египтяне совершенствуют растениеводство, знают многие лекарственные растения, успешно культивируют освоенные еще в Месопотамии хлебные злаки, используют овощи, выращивают фруктовые деревья, маслины, лен, кроме того, разводят крупный рогатый скот, лошадей, ослов, овец, коз, свиней. В Египте впервые одомашнивают верблюдов, антилоп, кошек, гусей, уток и голубей. Затем из Индии сюда завозят кур. Успешно развивается медицина: в папирусах, найденных *Эберсом* (XVI в. до н. э.) обнаружены описания болезней различных органов, списки лекарственных растений и рецепты приготовления некоторых лекарств. Египтяне владеют искусством бальзамирования трупов, хорошо знают анатомию человеческого тела. Среди древнеегипетских мумий находили останки со следами хирургических вмешательств, в том числе трепанации черепа. Священными животными для египтян были кошки, успешно защищавшие людей от вредных грызунов, а также шакалы, крокодилы, жуки-скарабеи, кормившиеся трупами и пищевыми отходами, что способствовало улучшению гигиенического состояния мест обитания человека.

Одновременно с египетской цивилизацией существовала и успешно развивалась цивилизация **Древнего Востока** (Индии и Китая). В Индии уже в III тысячелетии до нашей эры выращивали множество культурных растений, разводили скот, собак, голубей. Впервые здесь одомашнили кур, слонов. Знания о живой природе были тесно связаны с практикой: потребностями земледелия, скотоводства и медицины.

Главным сочинением, в котором отражены представления древних индийцев о природе, стала «Аюрведа» (VI в. до н. э.). Из этого трактата становится очевидным, что древние индийцы были родоначальниками учения о стихиях, легшего затем в основу мировоззренческих концепций древних греков. Древние индийцы считали, что в природе существуют пять стихий, или элементов: огонь, зем-

ля, вода, воздух и эфир. Эти представления имели огромное значение для развития первичных понятий о составе веществ и бытовали не только в древности, но и в средневековой алхимии, сохраняясь вплоть до эпохи Возрождения. Сочетания этих элементов с веществами организма: желчью и слизью — образуют кровь, мясо, жир, кости и мозг.

Развитие зародыша, по древнеиндийским представлениям, происходит после слияния мужского и женского начал. Прежде всего образуется голова, а затем все остальное. В медицинских сочинениях высказывались предположения о наличии у живых существ неизменных наследственных качеств, которые объясняют сходство детей с родителями. Уже в I тысячелетии до нашей эры в индийской философии возникли материалистические течения, согласно которым в природе из комбинации четырех элементов (земли, воды, воздуха и огня) образуются все тела, в том числе и живые организмы, а после смерти они распадаются на те же элементы.

Одним из крупнейших очагов возникновения многих сортов культурных растений и домашних животных был Древний Китай. Биологические представления здесь развивались, так же как и в других странах Древнего Востока, в тесной связи с медициной и под воздействием натурфилософских учений. Из древнейших китайских сочинений, созданных в IX—II вв. до н. э., следует, что все вещи состоят из материальных частиц, при их взаимодействии возникают пять основных стихий, или элементов: вода, дерево, огонь, земля, металл. Стихийно-материалистические воззрения Древнего Китая были обобщены в учении китайского философа-материалиста I в. н. э. *Ван Чуня*. Ван Чун считал, что природа материальна и развивается по естественным законам.

Натурфилософские представления Древней Греции и Древнего Рима

Греческая философия в первом периоде развития есть философия природы, то есть *натурфилософия*. В своей основе натурфилософия бессознательно материалистична. Остановимся на основных философских школах *Древней Греции*.

Большое влияние на развитие материалистического понимания природы оказала *ионийская философская школа*, которая оформилась около 600 г. до н. э. Философы данной школы отвергали сверхъестественное, полагая, что Вселенная развивается по естественным законам, доступным разуму человека. В природе существуют строгие

причинно-следственные отношения, то есть она детерминирована. Ионийцы, таким образом, обосновали *рационализм* как философскую систему. К первым представителям ионийской школы натурфилософов следует отнести *Фалеса, Анаксимандра и Анаксимена*.

Фалес (ок. 625–547 гг. до н. э.) обладал математическими способностями и знаниями в области астрономии, которые приобрел в Финикии и Египте. Главной стихией, основой всего Фалес считал воду, из которой все возникло и состоит. Он представлял себе вещество живым и одушевленным — воззрение, которое было названо «*гилозоизмом*» (от греч. «материя» и «жизнь»).

Анаксимандр (610–540 гг. до н. э.) началом всего считал придуманным им *апейрон* (от греч. «беспредельное») — вещество, не обладающее отличительными свойствами отдельных веществ. Апейрон находится в вечном движении, это бесконечная масса вещества, из которой возникли все вещи и в которую они возвращаются после своей гибели. Следствием движения апейрона становится выделение определенных веществ. Сначала отделились теплое и холодное, затем из них возникло влажное, из влажного произошла Земля. Земля, по мнению Анаксимандра, вначале находилась в жидком состоянии, и в ходе ее постепенного высыхания на ней возникли живые существа.

Анаксимен (588–528 гг. до н. э.) был учеником Анаксимандра, что отразилось в характере его мировоззренческих представлений.

В отличие от учителя первоначально он считает воздух, который обнаруживает сходство с анаксимандровским апейроном: он практически безграничен и непрерывно движется. В силу своего безначального и бесконечного движения воздух претерпевает изменения — разрежение и сгущение. Первое есть вместе с тем нагревание, а второе — охлаждение. Через разрежение воздух становится огнем, а через сгущение — сначала влагой, затем землей. Возникновение мира Анаксимен связывал с первичным образованием Земли, которую считал плоской. Испарения, идущие с Земли, превращаются в сжатый воздух — огонь и порождают звезды, которые вращаются вокруг Земли.

Кроме ионийской философской школы в Древней Греции существовала *пифагорейская школа*, основоположником которой стал *Пифагор* (571–496 гг. до н. э.). Данная школа была средоточием математических изысканий древних греков. Мировоззрение Пифагора во всем предполагало порядок и гармонию, в силу которых совокупность вещей слита в прекрасное целое, в космос, где наблюдается правильное движение небесных тел. Математические пристрастия

тия пифагорейцев привели к возведению числа в основу гармонии. Число делает скрытое познаваемым, властвует над мирозданием и делами людей. Число есть сущность вещей, все есть число и состоит из чисел. Применяя свое учение о числах к реальным событиям, пифагорейцы действовали произвольно: они относили физические свойства вещей к числу пять, одушевление — к числу шесть, разум, здоровье — к числу семь, любовь, рассудительность, понимание — к числу восемь, абсолютно не мотивируя это.

Близко к пифагорейцам по взглядам стоял врач, астроном и философ **Алкмеон Кротонский** (конец VI — начало V в. до н. э.). Его считают основоположником анатомических и физиологических знаний в Древней Греции. Есть сведения о том, что он первым начал препарировать трупы животных. Это позволило ему сделать важные заключения о роли отдельных органов. Алкмеон считал мозг средоточием ощущений и мышления, правильно трактовал роль нервов, идущих от органов чувств к мозгу. На основе физиологических наблюдений он развил свою теорию ощущений, усматривая различие между животными и человеком в том, что животные только ощущают, а человек еще и мыслит. Алкмеон описал нервы, идущие от глаз, первым обнаружил проход, соединяющий среднее ухо с глоткой (евстахиеву трубу). Он достаточно подробно изучил процесс развития цыпленка внутри яйца. Условием нормального функционирования организма является, по мнению Алкмеона, равновесие заключенных в нем «сил»: влажного и сухого, теплого и холодного, горького и сладкого и др. Нарушение этого равновесия ведет к заболеванию. Учение Алкмеона Кротонского оказало большое влияние на развитие медицины в Древней Греции. Как и пифагорейцы, Алкмеон признавал бессмертие души.

Основоположником *злейской школы* являлся **Ксенофан** (около 580—488 гг. до н. э.). По мнению Ксенофана, Земля образовалась из моря и временами снова в него погружается. Солнце и звезды он считал горящими испарениями, которые образуются ежедневно. Ксенофан нанес ощутимый удар по язычеству, высказав идею о едином, вечном божестве.

Новый поворот в натурфилософии начинается с **Гераклита Эфесского** (544—483 гг. до н. э.). Сущностью всех вещей, по Гераклиту, является огонь. Огонь обладает наименьшей устойчивостью и не терпит устойчивости других вещей. Из огня и через огонь возникают все другие вещества, процесс превращения никогда не останавливается: все находится в состоянии перехода в противоположное, поэтому одновременно обладает противоположными свойствами.

Гераклит понимал природу как единое целое, которое никогда не возникло и не погибнет. Всеобщий мировой закон он усматривал в постоянном изменении, являющемся результатом борьбы. Таким образом, в учении Гераклита выражен стихийно-диалектический подход к пониманию природы. Он писал: «Все существует и в то же время не существует, так как все течет, все изменяется, все находится в постоянном процессе возникновения и исчезновения». Сама жизнь также есть непрерывное движение, поскольку она пребывает в постоянном разложении и обновлении. Мир и мертвой, и живой природы — это поток бесконечно изменяющихся явлений.

Одним из наиболее ярких представителей натурфилософии «стихийного» материализма является *Эмпедокл* (483–423 гг. до н. э.). Он считал все четыре стихии (элементы) равноценными. Земля, вода, огонь и воздух состоят из вечных частиц, которые, вступая во взаимодействие друг с другом в различных количественных соотношениях, образуют под влиянием двух взаимопротивоположных сил качественно различные неживые и живые тела природы. Эти силы — «любовь» и «вражда». Сначала сочетания не были удачными, и лишь после множества попыток из случайных соединений возникли гармоничные организмы, которые получили возможность размножаться. Душа, по Эмпедоклу, умирает вместе с телом, так как представляет собой лишь количественное соотношение смешанных в теле элементов. Эмпедокл был врачом и успешно занимался врачебной практикой, его считают основателем сицилийской медицинской школы. Эмпедоклу также приписывают создание учения о четырех темпераментах.

Биологические воззрения Эмпедокла сыграли важную роль в распространении идеи о естественном происхождении живых существ. По его мнению, растения и животные возникли из земли. Сначала это были отдельные члены, существовавшие самостоятельно, затем они сочетались, образуя чудовищные химеры, которые вновь распались. Удачные сочетания остались существовать, а целые организмы начали размножаться половым путем. Эмпедоклу принадлежит идея вечности вещества, идея сложения тел из отдельных элементов и разграничения понятий материи и силы, что можно считать предтечей появления такого философского течения, как дуализм.

Современником Эмпедокла был еще один интересный древнегреческий натурфилософ — *Анаксагор* (500–428 гг. до н. э.). Он разделял взгляды Эмпедокла на то, что различные тела возникают при различных сочетаниях элементов и всякое качественное изменение есть лишь изменение состава вещества. Однако это не объясняет наличия движения, с помощью которого происходит сочетание или

разделение веществ. Это движение, по мнению Анаксагора, может быть делом существа, знание и могущество которого распространяются на все. Анаксагор вводит понятие разума — «нуса», который всегда прост, в отличие от вещества, которое всегда сложно. На основе своих представлений Анаксагор строит *космогоническую теорию*. Начальное состояние мира — неподвижная бесформенная смесь, состоящая из множества мельчайших, чувственно не воспринимаемых частиц — «семян», приходящих затем в движение под действием «нуса» — разума. Из земной тины, оплодотворенной находившимися в воздухе и эфире семенами, возникли живые существа.

Атомистическая теория была создана, скорее всего, *Левкиппом*, современником Анаксагора и Эмпедокла, а затем получила развитие в философских воззрениях его ученика *Демокрита* (460–370 гг. до н.э.). демокрит применил идею сложения тел из элементов (по Эмпедоклу), или «семян» (по Анаксагору) к естествознанию в целом. Согласно атомистической теории мир состоит из мельчайших неделимых частиц — атомов, которые движутся в пустоте. Атомы вечны и неизменны. Они никогда и никем не созданы и не могут быть уничтожены. Движение присуще атомам от природы, они отличаются друг от друга по форме и размерам. Рождение любой вещи есть соединение атомов, а смерть — разъединение. Демокрит написал ряд трактатов, посвященных проблемам биологии, психологии и медицины. Однако ни один из них не сохранился, имеются лишь косвенные свидетельства о его биологических воззрениях. Живые существа, согласно Демокриту, возникли из мягкого ила в



Гиппократ
(ок. 468–377 гг. до н.э.)

начале развития нашего мира, когда земля была пропитана влагой. Под действием солнечного тепла в отдельных местах, где скапливалась влага, стали появляться различные животные. Наиболее удачное сочетание атомов досталось человеку, так как он имеет душу. По Демокриту, душа состоит из тонких, гладких и круглых атомов, подобных атомам огня. После смерти душевные атомы рассеиваются.

Современником Демокрита был величайший врач античного мира *Гиппократ* (около 460–377 гг. до н.э.). В гиппократовской медицине были заложены первые основы метода эмпирической индукции. Он и его последова-

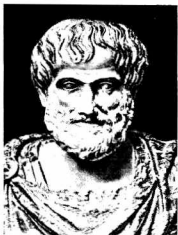
тели учили, что медицина должна основываться не на умозрительных натурфилософских спекуляциях, а на тщательном наблюдении и изучении больных, на накоплении и обобщении практического опыта. Гиппократ и его ученики разработали представление о естественных причинах болезней, причем они различали факторы внешней среды, воздействующие на организм, и влияние наследственности, образа жизни на развитие заболеваний. По Гиппократу, здоровье предполагает гармоничную работу всех органов и систем органов, болезнь — нарушение этой гармонии. Задача врача — найти изъяны в работе организма и помочь ему корректировать нарушения. Чтобы гармония восстановилась (а Гиппократ и его ученики считали, что в организме есть механизмы самокоррекции), нужно дать организму хорошо отдохнуть, содержать его в чистоте, дышать свежим воздухом и есть простую, здоровую пищу. Любая форма излишества есть нарушение баланса в работе органов. Таким образом, для сохранения здоровья и успешного выздоровления необходима умеренность во всем. Гиппократ — создатель учения о четырех жидкостях тела: крови, слизи, желтой и черной желчи, — количественное и качественное соотношение которых лежит в основе развития нормальных или патологических процессов в организме человека. До настоящего времени не потеряли актуальности важные принципы гиппократовской медицины: «не навреди», «лечи больного, а не болезнь», а также ведение здорового образа жизни как основное условие профилактики заболеваний.

В IV—III вв. до н. э. появляется *идеалистическая философская система Платона* (427—347 гг. до н. э.). Платон был учеником основателя крупной греческой философской школы — *Сократа*.

У Платона материальный мир является несовершенным отражением постигаемых разумом идей, идеальных прообразов предметов, которые воспринимаются нашими чувствами. Мир идей, согласно Платону, есть цель и вместе с тем причина материального мира. Творец (демиург) создает «тело мира», где главенствует «мир идей» — разум. Создатель вложил разум в душу, а душу вселил в тело. Из воззрений Платона возникло представление о конечных, или целевых, причинах, получившее дальнейшее развитие в философии *Аристотеля* и неоднократно затем возрождавшееся в истории биологии.

Знаменитым трудом Платона стали его «Диалоги». Его биологические взгляды отражены в диалоге «Тимей». Так как идеи первичны, то, несомненно, жизнь начинается на земле только с появлением человека. Творец мира, демиург, создал человека как самое совершенное существо, подобие бога. Все остальные существа на на-

шей планете возникают как менее совершенные модификации человека. У Платона, однако, можно найти ряд интересных соображений о соотношении между строением различных органов и их функциями. Следуя традициям пифагорейской школы, идущим от Алкмеона, Платон придает наибольшее значение мозгу как месту пребывания бессмертной души, тогда как две другие части души имеют смертную природу и расположены в области живота и сердца. Эти воззрения оказали влияние на учение Аристотеля о трех родах душ.



Аристотель
(384–322 гг. до н. э.)

Аристотель (384–322 гг. до н. э.) становится наиболее значительным представителем зарождающейся *философии дуализма*. Он признает, в отличие от Платона, реальность и объективное существование материального мира, не зависящего от сознания человека.

Материальный мир существует и находится в непрерывном движении, различные формы которого мы впервые встречаем у Аристотеля. Он развивает *сенсуалистическую* теорию познания, согласно которой источником знаний являются ощущения, перерабатываемые разумом. В основе дуализма Аристотеля лежит признание за материей пассивного начала, активной же он считает

нематериальную «божественную силу», являющуюся источником движения материи.

Аристотеля по праву можно считать основоположником биологии как науки, хотя многие из его трудов, в частности по анатомии и ботанике, не сохранились. Разрозненные свитки пергамента в I в. н. э. были приведены в порядок *Андрономом Родосским*. Он расположил свитки по порядку и дал заглавия трактатам. В трудах Аристотеля дается первое определение самой категории науки и описываются ее свойства. Наука, по мнению Аристотеля, должна быть доказательна, системна и уметь объяснять природные явления. Особое значение для потомков имели 4 больших и 11 малых биологических трактатов, где представлены все современные Аристотелю познания о живых организмах. В его взглядах отражена дуалистическая концепция мировоззрения. Во всех организмах Аристотель различал две стороны — материю, обладающую различными возможностями, и форму, под влиянием которой реализуется именно данная воз-

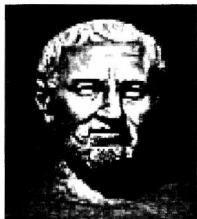
можность материи. Форма является одновременно причиной и целью превращений, через которые проходит материя. В понимании явлений жизни Аристотель также исходил из противопоставления материи и формы: зародыш образуется из смешения семени самца с выделениями самки, составляющими материю, но возможность развиться зависит от семени самца, которое является формой. Именно в семени, по Аристотелю, заложен принцип развития, то есть душа. Влиянием души Аристотель объяснял целесообразность строения и жизнедеятельности организмов. Предел целесообразности, однако, ставит материя, которая может осуществлять образования, противоречащие цели, — уродства. В трактате «О душе» Аристотель впервые дает определение живого и рассуждает о различиях между растениями, животными и человеком. Специфической особенностью живых организмов он считает наличие «души». По Аристотелю, существуют души трех родов: душа растительная, или питающая (самая примитивная), душа чувствующая и душа разумная. Растения имеют одну душу — питающую, животные — две: питающую и чувствующую, а человек — три: питающую, чувствующую и разумную. Минимальным критерием жизни, по Аристотелю, является движение во времени к конечной цели — взрослому состоянию (индивидуальное развитие). Каждый организм обеспечен *энтелехией*, то есть способностью определять конечную цель и осуществлять движение к этой цели.

Крупнейшим биологическим трактатом Аристотеля считается «История животных», где он после предварительных сведений о животных дает также описание строения наружных и внутренних органов человека. Аристотель останавливается на сравнительно-анатомических особенностях животных, рассматривает половые различия, способы размножения и развития, описывает образ жизни, места обитания, особенности питания и т. д. В трактате содержатся сведения о примерно 500 видах, обитающих в южной Европе, северной Африке и южной Азии.

Одним из первых Аристотель создал систему животного мира. Всех животных он делил на «кровавых» и «бескровных». «Кровавых» подразделял на живородящих (человек, киты, четвероногие) и яйцеродных (птицы, гады и рыбы), «бескровных» — на животных с «совершенными» яйцами (головоногие, ракообразные), с яйцами особого рода (насекомые, пауки, скорпионы) и на животных, образующихся из слизи, из почек, возникающих самопроизвольно (некоторые моллюски, иглокожие и др.). Таким образом, Аристотель признавал самозарождение ряда наиболее примитивных животных.

В трактате «О возникновении животных» содержатся сведения по эмбриологии животных и человека, рассматриваются вопросы происхождения пола, наследования признаков, возникновения уродств и многоплодия, формирования признаков в процессе постэмбрионального развития. В стремлении к сопоставлению различных живых организмов Аристотель приходит к идее «лестницы природы», сыгравшей в дальнейшем огромную роль в формировании биологических представлений в эпоху Возрождения. «Лестница» Аристотеля начинается с неорганических тел, далее он помещает растения как самые низшие живые существа, затем следуют губки и асцидии, голотурии, подвижные морские животные, наземные животные, и венчает «лестницу» человек.

Имеются сведения, что Аристотель занимался и ботаникой, но его труды в этой области не сохранились и дошли до нас за счет



Теофраст
(370–285 гг. до н.э.)

работ его ученика *Теофраста* (370–285 гг. до н. э.). Так же как Аристотель, Теофраст пишет «Историю растений», где содержатся сведения о строении и размножении многих растений, прикладные данные о лекарственных растениях. Теофраст впервые вводит термины «плод», «околоплодник» и «сердцевина». Он различает такие способы размножения растений, как самопроизвольное зарождение, зарождение от семян, от корня, от клубня, от ветви, от ствола и черенка.

Теофраст обнаруживает и описывает различия между однодольными и двудольными растениями, выража-

ющиеся не только в строении семени, но и в расположении и количестве корней и стеблей. Он признает наличие мужского и женского начала у растений, пишет, что созревание плодов требует «подведения мужского начала к женскому, для чего необходимо, чтобы цветочная пыль «растения-самца» попала на соцветия «растения-самки».

В период эллинизма (от смерти Александра Македонского до завоевания Греции) происходит распространение греческой культуры на Ближний Восток, что приводит к взаимодействию двух культур: греческой и восточной. Центром научной мысли становится Египет, правитель которого Птолемей II основал в Александрии библиотеку

и музеев. «Александрийский период» в развитии наук продолжался три последних столетия до нашей эры. Александрийская библиотека сгорела, и до настоящего времени дошли лишь фрагменты произведений двух ученых-врачей того времени *Герофила* и *Эразистрата*. Герофила считают первым греком, практиковавшим вскрытие трупов. Он первым указал на различие между венами и артериями, хотя не понимал роли сердца в движении крови по сосудам. Мозг он рассматривал как место сосредоточения умственных способностей. Тщательно изучал нервные центры и нервы, которые подразделял на подчиненные воле и воле неподвластные. Эразистрат в понимании жизнедеятельности тела исходил из представления, что каждый орган является системой, состоящей из трех элементов — вен, артерий и нервов. Он установил различия между «малым мозгом» (мозжечком) и «большим» (полушариями), обратил внимание на извилины переднего мозга человека и связал это с более развитым интеллектом. Подобно Герофилу, Эразистрат проводил вивисекции и даже живосечения на преступниках.

На смену греческой цивилизации после смерти А. Македонского (323 г. до н. э.) приходит цивилизация **Древнего Рима**. Рим покоряет Ближний Восток, и на некоторое время центром цивилизации становится Александрия, где создается одна из крупнейших библиотек того времени. У Рима не было своей философии, римляне использовали натурфилософию древних греков. Наблюдается постепенный переход от теоретизации и изложения мировоззренческих концепций к практицизму. На первый план выходят нужды медицины и сельского хозяйства.

Основными работами в области земледелия и сельского хозяйства являются обширные труды *Маргона* (28 книг), датированные 141 г. до н. э., трактат *Марка Катона* (234–149 гг. до н. э.) «О земледелии», сочинение *Марка Варрона* (116–27 гг. до н. э.) «О сельском хозяйстве», где содержались сведения о том, как нужно обрабатывать землю, ухаживать за фруктовыми и оливковыми деревьями. Варрон также уделяет внимание проблемам скотоводства, пчеловодства и разведения рыбы. Энциклопедией, содержащей подробный обзор всех сторон античного сельского хозяйства: земледелия, виноградарства, плодоводства и животноводства, — стал агрономический трактат *Луция Колумеллы* (I век н. э.). Труд обобщал теории и практический опыт всего античного Средиземноморья в области сельского хозяйства. Все эти труды не внесли ничего нового в естествознание, агрономические приемы не совершенствовались, а переписывались из одного трактата в другой, поскольку рабовладель-

цы не были заинтересованы в прогрессивном развитии методов земледелия и скотоводства.

Блестящим представителем античного материализма Древнего Рима стал римский поэт и философ *Лукреций Кар* (около 99–55 гг. до н. э.). В своей поэме «О природе вещей» Лукреций Кар утверждал бесконечность Вселенной, допускал возможность существования жизни на других планетах. Природа, по его мнению, никем не создана и управляется присущими ей самой законами. Мир материален, все тела природы состоят из атомов и подвержены изменениям. Следуя за древнегреческим философом-материалистом *Эпикуром* (341–270 гг. до н. э.), Лукреций Кар особенно подчеркивал и развивал мысль о спонтанном отклонении атомов от прямолинейного движения, о вызванных этим отклонением встречах друг с другом, что, в свою очередь, являлось источником образования новых тел природы. Эту мысль Лукреций распространял и на живые существа. По его мнению, растения зарождаются из земли под влиянием влаги и солнечного тепла. Животные возникли из растений: бабочки — из цветков, змеи — из лиан и т. п. Лукреций придерживался воззрений Эмпедокла о возникновении сначала бесчисленных уродливых, неприспособленных к жизни существ, которые погибали, и гармоничных, получивших возможность воспроизводить себе подобных. У Лукреция можно встретить удивительные по своей прозорливости высказывания. Например, следующие строки:

«Много животных тогда поколений должно было сгинуть,
Коль размноженьем приплод не могли они выковать новый...»

Несомненно, это мысли о возможном отборе среди возникающих на земле живых организмов. Развитие организмов Лукреций представлял себе как результат смешения мужского и женского «семени», причем это смешение обуславливает передачу потомству признаков, присущих отцу и матери. Психическую жизнь человека Лукреций объяснял материалистически: душа состоит из мельчайших и наиболее подвижных «первичных телец», она неразрывно связана с телом и смертна.

Практические потребности медицины стимулировали интерес к специальному изучению растений, животных и человека, появлению сочинений прикладного характера. Одной из первых книг, посвященных определению полезных для медицины растений, было сочинение *Диоскорида* (I в. н. э.), которое оказало большое влияние на последующее развитие ботаники. Он оставил краткие, но точные описания растений, отметил места их произрастания и происхождения. Современником Диоскорида был римский натуралист *Гай Плиний Старший* (23–79 гг. н. э.). Благодаря Плинию сохранилось

большинство античных произведений, огромное количество выдержек из которых он собрал. Все их Плиний поместил в свою много-томную (37 томов) «Естественную историю». Она получила широкое распространение и на протяжении тысячи лет служила главным источником сведений о природе. В томе I приводился список прочитанных им книг, около 2000 названий, том II содержал сведения по астрономии, физике и метеорологии. Тома III–VII посвящены географии, VIII–XI – зоологии, XII–XVI – ботанике. Дальнейшие тома описывали сельское хозяйство, лечебные свойства воды и животных, минералогию и горное дело. В описаниях кроме точного изложения фактов содержались фантастические истории и верования, распространенные в то время. Практически до конца XVII века «Естественная история Плиния Старшего» использовалась как основной источник сведений о природе.



Гален Клавдий
(ок. 130–200 гг. н. э.)

В области медицины следует остановиться на трудах выдающегося врача античности **Галена** (130–200 гг. н. э.). Он написал множество трактатов, посвященных различным разделам медицины. Наибольший интерес представляют два из них – «О назначении частей человеческого тела» и «Об анатомических отправлениях». Как великий врач, анатом и физиолог, Гален получил признание еще при жизни, его авторитет считался непререкаемым на протяжении полутора тысяч лет, особенно в Средневековье. Гален изучил и описал анатомию овец, быков,

свиней, собак, медведей и других позвоночных животных, подметил сходство в строении тела человека и обезьяны. Многие описания человеческого тела сделаны им на основании наблюдений за маленькой берберийской обезьянкой *Inuus caudatus*. Детальному изучению Гален подверг центральную и периферическую нервные системы, исследовал функции нервов спинного мозга. Одной из крупных ошибок, которая за счет непререкаемости авторитета Галена долгое время бытовала в медицинской науке, стало его представление о том, что воздух поступает непосредственно в сердце через дыхательные пути, а кровь проходит из одного желудочка сердца в другой через отверстие в перегородке между ними. Большое количество работ Галена посвящено практическим вопросам медицины.

Он описал все известные ему лекарственные средства и приемы лечения наиболее распространенных заболеваний.

В соответствии с религиозными представлениями, которые получают сильнейшее развитие в эту эпоху, Гален считал, что каждый орган человеческого тела был создан Богом в наиболее совершенной форме и в предвидении той цели, для достижения которой этот орган предназначен. Это способствовало укреплению авторитета Галена в средневековой Европе. Его работы признавались непогрешимыми, и ошибки, содержащиеся в них, переключивались в труды других ученых-медиков.

Схоластический период Средневековья

Этот период охватывает примерно тысячелетие между IV и XIV веками нашей эры. Для отдельных стран Европы сроки существования схоластического мировоззрения, а особенно подавляющего действия теологической парадигмы на развитие естественнонаучных знаний, могут быть значительно сдвинуты. Определяется это скоростью формирования новых общественных отношений, в данном случае феодальных, их прочностью, глубиной разрушения хозяйственных и культурных связей, уровнем разобщения и изоляции натуральных феодальных хозяйств. Для азиатских стран схоластический период сдвигается на значительный промежуток времени вперед. Познание природы здесь опережает уровень «зрелого Средневековья» в Европе из-за менее жесткого давления религиозной философии на процесс приобретения знаний.

В Европе по мере развития феодальных отношений наблюдаются упадок городской культуры, утрата многих ремесел, выхолащивание натурфилософских учений и установление безраздельного господства церковной идеологии. Если для человека античного периода природа — это действительность, то для человека Средневековья — это лишь символ божества. Средневековые воззрения на природу хорошо выражены в словах ведущего философа-теолога того времени **Фома Аквинского** (1225—1274): «Созерцание творения должно иметь целью не удовлетворение суетной и проходящей жажды знаний, но приближение к бессмертному и вечному».

Наиболее фундаментальными источниками сведений о биологических знаниях Средневековья являются многотомные сочинения **Альберта Великого** (фон Больштедт, 1206—1290), немецкого философа-схоласта, профессора теологии. В его энциклопедии есть специальные разделы «О растениях», «О животных». Детальные описа-

ния известных в то время представителей животного и растительного миров в основном позаимствованы Альбертом Великим у древних греков, в частности у Аристотеля. Использует он также и труды Плиния Старшего.



Альберт Великий
(1206–1280)

Развивая учение о функциях отдельных частей растений (ствола, ветвей, корней, листьев, плодов), Альберт Великий пытался найти в них функциональное подобие органам животных. Список известных растений приводился в его трудах в алфавитном порядке. Из новых сведений можно отметить хорошее описание масличных культур и ядовитых растений, поскольку уже было налажено производство растительных масел и широко использовались яды, как в медицине, так и в преступной деятельности. Описаны факты получения новых сортов культурных растений, хотя признавалась фантастическая

изменяемость, когда один вид мог под воздействием среды превратиться в другой: пшеница — в ячмень, дубовые ветви — в виноградные лозы. Сведения о животных также даются в описательной форме со ссылками на Аристотеля, Плиния, Галена. Физиология сводится к описанию поведения и нравов животных с приданием различным животным черт человеческого характера: ума, хитрости, осторожности, глупости и т. п.

Во многом сходные сведения о природе содержит труд доминиканского монаха *Винсента де Бове* (1190–1264) «Зеркало природы», лишь рыбы и птицы у него описаны более подробно. Описания де Бове часто практически более значимы, чем в работах Альберта Великого, специально особое внимание уделяется пчелам. Несколько книг посвящено психологии, анатомии и физиологии. В них подробно описано строение человеческого тела, составленное по данным античных и частично арабских авторов. Однако, по мнению Винсента де Бове, «природа — это книга, написанная перстом Божиим», а растения и животные — лишь символы, выражающие идею творца. В этом плане представляет интерес трактат другого доминиканского монаха *Иоанна де Санто Джеминиано* из Сиены (первая четверть XIV в.) «О поучениях и сходствах вещей», показывающий нам воззрения средневековых философов на природу. Растения и

животные в этом трактате располагаются не по алфавиту, не по объекту природы, а по символам, которыми они служили в эпоху Средневековья (агнец и единорог, виноградная лоза — символы Христа, голубь — символ Святого Духа, дракон, змей и медведь — символы дьявола, лилия — невинность, кедр — стойкость и т. п.).

В основу средневековой химии легли представления древнегреческих натурфилософов об основных элементах: воде, земле, огне, воздухе. Помимо практической «химии» — ремесел, которые базировались на традиционных надежных рецептах, передаваемых из поколения в поколение, таких как крашение, виноделие, выплавка металлов, производство кирпичей и стекла, в Средневековье начала складываться *алхимия* — род занятий средневековых аптекарей. Теоретическую основу алхимической «науки» составляло учение Аристотеля об элементах, а также практический опыт александрийских и арабских алхимиков. Во времена, когда химические ремесла были направлены на удовлетворение конкретных потребностей человека, алхимия спекулировала на жадности феодалов к золоту, что побуждало фанатиков к поиску «философского камня». В то же время изготовление красителей, производство стекла, обработка кожи и другие производства требовали конкретных знаний, и они приобретались благодаря усилиям некоторых алхимиков наряду с бесплодными попытками получить золото с помощью «философского камня».

Согласно учению Аристотеля, все вещества состоят из элементов, а первоматерия обладает четырьмя основными свойствами: холодом, теплом, сухостью и влажностью. При сочетании этих свойств попарно образуются элементы: огонь — сухой и теплый, земля — сухая и холодная, воздух — теплый и влажный, вода — холодная и влажная. В соответствии с представлениями Аристотеля о присущей первоматерии противоположности свойств, переход одних веществ в другие обусловлен стремлением к некоему «выравниванию» свойств различных элементов. Отсюда попытки применить на деле положения Аристотеля о превращении одних веществ в другие — получить золото и серебро из ртути, свинца и других металлов.

В VIII веке арабские алхимики предположили, что металлы могут получаться другим путем, уже после непосредственного соединения четырех элементов Аристотеля. Вначале образуется сера из огня и воздуха. Затем — ртуть из воды и земли, а потом из них получают различные другие металлы. Такое представление получило широкое распространение благодаря трудам арабского алхимика *Джабира ибн Хайяна (Гебера, VIII–IX вв.)* и служила отправной точкой для попыток получить золото из серы и ртути.

Алхимики работали не только с минеральными объектами, они использовали также растительное и животное сырье, а лечебное действие трав и минеральных соединений становилось предметом специального интереса странствующих монахов позднего Средневековья. Изучая процессы гниения, брожения, алхимики знакомились с химическим составом растительного и животного материала.



Абу Али Ибн-Сина
(Авиценна, ок. 980–1037 гг.)

Давление религиозного мировоззрения сказывалось менее сильно в арабском мире, поэтому мы имеем прекрасные труды, оказавшие большое влияние на развитие медицины и рациональное понимание природы, авторы которых *Абу Али ибн Сина (Авиценна, ок. 980–1037)* и *Ибн Рушд (Аверроэс, 1126–1198)*. «Канон медицины» и «Книга исцелений» Авиценны содержат сведения медицинского характера, а также сведения по ботанике, зоологии и геологии. Субстратом любых жизненных и психических явлений Ибн-Сина считал пневму — летучую субстанцию, носителя и телесных, и душевных сил. Авиценна допускал смертность души. Ибн-Рушд боготворил Аристотеля, защищал его учение от искажений теологов. Он считал, что природа возникла и развивается закономерно, без вмешательства разумного начала, на основе процессов разрушения и зарождения. Аверроэс учил, что душа — функция материи, она умирает вместе с телом.

Практические потребности пробуждают повышенный интерес к природе в зрелом Средневековье, и продвижение вперед осуществляется в напряженной борьбе между рациональным взглядом на явления природы и символично-мистическим восприятием мира. В эпоху распространения в Западной Европе учений Аристотеля и Платона, в значительной степени искаженных в интересах богословия, центральным в схоластике становится спор между *номиналистами* и *реалистами*. Реализм зрелого Средневековья признавал подлинное существование универсалий, номиналисты считали, что сущность вещей выражают только индивиды, универсалии же являются словесным обозначением этой сущности. В номинализме просматриваются начала рационального воззрения на явления природы. Спор

между номиналистами и реалистами нашел отражение в естественнонаучных трактатах средневековых авторов, нередко приобретавших драматическую форму.

Так, выдающийся мыслитель XIII века англичанин *Роджер Бэкон*



Роджер Бэкон
(ок. 1214–1294)

Бэкон резко высказывался против схоластики, догматизма, обличал невежество духовенства и феодальной знати. В своем главном произведении «Opus Majus» он утверждал, что не теологические авторитеты, а наблюдения и опыт являются надежными источниками знаний о природе. Ценность науки — в практической пользе, которую она может принести, и от ее развития «зависит благосостояние всего мира». Церковь не могла простить таких заявлений. Р. Бэкон был лишен кафедры в Оксфорде и брошен в монастырскую тюрьму, откуда вышел дряхлым,

больным стариком накануне смерти.

Представления о животных и растениях в то время значительно расширяли поэтические описания путешественников. Так, византийский поэт *Мануил Фил* (XIII–XIV вв.), побывав в Персии, Аравии и Индии, написал три стихотворных сочинения — «О свойствах животных», «Краткое описание слона» и «О растениях», имевших большое познавательное значение и отражавших уровень зоологических знаний XIV века.

Господство феодальных отношений, порождавших раздробленность и изоляцию и приведших к потере многих достижений античного периода, сильно сдерживало накопление сведений о реальной природе, но не могло его остановить. Практические потребности человечества способствовали все более нараставшей необходимости знаний для производства, медицины, земледелия, скотоводства, различных ремесел. После тысячелетнего «пробуксовывания» человечества начинается рост городов, ремесленного производства, культуры, и наконец появляются настоящие науки, положения которых основаны не на символично-мистическом восприятии мира, а на наблюдении и опыте.

Глава 2.

Попытки объяснения накопленных знаний. Эпоха Возрождения

Развитие товарных отношений способствовало формированию капитализма, что вело к более быстрому росту производительных сил, требовало получения новых и истинных знаний о явлениях природы. Период ломки феодальных отношений и переход на капиталистические производственные рельсы в каждой стране отличался своеобразием и происходил в определенный временной промежуток. Раньше всего эпоха Возрождения начинается в Италии, но затем Англия, Франция и Голландия опережают ее по темпам развития капитализма. В раздробленной феодальной Германии вплоть до XIX века капиталистические отношения остаются слабо развитыми, в еще большей степени отстает Россия.

Эпоха Возрождения — это эпоха огромного культурного подъема, характеризующаяся бурным развитием науки, философии, искусства, хотя в начале этого периода (XIV—XVI вв.) происходит возврат к утраченным ценностям античного периода. Ломка канонов схоластического, догматического мышления начинается с возрождения философских учений Аристотеля и Платона в первоначальном, не искаженном теологическими универсалиями виде. В крупных городах появляются университеты, с развитием книгопечатания формируются обширные библиотеки, в ряде стран складываются научные сообщества — Академии наук. В 1660 г. организуется, а в 1662 г. официально открывается Лондонское Королевское общество — Английская Академия наук, в 1666 г. — Парижская Академия наук, в 1700 г. — Берлинская, 1724 г. — Петербургская и т. д. Появляются научные труды академий, что приводит к огромному росту числа естественнонаучных сочинений и служит основанием для констатации факта формирования естественных наук как таковых.

Жизнь, практика, производство ставили перед развивающимися естественными науками все новые и новые задачи. Так, для того чтобы изучить состав руды и совершенствовать способы выплавки из нее металлов, нужно было разработать аналитические методы

очистки и обогащения руд и металлургические процессы. Медицина требовала новых лекарственных веществ и изучения их свойств.

С решения этих вопросов и началось формирование химии как отдельной области человеческого познания. Данный процесс тесно связан с двумя именами — *Георга Агриколы* (1494–1555) и *Теофраста Филиппа Парацельса* (1493–1541).

Георг Агрикола, врач и естествоиспытатель, является основоположником научной минералогии, а также первым разработчиком технологии добычи полезных ископаемых из соответствующих руд в металлургии. Его труды стали первыми научными химическими трактатами, они отличались от алхимических отсутствием домыслов, безусловной практической направленностью.

Теофраст Парацельс был родом из Швейцарии, изучал медицину в Германии, Франции, Италии. В 1515 году 22-летний юноша получает во Флоренции степень доктора медицины, затем совершает путешествия по разным странам в поисках новых знаний, осуществляя при этом успешную медицинскую практику. Подобно алхимикам Парацельс исходил из представления, что все вещества состоят из элементов, способных соединяться друг с другом. При разложении веществ элементы разъединяются. Но в отличие от алхимиков Парацельс подчеркнул вещественный характер трех начал: серы — начала горючести, ртути — начала летучести, соли — начала огнестойкости. С этих позиций он рассматривал состав всех тел, включая тело человека. Первоначальной задачей химии Парацельс считал поиск веществ, которые могут быть использованы как лекарственные средства, поскольку главная причина болезней, по его мнению, — нарушение химических процессов в организме из-за нехватки тех или иных соединений. Данное направление получило название *иатрохимии*. С целью поиска новых лекарственных веществ Парацельс проверял действие на больных людей соединений меди, свинца, ртути, сурьмы, мышьяка. Прославился Парацельс в результате эффективного лечения сифилиса солями ртути. Бледная спирохета действительно гибла под действием солей ртути, а человек в зависимости от состояния либо поправлялся от ртутного отравления, либо умирал, но он мог умереть и от сифилиса. Метод лечения сифилиса почти по Парацельсу — солями ртути, в частности сулемой, просуществовал вплоть до открытия антибиотиков.

Обосновать новые материалистические принципы познания природы попытался английский философ XVI–XVII вв. *Френсис Бэкон* (1561–1626). Он писал: «Целью нашего общества является познание причин и скрытых сил всех вещей и расширение власти человека над природой, откуда все не станет для него возможным». Со-

гласно Ф. Бэкону, не слепое преклонение перед авторитетами, а изучение самой природы с помощью наблюдения, сравнения, анализа, индукции и эксперимента должно лечь в основу познания. При жизни философа были опубликованы его трактаты «О величии и приумножении наук» и «Новый Органон, или Правильные указания для истолкования природы». В первом содержалась классификация всех накопленных к этому времени человечеством знаний, во втором изложены основы индуктивного метода в науке. Основным философский труд Ф. Бэкона «Великое восстановление», который замышлялся как всеобъемлющее и систематическое описание знаний, выработанных на основе применения индуктивного метода, не был им закончен. Получение новых знаний о природе, согласно философии Ф. Бэкона, немисливо без опыта, эксперимента, подтверждающего их истинность. Таким образом, Ф. Бэкона можно по праву считать основоположником современной экспериментальной науки.

Большое влияние на развитие естествознания оказали работы и взгляды *Галилео Галилея*, который сделал выдающиеся открытия в области астрономии и обосновал важнейшие принципы механики.



Рене Декарт
(1596–1650)

Основываясь на этих принципах, французский философ *Рене Декарт* (1596–1650) в XVII веке создает учение о строении мироздания, согласно которому природа — это огромный механизм, а все тела, ее составляющие, все качества этих тел сводятся к чисто количественным различиям. Однако Декарт отрывал материю от мышления, считая последнее особой субстанцией. Он признавал бессмертие души, а также существование Бога как высшей, третьей субстанции (помимо материи и мышления).

Учение Р. Декарта оказало существенное влияние на развитие представлений о живой природе. Однако уже его современники относились к идеалистической метафизике его философии критически. Так, *Спиноза* — голландский философ-материалист и атеист, находившейся под сильным влиянием Декарта, все же считал природу вечной и бесконечной, подчиняющейся во всем строгой необходимости. Спиноза признавал материальность мышления и решительно отвергал дуализм Декарта.

Собственную философскую систему, центральным звеном которой стало учение о «монадах», построил выдающийся философ, математик и натуралист **Готфрид Лейбниц** (1646–1716). Под «монадами» Лейбниц понимал абсолютно простые, неделимые духовные субстанции, составляющие «элементы вещей». На развитие естествознания существенное влияние оказало его учение о *континууме* — признании абсолютной непрерывности явлений. Известное выражение Лейбница «Природа не делает скачков» превратилось в афоризм. Особое значение имела «лестница существ», созданная им с применением принципа непрерывности явлений природы. Согласно его воззрениям, живые существа выстраиваются в единый, непрерывный ряд, если отыскать промежуточные формы. «Лестница существ» Лейбница оказала значительное влияние на взгляды **Ж.Б. Ламарка** при создании им эволюционной теории.

***Развитие биологических и химических наук
в начальный период Возрождения (XVI–XVII вв.)***

В области изучения растений предпринимаются попытки их классификации. Главные задачи — описать растительный покров, выделить главные формы растений, классифицировать их по определенным, легко распознаваемым признакам. Ученых, занимающихся этими проблемами, с большим основанием можно назвать основоположниками ботанических наук.

Иероним Бок (1498–1554), немецкий ботаник, описал 567 видов растений, объединив сходные в группы, которые сейчас во многом соответствуют семействам губоцветных, сложноцветных, крестоцветных, лилейных. Классификация получилась столь удачной, потому что Бок группировал растения по общему сходству.

Карл Клузиус (1525–1609), нидерландский ботаник, описал флору Восточной Европы, Пиренейского полуострова, Индии, Передней Азии. Однако предложенная им классификация была абсолютно искусственной, поскольку опиралась то на потребности человека, то на разделение растений по жизненным формам, то на какие-то характерные признаки, присущие многим несходным по другим признакам растениям. Он делил растения на: 1) деревья, кусты, полукустарники; 2) луковичные растения; 3) хорошо пахнущие растения; 4) непахнущие растения; 5) ядовитые растения; 6) папоротники, злаки, зонтичные.

Маттиас де Л'Обель (1538–1616), фламандский ботаник, пытался классифицировать растения главным образом по форме лис-

твев. Успехом такой классификации можно считать только выделение злаков и сближение их с лилейными.

Значительный успех в развитии ботаники в конце XVI — начале XVII века связан с именем швейцарского ученого **Каспара Баугина** (1560—1624). Баугин изучил и описал около 6000 видов растений, многим дал двойные, тройные и даже четырехчленные названия. Объединение в группы Баугин проводил по принципу общего сходства. Все растения он подразделил на 12 «книг», каждая «книга» делилась на секции, секции — на роды, роды — на виды. За счет использования принципа общего сходства растений по многим признакам ряд секций вполне соответствует современным семействам.

Накопление фактического материала настоятельно требовало углубления приемов систематики и их унификации. Ученые пытаются найти признаки, которые могли бы стать основой в подразделении растений на группы. Определенную роль в этом процессе сыграли работы итальянского ботаника **Андреа Чезальпино** (1519—1603). Чезальпино пытался установить исходные принципы классификации растений, считал, что семена олицетворяют собой «жизненный принцип» растения, поэтому необходимо обращать наибольшее внимание на строение цветов, семян и плодов. Несмотря на правильный подход к систематике цветковых, Чезальпино представляет совершенно искусственную классификацию, в которой даже смешивает однодольные и двудольные растения, тогда как Баугин точно их разделяет. По ряду признаков А. Чезальпино выделяет растения семенные и бессеменные (водоросли, мхи, папоротники). Каждый их орган он рассматривал с учетом числа, формы и местоположения на растении. Все растения Чезальпино разделял на отделы, роды и виды. Созданные им принципы систематики во многом предвосхищали работы **К. Линнея**.

Развитие зоологии в XV—XVI вв. значительно отстает от ботаники, работ по классификации в этой области мало. В основном ведется «первичная инвентаризация» имеющихся сведений о животных. Стоит отметить работы швейцарского натуралиста **Конрада Геснера** (1516—1565). Он является автором 5-томной «Истории животных», которая содержит описание всех известных в то время форм животных в алфавитном порядке! Эта инвентаризация становится характерной чертой зоологии данной временной эпохи, главная задача — составление зоологической сводки. Подобных работ проводится довольно много, но есть и более глубокие исследования. Примером может служить труд английского натуралиста **Эдварда Уоттона** (1492—1555) «О различиях животных» (1552). Уоттон дает описание

большого количества как высших, так и низших животных, но придерживается классификации, предложенной еще Аристотелем.

Освоение нового обширного материала по зоологии и ботанике требовало углубления знаний о строении животных и растений. Дополнительным стимулом изучения строения животных становится практическая медицина. Наряду с накоплением анатомических сведений идет постепенное изучение функций отдельных органов, что приводит к формированию физиологических направлений как в зоологии, так и в ботанике. Однако вивисекции еще строжайше запрещены, давление религиозных клерикальных кругов остается весьма значительным, и анатомия и физиология человека находятся в зачаточном состоянии.

Многие важные исследования в области анатомии человека сделаны **Леонардо да Винчи** (1452–1519). Он проводил вскрытия трупов, делал вивисекции, создавал замечательные анатомические рисунки, но делал это тайно. Поэтому его работы не были известны его современникам и, к сожалению, не оказали никакого влияния на развитие анатомии человека. Они были найдены лишь через 400 лет после смерти да Винчи, когда имели уже только историческую ценность.



*Андреас Везалий
(1514–1564)*

Однако его соотечественник **Андреас Везалий** (1514–1564), профессор Падуанского университета, не боялся гнева святой инквизиции и, проводя вскрытия, публиковал полученные сведения. А. Везалий выпустил «Семь книг о строении человеческого тела» (1543). Он разработал множество методов препарирования, делал неплохие зарисовки, значительно усовершенствовал анатомическую терминологию. В труде Везалия блестяще представлена топографическая и описательная анатомия человека. Он установил, что левый и правый желудочки сердца человека не сообщаются между собой, и это положило конец ошибочным представлениям Галена, бытовавшим столько столетий. Нарушения запрета на вскрытие трупов людей навели на Везалия гнев инквизиции, которая осудила его на паломничество в Палестину. На обратном пути ученый в результате кораблекрушения был выброшен на остров Занте, где и умер в 1564 году.

Занявший кафедру анатомии в Падуанском университете после Везалия *Габриель Фаллопий* (1523–1562) первым описал развитие человеческого эмбриона и яйцеводы человека, получившие название «*фаллопиевы трубы*».

С именами итальянских физиологов XVI века *Мигеля Сервета* (1511–1553) и *Реальдо Коломбо* (1515–1559) связаны первые близкие к истинным описания легочного кровообращения и функции легких. Эти работы опередили время и не были поняты современниками.

Таким образом, период XV–XVI вв. характеризовался малыми темпами развития естествознания, что обуславливалось еще господствовавшей теологической парадигмой, недостаточностью развития методов исследования сложно устроенных живых систем. Постепенно происходило накопление сведений о живой природе, основанных на непосредственном наблюдении и изучении ее явлений. Темпы развития понемногу нарастали, что определялось растущими насущными потребностями человеческого общества: разнообразием ремесел, проблемами земледелия и скотоводства, вопросами медицины.

С наступлением нового, XVII века можно уже связать появление химии как науки, хотя еще велико преклонение перед авторитетами средневековых алхимиков, ориентированных на учение Аристотеля о четырех элементах, на работы Парацельса по иатрохимии. Однако потребности медицины, в частности фармакологии, породили целую плеяду выдающихся химиков-экспериментаторов, выросших на базе совершенствования аптекарского искусства. Одной из самых крупных фигур, несомненно, являлся немец *Иоганн Рудольф Глаубер* (1604–1670). Глаубер отличался просто выдающимися способностями к проведению химического эксперимента. Он получил концентрированные азотную и серную кислоты (следует упомянуть, что в то время они так не назывались, к примеру, серная называлась купоросной), убедился, что азотная кислота растворяет многие металлы, затем получил соляную кислоту и соли многих металлов. Наиболее известна глауберова соль – сульфат натрия, которую он тут же использовал в качестве слабительного средства, ведь он был аптекарь. Из угля с добавлением соляной кислоты при нагревании Глаубер получил карболовую кислоту (фенол) и тоже использовал для лечения. Лаборатория Глаубера представляла собой прообраз современных химических заводов без вентиляции. Кроме аптекарства Глаубер успешно занимался виноделием, впервые выделил в чистом виде винный спирт, уксусную кислоту, разработал способы

получения алкалоидов из растений и их применения для лечения, освоил стекловарение и научился получать цветные стекла. За свою короткую жизнь Глаубер выполнил такое количество экспериментов и получил такое количество новых соединений, что их с успехом хватило бы на не один десяток жизней ученых. Практически со всей Европы стекались к этому великому экспериментатору аптекари-химики за химическими соединениями, словно эта лаборатория была магазином химических реактивов.

Но не только экспериментаторами стал богат XVII век, в это время появляются уже ученые, пытающиеся дать теоретическое объяснение результатам проведенных химических экспериментов и даже формулирующие первые замеченные закономерности в химических процессах. Одним из таких ученых был *Роберт Бойль* (1627–1691). Выходец из аристократической ирландской семьи, Р. Бойль получил блестящее и разностороннее образование: изучал естествознание, медицину, древние языки. Если Глаубер и другие химики-аптекари преклонялись перед авторитетом Парацельса, то на Бойля сильное впечатление произвели воззрения Ф. Бэкона о признании опыта как критерия истины. Бойль был твердо уверен, что справедливы лишь те теоретические представления, которые подтверждаются наблюдениями и опытом. А значит, учение о «четырех элементах и трех началах» Аристотеля–Парацельса может быть подвергнуто сомнению. В 1661 году Р. Бойль анонимно публикует свою основную работу по химии «Химик-скептик», где категорически выступает против учения Аристотеля–Парацельса. По его мнению, элементом можно считать вещество, которое не имеет составных частей и не может быть разложено. Как экспериментатор, Бойль разрабатывает новые методы очистки веществ, обнаруживает свойство лакмуса изменять свой цвет в растворах кислот и щелочей. Применяя лакмус, Бойль делит соли на кислые и щелочные. Его по праву можно считать основоположником аналитической химии.

В 1662 году Р. Бойль заинтересовался проблемами физических свойств газов, решив повторить наблюдения *Э. Торричелли*. Изучая физические свойства газовых смесей, Бойль открывает, что при постоянной температуре объем газа обратно пропорционален давлению:

$$P \cdot V = \text{const.}$$

В 1676 году независимо от Бойля эту же закономерность устанавливает французский ученый *Мариотт*, и закон получает название закона Бойля–Мариотта, хотя Бойль открыл его на 14 лет раньше.

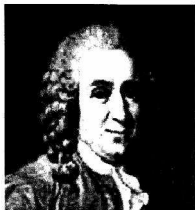
Вместе с другими естествоиспытателями Бойль стал организатором «Невидимой коллегии», которая, будучи сначала тайной,

в дальнейшем была преобразована в Королевское общество — Английскую Академию наук. Теоретические и экспериментальные работы Р. Бойля оказали решающее влияние на развитие химии как науки. Кроме того, им был выполнен ряд экспериментов по физиологии растений: проращивая семена тыквы, он стал сторонником водной теории питания растений.

Следует назвать еще одного ученого рубежа XVII—XVIII вв., ошибка которого сначала способствовала развитию химии, а затем долгое время тормозила. Это *Георг Эрнст Шталь* (1659—1734) — немецкий врач, основоположник анимизма, учения, согласно которому жизненные процессы не могут быть объяснены только на основании представлений о химико-механистических реакциях, без учета содействия «разумной души». Шталь вошел в историю химии как основатель теории *флогистона* (от греч. *флогистос* — «воспламеняющийся»). Согласно этой теории, все горючие тела, а также металлы содержат флогистон, который при обжиге теряется. Металлы при этом превращаются в окалины, а все тела — в «известы». Если эти «дефлогистированные» субстанции прокалить с углем (почти чистый флогистон), то они соединятся с ним и снова станут металлами или горючими телами. Флогистон может распространяться в воздух при горении, оттуда поступать в растения и от них при питании переходить к животным. В живых организмах, согласно Шталю, флогистон участвует в процессах брожения и дыхания. Положительным в этой теории было то, что она стала первой попыткой объяснения процессов горения с точки зрения окислительно-восстановительных реакций, а также понимания взаимосвязи между горением, брожением и дыханием. Пытаясь объяснить тот факт, что масса окалин металлов выше, чем масса самих металлов, Шталь утверждал, что масса флогистона отрицательная. Несмотря на ошибочность теории флогистона, она нашла поддержку у многих ученых, поскольку объясняла сущность процесса горения, которая была совершенно неизвестна. Хотя стоит отметить, что на ошибочность теории флогистона указывали ученые-современники Шталя, в частности *М.В. Ломоносов*.

В самом начале XVII века появляются микроскопы. Изобретение микроскопа обычно приписывают голландцам *Янсенам* — отцу и сыну. Однако скорее всего, впервые он был сконструирован Галилеем или физиком *Дреббелем*. Кем бы ни был создан микроскоп, он стал мощным инструментом в руках естествоиспытателей, способствовал углублению и конкретизации анатомических и физиологических представлений о живых организмах, позволил открыть микроорганизмы, не видимые невооруженным глазом человека.

Большое значение для развития ботаники и систематики растений в XVII веке имели работы немецкого натуралиста и философа **Иоахима Юнга** (1587–1657) – основателя научной морфологии растений. Он предложил выделить комплекс диагностических признаков, касающихся растения в целом и его «внутренней сущности», учитывая «гомологию» органов в частности. И. Юнг подробно описывает различные формы стебля, ветве- и листорасположения, многообразие листовых пластинок и соцветий, значительно совершенствует терминологию морфологии растений.



Джон Рей
(1627(28)–1705)

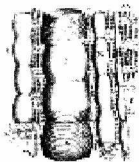
Английский натуралист **Джон Рей** (1628–1705) описывает множество растений, опираясь на терминологию Юнга. В 1672 году он публикует «Историю растений» в трех томах, где подразделяет весь растительный мир на 31 группу, некоторые из них близки к естественным группам, связанным общностью происхождения. Систематика Рея содержит четко выделенные таксономические группы: классы, роды, виды. Дж. Рей располагает свои «классы» в виде восходящего ряда в порядке усложнения организации. Его система была *дихотомической*, все растения он де-

лил на *тайнобрачные* и *цветковые*, цветковые – на деревья и травы и т. д. Хотя предложенное расположение было еще весьма несовершенным, в нем можно усмотреть зачатки того плодотворного подхода, который получил затем развитие в трудах **А. Жюссье** и **Ж.Б. Ламарка**. В качестве признаков классификации Дж. Рей использовал строение плодов, цветов и их расположение, форму и строение листьев, особенности корневой системы.

Французский ботаник **Жозеф Турнефор** (1656–1708) предложил *политомическую* систему с фиксированными таксонами надвидового ранга. Он также впервые последовательно использовал бинарную номенклатуру.

Англичанин **Роберт Гук** (1635–1703) одним из первых дал описание тонкой структурной организации растений, анатомического строения некоторых тканей, заметил наличие клеток. Несмотря на то что это были мертвые клетки пробки, хорошо заметные из-за толстой, пропитанной лигнином клеточной стенки, данное открытие имело огромное значение для понимания микроорганизации живых систем.

Еще более тщательные исследования проводил великий итальянский микроскопист *Марчелло Мальпиги* (1628–1694), который публиковал результаты в виде подробных и точных рисунков.



*Марчелло Мальпиги (1628–1694)
и его рисунок строения древесины*

Выдающийся талант Мальпиги позволил его современникам и всем потомкам узнать детальное строение тканей стебля: коры, древесины, сердцевины. Мальпиги писал о «пузырьках», «мешочках» — так он называл растительные клетки, но в науке остался тер-

мин, предложенный Р. Гуком, хотя он совсем не отражает сущности наименьшей структурно-функциональной единицы живого. Мальпиги обнаруживает сосудисто-волокнистые пучки, подробно изучает органы размножения растений, делает еще массу потрясающих открытий, которых мы коснемся ниже.

Развитие ботаники и особенно анатомии растений создавало предпосылки для зарождения науки о жизненных процессах, протекающих в растениях, — физиологии растений. Важную роль в ее появлении сыграло распространение в XVII веке экспериментальных, физических и химических методов для объяснения различных явлений в жизни растений. Первые попытки научного толкования вопроса о почвенном питании принадлежат французскому ремесленнику *Б. Палисси*: в 1563 году он объяснил плодородие почв наличием в них солевых веществ. В 1600 году голландский естествоиспытатель *Ян ван Гельмонт* (1577–1644) провел опыт, который принято считать первым физиологическим исследованием. Выращивая ивовую ветвь в сосуде с почвой в течение 5 лет, он отметил, что вес почвы не изменился, хотя ветка стала маленьким деревцем. На основании этого опыта Гельмонт сделал вывод о том, что своим ростом растение обязано не почве, а воде. В 1661 году Р. Бойль пришел к тем же выводам, проведя опыты с проращиванием семян тыквы. Важное наблюдение сделал М. Мальпиги, также описывая развитие семян тыквы. Он предположил, что именно в листьях, подвергающихся действию солнечного света, должна происходить переработка доставляемого корнями «сырого сока» в пригодный для растений

«питательный сок». Именно Мальпиги установил наличие в растениях восходящих и нисходящих токов и их непосредственную связь с процессом питания растений.

На рубеже XVII–XVIII вв. также интенсивно изучаются вопросы полового размножения растений. Английский ботаник *Неемия Грю* (1641–1712) описал тычинки, пыльцевые зерна, пестики, семяпочки, семена растений и высказал мнение, что тычинки и пестики имеют отношение к зарождению семян. Ясные и полные экспериментальные доказательства наличия пола у растений были приведены немецким ученым *Р. Камерариусом* (1665–1721). Прodelав множество опытов, он показал, что пыльники являются местом образования мужского семени, а завязь соответствует женским половым органам.

В XVII веке появляются работы по классификации животных. Среди них следует отметить исследования Дж. Рея, который делил животных (почти как Аристотель) на кровеносных и бескровных, применяя и к ним дихотомическую классификацию. Кровеносных Дж. Рей, в свою очередь, подразделял на легочнодышащих и жабернодышащих. Среди легочнодышащих он различал живородящих и яйцекладущих. Беспозвоночных (бескровных) Рей делил на мягкотелых, ракообразных, черепнокожих и насекомых. Подразделял он животных и на более мелкие таксономические единицы, учитывая различные особенности строения. Млекопитающих Дж. Рей делил на три группы: копытных, когтистых и плавающих.



Вильям Гарвей
(1578–1657)

Вопрос о движении крови у млекопитающих, и человека в частности, оставался неясным, общепринятыми были воззрения Галена, содержащие множество ошибок. Правильное понимание процесса кровообращения связано с именем знаменитого английского физиолога *Вильяма Гарвея* (1578–1657).

Родившись в богатой купеческой семье среди многочисленных братьев, Гарвей не стал купцом, а поступил на медицинский факультет Кембриджского университета, который успешно окончил в 1597 году. Уровень полученных им знаний не удовлетворил Гарвея, и он направился в Падую, где была лучшая меди-

цинская школа того времени, созданная А. Везалием. Учителем В. Гарвея стал *Джироламо Фабриций* (1537–1619), известный своими работами в области эмбриологии и кровообращения. В 1602 году В. Гарвей получил диплом доктора медицины Падуанского университета. В 1628 году он выпустил труд «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных». Гарвей установил, что сердце является центром системы кровообращения, его сокращения движут кровь по сосудам. Далее он полагал, что кровь переходит в полости тела, а затем снова собирается в вены. Точку в этом вопросе поставил гениальный наблюдатель М. Мальпиги, который обнаружил капилляры и указал, что через них связаны артерии и вены. Кроме того, Мальпиги тщательно изучил и подробно описал микроскопическое строение печени, легких, почек. Коснулся его пытливый взор и анатомии беспозвоночных, где он обнаружил органы выделения, по настоящее время носящие название «мальпигиевы сосуды».

Под впечатлением работы Гарвея Рене Декарт выдвигает идею о том, что процессы в нервной системе, центром которой является головной мозг, совершаются автоматически и не нуждаются в участии души. Основным биологическим трудом Декарта является «Описание человеческого тела», где он излагает свои представления о живых организмах. Декарт сравнивает их с машинами, совершающими сложные движения. В отличие от животных человек имеет душу, данную ему богом, которая, по Декарту, находится в шишковидной железе (эпифизе). Следуя этому принципу механицизма, Декарт описал работу глаза человека, рефлекторную дугу, работу конечностей.

Представление о механическом устройстве живых организмов, в котором есть место «насосам», «рычагам», быстро завоевывало умы естествоиспытателей XVII века, что привело к появлению *иатромеханики*, пытавшейся объяснить и свести сложные законы жизнедеятельности к простым законам механики. Из представителей этого направления следует отметить ученика Галилея *Джованни Борелли* (1608–1679). В 1671 году он публикует работу «О движении животных», где описывает механику хождения, бегания, плавания, прыгания, полета и дыхательных движений. Наряду с иатромеханическим развивается и *иатрохимическое* направление, основы которого были заложены еще Парацельсом в XV веке. К этому направлению относятся труды французского врача и химика *Франциско Боз* (1614–1672), пытавшегося в XVII веке создать химические представления о процессах пищеварения.

Совершенствование техники микроскопирования способствовало развитию гистологии и привело к открытию мира простейших и бактерий. Наряду с выдающимся микроскопистом М. Мальпиги XVII век и начало XVIII века — это время непревзойденного современни-



*Антони ван Левенгук
(1632–1723)*

ками и ближайшими потомками шлифовальщика линз, голландского мануфактурщика *Антони ван Левенгука* (1632–1723). Он не был даже натуралистом, имел собственную мануфактурную торговлю. Однако у Левенгука было странное хобби, из-за которого его считали немного «не в себе». Забывая о семье и друзьях, Антони Левенгук просиживал целые ночи напролет в своей странной лаборатории, вытачивая мельчайшие симметричные линзы, а затем наводя их на все, что под руку попадет. Рассматривая бычьи глаза, он восторгался тонким строением хрусталика, изучал микроскопическое устройство зубов, волос, нервов, крови. Левенгук первым увидел и описал сперматозоиды, эритроциты. А однажды, направив свои линзы на каплю дождевой воды, он увидел своих замечательных «зверюшек», впервые открыв мир простейших и бактерий для человечества. Свои наблюдения он направлял в адрес Английского Королевского общества, они обычно начинались так: «Перечень некоторых наблюдений, сделанных с помощью микроскопа, изобретенного мистером Левенгуком...» и т. д. А. Левенгук не терпел учеников, никому не передавал секретов своего мастерства, поэтому никому из его современников не удавалось увидеть так много подробностей из жизни его любимых «зверюшек», он же описывал не только их форму, но и способы движения и даже размножения.

Однако не у него, а у сотрудника Гарвея *Дж. Энта* впервые мы встречаем идею о том, что инфекционные заболевания могут вызываться этими мельчайшими организмами. Микроскопическое изучение простейших кроме Левенгука проводил его современник и соотечественник голландский ученый *Ян Сваммердам* (1637–1680),



Ян Сваммердам
(1637–1680)

но наибольших успехов он добился в изучении метаморфоза насекомых, строения нервной системы и других структур беспозвоночных. Его коллекция насекомых насчитывала около 3 тысяч видов, как местных, так и экзотических. В 1669 году вышла его первая большая работа «Всеобщая история насекомых». Сваммердам первым подробно описал морфологию и анатомию, образ жизни и элементы развития многих видов насекомых. Всех их он делил на группы в зависимости от особенностей развития. Ян Сваммердам внес существенный вклад в разработку методов анатомических и физиологических исследований, впервые

ввел окрашивание сосудов с помощью инъекций, сконструировал приборы для регистрации работы сердца, дыхательных движений, мышечных сокращений при раздражении нерва. Основной монографический труд ученого «Библия природы» был напечатан спустя 50 лет после его смерти.

Важное наблюдение сделал еще один голландец *Ренье де Грааф* (1641–1673). Он установил, что в женской половой системе также образуются яйцеклетки. Хотя за яйцеклетки Грааф принял фолликулы, которые получили название «*Граафовы пузырьки*», это открытие имело огромное значение для понимания процессов размножения млекопитающих и, в частности, человека.

Интерес к эмбриологии животных получил развитие еще в XVI веке. Весьма познавательные рисунки зародышей были выполнены Леонардо да Винчи. Итальянский ученый Джироламо Фабриций изучал развитие зародышей человека и разных животных: кролика, морской свинки, мыши, собаки, кошки, овцы, свиньи, лошади, коровы — и сравнивал зародышевое развитие животных между собой. Небольшой трактат по наблюдению за развитием зародышей был выпущен Р. Декартом (1648), где он описывал последовательность и способы образования некоторых органов.

В 1625 году итальянский ботаник *Джузеппе де Ароматари* (1586–1660) впервые формулирует теорию *преформации*, согласно которой в зародыше уже предсуществуют все части будущего организма. К таким выводам он приходит, изучая строение луковиц и семян, в которых находит зачатки органов высших растений. Свои доводы

Ароматари распространяет и на развитие животных. Подобная позиция уже в то время имела своих сторонников и противников. Противники выдвигали теорию *эпигенеза*, то есть образования всех частей организма вновь в ходе эмбриогенеза. Так как механизмы и движущие силы образования организма известны не были, ранние сторонники эпигенеза стояли на позициях *витализма*, предполагая наличие особой *жизненной силы*, способствующей развитию организма на начальных стадиях онтогенеза.

Важной вехой в истории эмбриологии стала книга В. Гарвея «О зарождении животных» (1651). Гарвей писал о новообразовании органов в процессе зародышевого развития, а также критиковал ученых, сторонников самозарождения живого из неживого, утверждая, что «все живое из яйца» — выражение, ставшее впоследствии афоризмом. В своей работе В. Гарвей высказался за эпигенетическое начало в развитии зародышей животных, однако рассматривал этот процесс с позицией витализма.

Интересные опыты, свидетельствующие против возможности самозарождения мух в гнилом мясе, выполнил в 1668 году итальянский врач и естествоиспытатель *Франческо Реди* (1626—1697). Он накрывал сосуд с гниющим мясом кисеей, и в нем не наблюдалось появления личинок мух, тогда как в открытом сосуде их было множество. Реди сделал вывод: личинки мух развиваются только из яиц, отложенных в мясо мухами. Однако эмбриология находилась еще в зачаточном состоянии, и эти блестящие опыты почти не привлекли внимания ученых.

Таким образом, начало XVIII века — века Просвещения — ознаменовано значительными успехами в развитии наук о живой природе. Натуралисты и натуралисты-путешественники накопили существенный материал о растительном и животном мире всех основных областей Европы и Азии. Ботаники предпринимали активные действия по систематике обширного количества описанных видов растений, пытаясь выработать единые принципы классификации. В зоологии те же проблемы решались более медленно, одна из наиболее удачных классификаций (Дж. Рей) мало чем отличалась от таковой у Аристотеля.

Внимание ученых все больше привлекают процессы жизнедеятельности как растений, так и животных, поэтому именно в XVII веке следует отметить появление настоящих физиологических направлений в исследованиях. Благодаря опытам Я. Гельмонта и Р. Бойля появилась «водная теория» питания растений и делались первые попытки ее дополнить. Пытливый натуралист М. Мальпиги

заметил, что для развития растений кроме воды необходим свет, способствующий образованию в листьях «питательного сока» из «сырого», поглощенного с водой из почвы.

Конструирование микроскопа и применение его в биологических исследованиях позволило открыть новый мир микроорганизмов, раскрыть анатомические особенности строения органов и тканей растений, увидеть эритроциты и сперматозоиды, рассмотреть капилляры и органы размножения растений.

Принципы иатромеханики позволили более правильно понять и описать процессы кровообращения, функции легких, особенности движения животных, иатрохимии — сделать попытки трактовать некоторые физиологические и патологические процессы как определенные химические реакции.

Появляются работы в области эмбриологии растений и животных. Наблюдение за развитием зародышей приводит к расшатыванию идей о самозарождении живых организмов из неживых объектов. Опыты Ф. Реди наносят первый, пока не смертельный удар по гипотезе самозарождения мух в гниющем мясе.

Глава 3.

Развитие химических и биологических наук в XVIII веке

В XVIII веке прежде всего продолжается становление химии как науки. Если в первой его половине еще господствует теория флогистона, то работы выдающихся химиков-экспериментаторов второй половины века приводят к ее неизбежному краху и открытию количественных законов в химии. Развитие химии в XVIII веке связано с именами таких великих ученых, как М.В. Ломоносов, *К.В. Шееле*, *Дж. Пристли*, *Г. Кавендиш*, *А.Л. Лавуазье*, *Ж.Л. Пруст*, *К.Л. Бертолле* и другие.



*Михаил Васильевич
Ломоносов (1711–1765)*

Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765) писал в 1752 году: «Изучение химии имеет двоякую цель: одна — усовершенствование естественных наук, другая — умножение жизненных благ». Как замечательно Ломоносов предугадал роль химии! Действительно, без знаний химии невозможно в полной мере понять ни физических, ни биологических процессов. А уж как преобразила химия быт человечества: и моющие средства, и строительные материалы, и упаковка, и ткани, и многое другое!

В России до середины XVIII века не было научного учреждения, где

можно было бы заниматься экспериментальными химическими исследованиями. Ломоносову с большим трудом удастся добиться постройки химической лаборатории при Петербургской АН, и то лишь потому, что он обязался выполнить исследования, имевшие для России важное практическое значение: разработать метод получения цветных стекол и рецептуру для изготовления русского фарфора. Обе задачи М.В. Ломоносов решил с блеском: получил цветные

стекла для мозаики и положил начало развитию русской фарфоровой промышленности, не уступающей немецкой. Благодаря своей практической деятельности Ломоносов имел возможность для проведения экспериментов, решающих фундаментальные теоретические задачи в области физической химии. Ломоносов расширил воззрения на природу тепла и холода, на процессы горения и сформулировал закон *сохранения массы веществ*. Причиной изменения температуры тел он считал изменение скорости движения молекул, их составляющих, тогда как среди ученых того времени бытовало представление о «теплороде» как особом виде материи. Таким образом, М.В. Ломоносов сформулировал молекулярно-кинетическую теорию природы тепла и холода и, исходя из ее положений, развил кинетическую теорию газов. Ломоносов одним из первых физикохимиков начал изучать химические процессы количественно. Он обратил внимание на то, что масса металлов увеличивается после их обжигания на воздухе, и предположил, что частицы металлов соединяются с частицами воздуха, причем именно с одной пятой массы воздуха. Ломоносов также сформулировал в наиболее общем виде закон сохранения материи и движения. Всю свою недолгую жизнь М.В. Ломоносов стремился к передаче своих знаний ученикам, активно участвовал в основании в 1755 году первого в России университета в Москве, который с 1940 г. носит его имя.



Карл Вильгельм
Шееле (1742–1786)

Существенно способствовали становлению химии как науки выдающиеся экспериментальные исследования шведского ученого Карла Вильгельма Шееле (1742–1786). Он открыл многие химические элементы: кислород (за два года до Дж. Пристли), хлор, марганец, барий, молибден, ванадий; выделил в чистом виде органические кислоты: винную, лимонную, щавелевую, молочную; получил серный ангидрид, сероводород, плавиковую и кремнефторводородную кислоты и многие другие соединения. К. Шееле показал, что железо, медь и ртуть имеют разные степени окисления (переменную валентность), выделил глицерин, получил синильную кислоту из берлинской лазури. Открыв кислород, Шееле назвал его «огненным воздухом», но не смог отойти от теории флогистона,

рассматривая кислород как антипод флогистона. В 1775 году К. Шееле, не имевший высшего образования (он был беден и не имел средств на учебу), был избран действительным членом Шведской АН, чего не случалось в истории науки ни до него, ни после.



*Джозеф Пристли
(1733–1804)*

Английский физикохимик Джозеф Пристли (1733–1804), в отличие от Шееле, был достаточно богат и имел прекрасную лабораторию. Однако у него было одно опасное увлечение — он активно участвовал в политической жизни, поддерживал французских революционеров, что сыграло в судьбе ученого роковую роль. В 1791 году его лаборатория и дом были полностью разрушены толпой реакционно настроенных англичан, а в 1794 году Пристли был вынужден покинуть Англию и уехать в Америку. Исследования Дж. Пристли по химии газов и особенно открытие вслед за Шееле кислорода подготовили почву для

поражения теории флогистона и наметили новые пути развития химии. Тщательно изучая воздух, Пристли обнаружил газ, не поддерживающий горения и дыхания, — углекислый, он назвал его «удушливый». Наблюдая за растениями, Пристли убедился, что они на свету поглощают «удушливый» газ, и при этом выделяется газ, поддерживающий горение и дыхание, — кислород. Пристли сообщил о своем открытии А. Лавуазье, который затем и поставил точку в теории флогистона, сам же Пристли так и не смог полностью оценить своего открытия.



*Генри Кавендиш
(1731–1810)*

Современник и соотечественник Дж. Пристли Генри Кавендиш (1731–1810) политикой не интересовался, и это не мешало ему стать одним из наиболее прогрессивных ученых конца XVIII века. Кавендиш унаследовал огромное состояние, доходы от которого почти целиком тратил на экспериментальные исследования. Областью его научных интересов были химия и физика газов, он занимался также проблемами астрономии и метеорологии. В 1790 году он опубликовал труд, в котором приводил вычисление гравитационной

постоянной Земли. Кавендиш разделял атомно-корпускулярные представления о строении материи и природе тепла и холода как результатах движения частиц, установил количественное содержание кислорода в воздухе — 20,84 %. Изучая взаимодействие металлов с разбавленной серной кислотой, наблюдал выделение водорода, назвав его «горючим воздухом». Исследуя свойства водорода, Кавендиш решил, что ему удалось наконец-то поймать неуловимый флогистон. Смешав чистый кислород и водород в отношении 1:2, Кавендиш наблюдал после громкой реакции образование капелек воды на стенках сосуда. Результат просто поразил ученого. Опыт был поставлен под сомнение многими современниками Кавендиша. Не отказываясь от теории флогистона, Кавендиш объяснил горение водорода в атмосфере кислорода как реакцию соединения «дефлогистированного воздуха» с флогистоном, приводящую к образованию воды. Исследование окисления водорода и установление продуктов его горения были эпохальными открытиями. Они увенчали работы Г. Кавендиша и вскоре послужили А. Лавуазье для экспериментального подтверждения созданной им новой кислородной теории горения.



*Антуан Лоран Лавуазье
(1743–1794)*

Антуан Лоран Лавуазье (1743–1794) по настоянию отца-адвоката успешно окончил юридический факультет Сорбонны в 1763 году, но ему с юности нравились естественные науки: геология, химия. Поэтому, еще будучи студентом, он посещал лекции по химии *Г. Руэля* — профессора химии Парижского университета. Он самостоятельно познакомился с трудами Р. Бойля, Г. Штала. В 1769 году Лавуазье вступил в Компанию откупов, вносящих налоги за бедные слои населения, а затем возвращающие себе деньги с большими процентами. Это позволило ему нажить большое состояние и оборудовать прекрасную химическую

лабораторию, но сыграло в его судьбе роковую роль. Самый крупный вклад Лавуазье в развитие химии XVIII века заключался в правильном понимании явлений горения. Основываясь на резуль-

татах работ К. Шееле, Дж. Пристли, М.В. Ломоносова, Лавуазье провел многочисленные количественные исследования процессов горения и восстановления веществ. Из опытов Ломоносова он знал, что при горении с веществами соединяется $1/5$ часть воздуха, а после доклада Дж. Пристли об открытии «дефлогистированного» воздуха (кислорода) А. Лавуазье понял, что эта часть и есть кислород. Когда в Париж приехал Г. Кавендиш с демонстрацией своего знаменитого опыта взаимодействия водорода и кислорода с образованием воды, Лавуазье утвердился в своих догадках. Теперь он стал рассматривать горение как процесс соединения веществ с кислородом. Так как при этом, он считал, образуется кислота, Лавуазье дал название этому газу — «кислород». Название «водород» (рождающий воду) тоже принадлежит Лавуазье, так как он первый понял состав воды. Своими опытами ученый также многократно подтвердил закон сохранения массы вещества при химических реакциях, сформулированный М.В. Ломоносовым. Открытия и теоретические выводы Лавуазье произвели революцию в химических понятиях и номенклатуре того времени. Простыми веществами теперь называли только те, которые не могли быть разложены, соединения веществ с кислородом получили обозначение окислов, «удушливый воздух» стал азотом. В названиях кислот стали применяться термины исходных элементов, и они приобрели те обозначения, которые нам известны (вместо купоросной — серная и т. п.). Впервые Лавуазье создает классификацию веществ, разделив их на три класса: кислоты — соединения кислорода с неметаллами; основания — соединения кислорода с металлами; соли — соединения кислот и оснований.

Вероятно, еще многое мог бы сделать 50-летний, полный сил Лавуазье, если бы не кровавый террор французской буржуазной революции. Якобинцы, начавшие в 1793—1794 гг. жестокую борьбу против ненавистных феодальных отношений, арестовали А.Л. Лавуазье вместе с другими членами Компании откупов. Всех их приговорили к смертной казни, и 8 мая 1794 года Лавуазье был гильотинирован. Мир потерял одного из величайших умов конца XVIII века.

Современником, соотечественником и коллегой А.Л. Лавуазье был К л о д Л у и Б е р т о л л е (1748—1822). Он был беден, работал во благо революции, которую встретил с восторгом. Бертолле получил газ хлор, дал ему название «зеленый», поскольку хлор — это газ зеленого цвета, и подробнейшим образом исследовал его свойства. Пропуская хлор через раствор едкого калия, он получил две соли: обычный хлорид калия и хлорат калия, содержащий много кислорода. Эта соль носит название бертолетовой. Бертолле случай-

но открыл ее взрывоопасные свойства, когда растирал в ступке. Ступка разорвалась в его руках, повредив ученому лицо и глаз. Открытие отбеливающих свойств хлора принадлежит Шееле, Бертолле же разработал методы использования этих свойств на практике, в частности для отбеливания тканей. Обнаружение газообразных хлористого и цианистого водорода, наличия у них кислотных свойств при растворении в воде послужило предпосылкой для создания в дальнейшем новой теории кислот, где определяющим становится водород, а не кислород. Так как революции необходимо было оружие, Бертолле организовал завод по выпуску селитры, получил «гремучее серебро» (азид серебра) для изготовления капсюлей к патронам и снарядам. Вместе с Лавуазье он участвовал в разработке новой химической номенклатуры. Наблюдая процессы кристаллизации солей, Бертолле высказал ошибочное предположение, что исходные продукты соединяются друг с другом в различных соотношениях в зависимости от их количества.

Совершенно иную точку зрения по этому вопросу отстаивал другой французский химик Жозеф Луи Пруст (1754–1826). Это явилось причиной знаменитого спора между двумя учеными: 8 лет химики, поделившись на два лагеря, спорили. Победу одержал Пруст, который с помощью точных исследований показал, что оксиды одного и того же металла имеют вполне определенный и постоянный состав. Таким образом, наиболее известным открытием Ж. Пруста

становится закон постоянства состава химических соединений.

В биологии XVIII век — это прежде всего эпоха великого шведского натуралиста **К а р л а Л и н н е я** (1707–1778). Его перу принадлежат труды, на которых основывалась вся систематика этого века, особенно система растительного мира: «Основания ботаники», «Философия ботаники», «Виды растений», «Роды растений», «Система природы» и другие. К. Линней получил медицинское образование в Упсальском университете и в молодом возрасте совершил путешествие по Лапландии, пройдя пешком около 700 км, собрал значительные коллекции и опубликовал свою



*Карл Линней
(1707–1778)*

первую книгу «Флора Лапландии». Весной 1735 года Линней прибывает в Голландию для защиты диссертации на медицинскую тему и остается здесь, печатает первые труды, содержащие в начальном виде его идеи об улучшении ботанической терминологии, системе растительного мира. В 1738 году он возвращается на родину, где вскоре получает титул «королевского ботаника», продолжая медицинскую практику. К. Линней принимает участие в создании Стокгольмской Академии наук и в 1742 году становится профессором ботаники в Упсальском университете, теперь он всецело отдает себя научной деятельности.

В «Видах растений» (1761) К. Линней описал 1260 родов и 7540 видов растений, выделив также разновидности. Линней делил растения на 24 класса, положив в основу деления строение тычинок и пестиков. Внутри классов он различал отряды по характеру строения пестиков. Ошибкой Линнея стало слишком пристальное внимание с его стороны к количеству тычинок и пестиков, тогда как первостепенное значение имеет общая морфология цветка, семени и плода. Система получилась искусственной, несмотря на всю проницательность ученого. К заслугам Линнея следует отнести окончательное установление бинарной номенклатуры: всем растениям и затем животным он дает двойное название — родовое и видовое. Линней сам осознает искусственность своей системы и создает новую, которая ему кажется ближе к естественной. Он распределяет растения по 65–67 порядкам (семействам) на основе общего сходства, и они оказываются более близкими к существующим в настоящее время семействам.

Принципы систематики изложены К. Линнеем в «Философии ботаники». Все естественные объекты он делит на три царства: камней, растений и животных. Камни растут, растения растут и живут, животные растут, живут и чувствуют. В данном случае Линней очень близок к Аристотелю и его характеристике «душ». Главным изобретением К. Линнея в систематике был *диагноз* — то есть краткое описание, которое позволяет отличить данный вид от всех остальных видов рода, род — от остальных родов порядка, порядок — от остальных порядков класса. Для составления диагноза Линней предлагал строгие правила, большинство из которых не утратили своего значения до настоящего времени.

К. Линней вел обширную переписку со многими учеными Европы, обменивался коллекциями и семенами растений. В частности, он поддерживал связи с российскими флористами, и в его коллекции были многие растения-эндемики Сибири. После смерти Лин-

нея его библиотека, рукописи и коллекции были переданы английскому натуралисту *Дж. Смит*у, который в 1788 г. основал в Лондоне «Линнеевское общество», существующее до настоящего времени как крупнейший научный центр.

Многие систематики растений в XVIII веке были убеждены, что в природе существует «естественный порядок», основанный на «сродстве» (сходстве строения). Так, французский ботаник *Мишель Адансон* (1727–1806) предлагал использовать для систематики целый комплекс признаков, не учитывая значимости отдельных из них. Он разработал коэффициент сходства: отношение сходных признаков к общему числу изученных признаков. Чем он выше, тем выше «сродство» растений. Систематика, основанная на коэффициенте сходства, получила название *нумеристической* и до сих пор успешно используется в систематике бактерий.

Наиболее близкой к естественной в ботанике XVIII века следует считать систему другого француза — *Антуана Лорана Жюссье* (1748–1836). В 1798 году в работе «Роды растений, расположенные согласно естественному порядку» он предложил свою классификацию растений. Система Жюссье содержала 65 классов, 100 порядков, приблизительно соответствующих нынешним семействам. Классы он объединяет в три большие группы: бессеменных, семенных однодольных и семенных двудольных. Жюссье считал необходимым тщательно анализировать признаки, выявляя наиболее важные, характерные, постоянные. В своей системе классы А. Жюссье помещает в линейном порядке.

Для развития ботаники огромное значение имели флористические исследования путешественников. Значительный вклад был внесен российскими флористами. *Иоганн Георг Гмелин* (1709–1755) выпустил «Флору Сибири», в которой описал 1178 видов растений, из них 500 новых, до этого науке не известных. *Степан Петрович Крашенинников* (1711–1755) путешествовал по Камчатке и издал «Описание земли Камчатской», *Петер Симон Паллас* (1741–1811), будучи профессором ботаники Петербургской Академии наук, написал двухтомный труд «Флора России». П.С. Паллас впервые высказал идею о том, что система не может быть линейной, а скорее имеет форму *древа*.



*Паллас Петер
Симон
(1741–1811)*

В области физиологии растений ученые XVIII века снова и снова возвращались к ошибочной водной теории питания растений. В 1763 году против нее решительно выступил М.В. Ломоносов. Другой русский ученый *Андрей Тимофеевич Болотов* (1738–1833) наметил основные принципы минеральной теории питания растений, подвергнув критике водную теорию, и разработал (до *Ю. Либиха*) приемы внесения в почву удобрений. Правильное понимание роли минеральных соединений в жизни растений обнаруживается также в работах Лавуазье, который выступает против теории водного питания растений. Научно-экспериментальные доказательства минерального питания растений были получены в самом конце XVIII века и в печати появились только в начале XIX века — в 1804 году, их автором был швейцарский естествоиспытатель *Никола Соссюр*.

Во второй половине XVIII века начинает развиваться гумусовая теория питания растений. Значение света и углекислого газа показано химиком Дж. Пристли, подтверждено женовским ботаником *Жаном Сенебье* (1742–1809) и голландским врачом *Яном Ингенхаузом* (1730–1799).

Зоологическая классификация К. Линнея («Система природы», 1735) была очень несовершенна, но использовалась зоологами этого времени. Заслугой Линнея можно считать введение четких таксономических подразделений: класс—отряд—род—вид. В пределах вида Линней признавал существование разновидностей. Он делил животных на 6 классов: млекопитающие, птицы, амфибии, рыбы, насекомые, черви. В класс амфибий он включил земноводных и рептилий, к классу червей отнес всех беспозвоночных, кроме членистоногих, которых, в свою очередь, объединил в один класс — насекомых. Все микроорганизмы он обозначил как «хаос». Наиболее несовершенной у Линнея была классификация беспозвоночных.

Система животных и система растений Линнея были искусственными, поскольку основывались на небольшом количестве произвольно выбранных признаков. Линней выдвинул *типологическую концепцию вида*, согласно которой существует идеальный тип вида, созданный Богом. Все отклонения (подвиды, разновидности) появляются под действием условий среды. Критерием вида, по Линнею, является его воспроизводимость в потомстве.

В XVIII веке появляются исследователи, уделяющие основное внимание не систематике, а изучению и описанию разных сторон жизни животных. Энциклопедический труд с такими описаниями, основами зоогеографии, идеями трансформизма создает выдающийся



Ж.-Л. Бюффон
(1707–1788)

естествоиспытатель XVIII века **Жорж Луи Леклерк де Бюффон** (1707–1788). Тридцать шесть томов «Естественной истории» вышли в период с 1749 до 1788 года. С их страниц Жорж Бюффон критикует систему Линнея. Первые три тома «Естественной истории» вышли под общим названием «Эпохи природы» в 1749 году. В первом содержалась история Земли, во втором — общая история животных, в третьем — естественная история человека. Последующие прижизненные тома «Естественной истории» посвящены описанию позвоночных животных. Бюффон был принципиальным

противником *диагнозов* Линнея. Он считал, что краткое описание не дает представления о животном. Описание животного, по Бюффону, должно содержать подробные сведения как об анатомии и физиологии, так и об образе жизни, поведенческих особенностях и практическом значении его для человека. Параллельно Ж. Бюффон высказывает идею о единстве плана строения позвоночных животных, пытается найти промежуточные формы между обособленными группами. Смелая для его времени идея о единстве строения животных предвосхитила работы **Э. Жоффруа Сент-Илера**, однако примеры промежуточных форм были весьма наивными и, конечно, далекими от истины. Так, Бюффон рассматривал пингвинов как промежуточную форму между рыбами и птицами, тюленей — между китами и наземными млекопитающими, летучих мышей — между птицами и млекопитающими. Бюффон впервые высказывает мысль о *трансформации видов* и называет основными причинами изменений влияние климатических условий и характера пищи. Анализируя деятельность человека по выведению новых пород домашних животных, Бюффон проводит аналогию искусственного отбора с процессами, происходящими в природе. Однако «теория трансформации» Ж. Бюффона еще не была эволюционной теорией. Он полагал, что многообразие животных возникло из немногих, уже достаточно высокоорганизованных видов путем дегенеративных изменений.

Французский физик и естествоиспытатель **Рене Антуан Реомюр** (1683–1757) подробно описал инстинкты насекомых в книге «Мемуары по истории насекомых». Его труд основан большей частью на собственных наблюдениях, в частности, за жизнью пчел. Регенерацию червей, метаморфоз насекомых изучал швейцарский натура-

лист и философ **Шарль Бонне**. В книге «Созерцание природы» он излагает свои философские взгляды. Применяя идею Аристотеля о «лестнице природы», Ш. Бонне выстраивает свою «лестницу существ». Все проявления природы Бонне рисует как непрерывную цепь с постепенными переходами. На вершине «лестницы» помещается Бог, затем человек, а основание формируют неделимые «монады». Ш. Бонне открыл *партеногенез* (развитие из неоплодотворенного яйца) у тлей и стал основоположником направления *преформизма* в эмбриологии XVIII века. Подробные экспериментальные исследования, впоследствии ставшие классическими, проведены и описаны швейцарцем **Абраамом Трамбле** (1710–1784). Они посвящены питанию, размножению и регенерации гидры.

В XVIII веке получили дальнейшее развитие микроскопические исследования простейших. Значительную работу провел датский ученый **Отто Мюллер** (1730–1784), который описал около 200 видов простейших. Также интерес представляет диссертационная работа **Мартина Матвеевича Тереховского** (1740–1796) 1775 года «О наливочном хаосе Линнея». В ней не только описывались не известные до этого микроорганизмы, но доказывалась ошибочность господствовавшего тогда учения **Джона Тербервила Нидхэма** (английский священник, 1713–1781) и поддерживавшего его Ж. Бюффона о самопроизвольном зарождении микроорганизмов.



*Ладзаро Спалланцани
(1729–1799)*

Между сторонниками и противниками идеи самозарождения микроорганизмов в XVIII веке развернулась ожесточенная полемика. Особенно острой она была между Дж. Нидхэмом и Ж. Бюффеном, с одной стороны, и **Ладзаро (Лаццаро) Спалланцани** (1729–1799) – с другой. В этот период более популярной была точка зрения о самозарождении жизни. Дж. Нидхэм, вообразивший себя ученым-экспериментатором, завоевал популярность в Англии и Ирландии сообщением о том, что микроскопические «животные» могут чудесным образом зарождаться в бараньей подливке. Он слил подливку, сняв ее прямо с огня, зак-

рыл сосуд пробкой и подогрел ее еще раз, чтобы убить всех попавших туда микробов. Дж. Нидхэм оставил бутылку постоять не-

сколько дней, затем открыл пробку и обнаружил там микроорганизмы. Нидхэм сделал вывод, что микробы самозародились в бараньей подливке. Результаты были доложены Английскому Королевскому обществу. Узнав об этом эксперименте, в далекой Италии с выводами не согласился Л. Спалланцани. «Откуда могли взяться маленькие животные в кипяченой подливке или в сенном отваре? Несомненно, Нидхэм недостаточно плотно закупорил бутылку!» — решил Спалланцани. Он тут же взялся за работу и установил, что если пузырьки запаять и прокипятить, то в отварах не появляется никаких микробов, как долго бы их ни хранили. Растерявшийся Нидхэм обратился за помощью к Ж. Бюффону, который тут же обвинил Спалланцани в том, что, запавав склянки, прокипятив их, он убил «производящую силу», находящуюся в воздухе или семенах. Спалланцани ответил серией оригинальных экспериментов, в которых доказал, что ни семена, ни воздух не обладают «производящей силой», а микробы никогда не появляются в отварах, если их туда не занести. Нидхэм и Бюффон вынуждены были отступить, гипотеза самозарождения даже микробов осталась недоказанной.



Альбрехт Галлер
(1708–1777)

Среди работ по микроскопической анатомии животных и человека конца XVIII века наиболее выдающейся, несомненно, являлась работа *Александра Михайловича Шумлянского* (1748–1795) 1782 года «О строении почек», заложившая основы анатомии нефрона.

Во второй половине XVIII века углубляются знания по физиологии животных. В 1757–1766 гг. выходят в свет «Элементы физиологии» швейцарского естествоиспытателя, профессора Геттингенского университета *Альбрехта Галлера* (1708–1777). Галлер изучал функции нервов, применяя искусственное раздражение их, исследовал механизмы дыхания и кровообращения, подробно описал строение и функции глаза и гортани человека.

В XVIII веке значительно углубляются сравнительно-анатомические исследования. Голландский ученый *Петрус Кампер* (1722–1789), проводя сравнительно-анатомическое изучение животных, указал на глубокое сходство в строении основных систем органов

человека и высших животных. Важные сравнительно-анатомические исследования принадлежат французскому ученому **Феликсу Вик-д'Азиру** (1748–1794). Он обратил внимание на единство структуры и функции органов. Особенно важными стали его исследования млекопитающих. Он впервые установил зависимость строения зубов млекопитающих от их образа жизни и особенностей питания. Наивысшего пика сравнительно-анатомические исследования достигают в конце XVIII века, и связаны они с именами двух выдающихся французских зоологов — **Жоржа Кювье** и **Этьена Жоффруа Сент-Илера**. Основные их достижения, а также их знаменитый спор, оказавший огромное влияние на развитие биологических наук, относятся к первой трети XIX века и будут рассмотрены ниже.

До середины XVIII века в зачаточном состоянии находилась эмбриология животных и растений. Ученые продолжали накапливать фактические данные о развитии организмов. По мере их накопления начали четко оформляться две основные концепции развития зародыша: *преформистская* и *эпигенетическая*. Преформисты полагали, что зародышевое развитие сводится к росту вполне сформировавшегося зародыша, уже предсуществующего в яйце или сперматозоиде. Исходя из этого, они разделились на «овистов» (считавших, что зародыш предсуществует в яйцеклетке) и «анималькулистов» (полагавших, что зародыш предсуществует в сперматозоиде). Сторонниками овистов были Ш. Бонне, Я. Сваммердам, а анималькулистов — А. Левенгук, Г. Лейбниц, А. Галлер.



*Шарль Бонне
(1720–1793)*

Одним из основных представителей преформизма стал **Шарль Бонне** (1720–1793), который считал совершенно невозможным появление зародыша из «бесформенного» зачатка. Как доказательство предсуществования зародыша Ш. Бонне использует открытое им явление партеногенеза у тлей. Для объяснения происхождения целого зародыша в яйце он формулирует «теорию вложенных зародышей», когда в яйцах эмбриона уже есть зародыши будущих поколений и т. д.

Сторонники эпигенетической концепции считали, что органы не предсуществуют, а образуются вновь. Важное значение

для развития концепции эпигенеза имели исследования российского эмбриолога, члена Петербургской Академии наук **Каспара Фрид-**

риха Вольфа (1733–1794). Вольф имел медицинское образование, которое получил в Берлине и Галле. В 1759 году он опубликовал диссертацию «Теория зарождения». Работа была встречена враждебно и подверглась резкой критике со стороны А. Галлера и Ш. Бонне. В первом разделе своей диссертации Вольф представил данные, что все части растений развиваются из верхушечной части осевого органа, которую он обозначил как «точку роста». Проследив стадии образования цветков, он понял, что цветы являются видоизменением листьев, предвосхитив тем самым учение о метаморфозе. Вторая часть работы Вольфа была посвящена развитию куриного эмбриона. Он проследил начало развития сердца и сосудов, а также процесс формирования конечностей. Вольф обнаружил первичные почки, которые в дальнейшем были названы в его честь *вольфовыми телами*, а их протоки — *вольфовыми протоками*. В 1766 году Вольф получил приглашение Петербургской Академии наук занять кафедру анатомии. Он принял предложение, и в 1768 году покинул Германию навсегда. В том же году Вольф представил Академии наук свою работу «Об образовании кишечника у цыпленка». На примере развития кишечника он установил принципы формирования органов из листовых пластинок, образующихся путем различных процессов разрастания, складывания и сворачивания (трубки, полости). Таким образом, К. Вольф заложил основы будущего учения о зародышевых листках. Работа была основана на тщательно выполненных опытах и обладала полной убедительностью. Существенные доводы против преформизма также содержали его работы по тератологии. Вольф готовил большой труд, посвященный «теории уродов», в котором хотел изложить систему своих эпигенетических представлений о развитии эмбрионов, но внезапная смерть помешала ученому осуществить его планы.

Идеи эпигенеза поддерживали некоторые ученые, современники К.Ф. Вольфа: Ж. Бюффон, русские — *С.Г. Забелин, Н. Амбодик-Максимович, А.Н. Радищев*. Однако большинство не разделяли взглядов Вольфа, его работы были не поняты и не приняты в XVIII веке. Несмотря на свою прогрессивность, теория эпигенеза была односторонней, так как предполагала развитие зародыша из бесструктурной массы и под влиянием факторов окружающей среды. И все же именно она подготовила почву для появления идей развития, эволюции.

В XVIII веке в основном господствовало мнение о неизменности видов, хотя некоторые ученые высказывали идеи о возможном «перерождении» видов, «дегенерации». Мысль о постепенном превра-

щении одних видов в другие в целом была чужда этому столетию. К. Линней, в молодости решительно отвергавший возможность изменения видов, в дальнейшем писал о том, что виды могут изменяться под влиянием климата и почвы, а также в результате гибридизации, формируя разновидности. Изменения растительных форм путем естественной гибридизации допускал А.Т. Болотов. Ж. Бюффон прямо высказывал мнение об изменяющем влиянии климата и гибридизации. Даже Ш. Бонне, отстаивавший позиции преформизма и неизменности видов, допускал, что паразитические черви произошли от свободноживущих. Идеи развития органического мира широко высказывались французскими философами-материалистами XVIII века *Д. Дидро*, *Ж.О. Ламетри*. В конце XVIII века обсуждение проблемы изменчивости видов находим в работах *Эразма Дарвина* (1731–1802, дед *Ч. Дарвина*). Он предполагал изменение видов под влиянием различных внешних условий, зародышевых вариаций, скрещивания, упражнения и неупражнения органов. При этом Э. Дарвин ссылается на образование рогов у оленя, хобота у слона, когтей у хищных животных и т. д.

В XVIII веке среди ученых была широко распространена уверенность в наследовании приобретенных под влиянием внешней среды признаков. Представление же об изменчивости ограничивалось констатацией фактов изменчивости среди низших систематических категорий (видов, родов), речь не шла об историческом развитии мира от низшего к высшему. Хотя еще со времен Аристотеля философы и ученые приходили к мысли, что все создания природы могут быть расположены в линейном порядке сообразно высоте их организации. Эта идея становится особо популярной в философии естествознания XVIII века. Ш. Бонне интерпретировал «лестницу существ» следующим образом: «Между самыми простейшими и совершеннейшими проявлениями природы существуют постепенные переходы так, что все тела составляют всеобщую непрерывную цепь». Основание «лестницы» у Ш. Бонне составляют монады, а ее вершину венчает высшее существо — Бог. В России представление о градации всех природных тел, о «лестнице существ» поддерживал А.Н. Радищев.

В преобразованной форме представления о градации нашли свое отражение в эволюционной теории Ж.Б. Ламарка, оформившейся в самом начале нового, XIX века.

Таким образом, «просвещенный век» накопил столь огромный фактический материал, что обобщения и поиски закономерностей становятся основной задачей следующего века. Этому способствова-

ли и оформившееся новое натурфилософское направление, особенно развитое в Германии, и мощные биологические научные школы: немецкая и французская.

Немецкая натурфилософия возникает в конце XVIII века как альтернатива грубому механицизму, господствовавшему в естествознании после возрождения философии Аристотеля и развития дуалистической концепции французскими и немецкими философами Р. Декартом, Ж. Ламетри, Г. Лейбницем. Наиболее выдающимися ее представителями были *И. Кант, Ф.В. Шеллинг, Л. Окен, И.В. Гете, Г.В. Гегель*.

Иоганн Вольфганг Гете (1749–1832) был известен не только как поэт, но и как успешный натуралист. Современники знали и применяли его *теорию метаморфоз* растений, оказавшую значительное влияние на развитие ботанической науки того времени. Главными идеями научного творчества И. Гете стали поиски общего типа строения живых существ. Он надеялся найти в природе исходную форму, давшую начало всем существующим растениям. Особенно удачными были работы Гете по сравнительной анатомии растений. Он пришел к выводу, что клубни картофеля являются видоизменениями побега, почка растения — зачаточный побег, цветки — видоизменения листьев.

Вершиной немецкой классической философии стали работы Георга Вильгельма Фридриха Гегеля (1770–1831). Его взгляды на природу изложены в книге «Философия природы» (1817). Гегель допускал возможность самозарождения и дальнейшего развития, но полагал, что, возникнув, организмы потом не изменяются. Каждое существо, по Гегелю, возникает независимо от остальных, целиком как оно есть. Жизнь организма держится на противоречии совершающихся в нем процессов — разрушительных и созидательных. В единстве этих противоположностей и заключается жизнь, нарушение единства ведет к болезни и гибели.

Немецкая натурфилософия оказала значительное влияние на воззрения и работы многих выдающихся ученых-биологов XIX века: Ж. Кювье, Э. Жоффруа, *П.Ф. Горянинова, М.А. Максимовича* и других.

Глава 4.

Научные обобщения. Интеграция наук. Создание единого взгляда на законы развития природы. Первая половина XIX века

Развитие химических наук в первой половине XIX века



*Джон Дальтон
(1766–1844)*

В первой половине XIX века исключительное значение для развития химии имели работы английского ученого *Джона Дальтона* (1766–1844). Дальтону удалось объединить лучшие черты атомистических представлений Р. Бойля, *И. Ньютона*, М.В. Ломоносова с новыми химическими воззрениями А.Л. Лавуазье. Так возникает новая атомистическая теория. Дальтон считал, что если вещества состоят из мельчайших частиц — атомов, то они тоже должны иметь массу. Приняв за единицу массу самого легкого элемента, водорода, Дальтон рассчитал относительные атомные массы азота, углерода, кислорода, серы и дру-

гих элементов. Используя атомистические представления и опираясь на закон постоянства химического состава веществ Ж. Пруста, Дж. Дальтон открывает *закон кратных отношений*: элементы находятся в веществах в определенных соотношениях. Молекулы соединений Дальтон называл «сложными молекулами». Большинство химиков сразу же восприняли основные положения Дальтона.

Дальнейшее развитие атомно-молекулярных представлений обнаруживается в работах французского физика-химика *Жозефа Луи Гей-Люссака* (1778–1850). Главной его заслугой в установлении химических закономерностей стало открытие законов простых объемных отношений при взаимодействии газов. Закон был открыт Гей-Люссаком опытным путем, объяснение закономерности предложено

позднее **А. Авогадро**. Благодаря Гей-Люссаку химики также избавились от неправильного взгляда на металлы и кислоты. Считалось, что при взаимодействии металлов с кислотами водород выделяется из соединения с металлом. Гей-Люссак показал, что водород происходит из кислоты. Таким образом, были установлены составы кислот, не содержащих кислорода: хлористоводородной, цианистоводородной, а кислотность стали связывать с присутствием водорода, а не кислорода. Гей-Люссак открыл элементарный характер хлора, создал много новых методов анализа, усовершенствовал многие технологические процессы.

Большинство химиков в этот период были экспериментаторами, их работы быстро получали признание современников. Совсем иначе



*Амедео Авогадро
(1776–1856)*

сложилась судьба итальянца **Амедео Авогадро** (1776–1856), предпочитавшего теоретические размышления работе в лаборатории. Простые объемные отношения при реакциях между газами Авогадро объяснил, предположив, что в равных объемах различных газов должно находиться одинаковое число мельчайших частиц. Авогадро также высказал идею о том, что газообразные вещества состоят из молекул, относительное расположение которых зависит от давления и температуры. На основании этих положений Авогадро пришел к следующему

умозаключению: если объемы двух газов при одинаковых давлении и температуре равны, то можно предположить, что в каждом из этих объемов независимо от состава газа или пара будет содержаться одинаковое число молекул. Идеи Авогадро не получили признания современников, лишь в конце XIX века немецкий физикохимик **Вальтер Нернст** рассчитал число молекул в определенном объеме газа при постоянной температуре, назвав его *числом Авогадро*. Основной причиной непонимания современников явилось то, что ученые не могли отчетливо осознать различия между понятиями «атом» и «молекула».

В то же время это была эпоха открытия новых элементов и новых методов в химии. Английский ученый **Гемфри Дэви** (1778–1829), пропуская электрический ток через едкий калий и натрий, получил эти металлы в чистом виде, что ранее не удавалось никому. С помощью открытого им метода *электролиза* Дэви получил барий, кальций, стронций, магний.



*Майкл Фарадей
(1791–1867)*

Учеником Дэви стал выдающийся физико-химик **Майкл Фарадей** (1791–1867), работы которого создали предпосылки для развития электротехники, выявления связей между электрическими и химическими явлениями. Большинство его открытий относятся к области физической химии и физике. Они стали основой для конструирования генераторов, электромоторов, трансформаторов и других электроприборов. Изучая явления магнетизма, Фарадей впервые показал, что магнитные свойства присущи не только железу, но являются общими свойствами веществ. Подразделив все соединения на парамагнетики и диамагнетики, он разработал предпосылки для создания магнетохимии. Для развития химии наибольшее значение имели открытые М. Фарадеем (1834) законы электролиза, а также работы по органической химии и химической технологии. В 1825 году Фарадей исследовал побочные продукты коксования каменного угля и выделил бензол, изобутилен. Он разработал состав борсиликатного стекла для изготовления оптических линз.



*Йенс Якоб
Берцелиус
(1779–1848)*

Открытие новых элементов, веществ органической природы требовало систематизации и осмысления. Оказалось, что между органической и неорганической материей нет существенных различий, и это подтверждало положение о единстве мира. Наиболее выдающимся теоретиком-химиком, бывшим еще и блестящим экспериментатором, стал **Йенс Якоб Берцелиус** (1779–1848). В 1806 году он опубликовал первый том «Животной химии», ставшей первым учебником по органической химии. Вклад Берцелиуса в химические науки трудно переоценить, его деятельность оказала решающее влияние на их развитие. Берцелиус значительно усовершенствовал атомистическую теорию Дальтона, подтвердил закон кратных отношений проведением фундаментальных экспериментов. Анализу были подвергнуты 2000 соединений, образованных 43 элементами. Результатом этих работ

было усовершенствование старых и создание новых приборов, развитие техники лабораторных работ. Значительным достижением Берцелиуса стало также создание таблицы атомных масс. Первую таблицу он опубликовал в 1814 году, создав предпосылки систематизации элементов на основе их атомных масс. Существенное значение для превращения химии в точную науку имело усовершенствование Берцелиусом химической номенклатуры и создание им символики, близкой к современным обозначениям элементов и их соединений.

Берцелиус также открыл несколько новых элементов: церий, селен, торий, ванадий, выделил в чистом виде элементы, оксиды которых уже были известны: кремний, цирконий, титан, тантал. Он усовершенствовал многие методы органического анализа. Установив, что винная и виноградная кислоты имеют одинаковый атомный и процентный состав, Берцелиус открыл явление *изомерии*. В 1836 году он ввел в науку понятие о *катализе*, ему также принадлежит честь открытия *полимерии*.

Открытие в первой половине XIX века большого числа новых элементов, новых свойств соединений позволило химикам приступить к изучению принципов систематизации химических элементов. Этими вопросами занимался немецкий химик *Иоганн Вольфганг Деберейнер* (1780–1849). Он сгруппировал многие элементы и соединения различных классов по их свойствам. Элементы он разделил на «триады» по аналогии свойств: кальций, стронций, барий; бром, йод, хлор; сера, селен, теллур; литий, натрий, калий и т. д. Причем разности масс каждых двух элементов в триаде, по Деберейнеру, примерно постоянны и равны. Обнаружение количественных отношений при сопоставлении свойств химических элементов стало его особенной заслугой. Эти работы подготовили почву для создания *Д.И. Менделеевым* и *Л. Мейером* периодической системы элементов. В 1822 году Деберейнер сообщил о каталитических свойствах металлов, наиболее сильно проявляющихся у платины. Он был также выдающимся химиком-технологом, усовершенствовавшим крашение тканей, пивоварение, виноделие. Деберейнер организовал в Германии крахмально-платочное производство, разработал оригинальные способы получения стали и топливного газа, ценных оптических стекол, укуса.

Значительным событием в развитии химии стало открытие *Эйльгардом Мичерлихом* (1794–1863) явления *изоморфизма*. Исследуя в 1819 году фосфаты и арсенаты, Мичерлих установил, что «вещества различной химической природы во многих случаях могут обнаруживать одинаковые или, по меньшей мере, очень близкие кристал-

лические формы». Кроме изоморфизма Мичерлих открыл явление *полиморфизма* и объяснил строение манганата, перманганата и селеновой кислоты. В первой половине XIX века бурно развивается органическая химия. Из работ Мичерлиха в этой области особенно важное значение имело исследование образования диэтилового эфира из этанола (1834). Мичерлих синтезировал нитробензол и другие производные бензола, объяснил процесс расщепления тростникового сахара на глюкозу и фруктозу. По предложению Мичерлиха его ассистент **А. Троммер** разработал известный способ обнаружения сахаров, получивший названия *реакции Троммера*.

В 1811 году в Петербурге **К.С. Кирхгоф** открыл реакцию каталитического действия кислот и амилазы на гидролиз крахмала. Эта работа положила начало изучению ферментов, биологических катализаторов, и легла в основу первого промышленного процесса получения патоки и глюкозы из крахмала с применением катализаторов. В 1819 году **Т. Гротгус** открыл основной закон фотохимии, согласно которому *только тот свет, который поглощается веществом, может вызвать химические превращения в нем*. С 1835 по 1842 год **Г.И. Гесс** провел систематические термохимические исследования, приведшие к открытию в 1840 году основного закона термохимии: *тепловой эффект химического превращения определяется лишь начальным и конечным состоянием системы и не зависит от ее промежуточного состояния*. Гесс не только открыл основной закон термохимии, доказав его экспериментально, но и использовал его в качестве руководящего начала для расчета энергетических балансов физико-химических процессов. Совместно с **М.Ф. Соловьевым**, **С.Я. Нечаевым**, **П.Г. Соболевским** он разработал русскую номенклатуру химических соединений, основы которой сохранились до настоящего времени. В области неорганической химии в России крупную работу выполнил **К.К. Клаус**. В 1844 году он открыл новый химический элемент — металл платиновой группы, который назвал *рутением*.

Успешно в первой половине XIX века развивалась в России и органическая химия. Профессор Петербургского университета **А.А. Воскресенский** в 1839 году открыл хинную кислоту и хиноилихинон, что было важно с практической точки зрения, так как многие красители имеют хиноидное строение. Академик **Ю.Ф. Фрише** в 1838—1839 гг., окисляя мочевую кислоту, получил *уроксин*, в дальнейшем получивший название *аллоксантин*, который применяется до настоящего времени как лекарственное средство. В 1867 году он впервые получил *антрацен*.



*Николай Николаевич
Зинин (1812–1880)*

Классические исследования по органической химии были выполнены *Николаем Николаевичем Зининым* (1812–1880). Он разработал новую общую реакцию восстановления нитросоединений в амины, которая нашла широкое применение в органическом синтезе и анилинокрасочной промышленности. Это была знаменитая реакция Зинина восстановления нитробензола в анилин с помощью сероводорода. В 1853–1854 гг. Зинин, изучая нитроглицерин, показал возможность технического применения этого соединения как сильнейшего взрывчатого вещества.

Успехи органической химии первой половины XIX века связаны также с немецкой химической школой, выдающимися представителями которой, несомненно, стали *Фридрих Велер* (1800–1882), Юстус фон Либих (1803–1873), *Фридрих фон Рунге* (1794–1867). В 1824 году Велеру удалось получить щавелевую кислоту при помощи гидролиза дициана. А в 1828 году он синтезировал мочевины из цианида аммония. Особое значение этого опыта заключалось в том, что, во-первых, это был пример изомерии, а во-вторых, он наносил мощный удар по витализму, так как показывал, что нет пропасти между органическими и неорганическими соединениями. Вклад в органическую химию Ю. Либиха сравним со значением работ Берцелиуса для неорганической химии. В работе 1838 года «О конституции органических кислот» Либих изложил основы созданной им теории кислот и высказал свои соображения о природе основности. В 40-е годы Либих увлекся вопросами питания растений, стал приверженцем минеральной теории. Результатом этой деятельности было введение в немецкое сельское хозяйство в 50-х годах XIX века химических удобрений и создание предприятий по производству этих удобрений (суперфосфата, сульфата аммония). Работы в области органической химии в XIX веке были тесно связаны не только с вопросами сельского хозяйства, но и с нуждами промышленности и медицины. Ф. фон Рунге обнаружил расширяющее действие экстрактов белены, красавки и дурмана на зрачки и выделил действующее начало — алкалоид *атропин*. Также ему принадлежит честь выделения *кофеина* и *хинина*. Впоследствии эти вещества стали использоваться для технического синтеза органических красителей. Большое практическое значение имели

работы Ф. фон Рунге по перегонке каменноугольной смолы и выделению смеси, содержащей анилин, хинолин и фенол. В начале 40-х годов он получил торфяную смолу и выделил из нее *парафины*. Химический синтез анилина провел Н.Н. Зинин, его промышленное производство впервые началось в Англии после работ *А.В. Гофмана*.

Таким образом, успехи химии, превращение ее в точную науку, совершенствование методов органического анализа, возникновение органического синтеза и применение его для образования органических соединений из неорганических обусловили бурное развитие биологических наук в XIX веке, способствовали победе над витализмом и креационизмом.

Развитие биологических наук в первой половине XIX века



*Жан Батист
Ламарк (1744–1829)*

В самом начале XIX века одним из наиболее выдающихся событий стал выход в свет «Философии зоологии» Ж.Б. Ламарка (1809). Возникнув на рубеже XVIII и XIX столетий, эволюционная концепция Ж.Б. Ламарка явилась итогом воззрений передовых натуралистов и философов XVIII века, пытавшихся осмыслить идею эволюции органического мира.

Жан Батист Ламарк (1744–1829) принадлежал к старинному аристократическому, но обедневшему роду. Он был одиннадцатым ребенком в семье. Большинство его предков были военными. Для обучения Жана Батиста в военном колледже у семьи не хватало средств, и его отдали в иезуитскую школу для подготовки в священники. В 1761 году Ламарк все же вступает в армию и участвует в Семилетней войне. Уйдя в отставку в 1768 году, он направляется в Париж и начинает учебу на медицинском факультете Сорбонны. Главным предметом его внимания становится ботаника, а одним из первых научных трудов — «Флора Франции» в трех томах (1778), получившая одобрение маститых профессоров ботаники. В этой работе впервые были использованы дихотомические определительные таблицы (ключи), состоящие из *тез* и *антитез*. Этот принцип оказался очень удобным и

применяется до настоящего времени. В 1779 году Ламарк начинает работать в Королевском ботаническом саду в Париже и становится домашним учителем сына Ж. Бюффона. В 1793 г. Ботанический сад реорганизуется в Национальный музей естественной истории. Свободного места на кафедре ботаники не было, и Ламарк становится профессором, возглавив кафедру зоологии беспозвоночных, причем термин «беспозвоночные» был предложен самим Ламарком. В 1798—1799 гг. выходят в свет его обширные исследования по зоологии беспозвоночных. Наконец, в 1809 году публикуются 2 тома «Философии зоологии», в которых Ламарк изложил основные положения своей теории.

Ламарк, как и большинство ученых XVIII века, в философских воззрениях придерживался деизма. Он признавал творца как некое активное начало, «первопричину» материи и движения, обусловившую развитие и гармонию мира. Затем мир развивался по собственным естественным законам на основе строгих причинно-следственных связей. Ламарк решительно отвергал витализм, придерживался идеи самозарождения жизни в ее простейших формах из неживого. Жизнь он считал особым явлением, причиной которого становится проникновение в неживую материю «флюидов» и образование самых примитивных организмов. Доказательством эволюции Ж.Б. Ламарк считал наличие градации от простых до самых сложных организмов с присутствием промежуточных форм между ступенями градации. В этом он усматривал историю развития жизни. Приняв принцип градации за основное доказательство эволюции, Ламарк обнаружил, что процесс ступенчатого повышения организации может быть прослежен лишь при сопоставлении крупных таксономических подразделений — классов. Внутри же классов правильной градации нет, она нарушается наличием частных приспособительных признаков, связанных с адаптацией к разнообразным внешним условиям.

Впоследствии Ламарк пришел к мысли, что соотношение между организмами нельзя выразить в форме единого прямого ряда. Он разветвляет кое-где схему восходящего ряда живых существ, вследствие чего она разбивается и начинает приближаться к родословному дереву. Однако Ламарк продолжает считать градацию отражением основной тенденции развития природы и где только возможно располагает формы животных и растений в иерархическом порядке. Описывая различные классы животных, Ламарк отмечает наличие переходных форм между ними. Стремясь во что бы то ни стало обнаружить переходные формы между всеми звеньями своей «лестницы существ», он часто допускал серьезные ошибки. Так, пере-

ходными формами между птицами и млекопитающими он считал утконоса и ехидну, между рептилиями и птицами — черепах, змеи и угри связывали у него рептилий с рыбами. Заключение о том, что между всеми видами имеются плавные, незаметные переходы и надо отыскать их среди множества существующих форм, по Ламарку, должно было стать убедительным аргументом в пользу его концепции эволюции органического мира. Это привело ученого к отрицанию видов, поскольку, по его мнению, виды изменчивы, текучи, и реальных границ между ними нет. Природа, по Ламарку, представляет собой непрерывную цепь изменяющихся индивидуумов, а систематики искусственно ради удобства разбивают ее на отдельные группы.

Главным фактором эволюции, согласно Ламарку, является при-
сущее живой природе постоянное стремление к усложнению и совершенствованию организации. Ламарк полагал, что градация живых существ выражает собой общий порядок природы, «насаждаемый верховным творцом всего сущего». Есть, правда, попытка и материалистической трактовки причин эволюции — как следствия «нарастающего влияния движения флюидов», имеющая в общей эволюционной концепции Ламарка подчиненное значение.

Вторым фактором эволюции, по Ламарку, определяющим приспособительную дифференцировку видов и нарушающим правильность градации, является окружающая среда. Именно внешней средой определяется состояние видов: пока она не изменяется, виды постоянны, как только стала иной, виды также меняются. В зависимости от организации живых существ Ламарк различал две формы приспособительной изменчивости видов под влиянием внешних условий. Растения и низшие животные изменяются под непосредственным воздействием среды через поступающие в них флюиды. Изменения высших животных происходят опосредованно. Сколько-нибудь значительная перемена во внешних условиях приводит к изменению потребностей, изменение потребностей влечет за собой изменение привычек, направленных на удовлетворение потребностей, изменение привычек ведет к употреблению или неупотреблению тех или иных органов. Изменения, приобретенные в результате употребления или неупотребления органов, передаются по наследству. Эти два положения Ламарк назвал законами. Первый закон упражнения и неупражнения органов Ламарк иллюстрировал многочисленными примерами. Наследование благоприобретенных признаков, очевидно, казалось Ламарку настолько бесспорным, что

он не считал необходимым приводить какие-либо доказательства его реальности.

Будучи недостаточно обоснованной, теория Ламарка не смогла противостоять господствовавшим креационистским взглядам. В результате в первые десятилетия XIX века его учение не получило признания. Положения Ламарка появились слишком рано, чтобы быть услышанными, идеи трансформизма еще только-только набирали силу. На смену механистическому мышлению XVIII века приходит тенденция рассматривать мир как единый процесс исторического развития.

В то время как первая эволюционная теория Ж.Б. Ламарка осталась непонятой и практически незамеченной современниками, главные события, оказавшие наибольшее влияние на развитие эволюционных идей, разворачивались в области сравнительно-анатомических исследований. Значительные успехи в первой трети XIX века здесь связаны с именами выдающихся французских зоологов Ж. Кювье и Э. Жоффруа Сент-Илера.



Жорж Кювье
(1769–1832)

Ж о р ж К ю в ь е (1769–1832) работал в трех областях: сравнительной анатомии, систематике животных и палеонтологии. И во всех трех он достиг потрясающих результатов, навсегда вписавших его имя в историю науки. В сравнительно-анатомических исследованиях Ж. Кювье формулирует принцип корреляции частей: «Всякое организованное существо образует целое, единую замкнутую систему, части которой соответствуют друг другу и содействуют путем взаимного влияния одной конечной цели. Ни одна из этих частей не может измениться без того, чтобы изменились другие».

Идею корреляции Кювье использовал для объяснения взаимоотношений организмов в природе и для построения «естественной системы животных», в которой он выделил четыре ветви, названные им главными формами, или общими планами строения. Позже их стали называть *типами*. Эти четыре плана строения Кювье обозначил как «позвоночные», «моллюски», «членистые», «лучистые». Он считал, что планы строения резко отличаются друг от друга, между ними нет переходных форм, они не могут быть связаны общностью происхождения. Кювье не ограничивался изучением современных ему форм, он изучал также иско-

паемые останки вымерших животных и стал одним из основоположников палеонтологии как науки. Опираясь на свой принцип корреляции, Кювье оказался в состоянии восстановить внешний облик многих вымерших животных: динозавров, тираннозавров и др. Исследование ископаемых останков неоспоримо свидетельствовало о том, что многие животные ныне на Земле нигде не встречаются. Чтобы объяснить эти факты, Кювье, не любивший гипотез, прибегает к самой неудачной из них, причем именует ее теорией — *теорией катастроф*. Подробно Кювье изложил ее в предисловии к книге «Исследование костей», в 1821 году это предисловие вышло отдельной брошюрой под названием «Рассуждение о переворотах на поверхности земного шара». Кювье предполагал, что на Земле периодически происходили катастрофы, в которых гибло значительное количество существ, затем опустошенные территории вновь заселялись новыми видами. При этом Кювье не считал, что происходило творение новых, ранее не существовавших видов. По его мнению, виды переселялись и занимали другие места, где их ранее не было. Колоссальный фактический материал по сравнительной анатомии и палеонтологии, сведенный в «естественную систему», а также методы Кювье послужили великолепной базой для дальнейшего развития зоологии и палеонтологии, представили убедительный доказательный материал для эволюционной теории Ч. Дарвина, хотя сам Кювье отвергал эволюцию.



Этьен Жоффруа
Сент-Илер
(1772-1844)

На иных теоретических позициях стоял Этьен Жоффруа Сент-Илер (1772–1844). Он считал, что «природа создала все существа по одному плану строения, одинаковому в принципе, но бесконечно варьирующемуся в деталях». Жоффруа называл концепцию о единстве типа строения *теорией аналогов*, хотя принцип аналогии скорее соответствовал понятию гомологии. Например, он сравнивал руку человека, передние конечности лошади, крыло птицы и другие гомологичные органы.

Жоффруа разработал два принципа сравнительной анатомии животных: принцип «коннексий» и принцип «уравновешивания органов».

Принцип «коннексий» (взаимосвязи) частей означает, что гомологичные части всегда располагаются одинаково относительно смежных частей. Жоффруа считал, что «орган скорее будет изменен, атрофирован, уничтожен, нежели перемещен». Принцип работает и по настоящее время, оставаясь важным критерием гомологизации. Теория аналогов, несмотря на ее несовершенство, была полезной для разработки эволюционного учения и построения филогенетической системы животных.

Принцип «уравновешивания органов» Жоффруа позаимствовал у Аристотеля. Согласно ему, орган достигает своего полного развития только за счет недоразвития другого органа из его системы или системы, смежной с его. В настоящее время данный принцип сохраняет свое значение в более сложной форме.

В 1820 г. Жоффруа Сент-Илер опубликовал статью, где изложил некоторые доказательства единства плана строения рыб и наземных позвоночных: он обнаружил гомологию слуховых косточек и жаберных дуг, нашел в скелете рыб гомолог ключицы. Одновременно энтомолог *Пьер Латрель* (1762–1833), занявший кафедру зоологии беспозвоночных Национального музея после ухода большого Ламарка, проделал большую работу по доказательству единства плана строения членистоногих, установив гомологии различных частей ротового аппарата у представителей разных отрядов насекомых.

Жоффруа был убежден в трансформации органических форм, многообразие животных при общем плане строения он объяснял влиянием окружающей среды. Изменения окружающей среды, по Жоффруа, влияют на эмбрионы, вызывают перераспределение материала и ведут к модификации исходного плана строения. Свои взгляды он попытался подтвердить экспериментально, воздействуя на куриные эмбрионы температурой и изменением газового состава воздуха. В результате были получены уроды, которых Э. Жоффруа считал результатом трансформации исходной формы. Особенно активно он отстаивал свои взгляды в 30-е годы. Различие в научных воззрениях Кювье и Жоффруа привело к их столкновению на знаменитом диспуте в Париже в 1830 году. Поводом послужило сообщение ассистентов Жоффруа Лорансе и Мейрана о развитии сепии. Они утверждали, что если представить себе сепию позвоночным животным, «туловище которого перегнуто вдвое так, что таз оказался на уровне затылка, то получается совершенное подобие расположения внутренних органов сепии и позвоночного». Отсюда делалось заключение о единстве плана строения позвоночных и беспозвоночных. Кювье обрушился с критикой на эти положения, утвер-

ждая наличие четырех обособленных планов строения. Спор продолжался в течение восьми месяцев и вышел далеко за стены Парижской Академии наук. Формально он касался специальных вопросов морфологии животных, фактически же это был спор об эволюции или постоянстве видов. Жоффруа Сент-Илер не смог представить убедительные доводы в пользу единого плана строения всех животных, и победу в споре одержал Ж. Кювье. Исход диспута нанес идее эволюции весьма ощутимый удар и продлил господство креационизма еще на 30 последующих лет.



Карл Максимович

*Бэр
(1792–1876)*

Одним из важнейших обобщений биологии начала XIX века явилось учение о параллелизме онтогенетических стадий и ряда животных форм. Обнаружение различных типов строения животных подорвало учение о «лестнице существ» и теорию единого плана строения. Теория типов, пришедшая на смену этим концепциям, изменила подход к явлению параллелизма. Наиболее глубокую критику прежних взглядов на параллелизм представил российский эмбриолог *Карл Максимович Бэр* (1792–1876).

Бэр отверг положение о том, что эмбрион проходит в своем развитии через всю «лестницу» животных форм, противопоставив ему свой вывод: эмбрион никогда не переходит из одного типа в другой. Опираясь на свои эмбриологические исследования, Бэр убедительно показал, что эмбрионы вышестоящих форм никогда не воспроизводят сколько-нибудь полно облик ниже организованных взрослых животных.

Эмбриология животных в начале XIX века достигает значительных успехов в своем развитии. В 1817 году вышло в свет сочинение русского эмбриолога, палеонтолога и анатома *Христиана Пандера* (1794–1865) «Об истории превращения насиженного яйца в течение первых пяти дней». Пандеру принадлежит начальное понятие о зародышевых листках. Он обнаружил, что вначале в зародыше цыпленка появляются два «слоя» — серозный и слизистый. Далее из серозного слоя развивается стенка тела, а из слизистого — кишечник. К. Бэр, изучая эмбриональное развитие птиц и млекопитающих, в 1827 году сделал важное открытие: он обнаружил яйцеклетки в яичниках млекопитающих и человека. Раньше за них прини-

мали фолликулы на поверхности яичника — Граафовы пузырьки. Бэр подтвердил и уточнил наблюдения Пандера, показав, что зародыш на ранних стадиях разделяется на два листка: серозный и слизистый, между которыми вскоре закладывается средний — сосудистый листок. Проследив все стадии развития зародышей многих животных, Бэр выделил четыре основных типа развития: трубчатый (у позвоночных), удлинённый (у членистых), массивный (у моллюсков) и периферический (у лучистых). При эмбриональном развитии, по Бэру, признаки типа появляются очень рано, затем появляются признаки класса, отряда, рода и наконец вида. Чем моложе зародыши данного типа, относящиеся к разным классам, тем больше они сходны между собой. Это явление К. Бэр назвал *законом зародышевого сходства*.

В первой трети XIX века начинает утрачивать свое значение линеенская систематика, и ученые обращают внимание на работы по систематике Ж.Б. Ламарка, Э. Жоффруа Сент-Илера и Ж. Кювье. Ж.Б. Ламарк основательно пересмотрел классификацию К. Линнея и разделил всех животных на две основные группы: позвоночные и беспозвоночные. Впервые достаточно хорошо для своего времени были систематизированы беспозвоночные, но главной заслугой Ламарка стало деление животных на уровни организации и расположение их от низших форм к высшим. У беспозвоночных Ламарк выделил четыре степени организации, у позвоночных — две.

Беспозвоночные

Первая ступень

1. Класс **Инфузории**

2. Класс **Полипы**

Вторая ступень

3. Класс **Лучистые**

4. Класс **Черви**

Третья ступень

5. Класс **Ракообразные**

6. Класс **Кольчецы**

7. Класс **Усоногие**

8. Класс **Моллюски**

Четвертая ступень

9. Класс **Паукообразные**

10. Класс **Насекомые**

Позвоночные

Пятая ступень

11. Класс **Рыбы**

12. Класс **Рептилии**

Шестая ступень

13. Класс **Птицы**

14. Класс **Млекопитающие**

Позже Ламарк выделил еще 2 класса беспозвоночных — оболочников и раковинных. Недостатками его классификации было объе-

динение амфибий с рептилиями, отнесение ехидн, утконосов к классу птиц. Особенно несовершенной у Ламарка была классификация низших: все черви (кроме кольчатых) объединены в один класс, к инфузориям отнесена большая часть простейших, в класс полипов включены губки, мшанки, гидроиды, в класс лучистых — иглокожие, медузы и даже некоторые простейшие. Причинами такого количества ошибок стали применение принципа градации и поиск переходных форм между уровнями организации.

Жоффруа в своей систематике исходил из идеи общности плана строения всех животных. В 1802 году он описал новый вид кистеперых рыб *Polipterus*, связав наземных позвоночных с первичноводными. Для доказательства единства между классами млекопитающих, птиц, рептилий Жоффруа в течение 1807 года провел серию сравнительно-анатомических исследований черепов эмбрионов и взрослых животных. В результате ему удалось установить, что все основные кости черепа имеются у животных различных классов позвоночных. Эти исследования стали первым и главным шагом на пути объединения всех позвоночных в один тип.

Ж. Кювье также руководствовался своими сравнительно-анатомическими исследованиями, он выделил те признаки строения животных, которые позволили ему сгруппировать их в четыре типа. Главными критериями Кювье считал особенности строения нервной системы, скелета, органов кровообращения. Так как он отрицал развитие организмов от простых форм к более сложным, он располагает типы от высшего к низшему.

I. Vertebrata (позвоночные). Включает три класса: млекопитающие, рептилии (вместе с амфибиями), рыбы.

II. Mollusca (моллюски). Включает пять классов: головоногие, крылоногие, плеченогие, безголовые (сюда же относит оболочников), усоногие.

III. Articulata (членистые). Включает четыре класса: насекомые, паукообразные, ракообразные, кольчецы.

IV. Radiata (лучистые). Включает пять классов: иглокожие, черви (круглые, плоские), стрекающие, полипы (остальные кишечноротовые и губки), инфузории (все простейшие и коловратки).

Независимо от Кювье к учению о четырех типах строения пришел К.М. Бэр. Он попытался построить естественную систему по признакам «сродства». В основе построения естественной системы животных должны лежать, по мнению Бэра, два основных принципа:

1) животных следует группировать только по совокупности признаков, важнейшими из которых являются тип строения нервной системы и особенности эмбрионального развития;

2) связь между группами организмов нельзя представить в виде непрерывного восходящего ряда форм.

В 1828 году К. Бэр на основе эмбриологических данных независимо от Кювье подразделил животных на подобные четыре типа строения. Причем под типом он понимал не только определенный тип строения, но и определенный тип развития данных организмов.

В начале XIX века в самостоятельную науку начинают оформляться анатомия и морфология растений. Среди ученых складывается представление о сродстве строения растений, возникает учение о метаморфозах органов. Исторически учение о метаморфозе вылилось в представление, что все органы растения являются результатом превращений листа. Причины метаморфоза расценивались учеными по-разному. Каспар Вольф считал, что «соки» растения истощаются и ухудшаются по направлению к верхушке, так что цветы и плоды — это дегенерированные листья. Другие ученые считали, что наоборот. Несмотря на наивность, учение о метаморфозе внесло в описательную морфологию растений единообразие.

Дальнейшее развитие морфология растений получила в работах швейцарского ботаника *Огюста Декандоля* (1778—1841). Свои воззрения он изложил в книге «Элементарная теория ботаники» (1813). Декандоль вводит понятие симметрии растительных форм. В основе структуры растения, особенно строения цветка, лежит «определенный симметричный план, который может в отдельных случаях модифицироваться, причем такого рода изменения в одном органе, согласно закону корреляций Кювье, отражаются в большей или меньшей степени в других органах».

В последующие десятилетия шло накопление фактических данных о строении растительных тканей, были описаны сосудисто-волокнистые пучки, архегонии у голосеменных и др. Также накапливались знания об образовании генеративных органов растений, процессе оплодотворения, строении и развитии растительного организма. В первые десятилетия XIX века многие ботаники оспаривали наличие пола и оплодотворения у растений, хотя работами Камерариуса в начале XVIII века было экспериментально показано, что цветы содержат мужские и женские половые органы. Наличие пола у растений доказывали также работы немецкого врача *Карла Фридриха Гертнера* (1772—1850), который подробно описал строение цветка и значение всех его органов, способы перенесения пыльцы, ука-

зал на роль насекомых в этом процессе, привел результаты своих многочисленных опытов по скрещиванию растений. Однако сам процесс оплодотворения и развития зародыша оставался неизученным. Возможность восполнить этот пробел появилась лишь в 30-е годы XIX века с совершенствованием микроскопической техники.

Процесс прорастания пыльцы, образование пыльцевой трубки были случайно открыты математиком, астрономом и оптиком итальянцем *Джованни Баттиста Амичи* (1786–1863) посредством сконструированного им микроскопа, с помощью которого он рассмотрел рыльце пестика портулака, опыленное пылью. Англичанин *Роберт Броун* (1773–1858) показал, что семязпочка состоит из ядра — *нуцеллуса* — и двух покровов — *интегументов*, между которыми есть отверстие — *микропиле*. Он предположил, что пыльцевые трубки дорастают до микропиле и входят в семязпочку через него.



*Маттиас Якоб
Шлейден (1804–1881)*

Однако в 30-е годы XIX века теория пола и оплодотворения у растений снова зашла в тупик из-за ошибочной гипотезы, высказанной немецким ботаником *Маттиасом Шлейденом* (1804–1881) в 1837 году. Согласно Шлейдену, кончик пыльцевой трубки, пройдя через оболочку зародышевого мешка, превращается в зародышевый пузырек, который дает начало зародышу растения. Зародышевый мешок рассматривается только как источник питательных веществ, оплодотворения нет. Шлейдена, весьма авторитетного в это время ученого, поддерживали многие, образовав направление «поллинистов» (от *pollen* — «пыльца»), отрицавших наличие пола у растений. Шлейден сравнивал пыльцу цветковых растений со спорами низших и заявлял, что растения размножаются только бесполом путем. Развернулась широкая дискуссия между «поллинистами» и сторонниками процесса оплодотворения у растений.

Наибольший вклад в опровержение взглядов «поллинистов» внесли работы Дж. Амичи, которыми он, детально изучив микроскопию семязпочки, показал наличие яйцеклетки и развитие зародыша из нее после оплодотворения с помощью пыльцевой трубки. В России ценные работы были сделаны *Николаем Ивановичем*

Железновым (1816–1877) и позже **Львом Семеновичем Ценковским** (1822–1887).



*Вильгельм
Гофмейстер
(1824–1877)*

Н.И. Железнов изучил развитие пылинки, описал тетрады пылинки, одним из первых исследовал строение цветка в процессе его онтогенеза. Л.С. Ценковский в 1846 году выступил против взглядов Шлейдена на основе своих данных по эмбриологии хвойных.

Окончательный удар «поллинистам» был нанесен немецким ботаником **Вильгельмом Гофмейстером** (1824–1877). В 1847–1849 гг. вышли в свет его работы, в которых он подробно описывал процесс оплодотворения и развития зародыша из оплодотворенной яйцеклетки. Гофмейстер обнаружил, что в зародышевом мешке, находящемся в завязи, на противоположных концах име-

ются две группы клеток, по три клетки в каждой. На одном конце — яйцеклетка, рядом с ней сенергиды. Антиподы на противоположном конце принимают участие в питании зародыша. В дальнейшем, опровергая Шлейдена, Гофмейстер подробно изучил половые процессы у мохообразных, плаунов, папоротников, доказав, что и у споровых растений имеется половое размножение. Он открыл чередование поколений у растений, пришел к выводу о родственной связи между всеми группами растений, высказал предположение о том, что между споровыми растениями и покрытосеменными связь лежит через голосеменные.

Введение в начале XIX века понятия о родстве растений привело к попыткам создать естественную систему растительного мира. Целью, к которой стремились авторы многочисленных «естественных систем», было по возможности полное отображение существующих в природе связей между различными биологическими группами, объединение их во всеобъемлющую иерархию соподчиненных таксонов и выявление степени близости этих таксонов друг к другу. Наиболее известными системами этого периода стали системы Огюста Декандоля и Павла Федоровича Горянинова (1796–1865). Декандоль впервые опубликовал свою систему в 1813 г. в «Элементарной теории ботаники». Система Декандоля была «нисходящей», в начале помещены двудольные покрытосеменные. Все растения

Декандоль также разделил на две большие группы: тканевые и клеточные. Восходящей системой стала система Горянинова, который выделил споровые, голосеменные, однодольные покрытосеменные и двудольные покрытосеменные.

Главной проблемой физиологии растений в первой половине XIX века оставалась проблема их питания. Четко обозначились взаимоисключающие представления о водяном, воздушном и гумусовом питании растений. Большинство ученых при этом руководствовались рассуждениями, и лишь немногие пытались поставить исследование физиологии растений на экспериментальную основу.



*Никола Теодор
Соссюр (1767–1845)*

Наибольшее значение имели экспериментальные работы Соссюра. Н и к о л а С о с с ю р (1767–1845) опирался на работы Лавуазье, Ингенхауза и Сенебье. Его капитальный труд, вышедший в 1804 году, назывался «Химические исследования растений». Он содержал многочисленные опытные данные и выводы о различных сторонах жизнедеятельности растений, прежде всего о питании — воздушном и почвенном без взаимоисключения. Центральным местом работы стал вопрос о значении атмосферного углекислого газа. Соссюр экспериментально доказал участие углекислого газа и воды в синтезе органических соединений, влияние света на этот процесс, а также необходимость для растений минеральных веществ из почвы. Н. Соссюр помещал растения в растворы солей и показал, что исчезающие из раствора соли действительно проникали в ткани растений.

Однако среди ученых широко была распространена гумусовая теория питания растений. Немецкий агрохимик *Альбрехт Тьер* (1752–1828) считал, что увеличение количества перегноя является основным условием повышения урожайности, а минеральные соединения лишь способствуют лучшему усвоению органических веществ из почвы. Тридцатилетнее господство гумусовой теории отрицательно сказалось на изучении механизмов питания растений. Только в 1840-х годах Ю. Либих выступил против особой роли органических соединений в жизни растений, отведя ее минеральным веществам. Пищу растений, по мнению Либиха, составляют неорганические соединения воздуха и почвы. Воздух поставляет углерод в составе углекис-

лого газа и азот, водород и кислород растение получает из воды, калий, кальций, серу, фосфор — из почвы. Особое значение Либих придавал восполнению соединений фосфора, недооценивая необходимость азотсодержащих веществ. Полная ясность в вопрос об источниках азота для растений была внесена французским агрохимиком **Жаном Батистом Буссенго** (1802—1887). С помощью точных экспериментов он показал, что источниками азота для растений служат нитро- и аммиачные соединения почвы. Буссенго прокаливал почву, лишая ее органических компонентов, при этом растения развивались в такой почве нормально. Им также было изучено влияние на усвоение растениями углекислого газа из воздуха, температуры, интенсивности освещения и парциального давления CO_2 .

К началу XIX века относится зарождение учения о дыхании растений, связанное также с именем Н. Соссюра. Соссюр доказал, что растения дышат, как и животные, используя кислород. Стоит заметить, что большинство ботаников не обратили внимания на эти работы Соссюра, бытовало мнение о том, что растения дышат углекислым газом, выдыхая кислород. Проводились исследования по проблемам передвижения соков и транспирации у растений. Научный подход к решению вопроса о поступлении питательных растворов в растения и о различиях в составе восходящего и нисходящего токов был намечен работами **Анри Дютроше** (1776—1847), который открыл явление *эндоосмоса*. В 1828 году он ввел в физиологию растений понятие осмоса и показал, что движения органов растений можно объяснить изменениями тургора клеток, который зависит от осмотических явлений.

Изучение роста растений ознаменовалось открытием и опытным доказательством существования у них *геотропизма* английским ботаником и растениеводом **Томасом Найтом** (1759—1838).

Таким образом, в первой половине XIX века все четче очерчивались проблемы, предмет и задачи физиологии растений. Все это способствовало превращению ее в самостоятельную науку.

Начало XIX века знаменуется также становлением и бурным развитием физиологии животных. Одной из ведущих становится немецкая физиологическая школа, созданная **Йоганном Петером Мюллером** (1801—1858). И. Мюллер был ученым с энциклопедическими знаниями, им опубликованы работы по анатомии и физиологии, а также гистологии и эмбриологии. Большой популярностью среди физиологов пользовалось его двухтомное «Руководство по физиологии человека» (1833—1834). Мюллером был сформулирован *закон специфической энергии органов чувств*, согласно которому самые раз-

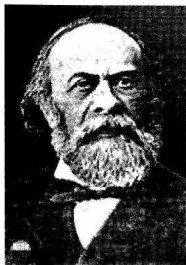
нообразные раздражения, приложенные к определенному органу чувств, вызывают ощущения, специфичные лишь для данного органа. И наоборот, одно и то же раздражение, приложенное к разным органам чувств, вызывает разные ощущения. Учениками Мюллера стали такие впоследствии известные ученые, как *Эмиль Дюбуа-Реймон*, *Герман Гельмгольц*, *Карл Людвиг*, *Рудольф Вирхов* и другие.

Эмиль Дюбуа-Реймон (1818–1896) доказал наличие электрических процессов в мышцах, нервах, железах, коже, сетчатке глаза и других тканях. Он первым использовал в физиологических исследованиях гальванометр, изобрел санный индукционный аппарат и неполяризующиеся электроды. Дюбуа-Реймон первым подробно изучил действие электрического тока на возбудимые ткани и доказал, что возникновение возбуждения зависит от скорости изменения плотности тока и не зависит от времени протекания тока через ткань (*закон Дюбуа-Реймона*).

Продолжалось также активное изучение низших форм жизни. Открытие в XVII веке А. Левенгуком разнообразных микроорганизмов привело к описанию в течение XVII и XVIII веков большого количества микроскопических форм, которые считались простейшими животными и изучались преимущественно в зоологии. В начале XIX века для обозначения простейших был введен новый термин *Protozoa*. Впервые его использовал немецкий зоолог *Георг Гольдфус* (1782–1848). Он объединил под этим названием не только простейших, но и полипов, медуз, коловраток и мшанок. В это время усилия многих микроскопистов были направлены на поиски характерных особенностей строения различных микроорганизмов, и здесь не обошлось без ошибок из-за несовершенства микроскопической техники.

Протистология многим обязана немецкому натуралисту *Христиану Эренбергу* (1795–1876). Он открыл много новых родов простейших, однако, используя популярную теорию Жоффруа о едином плане строения всех животных, стремился обнаружить у микроорганизмов органы, подобные желудку, сердцу и т. п. Перелом во взглядах на место простейших в органическом мире произошел с появлением работы *Феликса Дюжардена* (1801–1860). В 1835 году он опубликовал сообщение, в котором показал, что тело корненожек состоит из простого комочка живого вещества, которое Дюжарден назвал *саркодой*. После формулирования клеточной теории в 1838–1839 гг. открылись принципиально новые возможности для трактовки микроскопического строения организмов. Клеточную теорию к изучению простейших впервые применил ботаник, протистолог *М. Бари* (1802–1855).

В 1843 году в труде «Сравнение инфузорий с клеткой» он утверждал, что инфузории являются одной клеткой, обладают ядром и размножаются путем деления. В 1845 году немецкий зоолог **Карл Зибольд** (1804–1885) окончательно сформулировал учение об одноклеточной природе простейших.



*Лев Семенович
Ценковский
(1822–1887)*

Дальнейшему развитию протистологии, изучению морфологии простейших способствовали исследования Льва Семеновича Ценковского. В своей докторской диссертации он дал подробное описание морфологии и развития различных простейших, водорослей и грибов. Изучил процесс образования цист у инфузорий, выяснил механизм размножения некоторых корненожек, в частности солнечников.

В начале XIX века начинается разделение протистологии и бактериологии. Возникновению бактериологии как науки способствовало решение трех главных научных проблем первой половины XIX века: установление причин инфекционных заболеваний, определение природы процессов брожения и гниения и проблемы самозарождения жизни.

Первые указания на участие дрожжей в процессе брожения сделал в 1803 году **Луи Жак Тенар** (1777–1857). Провозглашение новой, биологической природы брожения сразу же натолкнулось на оппозицию в лице сторонников его химической природы — Берцелиуса, Мичерлиха и Либиха. Завязалась длительная дискуссия, которая завершилась только во второй половине XIX века победой биологической теории брожения и гниения благодаря работам **Л. Пастера**.

Открытие и накопление сведений о бактериях возбудили интерес к изучению их строения, способов движения и размножения, вызвало первые попытки их систематизации. В первой половине XIX века существенные работы в данной области сделаны Х. Эрэнбергом. Он разделил класс инфузорий на 22 семейства, три из которых принадлежали бактериям. Среди бактерий Эрэнберг выделил четыре рода, сохранившиеся до настоящего времени: *p. Spirillum*, *p. Spirocheta*, *p. Bacterim*, *p. Vibrio*.

Большое значение для зарождения и развития микробиологии имели работы **Фердинанда Кона** (1828–1898) — немецкого физиолога и ботаника. Ф. Кон предложил свою классификацию микроорганизмов, руководствуясь морфологическими, экологическими и функциональными признаками. Его классификация имела большое значение и не утратила своей ценности по настоящее время. Он более тщательно изучил строение бактерий, разделил их по совокупности признаков на подсемейства. Хотя следует отметить, что Ф. Кон ошибочно предполагал, что все бактерии относятся к растительным организмам.

Совершенствование микроскопической техники в XIX веке позволило подойти к изучению внутреннего строения клеток, прежде всего растительных. Сначала удалось заметить самое плотное образование у растительной клетки — клеточную стенку. Затем было открыто клеточное ядро. Хотя ядра в клетках кожи угря описал еще **Ф. Фонтана** (итальянский химик и натуралист) в 1781 году, это открытие осталось незамеченным, так как сам Фонтана не понимал природу этих образований. В 1825 году ядра в клетках насиженного яйца заметил чешский биолог **Ян Пуркине** (1787–1869). В 1831–1832 гг. их описание в растительных клетках дал французский ботаник, цитолог и эмбриолог **Шарль Мирбель** (1776–1854). В 1833 году Роберт Броун показал, что ядро является обязательной составной частью растительной клетки.



Теодор Шванн
(1810–1882)

Вскоре клеточное ядро привлекло к себе внимание немецкого ботаника Маттиаса Шлейдена и немецкого гистолога, физиолога **Теодора Шванна** (1810–1882). Именно Шлейдену принадлежит ошибочная теория новообразования клеток, по которой клетка формируется из бесструктурной массы вокруг ядра (цитобласта) внутри существующих клеток. В 1837 году в работе «Введение в фитогенезис» Шлейден высказал мысль о том, что все растительные ткани состоят из клеток.

Рубеж 30–40-х годов XIX века ознаменовался фундаментальным обобщением — созданием Т. Шванном клеточной теории. Для формулирования ее положений Т. Шванн использовал

результаты работ Я. Пуркине и М. Шлейдена. Клеточная теория Шванна содержала три главных обобщения — доказательства клеточного строения всех организмов, теорию образования клеток (ошибочную теорию цитобласта Шлейдена и цитобластемы самого Шванна), определение роли клеток в росте и развитии организмов. Т. Шванн считал, что новые клетки возникают из бесструктурного внеклеточного вещества, находящегося между клетками, хотя Т. Шванн и М. Шлейден были знакомы с работами *Б.Ш. Дюмортье* 1832 года и немецкого ботаника *Гуго Моля* 1835 года, в которых описывалось размножение клеток нитчатых водорослей путем деления. Дальнейшая разработка клеточной теории связана с изучением внутренней организации клеток. Я. Пуркине ввел для обозначения основного вещества клеток понятие *протоплазмы*.

С начала 40-х годов XIX в. против шлейденовской и шванновской теории новообразования клеток решительно выступают многие зоологи, ботаники, физиологи. В 1855 году немецкий анатом и физиолог *Георг Мейсснер* (1829—1905) описал процесс оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом и дробление зиготы путем ее деления.



Рудольф Вирхов
(1821—1902)

В 1855 году в немецком журнале «Архив патологической анатомии и физиологии» физиолог Рудольф Вирхов (1821—1902) опубликовал знаменитую статью «Целлюлярная патология», в которой высказал прогрессивные положения: клетки размножаются путем деления; наибольшее значение в жизни клеток имеют протоплазма и ядро, а не оболочка; болезнь организма — это болезнь клеток, из которых он состоит. Однако было немало и ошибочных утверждений: отрицание целостности организма, характеристика его как суммы автономных единиц — клеток. Правильное положение о размножении клеток путем деления сразу же было принято учеными,

а ошибочное утверждение подвергнуто резкой критике. Так, *Иван Михайлович Сеченов*, русский физиолог, утверждал, что следует различать морфологическую автономность клетки как структурной единицы сложного организма, тогда как о физиологической автономности отдельной клетки говорить нельзя.

На фоне цитологии в XIX веке бурно развивается гистология, хотя первые попытки классификации тканей высших животных и

человека были весьма неудачными. Французский анатом, физиолог **Ксавье Биша** (1771–1802), не применяя микроскопию, выделил 21 ткань у человека, большую часть — совершенно искусственно. Началом гистологии как науки можно считать издание в 1819 году работы немецкого анатома **К. Майера** «О гистологии и новом подразделении тканей человеческого тела». Три года спустя другой немецкий анатом, **Карл Хойзингер** (1792–1888), в книге «Система гистологии» определил задачи этой науки примерно так же, как они определяются в наше время. Новую науку Хойзингер разделил на описательную гистологию, учение о развитии тканей и изучение законов развития и существования тканей. В середине века (1850-е годы) наступил переломный момент в развитии гистологии, так как в печати появились руководство немецкого гистолога и эмбриолога **Альберта Келликера** (1817–1905) «Гистология, или Учение о тканях человека» (1852) и учебник немецкого гистолога **Франца Лейдига** (1821–1908) «Гистология человека и животных» (1857). Оба автора разделили ткани всех высших животных на четыре типа: соединительную, клеточную, мышечную и нервную.

В XIX веке продолжает развиваться география растений и животных, как самостоятельная наука оформляется экология. Большое значение для формирования экологического мышления натуралистов первой половины XIX века имели труды немецкого путешественника, географа и естествоиспытателя **Александра Гумбольдта** (1769–1859), которого по праву считают основоположником географии растений, геофизики и гидрогеографии. Гумбольдт описал роль климатических условий в жизни растений, обосновал идею горизонтальной зональности и вертикальной поясности растительности, им было выделено 17 типов растительных формаций. Значительное влияние на развитие экологических представлений имели работы российского естествоиспытателя Петра Симона Палласа. На страницах его российско-азиатской зоогеографии приведены характеристики многих видов животных с экологическими факторами их среды обитания. Проблемы влияния среды ставили в своих работах и эволюционисты Ж.Б. Ламарк и Э. Жоффруа Сент-Илер.

В 1833 году польский орнитолог **Константин Глазер** опубликовал работу о влиянии климата на поведение, выбор мест обитания, степень оседлости и окраску птиц. Капитальной эколого-географической сводкой явилась трехтомная монография «Географическое распределение животных» (1853) австрийского зоолога **Л.К. Шмарды**. Характер распространения животных он объяснял воздействием на них среды: тепла, света, воздуха, климата, питания, местообитания.

В 20-х годах XIX века возникло понятие растительной формации как группы растений, определяющей внешний облик растительного покрова участка Земли. Началось описание различных формаций. В ходе подобного рода работ постепенно формировалась идея о наличии взаимодействия между определенными видами и о влиянии растительности на почву. В середине XIX века все более отчетливо стала выделяться *геоботаника* как самостоятельная дисциплина, формулировались принципы и методы изучения растительных группировок.

Развивалась также экология животных. Уже в 30-е годы сформировалось понятие популяций и началось их пристальное изучение. Динамика численности и закономерности роста популяций впервые были изучены бельгийским статистиком *А. Кетле* (1796–1874) и его учеником *П.Ф. Верхолстом* (1804–1849). Они показали, что рост популяций идет по логарифмической кривой.



*Карл Францевич
Рулье (1814–1858)*

Накоплению экологических данных были посвящены работы многих русских биологов. В 30–40-х годах XIX века были описаны многие районы России: Камчатка, Сибирь, Кавказ, степные ландшафты. Среди биологов XIX века особое место занимает *Карл Францевич Рулье* (1814–1858), считающийся одним из основоположников русской экологической школы. В многочисленных статьях, лекциях Рулье сформулировал важнейшие принципы и методы экологии. Он указывал на взаимодействие животных с окружающим их миром, называя это всеобщим законом. Экологические воззрения Рулье отличались динамизмом, он призывал исследовать группы растений и животных в постепенном взаимном развитии «организации и образа жизни посреди определенных условий». Рулье осветил также важнейшие специальные вопросы экологии, дал определение понятия «среда», предложил классификацию экологических факторов, в числе которых различал не только физические и биотические, но и антропологические (воздействие человека). В поле зрения Рулье были также вопросы о популяциях, адаптациях, приспособительных типах организмов, изменчивости. Занимался он и прикладными вопросами, такими как акклиматизация, одомашнивание.



*Николай Алексеевич
Северцов
(1827–1885)*

Идеи Рулье нашли отражение и в работах его ученика **Николая Алексеевича Северцова** (1827–1885) — зоолога, зоогеографа. Ему принадлежит монография, содержащая специальные экологические исследования, — «Изучение периодических явлений в жизни зверей, птиц, рептилий Воронежской губернии» (1855). В дальнейшем Н.А. Северцов проводил географическое и зоологическое изучение Средней Азии, разрабатывал принципы зоогеографического деления Палеарктики и основы экологии. Учениками К.Ф. Рулье были также **Яков Андреевич Борзенков** (1825–1883) — анатом, фи-

зиолог, историк зоологии, дарвинист, **Сергей Алексеевич Усов** (1827–1886) — зоолог, создавший Московскую зоологическую школу, **Анатолий Петрович Богданов** (1834–1896) — энтомолог, антрополог. По инициативе Богданова в 1864 году было основано Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии.

Таким образом, к началу второй половины XIX века формирование экологии как науки продвинулось далеко вперед, определились ее основные принципы, методы и точки приложения на практике. Для окончательного становления требовался прочный методологический фундамент, которым явилось эволюционное учение Ч. Дарвина, ознаменовавшее начало нового этапа в развитии биологических наук.

Рассмотренная выше первая эволюционная теория Ж.Б. Ламарка появилась на рубеже XVIII и XIX веков и не получила широкого признания по трем причинам: 1) отсутствие убедительных доказательств; 2) нераскрытие механизмов эволюционного процесса; 3) неготовность ученых принять новый способ мышления и понимания органического мира. Эволюционное учение Ч. Дарвина было непосредственно связано с предшествующим развитием идей эволюции и вообще науки. Пятидесятилетний период от появления «Философии зоологии» (1809) до выхода в свет «Происхождения видов...» (1859) был временем созревания идей эволюционного преобразования органической природы, основывающихся на фактах, а не на умозаключениях.

Наиболее ожесточенная борьба креационизма и трансформизма развернулась в первой трети XIX века. Ярким представителем и

защитником идей креационизма являлся выдающийся французский палеонтолог, сравнительный анатом Жорж Кювье. Успех его палеонтологических и сравнительно-анатомических исследований животных принес ему мировую славу и многочисленных сторонников. Формально Кювье не говорил об акте творения, но по существу его учение о четырех типах строения и теория катастроф подводили к этому. Концепции Кювье противостояли трансформистские взгляды других ученых. Мы уже упоминали о его главном противнике Э. Жоффруа Сент-Илере, развивавшем идею о едином плане строения, которая имела немало последователей. Однако их знаменитый диспут 1830 года, окончившийся победой Кювье, нанес ощутимый удар идеям эволюции.

Важное значение для обоснования эволюционной концепции имело возникновение в 30-е годы XIX века исторической геологии и палеонтологии, противопоставивших катастрофам Кювье гипотезу постепенного исторического изменения облика Земли путем медленных непрерывных преобразований в течение огромных геологических периодов. После поражения в споре с Кювье Э. Жоффруа Сент-Илер не отказался от своих убеждений. Менее чем через год в статье «О степени влияния окружающей среды на изменение животных форм» он писал своей убежденности в том, что современные животные связаны с давно вымершими формами непрерывной цепью переходов. Отдельные высказывания в пользу признания эволюции в 30–40-е годы XIX века встречались в трудах немецких ученых *Леопольда фон Буха* (1774–1853) и *Бернгарда Котта* (1808–1879), а также австрийского ботаника *Франца Унгера* (1800–1870), бельгийского палеонтолога *Жана Д'Омалиуса* (1783–1875) и других.

Особый интерес представляет вопрос о зарождении идеи отбора как фактора эволюции. Характерно, что все ученые, высказывавшие мысли о роли отбора в природе, были англичанами. Вероятно, этому способствовала бурно развивавшаяся в то время именно в Англии селекция. Метод отбора широко использовался в выведении новых пород животных и сортов растений. Трое ученых: *Вильям Уэллс*, *Патрик Мэттью* и *Эдвард Блит*, — определенно писавших об отборе, были отмечены Дарвином в его «Происхождении видов...». В. Уэллс писал о происхождении рас у человека, сопоставив этот процесс с искусственным отбором, применяемым в селекции. Английский лесовод П. Мэттью чисто интуитивно, по аналогии с искусственным отбором, предположил, что отбор является тем механизмом, с помощью которого осуществляется в природе изменение видов (1831). Сам же отбор осуществляется благодаря наличию

в природе борьбы за существование. Наряду с этим Мэттью приписывал большую роль в эволюции прямому действию условий жизни и ввел добавочный фактор — желание (волю) или «чувство» организма, ответственное за ускорение процесса. Своеобразно идею эволюции Мэттью увязывал с теорией катастроф. По его мнению, немногочисленные уцелевшие после катастроф низшие формы снова дают все многообразие. Э. Блит в 1835 и 1837 годах в двух статьях, опубликованных в английском «Журнале заседаний Линнеевского общества», высказал мысль о том, что в природе существует жестокая конкуренция и борьба за пищу, поэтому только сильнейшие, наиболее приспособленные к условиям данной местности особи могут оставить потомство. Однако удивительно, что Блит приводит эти взгляды для обоснования постоянства видов.

Как одного из своих предшественников Ч. Дарвин указывает французского ботаника *Шарля Нодэна* (1815–1899). В статье «О видах и разновидностях» (1852) Нодэн выразил убеждение в том, что сходство в строении организмов является следствием их кровного родства и объясняется в русле идеи общности происхождения и эволюции форм. Нодэн пишет, что система живых существ представляет собой генеалогическое древо, механизм видообразования сходен с применяемым человеком в селекционной практике, разница лишь в количестве и времени. Однако Нодэн допускал существование некой вечной, таинственной силы, определяющей организацию живых существ, он был сторонником концепции «конечных причин» Ж. Кювье (организм устроен так, что его органы не только скорректированы друг с другом, но и заранее приспособлены к жизни в определенных условиях).

Развитие идеи эволюции в России

Большая часть естествоиспытателей России в первой половине XIX века разделяла идеи эволюционного развития природы. Убежденным сторонником этих идей был *Иустин Евдокимович Дядьковский* (1784–1841), врач по образованию. Еще в 1816 году он писал о превращении одних видов в другие вследствие влияния пищи, климата и образа жизни, о единстве происхождения животных и человека. Характерными для периода 20–30-х годов XIX века являются работы ботаника-систематика П.Ф. Горянинова и *Эдуарда Ивановича Эйхвальда* (1795–1876). Природа, по Горянинову, едина, от первичного эфира до человека прослеживается непрерывная линия постепенного восхождения от низшего к высшему (в виде спирали).

Однако сколько-нибудь конкретных представлений о процессе эволюции и ее движущих силах в его работах нет. Э.И. Эйхвальд в 1829 году в двухтомном курсе зоологии писал, что основные типы животных возникли не сразу, а образовались постепенно от общего корня.

В начале и особенно в середине 30-х годов XIX века в России уже встречаются попытки рассматривать эволюцию как конкретный процесс видообразования. Отчетливое выражение эта идея получает в работе К. Бэра «Всеобщий закон развития природы» (1834). На основе данных палеонтологии, систематики и сведений о географическом размещении животных, об их изменчивости в домашнем состоянии он не только пришел к выводу об эволюции органического мира, но и признал проблему эволюции отправной точкой биологических исследований. К. Бэр считал эволюцию от низших до самых высших форм недоказанной, но не исключал возможности, что в дальнейшем доказательства будут представлены. Критерием высоты организации он предложил считать подвижность организмов, строение головного мозга, его размеры относительно массы тела. Взгляды К. Бэра на причины изменчивости и развития органических форм были противоречивы. Будучи естествоиспытателем, он считал их результатом взаимодействия организмов со средой. Однако, переходя к рассмотрению движущих сил эволюции от низшего к высшему, он становился на идеалистические позиции, говоря о «целеустремленности». В 1850 году К. Бэр обсуждает возможность объяснения эволюции с помощью отбора и отвергает такое объяснение как материалистическое.

В 40–50-е годы XIX века создать целостное учение о развитии органического мира попытался К. Рулье. Он понял, что изменчивость и наследственность организмов неразрывны и взаимосвязаны. Наследственность обладает устойчивостью, поэтому не всякое воздействие среды ее изменяет, но возникшие изменения могут накапливаться и приобретать эволюционное значение. Под внешними условиями Рулье понимал не только абиогенные факторы, но и взаимодействие между особями и их группами. Он различал внутривидовые и межвидовые отношения, писал о «соперничестве видов», о «войне в природе». Нет у Рулье лишь понятия об отборе, поэтому он не смог объяснить целесообразность в природе. Рулье глубоко понимал взаимосвязь индивидуального и исторического развития и в 1854 году разработал *сравнительно-исторический метод* исследования в биологии. Научная деятельность К. Рулье проходила в довольно мрачный период царствования Николая I. Про-

грессивные взгляды ученого встречали резкую критику со стороны духовенства, его книга «Жизнь животных по отношению к внешним условиям» была запрещена, а с 1852 года ему запретили выступать с публичными лекциями. Неотступная травля ученого начиная с 1847 года привела к его гибели в 1858 году в возрасте всего 44 лет.

Социально-экономические и научные предпосылки возникновения дарвинизма

В XIX веке начинается бурное развитие капитализма, особенно в Англии. Резко возросли темпы развития производства, что повысило потребности в сырье, стимулировало развитие животноводства, растениеводства. Погоня за прибылью увеличивала конкуренцию, порождала новые отрасли хозяйства и обслуживания. Именно в Англии в первой половине XIX века наблюдалось бурное развитие селекции. Английскому селекционеру-животноводу *Р. Бэкузу* в короткий срок путем скрещивания и отбора удалось вывести много новых пород крупного рогатого скота, лошадей, овец, свиней и собак, кроликов, птиц. Успешными были также работы по выведению сортов сельскохозяйственных и декоративных растений. В научных журналах стали появляться статьи о методах выведения новых пород животных и сортов растений, что указывало на становление селекции как науки.

Появились новые экономические теории *Давида Рикардо* и *Адама Смита*. В естественных науках значительных успехов достигли сравнительная анатомия животных и палеонтология. В зоологии и ботанике активно разрабатывалась идея естественной системы. На единство происхождения живых организмов указывали такие открытия, как клеточная теория, синтез органических соединений из неорганических (Ф. Велер), теория униформизма в геологии (*Ч. Лайель*).

Научная деятельность Ч. Дарвина. Эволюционное учение

Чарльз Роберт Дарвин (1809–1882) родился 12 февраля 1809 года в Шрусбери в семье врача Роберта Дарвина. Он учился на медицинском факультете Эдинбургского университета, но не окончил его. Дарвин получил образование на богословском факультете Кембриджского университета, однако больше всего его интересовали лекции по ботанике и геологии, которые именно здесь блестяще читали *Джон Генслоу* и *Адам Седжвик*. В декабре 1831



*Чарльз Роберт
Дарвин (1809–1882)*

года по их рекомендации Чарльз отправляется в кругосветное путешествие на корабле «Бигль» в качестве судового натуралиста. Он посетил страны Южной Америки, Галапагосские острова, Африку, Австралию, где активно собирал коллекции животных, растений, минералов для Британского национального музея. Увлекательно написанные обширные дневники Ч. Дарвина пользовались большим успехом. Сделанные наблюдения, а также сведения, почерпнутые им из трудов других ученых (Дарвин знакомился практически со всей вновь выходящей в Англии научной литературой), натолкнули его на мысль о естественных законах, которые лежат в основе превращения видов. Первые заметки на эту тему сделаны им в 1837 году. В 1842 и 1844 годах Дарвин задумывает обширный труд с основательными доказательствами. Много времени у него отнимают обработка материалов путешествия, геологические (Дарвин описывает происхождение атоллов) и зоологические (большой труд по усоногим ракообразным) исследования. Вплотную вопросами эволюции Ч. Дарвин начал заниматься в 1854 году, а спустя два года по совету Ч. Лайеля он начинает писать книгу.



*Альфред Уоллес
(1823–1913)*

В 1858 году молодой английский натуралист **Альфред Рассел Уоллес** (1823–1913) прислал Ч. Дарвину с островов Малайского архипелага на рецензию статью «О стремлении разновидностей к неограниченному уклонению от первоначального типа». В ней излагались взгляды, близкие к теоретическим посылкам Дарвина. Ч. Лайель и **Дж. Гукер**, друзья Дарвина, убедили его поместить вместе со статьей А. Уоллеса в «Журнале заседаний Линнеевского общества» и свою работу. Однако обе статьи не привлекли внимания ученых.

В ноябре 1859 года выходит в свет первое издание основного труда Дарвина — «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». Первый тираж был раскуплен в течение одного дня. Затем книга

многократно переиздавалась, переводилась на другие языки. Первый перевод на немецкий был сделан в 1860 году *Э. Геккелем*, второй – на русский – в 1864 году *К.А. Тимирязевым*. В 1868 году выходит монография Дарвина «Изменение домашних животных и культурных растений», в 1871 – «Происхождение человека и половой отбор». Эволюционное учение Ч. Дарвина включало рассмотрение доказательств исторического развития органического мира, механизмов (движущих сил) эволюционного процесса, путей эволюционных преобразований.

Доказательства эволюции по Дарвину

А. Палеонтологические находки представляют собой летопись эволюционного процесса. Постепенное увеличение сходства ископаемых форм с ныне живущими организмами позволяет составить представление о последовательности эволюционных изменений. Дарвин использует как собственные палеонтологические раскопки, так и обширные данные Ж. Кювье.

Б. Эволюция подтверждается и особенностями эмбрионального развития зародышей. Закон зародышевого сходства эмбрионов на начальных стадиях развития К. Бэра указывает на общность происхождения.

В. Эколого-географические закономерности распределения живых существ на Земле и зависимость организации животных и растений от условий обитания говорит об эволюционных изменениях органического мира. Дарвин пользуется собственными многочисленными данными о различиях и сходствах островных и континентных флоры и фауны, объясняя их климатическими и ландшафтными особенностями местности.

Движущие силы эволюции по Дарвину

В качестве механизмов эволюции Дарвин рассматривает *изменчивость, наследственность и естественный отбор*. Среди изменений для эволюции имеют значение только наследуемые. В связи с этим Дарвин вводит понятия *определенных* и *неопределенных* изменений. Определенные изменения носят групповой характер, совершаются в определенном направлении, обусловленном действием окружающей среды. Большей частью они не наследуются. Неопределенные изменения индивидуальны, не направлены, непосредственно не зависят от условий существования и наследуются. Таким образом, для эволюции имеют значение только неопределенные изменения. Дарвин не ставил своей задачей выяснение природы неопре-

деленных изменений, в то время это не представлялось возможным, но указывал, что эти изменения могут оказаться бесполезными, вредными или полезными. Преимущество получают особи, имеющие полезные в данных условиях изменения. Причиной естественного отбора в природе становится *борьба за существование*. К несчастью для себя, Дарвин подчеркивает, что идеей о борьбе за существование он обязан *Т. Мальтусу*, в книге которого статистически доказывается, что население растет в геометрической прогрессии, а средства к существованию — в арифметической. Обвинения в мальтузианстве, человеконенавистничестве долго преследовали Дарвина за это неосторожное цитирование. Дарвин дает прекрасный анализ наличия борьбы за существование в природе, выделяет и обосновывает формы (межвидовую, внутривидовую, борьбу с неблагоприятными условиями среды) и характер (конкуренцию, хищничество, паразитизм) борьбы за существование, описывает сложные взаимосвязи различных групп организмов в природе. Он вполне мог бы обойтись без цитирования Т. Мальтуса. Наиболее ожесточенной Дарвин считает внутривидовую борьбу, так как особи одного вида нуждаются в одинаковой пище и других сходных условиях жизни. Таким образом, *естественный отбор* — неизбежное следствие борьбы за существование. Имеющие преимущество особи получают больше шансов оставить потомство. Целесообразность приспособления относительна и работает только в определенных условиях среды. Существенной особенностью естественного отбора является то, что он никогда не приводит к закреплению признаков, полезных для другого вида. Дарвин четко представлял себе, что принципом отбора нельзя объяснить возникновение и сохранение признаков, которые не носят ярко выраженного приспособительного характера. Он объяснял их наследованием всей совокупности признаков, характеризующей более приспособленные особи, среди которых есть и бесполезные, а также наличием *полового отбора*, борьбой за самку, выбором самца самкой.

Пути эволюции по Дарвину

Наиболее четко описан *дивергентный путь* эволюции. Также Дарвин писал о длительном сохранении признаков в неизменном виде, если условия среды не изменяются (*адаптивный путь*). Менее четко представлены у Дарвина *филетический* и *конвергентный пути* эволюции.

Теория Дарвина давала основание для пересмотра существующих понятий *вида*, *разновидности*. Он считал, что вид существует опре-

деленный (часто весьма большой) промежуток времени в целом неизменным, а разновидность представляет собой зачинающийся вид.

В монографии «Происхождение человека и половой отбор» Дарвин проводит четкие сравнительно-анатомические параллели между человеком и современными человекообразными обезьянами и делает совершенно очевидный вывод об общности их происхождения. Сравнивая анатомическое строение, физиологические процессы, эмбриогенез человека и человекообразных обезьян, Дарвин не делает скидок и для психических особенностей человека, считая их определенной стадией развития свойств, имеющих у животных. Причем это положение он дополнительно строго аргументирует в специальной монографии «О выражении эмоций у человека и животных». Несмотря на полное отсутствие во взглядах Дарвина на происхождение человека измышлений и необоснованных умозаключений, его книга встретила (и встречает до сих пор!) яростное сопротивление не только у обывателей и в клерикальных кругах, но, к сожалению, и у ряда ученых.

Кроме вышеперечисленных трудов Дарвину принадлежат многочисленные специальные монографии по зоологии, палеонтологии, геологии, такие как «Живые ракообразные», «Ископаемые ракообразные», «Строение и распределение коралловых рифов», «Геологические наблюдения над вулканическими островами» и т. д. Эволюционное учение Ч. Дарвина дало мощный толчок развитию биологических наук во второй половине XIX века, став методологической основой учения о живой природе, способствовало появлению новых наук. Все это дает полное основание сказать, что Ч. Дарвин был наиболее выдающимся ученым-естествоиспытателем XIX века.

Глава 5.

Развитие химических и биологических наук во второй половине XIX века

Развитие химических наук

Во второй половине XIX века продолжают работы, касающиеся классификации известных элементов и их соединений, открытия новых элементов, теоретических положений химии, а также происходит бурное развитие органической химии.

Попытки систематизации, начатые Деберейнером, продолжили многие химики. *А. Шанкуртуа* (1862) расположил элементы в порядке возрастающих атомных масс по винтовой линии на поверхности цилиндра. В 1863–1865 гг. *Дж. Ньюлендс* пытался установить закономерность взаимного расположения элементов — так называемый «закон октав» и на его основе опубликовал таблицу элементов. Согласно «закону октав» при расположении элементов в порядке возрастания атомных масс близкие по свойствам элементы должны обнаружиться через семь элементов. Несмотря на множество ошибок, Ньюлендс в целом правильно отразил периодичность смены свойств элементов, он выделил щелочные металлы, галогены и другие сходные по свойствам группы.

Решающий прорыв в создании системы элементов произошел в 1869–1870 гг., когда *Д.И. Менделеев* (Россия) и *Лотар Мейер* (Германия) независимо друг от друга опубликовали свои таблицы химических элементов.

Немецкий естествоиспытатель *Лотар Мейер* (1830–1895) получил медицинское образование, сначала занимался проблемами физиологии человека. Он работал в лаборатории *Роберта Бунзена*, изучая газовый обмен в организме человека. Результаты своих исследований Л. Мейер изложил в трудах «Газы крови», «О действии газообразной окиси углерода». В Гейдельберге он контактировал не только с Р. Бунзеном, но и с *А. Кекуле* и другими химиками. Научный путь Л. Мейера — яркое свидетельство единства проблем естествознания, их взаимосвязи. В дальнейшем он так увлекся проблемами химии, что его можно считать одним из главных представите-

лей физической химии как науки во второй половине XIX века. В 1860 году Мейер, как и Д.И. Менделеев, принял участие в Международном конгрессе химиков в Карлсруэ, на котором обсуждались определения основных понятий химии. Основной докладчик, защищавший важнейшие положения атомно-молекулярного учения, итальянский химик *Станислао Канниццаро* определил понятия «атом», «молекула» с позиций появившихся новых знаний, защищал гипотезу Авогадро, все еще не признанную учеными. Мейер занимался проблемами структуры веществ. В 1864 году он издал «Современные теории химии», где было проведено расположение элементов по их валентности. В 1870 году, после того как Д.И. Менделеев опубликовал свою работу «О сопоставлении свойств с атомным весом элементов», появилась статья Л. Мейера «Природа химических элементов как функция их атомного веса». Основанием для проведения систематизации стало предположение Мейера об отношении между атомным весом и атомным объемом. Таким образом, взгляды Мейера и Менделеева были близки, но формулировки Мейера отличались большей осторожностью и касались лишь известных в то время элементов. Его работы заложили основу важных усовершенствований в области органического синтеза, особенно в реакциях хлорирования органических соединений. В 1887 году Лотар Мейер вместе с Д.И. Менделеевым вошел в состав группы основателей «Журнала физической химии».



Дмитрий Иванович
Менделеев
(1834–1907)

Д м и т р и й И в а н о в и ч
М е н д е л е е в (1834–1907) родился 27 января 1834 года в городе Тобольске. Окончил физико-математический факультет Петербургского педагогического института. В 1857 году Менделеев стал приват-доцентом Петербургского университета, а спустя два года за выдающиеся достижения был направлен в заграничную командировку в Гейдельберг, где работал в лабораториях немецких химика Р. Бунзена и физика *Г. Кирхгофа*. Одним из самых замечательных открытий этих ученых стал *метод спектрального анализа*, позволяющий надежно определять состав веществ. Он же позволил провести открытие новых элемен-

тов. Этим методом овладели многие ученые-химики, специализировавшиеся у Р. Бунзена, и Менделеев в их числе.

В 1864–1866 гг. Менделеев занимал должность профессора технического института, с 1867 — профессора Петербургского университета. В 1869 году он опубликовал сообщение о систематизации известных тогда элементов. В статье «Соотношение свойств с атомным весом элементов» Менделеев впервые в истории естествознания привел систему химических элементов, которая оказала основополагающее влияние на дальнейшее развитие химических исследований. Менделеев разместил элементы в порядке возрастания их атомных масс. Он считал, что свойства элементов и их соединений периодически зависят от величины атомных масс. Открыв *периодический закон*, Менделеев построил периодическую систему элементов и всячески способствовал ее улучшению. Так, в 1871 году он существенно уточнил атомные массы трети известных в то время 60 элементов, предсказал существование еще не открытых элементов. В 1875 году был обнаружен предсказанный им галлий, а в 1886 году немецкий химик *Винклер* открыл германий, свойства которого описал Д.И. Менделеев. Только 1890 году периодический закон Д.И. Менделеева получил наконец всеобщее признание.

Значительных успехов во второй половине XIX века достигает органическая химия. Успехи эти связаны, прежде всего, с именем немецкого химика Фридриха Велера, хотя ему принадлежат исследования в разных областях химии. Работы по изучению радикала бензойной кислоты, проведенные им совместно с другим известным немецким химиком (современником и другом) Юстусом Либихом, способствовали созданию теории радикалов и классификации органических соединений. В 1863 году Велер впервые получил при взаимодействии карбида кальция и воды *ацетилен*, реакция имела и имеет огромное значение в химической промышленности. Большое значение для развития химии имели и работы Юстуса фон Либиха. В 40–50-х годах XIX века большая их часть была посвящена введению в немецкое сельское хозяйство химических удобрений и созданию предприятий по их производству. Многие исследования Ю. Либиха были выполнены в области физиологической химии, он изучал химические основы обмена веществ, дыхания, питания. Методы преподавания Либиха также оказали существенное влияние на химическое образование, им были впервые введены лабораторные занятия для студентов, до этого читались только лекции. В лаборатории Ю. Либиха плодотворно работал Н.Н. Зинин, который по возвращении в Россию ввел практические занятия по химии в курс преподавания в университетах.

Значительный вклад в развитие органической и технической химии внесли работы выдающихся французских ученых *Марселена Бертло* и *Мишеля Эжена Шевреля*, а также первые работы Луи Пастера.

Марселен Бертло (1827–1907) был разносторонне эрудированным химиком. Его работы во многом способствовали превращению органической химии в самостоятельную науку, а также стимулировали развитие физической химии и обогатили историю химии. В 1855 году Бертло нашел пригодные для использования в промышленности способы синтеза простых углеводов, новые пути для получения уксусной и муравьиной кислот. Исследование Шеврелем жиров (а именно он установил, что жиры являются эфирами жирных кислот и глицерина) послужили Бертло исходным пунктом для разработки методов синтеза жиров. Своими удачными экспериментальными работами он положил начало новому направлению в органической химии — органическому синтезу. В 60-х годах XIX века Бертло занимался вопросами физической химии, в частности термохимией, но ему не удалось сделать в этой области что-либо новое, так как он был не знаком с работами Гесса 1840 года, в которых сформулирован закон термохимии. Результаты работ Бертло по изучению взрывчатых веществ и процессов взрывов были использованы для военных целей и в горном деле. В последние годы жизни Бертло занимался историей химии, опубликовал труды, посвященные начальному периоду развития химии: «Происхождение алхимии», «Алхимия в Древней Греции и в Средние века».

Современник Бертло Мишель Шеврель (1786–1889) многое сделал для промышленной химии. Его работы по исследованию жиров увенчались выделением многих жирных кислот в чистом виде, в частности стеариновой. Стеариновая кислота стала использоваться для производства свечей, которые горели ярче и не коптили. Работы по изучению природных красителей привели к получению стойких ярких красок, используемых для окраски тканей знаменитой Гобеленовской мануфактуры. Всю свою жизнь (а это 103 года!) Шеврель посвятил науке и внедрению ее достижений в производство. Столетний юбилей ученого праздновали очень торжественно, была организована выставка промышленных товаров, в производстве которых использованы его работы. Свою продукцию предоставили Гобеленовская мануфактура и фабрики Бове и Савоннери, с различных производств были доставлены несколько тысяч свечей, фабрики мыла и жиров прислали лучшие образцы своей продукции. Экс-

понатов было так много, что выставить их все в витринах оказалось совершенно невозможным.

Развитие химической промышленности, производство удобрений, взрывчатых веществ и особенно создание анилиновокрасочной отрасли выдвинуло на повестку дня разработку теоретических основ органической химии. Выдающийся вклад в решение этой проблемы внес немецкий химик Август Кекуле (1829–1896). Он стал одним из выдающихся теоретиков классической органической химии. Сначала А. Кекуле в своих работах усовершенствовал теорию типов *Шарля Жерара* (1816–1856), вводя в нее тип метана как основной для многочисленных органических соединений. Однако он понимал ограниченность этой теории, что особенно проявилось при изучении изомерии и природы радикалов. Кекуле поддерживает представление о «четырёхзначности» атома углерода и пишет о способности атомов углерода образовывать цепи. Он также принял выдвинутое *Э. Эрленмейером* в 1862 году представление о существовании кратных (двойных) связей, в образовании которых при условии сохранения четырехвалентности атомов углерода участвует несколько единиц сродства каждого атома углерода. В 1865 году А. Кекуле выдвинул гипотезу о строении бензола, используя идею о чередовании в молекуле бензола простых и двойных связей. Работы Кекуле по органическому синтезу, а также его материалистические взгляды противоречили господствовавшим виталистическим представлениям. Он писал: «Химические соединения животного и растительного мира содержат те же самые элементы, что и тела неживой природы, подчиняются одним и тем же законам...»



*Александр Михайлович
Бутлеров (1828–1886)*

Современные представления о строении органических соединений имеют в своей основе исследования русского химика *Александра Михайловича Бутлерова* (1828–1886), ученика Н.Н. Зинина. В 1861 году Бутлеров, будучи профессором химии Казанского университета, посетил в Шрейере Съезд немецких естествоиспытателей и врачей, где выступил со знаменитым докладом «О химическом строении веществ». В нем Бутлеров изложил основные положения своей теории строения органических соединений. В 1869 году он был приглашен в Петербургский университет,

в 1874 году стал действительным членом Петербургской Академии наук. Будучи одним из основателей, а некоторое время и президентом Русского химического общества, Бутлеров многое сделал для развития науки в России. Он был выдающимся экспериментатором: впервые получил немало органических соединений и разработал новые методы синтеза. В 1858 году он синтезировал двухзамещенный йодистый метан, а год спустя — эфиры уксусной кислоты, метандиол из йодистого метила и ацетата серебра. Во время проведения опытов по получению свободного метандиола Бутлерову удалось получить параформальдегид. Действуя на это вещество аммиаком, он синтезировал в 1860 году соединение, которое назвал гексаметилентетраамином и которое вскоре стало применяться в медицине под привычным нам названием *уротропин*. Наиболее известным синтезом, проведенным Бутлеровым, стало получение в 1861 году сахарообразного соединения из раствора гидроксида кальция и параформальдегида, которое он назвал *метилэтанолом*. Тем самым Бутлеров подтвердил высказанное немецким химиком *Адольфом фон Байером* предположение, что при восстановлении угольной кислоты образуется метаналь, конденсация которого приводит к углеводам. Так был указан путь синтеза углеводов в растениях. Проведенные Бутлеровым исследования спиртов завершились получением первого третичного спирта, а в дальнейшем — первой правильной классификации спиртов. Созданная им теория химического строения органических соединений открывала путь для верного понимания связи между строением и свойствами органических молекул. А.М. Бутлеров не дождался окончательного признания своей теории. Два наиболее значительных химика, выступивших против его теории, Менделеев и *Меншуткин*, лишь спустя 10 лет после смерти ученого признали ее справедливость. Теория строения органических веществ

способствовала развитию органического синтеза: были синтезированы с определением структуры многие органические производные. Особый успех имели работы Адольфа Байера и *Эмиля Фишера* — немецких химиков, а также ученика А.М. Бутлерова — *Владимира Васильевича Марковникова*.

Адольфу Байеру (1835–1918) удалось открыть качественную реакцию на двойные и тройные связи в органических соединениях, получить метилсалициловую кислоту, разработать метод идентификации органических со-



Адольф Байер
(1835–1918)

единений путем нагревания их с цинковой пылью. С помощью этого метода молодым тогда химиком, ассистентом Байера *Карлом Гребе* был открыт дешевый способ получения ализарина окислением антрацена. В лаборатории Страсбургского университета Байер впервые выделил фенолфталеин, установил его структуру и индикаторные свойства. Синтезируя красители, Байер впервые получил *флуоресцин*. За заслуги в области органической химии ему была присуждена одна из первых Нобелевских премий по химии.



*Владимир Васильевич
Марковников
(1837–1904)*

В России органическая химия развивается учениками А.М. Бутлерова в Казанском университете. Одним из наиболее выдающихся учеников стал В.В. Марковников (1837–1904), областью научных интересов которого была изомерия органических соединений. Он работал в лаборатории А. Байера, интересовался взаимным влиянием атомов друг на друга в органических соединениях, что являлось темой его докторской диссертации. Впоследствии эти исследования были объединены в «*правила Марковникова*». С 80-х годов в центре научных интересов Марковникова оказывается химия нафтенов. Среди достижений ученого в этой области — выделе-

ние многих соединений, синтез циклоалканов, разработка методов синтеза циклических кетонов, нафтенowych кислот, полиметиленов. Марковников расширяет понятие нафтенов и относит к этой группе инозиты, терпены, природные спирты. За заслуги в исследовании состава кавказских нефтей Международный нефтяной конгресс в Париже присудил В.В. Марковникову в 1900 году золотую медаль. Будучи в течение многих лет профессором МГУ, Марковников создал большую научную школу, его ученики — *М.И. Коновалов, Н.М. Кижнер, Н.Я. Демьянов, А.А. Яковкин, В.П. Ижевский, А.П. Сабанеев* и др. Он впервые открыл двери своей лаборатории женщинам, в результате чего известными учеными стали *Ю.В. Лермонтова, В.Е. Богдановская-Попова*.

Более молодой Эмиль Фишер (1852–1919) также учился у А. Байера. Он был выдающимся экспериментатором, разработавшим многочисленные методы для применения в химической промышленности, занимался препаративной органической химией, изучением строения природных органических соединений и стал ос-



Эмиль Фишер
(1852–1919)

новоположником *биологической химии*. Он изучал природу белков, углеводов, пуриновых производных, дубильных веществ, красителей. Э. Фишер показал, что в состав белков входят остатки α -аминокислот. В 1903 году он провел синтез пептидов и получил дипептид — глицилаланин. Установив природу и изучив свойства пептидной связи, Эмиль Фишер в 1907 году синтезировал полипептид, состоящий из 18 аминокислотных остатков. Исследования моносахаров позволили выяснить, что это производные многоатомных спиртов — альдегиды и кетоны. Э. Фишер открыл реакцию моносахаров с фенилгидразином и впервые ввел ее в химию сахаров. Это помогло ученому установить пространственную организацию моносахаридов и разработать принципы классификации углеводов. Э. Фишер уделял много внимания решению теоретических вопросов химии. Например, он исследовал природу связи между пространственным расположением заместителей в углеродном тетраэдре и оптической активностью соединения. Особое значение имели работы Э. Фишера по изучению производных пиримидина и имидозола, они привели его к синтезу диэтилбарбитуровой кислоты — *веронала*, ставшего известным снотворным средством. За работы по исследованию сахаров и пуриновых оснований Эмиль Фишер в 1902 году был удостоен Нобелевской премии по химии. Занимаясь исследованиями структуры красителей, он открыл структуру *фуксина*. По совету ученого его кузен анатом *Эрнест Фишер* применил краситель *эозин* для окраски тканей человека и животных. С тех пор этот метод используется в гистологии и связывается с именем Эрнеста Фишера, хотя предложил его Эмиль Фишер.

Эмиль Фишер и его учитель Адольф фон Байер принимали самое непосредственное участие в разработке Женевской номенклатуры органических соединений в 1892 году, которая с некоторыми изменениями используется и по настоящее время. Плодотворной работе ученого помешала Первая мировая война, однако его ученики составили целую плеяду блестящих химиков и биохимиков, среди которых 4 лауреата Нобелевской премии: *О. Варбург*, *А. Виндаус*, *Ф. Прегль*, *О. Дильс* — представители уже нового, XX века.

Кроме органической химии во второй половине XIX века бурно развивалась физическая химия. В этой области наиболее значительных успехов добились такие выдающиеся ученые, как Роберт Бунзен, *Анри ле Шателье*, *Анри Муассан*, *Вильгельм Оствальд*, *Сванте Аррениус*, *Якоб Вант-Гофф* и др.

Роберта Бунзена (1811–1889), одного из самых знаменитых химиков немецкой школы, можно не без основания назвать подлинным основоположником физико-химического направления исследований. В области органической химии Бунзен занимался только исследованиями органических соединений мышьяка (арсенидов). Эти работы подкрепили выводы Ю. Либиха, Ф. Велера о радикалах как основных частях органических соединений. В 40-х годах Бунзен занялся исследованиями в области электрохимии, а также изучением реакций в газовых смесях. Перейдя в Гейдельбергский университет вместе с физиком Г. Кирхгофом, Бунзен приступил к разработке методов *спектрального анализа*. Он был великолепным экспериментатором, создал множество методов и видов оборудования: газовую горелку, колбу Бунзена. Также Р. Бунзен усовершенствовал водоструйный насос и калориметр. Использование спектрального анализа позволило открыть несколько новых элементов. Уже в 1860 году Бунзен открыл *цезий*, а в 1861 году — *рубидий*. Ассистент Бунзена *Крукс* открыл таллий, *Райх* и *Рихтер* — индий. Позже с помощью спектрального анализа были обнаружены некоторые инертные газы, актиноиды, а также *галлий* и *скандий*. Спектральный анализ позволил исследовать химический состав звезд, и астрофизики установили, что на звездах обнаруживаются те же элементы, что и на Земле.

Исследования Р. Бунзена во многом было ориентированы на решение практических задач. Много сделано им для усовершенствования металлургических методов. В электрохимии он заменил платиновые электроды более дешевыми угольными в гальванических элементах.

Р. Бунзен слыл великолепным преподавателем, его лаборатория в Гейдельберге была заветной мечтой всех молодых химиков. Многие его ученики стали выдающимися учеными: Лотар Мейер, Д.И. Менделеев, А. Байер.

Во время работы с органическими производными мышьяка у Р. Бунзена в руках взорвался запаянный сосуд. Ученый получил сильное отравление, повредил слух и правый глаз. Результатом этого несчастного случая стала разработка Р. Бунзеном первой инст-

рукции по технике безопасности работы в химической лаборатории. Он вывесил таблицу штрафов за нарушение правил техники безопасности, вырученные деньги шли на нужды лаборатории: посуду, реактивы, научную литературу, канцелярские принадлежности. В 1862 году Бунзен вместе со своим учеником *Роско* установил количественные закономерности фотохимических процессов — *закон Бунзена—Роско* (зависимость времени освещения от яркости предмета), имевший важное значение для развития фотографии.

Результатом бурного развития физико-химического направления стало установление связи между температурой кипения и химическим строением вещества, познание природы электрохимических явлений, фотохимических и термохимических процессов, разработка количественного анализа химических реакций. Кроме того, возникло новое направление исследований в химии — химическая термодинамика. Учение о химическом равновесии процессов на термодинамической основе разрабатывали в конце XIX века Анри ле Шателье, Горстман, Вант-Гофф, Гиббс и другие химики и физики.

Анри ле Шателье (1850—1936) был одним из химиков, систематически проводившим фундаментальные исследования металлургических и химико-технологических процессов. Наиболее значительные физико-химические работы Ле Шателье посвящены изучению влияния давления и температуры на равновесие в химических реакциях. На основе работ Горстмана, который рассчитал термодинамические условия процессов диссоциации, и Дж. Гиббса, установившего законы термодинамического химического равновесия, Ле Шателье сформулировал *принцип равновесия*. Этот принцип описывал влияние различных факторов на состояние равновесия химических систем. Ле Шателье впервые сравнил расплав металла с раствором, сконструировал микроскоп для изучения поверхностной структуры металлов.

Анри Муассан (1852—1907) выделил в чистом виде фтор и описал его свойства, впервые получил искусственные алмазы (1892). В 1906 году Муассан был удостоен Нобелевской премии по химии за получение фтора и его соединений и описание их свойств.

Вильгельм Фридрих Оствальд (1853—1932) — выдающийся физикохимик конца XIX — начала XX века. Он одним из первых признал теорию электролитической диссоциации, предложенную С. Аррениусом. В 1885—1887 гг. Оствальд опубликовал 2-томный «Учебник общей химии», в котором изложил основные положения учения об ионах, не признаваемого большинством химиков. В 1888 году он вывел для бинарных слабых электролитов зависимость, ко-

тору называл *законом разбавления*. В этом законе, являющемся частным случаем закона действующих масс, сформулированы соотношения между константой диссоциации электролита, электропроводностью и концентрацией раствора. Экспериментальное изучение и теоретическое объяснение катализа, анализ этого понятия, сформулированного Берцелиусом в 1835 году, — основное содержание и достижение работ Оствальда. Эти исследования нашли практическое применение: на их основе был разработан высокоэффективный метод производства азотной кислоты, необходимой в больших количествах для изготовления взрывчатых веществ и удобрений. За изучение природы катализа и основополагающие исследования скоростей химических реакций Оствальд получил Нобелевскую премию по химии в 1909 году. К заслугам ученого следует также отнести разработку новых методов обучения в виде семинаров, создание Немецкого общества электрохимии и физической химии имени Бунзена, публикацию многочисленных учебников, справочников, пособий, статей и т. д. Ошибкой Оствальда стал его «энергетизм», когда главной всеобщей существующей субстанцией признается энергия. Лишь в 1908 году ученый признал реальное существование атомов и молекул. В. Оствальд сделал многое для истории естествознания, издавая труды классиков точных наук.



*Сванте Аррениус
(1859–1927)*

Сванте Август Аррениус (1859–1927) в отличие от многих химиков был не столько экспериментатором, сколько теоретиком. Он не отрицал необходимости проведения экспериментов, но работа только в лаборатории не удовлетворяла его. Аррениус разработал теорию электролитической диссоциации растворов кислот, оснований, солей. Многие ученые отнеслись к ней скептически, поддержал новую теорию только В. Оствальд. Возражения против теории электролитической диссоциации основывались главным образом на том, что в классической, предложенной Аррениусом форме ее можно было применять только

для объяснения свойств слабых электролитов. Для устранения этого недостатка Аррениус провел многочисленные эксперименты, стремясь доказать применение теории для всех электролитов. За разработку *теории электролитической диссоциации* С. Аррениус был удостоен Нобелевской премии по химии в 1903 году. Другим его зна-

чительным вкладом в развитие естествознания стало подробное физико-химическое рассмотрение теории токсинов и антитоксинов. Основные результаты этих работ — появление теории антидотов.

Первую Нобелевскую премию по химии получил в 1901 году Якоб Генрих Вант-Гофф (1852—1911) за открытие законов *химической динамики и осмотического давления*. Вант-Гофф стал основоположником стереохимии и создал представление о пространственном строении вещества. Им введено понятие об асимметричном атоме углерода и объяснено явление оптической активности органических соединений. Представления о химическом равновесии Вант-Гофф связал с уже известными в то время двумя началами термодинамики и вывел формулу, в которой отражена взаимосвязь температуры и теплоты реакции с константой равновесия. Крупным вкладом Вант-Гоффа в теоретическую химию стало открытие аналогии осмотического и газового давления. Он установил, что растворенные молекулы производят осмотическое давление, равное тому давлению, которое оказывали бы те же молекулы, если бы они в газообразном состоянии заняли объем, равный объему раствора.

Развитие биологических наук

Бурное развитие химии, а также эволюционное учение Ч. Дарвина способствовали прогрессивному развитию биологических наук во второй половине XIX века. На основе эволюционного учения возникают новые направления в ряде биологических наук: эволюционная палеонтология, эволюционная эмбриология, а также формируются новые науки: цитология, генетика, микробиология и т. п.

Развитие эволюционной палеонтологии. Палеонтологи, мировоззрение которых складывалось под влиянием взглядов Ж. Кювье, встретили дарвинизм враждебно. Против него выступили палеонтологи *Луи Агассис* (1807—1873) и *Йоахим Барранд* (1799—1883).

Молодые палеонтологи встали на сторону Ч. Дарвина. Видное место среди дарвинистов занял австрийский палеонтолог и геолог *Мельхиор Неймайр* (1845—1890). Он описал эволюционные ряды третичных *палудин* (брюхоногие моллюски) (1875). Подлинным основателем эволюционной палеонтологии принято считать *Владимира Онуфриевича Ковалевского* (1842—1883). Свои основные работы он выполнил за границей — во Франции, Германии, Англии, где находился в 1869—1874 гг. По этой причине они были доступны широкому кругу ученых, их высоко оценивал Ч. Дарвин. Первой и наиболее важной работой В.О. Ковалевского стала монография, посвя-



Владимир Онуфриевич
Ковалевский
(1842–1883)

шенная палеонтологической истории лошадей. Ковалевский дает описание миоценового трехпалого растительоядного как предка однопалой лошади. Эволюционный ряд лошади до настоящего времени остается классическим филогенетическим рядом. Однако главной заслугой В.О. Ковалевского было применение метода прослеживания связи изменения формы с изменениями функции органа и образа жизни животного под влиянием преобразования условий среды. По В.О. Ковалевскому, эволюция главных ветвей копытных выразилась в приспособлении к быстрому бегу по твердому грунту и питанию травянистой растительностью, которая получила широкое распространение в миоцене. Перестройка конечностей выражалась в усилении третьего (у непарнокопытных) или третьего и четвертого (у парнокопытных) пальцев и, соответственно, в ослаблении или полной редукции остальных. В одних случаях редукция боковых пальцев не сопровождалась перестройкой в костях запястья и предплюсны, в других происходили существенные топографические изменения. Первый вариант В.О. Ковалевский назвал *инадаптивной*, а второй — *адаптивной редукцией*. Формы, чья эволюция пошла по второму пути, имели преимущества перед первыми, конечности которых были менее совершенны и склонны к вывихам. В результате первые были вытеснены. Эта закономерность вошла в науку под названием *закон Ковалевского*. Исследование истории копытных убедило В.О. Ковалевского в том, что новые формы появились в одном районе, и их эволюция совершалась *монофилетически*. Позже новый тип «рассыпался» на несколько линий, продолжавших существование одновременно. Своей идеей иррадиации линий копытных, исходящих от первоначального типа (1875), Ковалевский предвосхитил «закон адаптивной радиации» американского палеонтолога *Генри Осборна*.

Заметное место в истории палеонтологии принадлежит палеонтологам-эволюционистам, стоявшим на позициях, более близких к Ламарку, чем к Дарвину. Американский палеонтолог *Эдуард Д. Коп* (1840–1897),

описавший около тысячи новых видов ископаемых позвоночных животных, автор книг по теории эволюции, считается основоположником ламаркистского направления в палеонтологии. По Копу, естественный отбор имеет второстепенное значение, от него зависит лишь переживание приспособленного. Важнейшим фактором эволюции является управляемое сознанием движение. Изменения, вызванные упражнением органа, наследуются. В результате в филогенетических рядах происходят строго направленные изменения. Однако это не помешало Копу заметить важную закономерность эволюции. Им был установлен широко известный *закон неспециализированного*, согласно которому высоко специализированные формы не могли стать предками новых типов. Так, млекопитающие могли произойти только от низших, плохо специализированных рептилий.

Так или иначе, но палеонтологи после Дарвина стояли в основном на эволюционных позициях и старались выяснить родственные отношения между ископаемыми организмами, применяя при этом *биогенетический закон Дарвина—Мюллера—Геккеля*. Хотя нередко были и ошибки. Поспешно составленные филогенетические ряды на деле оказывались не связанными родством. Наблюдаемые сходства признаков подчас являлись результатом конвергенции и сходства образа жизни, а не общности происхождения.



Луи Долло
(1857–1931)

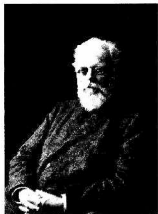
Знаменитый бельгийский палеонтолог *Луи Долло* (1857–1931) изучал морфологические особенности ископаемых животных, связанные с их образом жизни в соответствующей среде. Такой подход он назвал этологическим методом. Общие итоги своей работы он изложил в книге «*Этологическая палеонтология*» (1909). Он блестяще развил идеи Ковалевского об эволюции скелета в тесной зависимости от образа жизни и среды. Работы по ископаемым рыбам (особенно двоякодышащим)

привели к открытию *закона необратимости эволюции* (закон Долло). Согласно этому закону организм не может вернуться даже частично к предшествующему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков. Последователи Долло стали разрабатывать про-

блему взаимоотношения органов и среды, сочетая изучение ископаемых организмов с изучением заключающих их осадочных пород. Такое направление в палеонтологии получило название *палеоэкологии*.

Повышенный интерес к ископаемым организмам в этот период привел к новым находкам и открытиям. Одной из самых выдающихся находок в истории палеонтологии считается обнаружение скелетов *археоптериксов*, первоптиц. Все находки сделаны на территории Германии, в районе Золенгофера, в плотном известковом сланце юрского периода в лагуне Кораллового острова. Первоптица была подробно описана и исследована английским палеонтологом и зоологом *Ричардом Оуэном* (1804–1892), антидарвинистом.

Вторая половина XIX века ознаменовалась большими достижениями в изучении мезозойских животных и четвероногих третичного периода кайнозойской эры Северной Америки. Работы американских биологов *Джозефа Лейди* (1823–1891), *Отниела Марша* (1831–1899), Эдуарда Копы, Генри Осборна имели большое значение для составления полного представления об эволюции некоторых групп млекопитающих, в частности копытных. К середине XIX века были получены ценные материалы об ископаемых флорах Европы, Северной Америки, Гренландии, Шпицбергена, Австралии, Малайского архипелага. В 1893 году немецкий палеонтолог *Карл Циттель* (1839–1904) завершил пятитомное руководство по палеонтологии, в котором были собраны сведения об ископаемых организмах, накопленные за весь период существования палеонтологии до конца XIX века.



Август Вейсман
(1834–1914)

Создание эволюционной эмбриологии животных. В середине XIX века эмбриологи в основном продолжали линию К. Бэра, ограничиваясь в своих работах сравнением зародышевого развития позвоночных, главным образом птиц и амфибий. Что касается беспозвоночных, то немецкий эволюционист *Август Вейсман* (1834–1914) пришел к отрицанию зародышевых листков у насекомых, что было ошибкой. Хотя в этой области накопилось много разрозненных верных данных, их никак не удавалось связать общей руководящей идеей. Было, например, описано дробление яиц некоторых кишечнополос-

тных, червей, моллюсков и иглокожих, строение и превращение личинок многих беспозвоночных.

Временем зарождения эволюционной эмбриологии следует считать середину 1860-х годов, когда появились работы *А.О. Ковалевского* и *И.И. Мечникова*.



*Александр
Онуфриевич
Ковалевский
(1840-1901)*

Александр Онуфриевич Ковалевский (1840–1901) в 1865 году в своей диссертации, посвященной развитию ланцетника, обнаружил общие черты его развития с беспозвоночными. Дальнейшие работы Ковалевского в этой области (1867; 1870; 1876) уточнили и расширили первоначальные наблюдения. Почти одновременно с первой работой о развитии ланцетника Ковалевский опубликовал статью по эмбриологии асцидий (1866). Он показал образование у личинок асцидий хорды и нервной трубки, тем самым доказав их родство с хордовыми. Естественно, что открытия А.О. Ковалевского и вытекающие из них выводы не сразу получили всеобщее признание. Против со-

поставления асцидий с позвоночными выступил К. Бэр. Его возражения основывались не на проверке эмбриологических открытий Ковалевского, а на сравнительно-анатомических соображениях, касающихся взрослых животных. По положению сифонов, нервных узлов и другим анатомическим признакам Бэр стремился подтвердить ошибочные заключения Ж. Кювье о систематической близости асцидий к двустворчатым моллюскам. С положениями А.О. Ковалевского не сразу согласился и И.И. Мечников, также вступивший с ним в полемику. Правильность наблюдений и выводов А.О. Ковалевского подтвердили в своих исследованиях бельгийские эмбриологи *П.-Ж. ван Бенеден* и *Ш. Жюлен* (1884), а затем и многие другие ученые.

Проблема гомологии зародышевых листков позвоночных и беспозвоночных животных также успешно была решена в работах А.О. Ковалевского. При изучении развития водных и наземных малощетинковых кольцецов он не только установил наличие у них трех зародышевых листков, из которых, как и у позвоночных, наружный дает начало покровам и нервной системе, средний — мышцам и органам выделения, а нижний — пищеварительной трубке, но и показал возникновение каждого из них из определенных бластомеров.



Эрнст Геккель
(1834–1919)

Большая роль в обобщении данных сравнительной эмбриологии и использовании их для обоснования теории эволюции принадлежит немецкому биологу-эволюционисту Эрнсту Геккелю (1834–1919). Его теория *гастреи*, то есть гаструподобного гипотетического предка многоклеточных организмов (1874), была создана, главным образом, на фактическом материале, собранном А.О. Ковалевским. Одной из составных частей этой теории является учение о *гомологии зародышевых листков*, которая включала сходство трех критериев стадии гастреры у разных животных:

1) одинаковый способ образования – инвагинацию; 2) одинаковое строение; 3) одинаковые превращения в ходе развития. Против этой теории высказывались весьма основательные и доказательные возражения. В работах А.О. Ковалевского, И.И. Мечникова и других ученых-эмбриологов было показано, что гастрерация может проходить путем не только инвагинации, но и обрастания (*эпиболии*), уни- и мультиполярного вселения (*иммиграции*) и расслаивания (*деламинации*).

Таким образом, сравнительно-анатомические и сравнительно-эмбриологические исследования 60–80-х годов XIX века сделали возможным широкое обсуждение вопроса о происхождении многоклеточных животных.

Илья Ильич Мечников (1845–1916) в работе 1886 года выдвинул в противовес теории гастреи Геккеля теорию *паренхимеллы*, или *фагоцителлы*. Наблюдения Мечникова привели его к выводу, что предком многоклеточных было колониальное простейшее, часть клеток которого осталась на поверхности колонии, образуя эктодерму, а часть иммигрировала внутрь, образовав энтодерму, или *фагоцитобласт*. Обнаружение впоследствии у *трихоплакса* (тип плакозоев) подобного процесса подтвердило предположения Мечникова.



Илья Ильич
Мечников
(1845–1916)

Успехи эволюционной эмбриологии заложили основу для нового подхода к проблеме соотношения онтогенеза и филогене-

за. Э. Геккель и немецкий зоолог, эмбриолог и дарвинист Фриц Мюллер (1821–1897) подошли к решению этого вопроса по-разному. Мюллер связал процесс преобразования личиночных стадий с действием естественного отбора и борьбой за существование. Важным новым моментом, внесенным Мюллером в понимание соотношения онтогенеза и филогенеза, явился его вывод о *многообразии типов эмбриональной дивергенции*. Кроме случая, когда первоначально сходные зародыши постепенно в ходе индивидуального развития приобретают все больше черт различия, Мюллер обнаружил, что подчас зародыши родственных форм более всего отличаются на ранних этапах онтогенеза, в других же случаях расхождение признаков приходится на середину развития.

Возрастающий интерес к филогенетической проблематике повысил значение закона *рекапитуляции*, открытого Дарвином. Этому особенно способствовал Э. Геккель, который пришел к заключению, что ведущее значение для выяснения происхождения имеют эмбриологические данные, ибо развитие особи есть воспроизведение истории вида. Абсолютизируя закон *рекапитуляции*, Геккель дал свою формулировку биогенетического закона: *онтогенез является кратким и быстрым повторением филогенеза*. Этот закон Геккель использовал в работе по созданию родословного древа. Он стал ядром геккелевской теории *рекапитуляции*, согласно которой онтогенез включает два типа признаков: палингенезы (признаки филогенетически далеких предков) и ценогенезы — вторичные признаки, возникшие в результате приспособления к определенным условиям эмбриональной или личиночной жизни.

Появление закона вызвало острую полемику среди ученых, в основном антидарвинистов. Например, по представлениям немецкого гистолога и эмбриолога А. Келликера (1864), изменение типичного хода индивидуального развития и появление вследствие этого новых форм обуславливается неким общим имманентным законом развития. В соответствии с этим Келликер допускал, что без участия естественного отбора, путем спонтанных скачков, из зародыша губки может возникнуть гидроидный полип, из зародыша медузы — иглокожие, из зародыша сумчатого — грызун и т. д. Немецкий зоолог, сторонник витализма *Г. Вольф*, предпринявший попытку экспериментально доказать несостоятельность дарвиновской концепции развития, усматривал в биогенетическом законе неразрешимое противоречие, которое сводилось к следующему: в развитии особи наблюдается «целеустремленность», процессы онтогенеза ведут к определенному результату. Между тем в отношении онтогене-

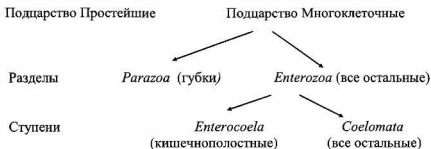
за дарвинисты целеустремленность отрицают. В этом Вольф усматривал противоречие и объяснял его тем, что новое в эволюционном развитии появляется в онтогенезе и не имеет отношения к филогенезу.

Геккелевская формулировка подвергалась критике и со стороны дарвинистов. Немецкий физиолог, эмбриолог *А. Оппель* (1891) показал, что изменение эмбрионального развития обуславливается *гетерохрониями* (сдвигами во времени стадий) и *субституцией* (изменением эмбриональных органов), которые стирают следы филогенеза. Приняв это во внимание, немецкий морфолог и эмбриолог *Эрнст Менерт* (1898) внес поправку в формулировку биогенетического закона: *онтогенез есть измененное повторение филогенеза*. Факты убедительно свидетельствовали о том, что онтогенез никогда не воспроизводит филогенез полностью, что течение онтогенеза в процессе эволюции видоизменяется под действием гетерохронии, гетеротопии, эмбриональных приспособлений, редукции и тому подобного. В результате представление Геккеля о том, что онтогенез есть краткое и быстрое повторение филогенеза, было отвергнуто. Однако сущность биогенетического закона — *принцип рекапитуляции Дарвина* — выдержал все испытания и нашел применение в конце XIX века в филогенетических исследованиях в области морфологии, гистологии, физиологии и биохимии.

Развитие филогенетической систематики животных. Вторая половина XIX века отмечена бурным развитием систематики. Ревностным сторонником филогенетического направления в систематике был Эрнст Геккель. Он же первый построил «обобщающее филогенетическое древо» органического мира. Э. Геккель разделил органический мир на три царства: *протистов, животных и растений*. Его древо начиналось единым стволом и оканчивалось детализированными ветвями для определенных типов, классов и даже отрядов. В основании были помещены монеры — воображаемые доклеточные организмы. В филогенетических схемах Геккеля было много произвольного, недостающие научные данные о переходных группах он восполнял богатой фантазией. Геккель слишком переоценивал данные онтогенетического развития, придавая им абсолютное значение, а сам онтогенез рассматривал лишь как пассивное отражение филогенеза. Тем не менее его исследования сыграли важную роль в разработке филогенетической систематики.

Ряд систем, предложенных английским биологом, другом и соратником Дарвина *Генри Томасом Гексли* (1825—1895) в 1875 году, немецким зоологом *Карлом Клаусом* (1835—1899) в 1877 году, ан-

глийским зоологом и эмбриологом **Реем Ланкестером** (1847–1929) в 1890–1891 гг. и Э. Геккелем, имели большое распространение. У Гексли животные разделены на 8 типов. Причем иглокожие объединены с низшими червями (плоскими и круглыми), сюда же отнесены коловратки. В качестве общих признаков использовалось сходство личинок. Губки рассматривались как колониальные простейшие, сами простейшие были разделены на 2 типа: *Protozoa* и *Infusoria*. К. Клаус выделил 9 типов: 1) простейшие; 2) кишечнополостные (вместе с губками); 3) иглокожие; 4) черви; 5) членистоногие; 6) моллюски; 7) моллюсковидные; 8) оболочники; 9) позвоночные. Э. Геккель впервые выделил губки в отдельный тип, соответственно, у него 10 типов. Р. Ланкестер разделил всех животных на 2 подцарства и 11 типов.



Впервые Ланкестер разделил червей на три отдельных типа: плоские, круглые и кольчатые.

В конце XIX века в систематике животных благодаря прогрессу филогенетического направления были созданы необходимые предпосылки для построения «большой» естественной классификации животных. При создании «больших» систем учитывалось несколько главных признаков строения животных (образование дефинитивного рта, способ закладки вторичной полости тела, соотношение осей тела и гастрюлы). В соответствии с этими признаками немецкий зоолог **К. Гроббен** и австрийский зоолог **Б. Гатчек** в 1900-е годы подразделили двустороннесимметричных на первичноротых и вторичноротых, энтероцельных и эктероцельных, первичноостных и разноостных. Б. Гатчек стал автором трохофорной теории (1888), согласно которой большое филогенетическое значение имеет личинка кольчатых червей — *трохофора*. Наличие трохофорной личинки связывало плоских червей и коловраток с кольчецами и моллюсками. Следует констатировать, что попытки создания «большой есте-

ственной системы» животных в XIX веке не увенчались успехом. Главная причина неудачи в том, что большинство авторов стремились совместить в одной схеме два направления в систематике: филогенетическое и типологическое. Новые успехи в построении естественной классификации животных были достигнуты уже в XX веке.

Развитие физиологии животных и человека. Во второй половине XIX века наибольшее значение для развития физиологии человека и высших животных имели две научные школы: российская и немецкая, хотя ряд выдающихся работ выполнен также французскими, английскими и итальянскими физиологами. Из немецких физиологов значительный вклад был сделан К. Людвигом, создателем крупнейшей физиологической школы, в которой проходили стажировку молодые ученые многих стран.



*Карл
Вильгельм
Людвиг
(1816–1895)*

Карл Людвиг (1816–1895) был сторонником физиолого-химического направления в физиологии, им разработаны графические методы регистрации многих функций организма. Людвиг предложил и развил физическую концепцию мочеобразования и лимфообразования, основанную на законах фильтрации и диффузии. Он совместно с учениками исследовал явления гемодинамики, открыл секреторные нервы слюнных желез. В лаборатории К. Людвига работали И.М. Сеченов, *И.П. Павлов*, *Ф.В. Овсянников*, *Н.О. Ковалевский*, *В.Я. Данилевский*, *В.В. Пакутин* и другие известные российские физиологи.

Выдающийся немецкий физиолог *Рудольф Гейденгайн* (1834–1897) не был согласен с К. Людвигом по вопросам механизмов образования мочи и лимфы. Он считал, что они не могут быть объяснены только фильтрацией и диффузией, а обеспечиваются активной работой клеток. Гейденгайна можно считать основоположником физиологии клеток, им также была предложена операция по изоляции малого желудочка в хронических опытах на собаках, успешно использованная в дальнейшем И.П. Павловым.

Ряд замечательных исследований по физиологии нервов, мышц, органов чувств был выполнен немецким естествоиспытателем Германом Гельмгольцем (1821–1894). С помощью сконструированной им специальной аппаратуры Гельмгольц определил скорость распространения возбуждения по нерву. Он занимался физиологией зрения и слуха (1863). Согласно представлениям Гельмгольца, во-

локна основной мембраны улитки являются резонаторами: они настроены на звуки разной частоты. Волокна колеблются с частотой, резонансной звуку, и являются начальным звеном в определении высоты и силы слышимых частот.

Деятельность другого выдающегося немецкого физиолога, Эмиля Дюбуа-Реймона, была посвящена изучению электрических явлений в животном организме и действию электрического тока на организм. Дюбуа-Реймон доказал наличие в нерве и мышце тока покоя и тока действия.

Физиологов интересовали и вопросы энергетического обеспечения организма животных и возможности измерения количества тепловой энергии, выделяемой при окислении органических соединений в клетках. Первопроходцем в этом направлении можно считать Ю. Либиха. Он полагал, что основными горючими веществами организмов животных являются гидрокарбонаты и липиды. Сжигая их вне организма, можно определить, сколько тепловой энергии при этом выделяется. Немецкий физиолог, ученик Либиха *Карл фон Войт* (1831–1908) вместе с химиком и физиологом *Максом фон Петтенкофером* (1818–1901) разработал калориметр, позволяющий измерять количество выделяемой живым организмом тепловой энергии. В свою очередь, ученик Войта *Макс Рубнер* (1854–1932) в 1894 году экспериментально показал, что количество тепла, выделяемое при поедании пищи и при обычном ее сжигании, практически одинаково. Таким образом, закон сохранения энергии имел силу как для живой, так и для неживой природы – витализму был нанесен последний, смертельный удар.

Прежде чем перейти к работам российских ученых, остановимся на достижениях французских, итальянских и английских физиологов. Выдающийся вклад в теоретическую физиологию внес французский ученый *Клод Бернар* (1813–1878). Он установил гликогенообразовательную функцию печени, открыл сосудосуживающие и сосудорасширяющие нервы, провел важные исследования по физиологии пищеварения, а также стал основоположником учения о гомеостазе. В лабораториях К. Бернара работали русские физиологи И.М. Сеченов и *И.Р. Тарханов*. В Италии в конце XIX века активно работали физиологи *Луиджи Лючиани* (1840–1919) и *Анджело Моссо* (1846–1910). Л. Лючиани принадлежат известные исследования по физиологии мозжечка, им была описана триада симптомов, наблюдаемых при его удалении, которая получила название *триады Лючиани*. А. Моссо изобрел несколько физиологических приборов, изучал проблему утомления, физиологических изменений в организме в

условиях высокогорья. В Англии во второй половине XIX века уровень развития физиологии несколько отставал от других европейских стран. След в истории физиологии оставил лишь в начале века **Чарльз Белл** (1774–1842), который указал на функциональное различие передних и задних корешков спинного мозга. В 70-х годах начал свою деятельность **Майкл Фостер** (1836–1907), ставший организатором школы физиологов. Его ученик **Уолтер Гаскелл** (1847–1914) описал феномен атриовентрикулярной блокады, изучил автоматию работы сердца. Учеником Фостера также был **Джон Ленгли** (1852–1925), заложивший основы современных представлений о физиологии вегетативной нервной системы. Следует упомянуть и **Августа Уоллера** (1856–1922), который с помощью капиллярного электрометра впервые зарегистрировал электрокардиограмму человека.



*Иван Михайлович
Сеченов (1829–1905)*

Успешное развитие физиологии в России началось с 60-х годов XIX века, время, которое К.А. Тимирязев охарактеризовал как «весну русского естествознания». В этот период начал свою научную деятельность **Иван Михайлович Сеченов** (1829–1905) – «отец русской физиологии». Сеченов обогатил науку концепциями фундаментального значения и создал научную школу в области физиологии. Интересы И.М. Сеченова касались в основном трех проблем: общей физиологии нервной системы, физиологических основ психической деятельности и механизмы транспорта газов кровью. В области общей физиологии нервной системы

Сеченовым были открыты процессы центрального торможения, а также явления суммарного возбуждения в нервных центрах. Наибольших успехов он достиг в вопросах физиологических основ психической деятельности. В 1863 году им была опубликована монография «Рефлексы головного мозга», которая имела широкий резонанс в научных кругах. В ней И.М. Сеченов впервые показал, что психическая деятельность человека имеет рефлекторную природу. Затем в книге «Элементы мысли» (1878) он писал, что физиология располагает данными, устанавливающими родство психических явлений с нервными процессами. Исследование механизмов транспорта газов кровью привело Сеченова к разработке абсорбционных методов определения количества газов в крови и газов, поглощае-

мых кровью и солевыми растворами. Профессорская деятельность Сеченова протекала в Медико-хирургической академии в Петербурге, а также в Одесском, Петербургском и Московском университетах. Везде он создал прекрасные научные школы физиологов. В числе его учеников можно назвать таких выдающихся физиологов, как И.Р. Тарханов, *Н.Е. Введенский*, *Б.Ф. Вериго*, *М.Н. Шатерников*, также патолог В.В. Пашутин, выдающийся фармаколог *Н.П. Кравков*, биохимик *С.С. Салазкин*, гигиенист *Г.В. Хлопин*.

В 60-х годах XIX века начала складываться научная физиологическая школа в Казанском университете, где работали Филипп Васильевич Овсянников (1827—1906), Николай Осипович Ковалевский (1840—1891). Ф.В. Овсянников стал организатором физиологической лаборатории при медицинском факультете Казанского университета. Он впервые в России ввел демонстрацию опытов и микроскопических препаратов на лекциях. Работы Ф.В. Овсянникова были посвящены в основном изучению нервной системы и сочетали гистологические и физиологические методы исследования. В работе 1855—1857 гг. «Микроскопическое исследование начала нервов в большом мозгу» (в соавторстве с *Н.М. Якубовичем*) было впервые доказано, что черепные нервы делятся на двигательные, чувствительные и смешанные. Овсянникова считают основоположником морфологического подхода к проблемам физиологии, в докторской диссертации его ученика *П.И. Перемежко* впервые были описаны проприорецепторы. В 1871 году, будучи уже академиком Академии наук в Санкт-Петербурге, Ф.В. Овсянников открыл сосудодвигательный центр в продолговатом мозге, затем детально изучил нервную регуляцию кровообращения.



*Иван Петрович
Павлов (1849—1936)*

В Казанском университете протекала научная деятельность *Николая Александровича Миславского* (1854—1928), который совместно с *Владимиром Михайловичем Бехтеревым* (1857—1927) выполнил серию исследований для определения влияния коры больших полушарий головного мозга на деятельность внутренних органов.

В середине 70-х годов начал свою научную деятельность *Иван Петрович Павлов* (1849—1936). Научное творчество этого великого физиолога посвящено изучению функций кровообращения, пищеварения и высшей нервной деятельнос-

ти человека. Работы в области физиологии кровообращения и пищеварения были проведены Павловым в XIX веке, а создание физиологии высшей нервной деятельности явилось достижением уже века XX. Из работ Павлова по физиологии сердечно-сосудистой системы следует отметить его диссертацию «Центробежные нервы сердца» (1883), в которой описано открытие нерва, усиливающего сердечные сокращения. В области физиологии пищеварения Павловым подробно были изучены механизмы регуляции отделения пищеварительных соков, определены безусловные и условные пищеварительные рефлексы. За исследование физиологии пищеварения он получил Нобелевскую премию в 1904 году.

Также в этот период в Харьковском университете успешно осуществлял научную деятельность Василий Яковлевич Данилевский (1852–1939). В 1874–1876 гг. им было установлено влияние полового тела и лобных долей больших полушарий мозга на процессы дыхания и работу сердца. В 1876 году Данилевский одним из первых обнаружил электрическую активность головного мозга.



Николай Евгеньевич

В 80-х годах наиболее значительные работы были проведены Николаем Евгеньевичем Введенским (1852–1922) и Брониславом Фортунатовичем Вериго (1860–1925). Оба – ученики И.М. Сеченова и оба вели исследования в области нервно-мышечной физиологии. В 1886 году Введенский опубликовал классический труд «О соотношении между раздражением и возбуждением при тетанусе», в котором развита теория тетануса. Согласно этой теории большая амплитуда тетанического сокращения по сравнению с одиночным обусловлена суммированием

Таким образом, труды российских ученых во второй половине XIX — начале XX века выдвинули физиологическую школу России на ведущее место в научном мире. На этом рубеже физиологическая наука достигла больших успехов: были разработаны основы принципов деятельности нервной системы, органов чувств, общей физиологии нервных и мышечных волокон, электрофизиологии, деятельности сердца и других органов кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения. Изучены некоторые стороны обмена веществ: интенсивность обмена, особенности обмена веществ в некоторых органах.

На протяжении XIX века физиологические исследования носили в основном аналитический характер. В результате был накоплен обширный фактический материал, синтетическое рассмотрение которого на уровне целостности организма, а также изучение тонких биохимических механизмов различных физиологических отклонений стало задачей следующего века.

Развитие биогеографии и экологии. Интенсивное изучение фауны различных стран и континентов привело к накоплению огромного количества фактов, требовавших соответствующей интерпретации. Развитию *зоогеографии* на основах дарвинизма во многом способствовала деятельность Альфреда Уоллеса, который в 1860–1880-х годах опубликовал крупные исследования, посвященные малайскому архипелагу, и двухтомную монографию «Географическое распространение животных» (1876). Специальное внимание Уоллес обратил на условия распространения животных, преодоление ими зоогеографических преград. Вместе с тем в сочинении Уоллеса, как показали Н.А. Северцов и *М.Н. Мензбир*, имелись некоторые существенные недостатки. При анализе факторов распространения животных Уоллес оперировал почти исключительно историческими причинами и недооценивал роль современных условий, в которых существуют животные. Русские ученые-зоогеографы учитывали экологические особенности территории и закономерности их изменения с течением времени. Такой экологический подход к проблемам распространения животных мы встречаем в трудах Н.А. Северцова, которого принято считать основоположником исторической зоогеографии. По Северцову, при характеристике зоогеографических подразделений следует учитывать не только число видов и статистическое сравнение особенностей их распространения, но и экологические характеристики, например сезонные явления в жизни животных.



*Михаил
Александрович
Мензбир
(1853–1935)*

Эти идеи успешно развивал ученик Н.А. Северцова Михаил Александрович Мензбир (1853–1935). Работы Мензбира содержали обширные анализы ареалов видов на фоне исторических и современных условий. Упрощению экологической трактовки зоогеографических подразделений способствовала выдвинутая в 1892 году известным почвоведом и географом **В.В. Докучаевым** идея о природных, ландшафтно-географических зонах, охватывающих все элементы природы, включая животных.

В конце XIX века начинается изучение зоогеографии морей. Большую роль в этом процессе сыграли крупные океанографические экспедиции. Основоположником мор-

ской зоогеографии принято считать немецкого зоогеографа **А. Ормана**, опубликовавшего в 1896 году «Основы морской зоогеографии». Книга сохраняет определенную ценность и сегодня. Данные по зоогеографии морей были существенно углублены за счет организации специальных постоянных морских биологических станций. Первая из них создана в 1871 году в Севастополе, затем в 1872 году – в Неаполе, в 1876 году – в Ньюпорте (США). В 1864–1876 гг. российский и польский зоогеограф **В.И. Дыбовский** изучал своеобразную фауну Байкала и установил ее эндемический характер.

В работах по геоботанике преобладал экологический подход. Первая попытка характеризовать растительные формации Земли в связи с климатическими условиями была предпринята в классическом труде немецкого ботаника **Генриха Гризебаха** (1814–1879) «Растительность земного шара в ее климатическом подразделении» (1872). Основоположником российской школы геоботаников стал **Андрей Николаевич Бекетов** (1825–1902), опубликовавший в 1896 г. первый курс ботанической географии на русском языке.

Эмбриология растений. Крупные успехи во второй половине XIX века были достигнуты в области эмбрионального развития растений. Для изучения процессов опыления и оплодотворения растений большое значение имели специальные труды Ч. Дарвина. Дарвин впервые обнаружил, что у покрытосеменных перекрестное опыление распространено гораздо шире, чем самоопыление. Ему удалось описать большое разнообразие приспособлений, выработанных у растений для устранения самоопыления. Проанализировав историю

происхождения этих приспособлений, Дарвин пришел к выводу о вторичности самоопыления и первичности перекрестного опыления. Этим вопросам посвящены три его монографии: «Различные приспособления, при помощи которых орхидеи опыляются насекомыми» (1862), «Действие перекрестного опыления и самоопыления» (1876), «Различные формы цветков у растений одного и того же вида» (1877).



*Сергей
Гаврилович
Навашин
(1857–1930)*

Для дальнейшего развития эмбриологии растений многое сделали польский ботаник *Эдуард Страсбургер* (1844–1912), *Иван Николаевич Горожанкин* (1848–1904), *Владимир Иванович Беляев* (1855–1911), *Сергей Гаврилович Навашин* (1857–1930) и другие ученые.

Э. Страсбургер подтвердил родственную связь папоротникообразных с голосеменными, показав, что яйцеклетки голосеменных соответствуют архегониям папоротников. Данные Страсбургера лежат также в основе современных представлений о строении зародышевого мешка покрытосеменных. В 1875–1876 гг. Страсбургер сделал описание процесса оплодотворения у голосеменных, в котором содержался ряд ошибочных положений. Ошибочность их была установлена в 1880 году И.Н. Горожанкиным, описавшим истинную картину оплодотворения голосеменных. После классических работ И. Горожанкина открытия в области эмбриологии растений следовали одно за другим. Ценные исследования провел В.И. Беляев по изучению сперматозоидов у высших споровых и голосеменных. В 1891 голландский ботаник *Мельхиор Трейб* (1851–1910) открыл иные способы внедрения пыльцевой трубки в семяпочку, помимо известного поступления через микропиле. Наконец, в 1898 году С.Г. Навашин описал процесс двойного оплодотворения покрытосеменных, основываясь на данных микрофотографирования. Его работы были подтверждены наблюдениями, полученными русским альгологом *В.М. Арнольди*, французским ботаником-цитологом *Л. Гиньяром* и Э. Страсбургером.

Систематика растений. Для построения филогенетической систематики растений огромное значение имели сравнительно-морфологические исследования немецкого ботаника Вильгельма Гофмей-

стера. В «Общей морфологии растений» (1868) ему удалось показать общность жизненных циклов мохообразных, папоротникообразных, хвойных, создать учение о чередовании поколений у растений.

Одной из систем растительного мира, основанной на эволюционном принципе, была система немецкого ботаника *Августа Эйхлера* (1839–1887), опубликованная в 1883 году. Еще более удачной стала переработка и филогенетическое развитие данной систематики учеником Эйхлера *Адольфом Энглером* (1844–1930). А. Энглер представил полное описание систематического состава растительного мира в многотомном издании «Естественные семейства растений» (первое издание в 1887–1907 гг.). В составлении этого труда принимали участие крупнейшие ботаники того времени, книга не утратила своего значения и по настоящее время.

Физиология растений. Развитие эксперимента в биологии расширило сферу исследований процессов жизнедеятельности растений и вызвало появление биологической и агрономической химии. Значительный вклад в изучение углеродного питания растений в процессе фотосинтеза был сделан немецким физиологом *Юлиусом Саксом* (1832–1897). Он наглядно показал, что первым продуктом ассимиляции углерода является крахмал, разработав метод йодной пробы (*реакция Сакса*). Аналогичное явление, используя реакцию Сакса, наблюдал в 1866 году *Андрей Сергеевич Фаминцын* (1835–1918) у водорослей. В 1887 году ученик Фаминцына *В. Храповицкий* наблюдал, что в процессе фотосинтеза в пластидах листьев образуется не только крахмал, но и белковые соединения, а *В.В. Сапожников* доказал правильность этого количественными методами исследования (1889;



*Климент Аркадьевич
Тимирязев (1843–1920)*

1894). Более простые продукты фотосинтеза обнаружить не удавалось. В 1870 году А. Байер выдвинул формальдегидную гипотезу, несостоятельность которой будет доказана только в 40-х годах XX века. В схему фотосинтеза, составленную А. Байером, русский ботаник, физиолог растений Климент Аркадьевич Тимирязев (1843–1920) ввел в качестве одного из действующих компонентов *хлорофилл*. В 1896 году другой российский ботаник, физиолог и биохимик *Алексей Николаевич Бах* предложил иную схему фотосинтеза, в которой процесс ассимиляции углекислоты рассматривается как сопря-

женный окислительно-восстановительный процесс. Источником электронов для восстановления служит вода, таким образом, кислород как продукт фотосинтеза имеет водное происхождение. Недостатком схемы явилось полное непонимание роли хлорофилла. Используя спектральный анализ Бунзена–Кирхгофа, Тимирязев опроверг господствовавшее мнение об определяющей роли желтого света в фотосинтезе, обнаружив максимум поглощения в красной и синей областях спектра. В 1875–1885 гг. К.А. Тимирязев развил представление о хлорофилле как химическом и физическом сенсibilизаторе фотохимических процессов, а в 1886 году он это экспериментально подтвердил.

В конце XIX века исследователей стал интересовать вопрос о влиянии на фотосинтез внешних факторов, таких как различные атмосферные газы, химические соединения, и внутренних – содержания хлорофилла и накопления ассимилянтов. Ученые отмечали связь фотосинтеза с другими процессами жизнедеятельности растений – ростом и делением клеток (Фаминцын, 1886), дыханием (*Бородин*, 1876), транспирацией (Тимирязев, 1893) и т. д. Во второй половине XIX века развернулись исследования роли фотосинтеза в цепи энергетических превращений на Земле. Первым, кто подчеркнул космическую роль растений, стал Тимирязев. Его ученик *Федор Николаевич Крашенинников* (1869–1936) в 1901 году опытным путем доказал, что поглощенный растением свет преобразуется в энергию химических связей ассимилянтов.

Продолжалось изучение почвенного питания растений. Были разработаны методы выращивания растений на твердом субстрате и в водных культурах. Оптимальный состав питательного раствора был разработан немецким физиологом растений *Йоганном Кнопом* (1817–1891). Окончательно вопрос об источниках азота для растений был решен в работах российского почвовед *Дмитрия Николаевича Прянишникова* (1895; 1899). В изучении явлений транспирации, корневого давления, механизмов движения воды по растению многое было сделано Ю. Саксом.

Формирование микробиологии как самостоятельной науки. Пожалуй, именно для микробиологии вторая половина XIX века стала определяющей. Раскрытие этиологии многих инфекционных заболеваний связано с именем немецкого врача, основателя немецкой микробиологической школы *Роберта Коха* (1843–1910). Он открыл возбудителей сибирской язвы (*Bacillus anthracis*); холеры (*Vibrio cholerae*); туберкулеза (*Mycobacterium tuberculosis*). Совместно со сво-



Роберт Кох
(1843–1910)

ими ассистентами, впоследствии знаменитыми микробиологами *Леффлером* и *Гафки*, Кох ввел много усовершенствований в микробиологическую технику, разработал метод выделения чистых культур, что никак не удавалось сделать Л. Пастеру, изобрел аппарат для стерилизации сред, предложил метод выращивания культур на плотных средах. Его ученик *Юлиус Ричард Петри* (1852–1921) предложил использовать для культивирования микробов на твердых средах круглые чашки с крышечкой, получившие название *чашек Петри*. Кох экспериментально обосновал и развил общие положения для распознавания инфекционных

болезней (*правила Коха*), оборудовал прекрасную микробиологическую лабораторию в Берлинском университете. Благодаря исследованиям Коха и его последователей удалось локализовать очаги холеры в Индии, Италии, Америке и других районах эпидемий. Однако далеко не все ученые разделяли взгляды Р. Коха. Многие физиологи, среди них известные — Р. Вирхов, М. Петтенкофер, стояли на позициях Берцелиуса, считавшего, что все болезни происходят от изменения химических процессов в организме. Профессор Петтенкофер из Мюнхена написал Коху, вернувшемуся из Индии: «Пришлите мне ваших воображаемых зародышей холеры, и я вам покажу, насколько они безвредны». Кох послал ему пробирку с чистой культурой холерных вибрионов, и Петтенкофер проглотил ее содержимое прямо на глазах изумленных студентов и аспирантов. Холерой он не заболел, по-видимому, потому, что был голоден и обильный желудочный сок убил бактерий. Петтенкофер не заболел, но его плохой пример стал причиной ужасной смерти многих его не столь удачливых учеников. Этот поразительный случай в науке как нельзя лучше подтверждает положение о том, что даже факт (Петтенкофер не заразился холерой, выпив культуру холерного вибриона) не всегда однозначно свидетельствует о чем-то, важен анализ всех обстоятельств, возможность повторения и т. д. Р. Кох создал большую научную школу, к которой принадлежали *Э. Клебс*, *К. Эберт*, *Э. Беринг*, *Ф. Леффлер*, *Э. Смит* и другие.

В 1857 году началась научно-творческая деятельность в области микробиологии французского химика-органика *Луи Пастера* (1822–1895). Изучая процессы рацемации, он случайно подметил,



Луи Пастер
(1822–1895)

что выросший в растворе винной кислоты плесневый гриб потреблял только один правый изомер. Пастер начал исследования брожения с иных позиций, чем Берцелиус, Мичерлих, Либих. Ему удалось доказать биологическую природу брожения на очень простом, но убедительном примере. В безбелковую среду, содержащую небольшое количество сахара, помещалось малое количество дрожжей. Рост дрожжевой массы доказывал биологическую природу процессов брожения. Химики считали, что брожение вызывается присутствием белков, хотя им еще не было известно, что эти белки — ферменты живых

организмов, считалось, что это процессы окисления с помощью кислорода. Затем Пастер, изучая маслянокислое брожение, открыл его бескислородную сущность.

С начала 60-х годов Л. Пастер приступил к изучению проблемы произвольного самозарождения. В 1859 году французская АН объявила конкурс на предоставление убедительных доказательств невозможности самопроизвольного зарождения жизни. Премию в 1862 году получил Пастер после демонстрации его знаменитого опыта с колбой, имеющей S-образно изогнутую трубку. Согласно некоторым данным, идея сооружения такой колбы, в которую попадал воздух, уже освобожденный от микроорганизмов, оседающих под действием силы тяжести в изгибе трубки, принадлежала химику — профессору *Антуану Балару*. Балар начал свою деятельность как аптекарь, будучи талантливым человеком, он получил профессорское звание за открытие брома и изучение его свойств. Он набросал Пастеру схему проведения опыта, а тот сконструировал прибор и провел блестящий эксперимент, положивший конец спору о возможности самозарождения жизни в условиях современной Земли.

Пастер встал на сторону Р. Коха и обоснованно выступил в защиту микробного происхождения инфекционных болезней. Занимаясь этим вопросом, он выделил (кстати, пользуясь методом Коха) с помощью своих ассистентов *Эмиля Ру* и *Шарля Шамберлана*, впоследствии ставших знаменитыми учеными, возбудителя родильной горячки, разработал методы антисептики для профилактики этого

грозного осложнения, уносившего жизни молодых женщин. Идеи Л. Пастера подхватил английский хирург *Джозеф Листер*, создавший теорию антисептики для хирургии. В 1879 году Л. Пастер начал исследование этиологии куриной холеры. Оказалось, что физиологическое состояние птиц — существенный фактор в возникновении и протекании болезни. Случайно обнаруженное явление (Пастер решил заразить кур старой культурой бактерий) — сильное ослабление вирулентности культуры в процессе хранения — послужило основой для создания теории иммунитета и разработки методов вакцинации. В лаборатории Луи Пастера были разработаны вакцины против сибирской язвы и бешенства, хотя возбудителя бешенства ему выделить не удалось по объективным причинам (это вирус). В 1883 году И. Мечников создал фагоцитарную теорию иммунитета. Одновременно существовала бактерицидная теория, основанная на бактерицидном действии плазмы крови, что подтверждалось данными немецких микробиологов и гигиенистов *Э. Бухнера*, *Э. Беринга*, *Ф. Леффлера*. Теорию антиоксидантной природы иммунитета в течение ряда лет развивал немецкий врач *Пауль Эрлих* (1854–1915).



Мартин Бейеринк
(1851–1931)

В конце XIX века возникают экологическое и физиологическое направления в микробиологии. Основоположником физиологического направления принято считать голландского микробиолога *Мартина Бейеринка* (1851–1931). Он выделил в чистую культуру и описал физиологию клубеньковых бактерий, открыл сульфатредукцию, нитрификацию и денитрификацию. Бейеринк разработал метод получения накопительных культур, который стал широко применяться многими микробиологами. Экологическое направление успешно развивали русские микробиологи. У истоков русской микробиологической школы стоял Лев Семенович Ценковский. В 80-х

годах учеником Ценковского *Павлом Андреевичем Костычевым* (1845–1895) была разработана теория микробиологической природы почвообразования. В этот же период начинается многолетняя плодотворная деятельность *Сергея Николаевича Виноградского*. В самом конце XIX века он изучает и описывает клостридий, обнаруживает у

них процесс азотфиксации, разрабатывает методы выращивания бактерий на селективных средах, выделяет в отдельную группу хемолитоавтотрофов. Важной вехой в становлении микробиологии XIX века явилось открытие датским ученым **Христианом Грамом** (1853–1938) в 1884 году окраски, разделившей всех бактерий на две группы — грамтрицательные и грамположительные. Наконец, в 1892 году русский ученый **Дмитрий Иосифович Ивановский** (1864–1920) обнаружил «бактерию», проходившую через все микробиологические фильтры — вирус табачной мозаики. М. Бейеринк подтвердил исследования Ивановского в 1898 году и предложил сам термин «*вирус*», что в переводе означает «яд», «токсин». Детальное изучение, а также открытие вирусов животных и бактерий относится уже к XX веку.

Формирование и развитие цитологии. В 70-х годах XIX века появляются первые серьезные исследования, касающиеся ядер делящихся клеток. В 1872 году описать этот процесс попытался российский ботаник **Эдмунд Фридрихович Руссов** (1841–1897). Затем подобные работы были проведены немецким зоологом **Ф. Шнейдером** (1873) и **Иваном Дорифеевичем Чистяковым** (1874). Детальное описание митоза было дано в работах немецкого гистолога **Вальтера Флемминга** (1843–1905), он же стал автором термина. Представление о переходе одной из парных хромосом к одному полюсу клетки, а другой — к другому сформулировали: для животных клеток — в 1883 году бельгийский зоолог **Эдуард Ван Бенеден**, для раститель-

ных — в 1884 году немецкий ботаник **Э. Гейзер**. В 1885 году немецкий зоолог **Оскар Гертвиг**, Э. Страсбургер и А. Вейсман высказывают предположение о локализации наследственности в хромосомах. Вейсман выдвинул идею корпускулярного строения вещества наследственности, хотя следует помнить, что дискретность наследственного материала была экспериментально подтверждена еще в 1865 году работами австрийского математика **Грегора Менделя** (1822–1884). Менделем были проведены опыты с наследованием признаков у гороха, ставшие впоследствии классическими, сформулированы знаменитые законы, разработан гибридологический метод иссле-



Грегор Иоганн Мендель
(1822–1884)

дований, легший в основу появляющейся новой науки — генетики. Однако в эпоху, охваченную разработкой теории эволюции, Мендель и его значительные открытия долгое время оставались незамеченными.

В конце XIX века были предприняты попытки экспериментального изучения законов изменчивости. В 1886 году голландский ботаник *Гуго де Фриз* (1848—1935) начал экспериментальные наблюдения над изменчивостью энотеры, в 1889 году английский естествоиспытатель *Фрэнсис Гальтон* применил статистические методы к изучению величины семян душистого горошка в ряду поколений и сформулировал «закон регрессии» (наследуются не все отклонения от признака, а лишь часть — регрессия). В 1897 году Гальтон формулирует «закон о смешении признаков предка в поколениях». Оба эти закона подводили биометрическую основу под представления Ч. Дарвина о наследовании индивидуальных различий и казались фундаментальными подтверждениями представлений об эволюции.

Однако вскоре после появления дарвинизма начинается формирование различных течений как в самом дарвинизме, так и в эволюционных представлениях, отвергающих селекционизм. *Классический дарвинизм* поддерживали Томас Гексли, К.А. Тимирязев, А. Уоллес (в начале), хотя Тимирязев был против понятия о борьбе за существование, а Уоллес считал ошибочным выделение полового отбора. Т. Гексли, соратник и друг Ч. Дарвина, выступал против безоговорочного принятия выражения «*Natura non facit saltum*» («Природа не делает скачков»). Доктрины классического дарвинизма придерживались В.О. Ковалевский, немецкий палеозоолог *Л. Вюртенбергер*. Самыми существенными чертами классического дарвинизма считались признание неопределенной наследственной изменчивости как основного материала эволюции, допущение наследования приобретенных признаков в некоторых случаях, принятие естественного отбора на основе борьбы за существование как главного фактора эволюции, представление о ведущем значении в эволюции биотических факторов, особенно внутривидовой борьбы (*К.М. Завадский*, 1973).

Сочетание позиций классического дарвинизма с ламаркизмом, когда ведущая роль естественного отбора принижается, а прямое приспособление и наследование благоприобретенных признаков считается равным по значению случайной изменчивости, получило название *геккелевского дарвинизма*. Наиболее яркое проявление подобных взглядов на эволюционный процесс встречается у Э. Геккеля. Изменчивость Геккель обозначал словом «приспособление», предложил закон «борьбы наследственности и приспособления». Терми-

ном «прогрессивная наследственность» он определял передачу потомству признаков, приобретенных в течение жизни, под «консервативной наследственностью» подразумевал совокупность уже имевшихся у организма признаков. Движущую силу эволюции Геккель сводил к борьбе между «консервативной» и «прогрессивной» наследственностью. Если считать главным признаком геккелевского дарвинизма попытку сочетать принципы естественного отбора и прямого приспособления, то близкие взгляды можно встретить у австрийского палеозоолога и геолога Мельхиора Неймайра, сформулированные в 1889 году в разгар борьбы между неоламаркизмом, неodarвинизмом и телеологическим эволюционизмом. Неймайр не признавал «стремление к усовершенствованию» в качестве фактора эволюции, прогресс организации он объяснял только с позиций отбора. Однако формирование специальных приспособлений, по мнению Неймайра, могло происходить путем прямого изменения организма под действием факторов окружающей среды и наследования благоприобретенных признаков.

Концепция *неodarвинизма* связана с именем немецкого эволюциониста Августа Вейсмана. Позднее ее поддержали Ф. Гальтон и А. Уоллес. Основой неodarвинизма можно считать два момента: признание полной невозможности наследования благоприобретенных признаков и распространение естественного отбора на тканевой, клеточный и эмбриональный уровень. Заслугой Вейсмана справедливо можно считать отстаивание корпускулярного строения вещества наследственности, которое объясняло расщепление признаков у гибридов, возврат части их к исходным формам, атавизмы.

Сегрегациоселекционизм предполагал дополнение теории естественного отбора учением об изоляции и миграции организмов как важных факторах эволюции. Представление о важности изоляции в эволюции начало формироваться после критического выступления **Ф. Дженкина** в 1867 году. Дженкин доказывал неизбежность разбавления полезного признака в ряду поколений при скрещивании мутанта с исходными формами, что может привести к исчезновению признака в популяции и нивелированию его роли в эволюции. Эти взгляды основывались на представлении о слитном характере наследственности, характерном для 70–80-х годов XIX века.

Автором *миграционной теории* эволюции следует считать немецкого естествоиспытателя и путешественника **Морица Вагнера** (1813–1887). М. Вагнер писал, что теория Дарвина имеет существенный пробел, который может восполнить «закон миграции организмов». Видообразование под действием естественного отбора, по мнению

М. Вагнера, невозможно без «уединения» хотя бы небольшой группы организмов путем миграции. Так началась длительная дискуссия о возможности симпатрического видообразования и его механизмах, растянувшаяся до середины следующего века. Позже вопрос о роли изоляции и миграции в эволюции разрабатывался многими учеными. Так, **Ж. Дельбеф** в 1877 году выступил с математическими доводами против идей Дженкина. Он сформулировал «закон Дельбефа»: как бы ни было мало число изменившихся особей по отношению к числу неизменившихся, оно будет всегда возрастать вплоть до полного вытеснения исходного типа. Данный закон мог действовать только в идеале, если бы причины изменений действовали постоянно на ряд признаков и на значительную часть особей вида. В 1886 году английский натуралист **Джордж Роменс** (1848–1894) подробно обсудил вопрос о роли изоляции в эволюции, считая ее более фундаментальным фактором, чем отбор. Он разрабатывал вопрос о «физиологической изоляции», то есть формировании затруднений процессов копуляции. Географическую изоляцию как фактор эволюции Роменс не признавал. Главным в видообразовании он считал нескрещиваемость вновь возникших форм с исходными и высокую плодовитость при скрещивании новых форм между собой.

Неоламаркизм представляет собой конгломерат разных теоретических доктрин, опирающихся на ту или иную сторону теории Ламарка. Основой обычно служило признание органической целесообразности в природе, наследование благоприобретенных признаков. Время формирования этого направления – последняя четверть XIX века, термин был предложен в 1888 году американским палеозоологом **А. Пакардом**. Неоламаркизм в узком смысле представляет собой учение о причинах эволюции, возрождающее теорию Ж.Б. Ламарка в модернизированном виде. Фундаментальные проблемы эволюционной теории ламаркизм решает прямо противоположно дарвинизму. Наименьшей единицей эволюции ламаркисты считают индивидуума, тогда как дарвинисты – популяцию. В дарвинизме процессы наследственной изменчивости эволюции разграничиваются, а в ламаркизме наследственная изменчивость сама по себе носит приспособительный характер. Движущая сила эволюции, по дарвинизму, – противоречивое взаимодействие многих факторов, разрешаемое в процессе естественного отбора, по ламаркизму – целесообразно направленное действие среды (эктогенез) или же внутренних сил (автогенез). Многие ученые признают основателем неоламаркизма американского палеонтолога и зоолога Эдуарда Копа. В 1896 г. появляется обобщающая монография Копа «Главнейшие факторы эволю-

ции», в которой он систематизировал свою критику теории естественного отбора: отбираться может только уже возникшее, и поэтому теория отбора не является теорией эволюции, ею может быть только учение, объясняющее появление самих изменений, а не причины их сохранения. В основе эволюции, как полагал Коп, лежит особая форма энергии — *анагенетическая*. Эта энергия действует как «сила роста», «сила жизни» и определяет «восходящий прогресс живого» и власть организмов над окружающими условиями. Силу роста и развития, основанную на анагенетической энергии, Коп именовал «батмизмом», а вызванные ею формы эволюции — «батмогенезом». Сила батмизма, считал Коп, действует через процессы роста признаков, ускоряя или замедляя их, и принимает форму физио- и кинетогенеза, возникающих под влиянием физических и химических воздействий среды. Кинетогенез в понимании Копы — это эволюция под влиянием фактора употребления или неупотребления органов. Представление о батмогенезе, физиогенезе, кинетогенезе и о фундаментальной роли усилий, ощущений, потребностей, желаний и других форм проявления сознания в эволюции действительно возрождало все составные части учения Ламарка. Однако если философской основой учения Ламарка был деизм, то философской основой учения Копы стал своеобразный психоэнергетический идеализм. Кроме того, дополнив ламаркизм идеей предсуществования сознания, Коп ввел в него идею естественного отбора. Несмотря на малую рациональность эволюционной доктрины Копы, его эмпирические обобщения внесли ценный вклад в эволюционную теорию.

Механоламаркизм. Согласно этому учению целесообразная организация возникает, поддерживается и совершенствуется путем прямого или функционального приспособления. Эволюция сводится к суммированию за счет наследования приобретенных признаков ответных реакций организма на воздействие факторов внешней среды или же результатов «функциональных адаптаций», то есть усиления или ослабления функций органов. Основателями механоламаркизма считаются английский психолог и социолог *Герберт Спенсер* (1820—1903) и немецкий ботаник, антидарвинист *Карл Негели* (1817—1891). Сущность органической эволюции, по Спенсеру, состоит в преобразованиях, направленных на поддержание равновесия с изменяющимися условиями внешней среды. Прямое уравнивание (прямое приспособление) Спенсер связывал с изменениями функций в онтогенезе и с нормативным действием факторов среды. Наследование приобретенных признаков он считал фундаментальной основой

эволюции, не требующей доказательств. Наряду с прямым уравниванием Спенсер признавал и косвенное уравнивание, то есть приспособление с помощью естественного отбора. Очень часто механоламаркизм дополнялся автогенетическими и психовиталистическими гипотезами (особенно для объяснения пассивных приспособлений) или сочетался с идеей естественного отбора, как у Спенсера и Копа.

Ортоламаркизм. Это направление представляет собой совокупность гипотез, декларирующих существование некоего «внутреннего принципа усовершенствования», или «закона стремления к прогрессу». Повышение уровня организации происходит прямолинейно, независимо от влияния факторов окружающей среды. Представителем ортоламаркизма принято считать немецкого зоолога *Теодора Эймера* (1843–1898). Приверженцами ортоламаркизма стали многие палеонтологи. Наблюдая определенные направления эволюции тех или иных признаков, они делали вывод, что причиной этих процессов является «закон направленности» эволюции.

Психоламаркизм — концепция эволюции, в основу которой были положены идеи Ламарка о ведущей роли таких факторов, как «потребности», «привычки» и «усилия воли». Одной из теоретических основ психоламаркизма был *панпсихизм* — утверждение о существовании сознания у всего живого. Такие явления, как активность организма, способность целесообразно реагировать на внешние раздражители, в течение жизни изменять поведение, форму, психоламаркисты приписывали воздействию сознания и воли на материю, и они переносились из онтогенеза в филогенез. Одним из апологетов психоламаркизма стал немецкий физиолог *Эвальд Геринг* (1834–1918). Основой эволюции Э. Геринг считал закон функциональной связи между сознанием и живым веществом. Способность к памяти и к воспроизведению образов он перенес с нервных клеток на все клетки, в том числе и на половые. Наследование приобретенных признаков, как полагал Геринг, основано на «запоминании идиоплазмой» тех раздражений, которые действовали на нее в прошлом.

Телеологические концепции эволюции. Лидером телеологического направления в эволюционизме конца XIX века следует признать Карла Бэра. Бэр рассматривал «Вселенную» и особенно органический мир как результат развития, стремящегося к высшей цели и руководимого разумом. Еще в 1834 г. он пришел к трактовке развития следующим образом: «Вся история природы является только историей идущей вперед победы духа над материей». Единственным направлением развития К. Бэр считал прогресс, осуществляемый с

помощью действия духовных сил. Поэтому он может быть признан основоположником особой разновидности теории эволюции — *автогенетического телеогенеза*. К. Бэр отвергал концепцию естественного отбора, а также роль случайности в эволюции. По его мнению, развитие необходимо рассматривать как стремление к высшим целям. Другим сторонником телеогенеза стал английский зоолог *Сент-Джордж Майварт* (1827—1900). В своей книге «О развитии видов» (1871) он приводил множество доводов против теории естественного отбора. Вслед за Келликером С. Майварт выступает за скачкообразный характер эволюции, полагая, что естественный отбор не может этому способствовать. Он считал, что часто встречающаяся конвергенция признаков не может быть следствием действия естественного отбора. А раз так, то причина эволюции еще неизвестна, что позволяет принять за основу «принцип совершенствования», то есть автогенетическую причину. Келликер далее разрабатывает свою гипотезу эволюции путем гетерогенного размножения, высказывает догадку, что, хотя развитие всегда идет путем внезапных скачков, без переходных форм, размер этих скачков может быть очень различным. *Телеологический сальтационизм* Келликера сочетался с идеями филогенетического преформизма. По рассуждениям Келликера, «во времена возникновения органического вещества и первых организмов вместе с тем возник и весь план будущего развития, вся сумма возможностей: различные влияния внешней среды имели определяющее значение лишь для частных моментов развития». Методологической основой теории эволюции Келликера стало сведение ее закономерностей к закономерностям онтогенеза. С критикой дарвинизма за недооценку «внутреннего закона развития» с позиций автогенеза выступил немецкий физиолог растений *Евгений Аскенази* (1845—1903).

Одни сторонники телеогенеза рассматривали целеустремленность развития как восхождение в бесконечной перспективе, другие — как движение по затухающей кривой. Такая разновидность телеогенеза может быть проиллюстрирована взглядами немецкого ботаника *Альберта Виганда* (1821—1886). Основываясь на том, что все крупные таксоны возникли в далеком геологическом прошлом и по мере продвижения к современности наблюдается образование таксонов все меньшего и меньшего ранга, Виганд выдвинул концепцию *постепенного затухания эволюции*.

К клерикальной разновидности телеологического эволюционизма можно отнести взгляды французского палеонтолога *Альберта Годри* (1827—1908). Он отвергал как дарвиновский принцип отбора,

так и ламарковские принципы физиогенеза и кинетогенеза. По его мнению, «план руководил историей живой природы», при этом план Годри отождествлял с «бесконечным Существом», или «незыблемым Организатором».

Телеологические концепции выдвигались в противовес дарвинизму не только биологами, но и философами-идеалистами. Ученик *А. Шопенгауэра Эдуард фон Гартман* выпустил в 1874 г. книгу «Истина и заблуждения в дарвинизме». Фундаментом органической эволюции он считает телеологически действующий «внутренний закон развития», а отбор, по его мнению, играет второстепенную роль. Телеологического эволюционизма клерикального толка придерживался *Николай Яковлевич Данилевский* (1822–1885).

Вслед за Келликером многие биологи второй половины XIX века выступали в защиту идеи внезапного образования видов или более крупных таксонов. Приспосабливая гипотезу катастроф Ж. Кювье к новым временам, некоторые палеонтологи рассматривали эволюцию как чередование геологически продолжительных периодов существования стабильных таксонов с кратковременными периодами катастрофических преобразований. В последние десятилетия XIX века появились мутационные гипотезы внезапного возникновения ряда форм. В доказательство нередко приводились примеры, заимствованные у самого Дарвина, описавшего немало случаев «скачкообразной изменчивости» (черноплечий павлин, однолистная земляника, гладкокожие персики и т. п.). Таким образом, дарвинизм не является учением, абсолютизирующим постепенность развития, в нем признается возможность внезапного, скачкообразного изменения признака за счет мутаций. Отрицание скачкообразного развития характерно для механоламаркизма. Представителями раннего мутационизма являлись австрийский геолог *Эдуард Зюсс* (1831–1914) и швейцарский палеонтолог *Освальд Геер* (1809–1893). Зюсс стал представителем очень редкой *экзогенетической разновидности мутационизма*. Причинами изменения форм он считал быстрое изменение физико-химических и климатических факторов. Геер, как и Зюсс, считал внезапным появление новых видов путем быстрой трансформации, при этом он настаивал на целенаправленности совершенствования организации и управлении этими процессами высшей силой. Палеонтолог *В. Вааген* в 1869 году обнаружил резкие изменения в строении раковины аммонитов разных геологических слоев и назвал эти изменения мутациями. В дальнейшем в палеонтологии «мутациями Ваагена» стали называть резкие изменения признаков, наблюдаемые при переходе из одного горизонта в другой,

смежный. Как и многие сторонники мутационной гипотезы эволюции, Вааген отождествлял перерывы в геологической эпохе с результатами осуществляемого фронтально массового скачка одного таксона в другой. Общей чертой, объединяющей позднейшие мутационистские работы XIX века, было стремление использовать в качестве аргументов не спорные данные палеонтологии или сравнительной морфологии, а прямые факты и материалы специальных опытов.

В конце XIX века были получены первые экспериментальные доказательства эффективности естественного отбора. В 1898 году английский зоолог-дарвинист *Е. Паультон* сообщил о первых опытах с моделированием естественного отбора на бабочке-крапивнице. В том же году опубликованы данные *В. Уэлдона* по многолинейному исследованию популяции крабов из бухты Плимута в Англии. Было замечено, что после постройки мола ширина головогруды этих крабов достоверно уменьшилась. В конце XIX века еще скудными были знания о структуре вида, о внутривидовых отношениях и видообразовании, о закономерностях прогрессивной эволюции. Существенное развитие знаний в этих областях произойдет уже в XX веке.

Глава 6.

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 (это привело к сближению неорганической и органической химии и размыванию четких границ между ними);

2) на стыке химии и физики: а) термохимия, электрохимия, радиохимия; б) химия поверхностных явлений; в) физикохимия растворов; г) химия высоких давлений и температур; д) учение о катализе и кинетике реакций;

3) по объекту исследования выделились: 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: 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: биохимии, биоорганической химии, геохимии, космохимии.

Идет стремительное совершенствование методов изучения веществ, их свойств и взаимодействий. В 40–50-е годы XX века широко внедряются новые физические методы исследования: ультрафиолетовая и инфракрасная спектрофотометрия, масс-спектрометрия, радиоспектроскопия, методы электромагнитного и ядерного магнитного резонанса. Новые методы позволили расширить область исследования пространственного строения соединений, в том числе важнейших объектов биоорганической химии. Широкое практическое при-

менение в химических и биологических исследованиях нашли методы меченых атомов, рентгеноструктурный анализ. Последний позволил установить строение многих биологически активных органических соединений, в том числе цианкобаламина, морфина, стрихнина, резерпина, новокаина, 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 и сельского хозяйства, улучшению быта. Это происходит на базе разработки квантовой, а затем и квантово-механической теории строения атома. XX век — это век успешного развития химической и химико-технологической промышленности.

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

Развитие теоретических основ химии в XX веке

Учение о периодичности свойств элементов. На стыке XIX—XX веков произошли важнейшие открытия, благодаря которым стало возможным физическое обоснование 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 *Э. Резерфорда*. В 1902 году свою модель предложил английский физик Дж. Томпсон, электроны в ней равномерно вкраплены в положительно заряженное ядро («пудинг с изюмом»). В модели немецкого физика *Ф. Ленарда* 1903 года атом состоит из дулетов положительных и отрицательных зарядов, большая его часть является пустой. Японский физик *Х. Нагаока* 1904 году предложил модель атома, построенную по

аналогии с планетой Сатурн (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 стали известны около 15 радиоактивных веществ (элементов), возник вопрос об их размещении в таблице Менделеева, в которой оставалось лишь семь свободных мест. Э. Резерфорд и **Ф. Содди** предложили теорию радиоактивных превращений путем испускания α -частиц. Фактически радиоэлементы, как выяснилось впоследствии, оказались изотопами естественной радиоактивности соответствующих элементов. Постепенно были построены радиоактивные ряды урана 235 (1902–1935 гг.), тория 232 (1903–1910 гг.) и т. п.

Физическим обоснованием периодичности свойств элементов стала 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 этого положения было получено вскоре **Г. Мозли**. Чтобы связать свойства элементов со строением атомов, необходимо было преодолеть внутреннюю противоречивость резерфордовской 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 XX века относится появление представления о новом, *ядерном учении* в периодичности свойств элементов. Термин «ядерная периодичность» впервые употребил в 1924 году российский ученый **С.А. Щукарев**. Как только был открыт нейтрон (**Дж. Чедвик**, 1932), 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, были выполнены немецким физиком **В. Эльзассером**, французским ученым **К. Гуггенхеймером**, 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 хи-

мических 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 были обнаружены только в 1961 году *Б. Кенна* и *П. Курода* (США), металлический технеций получен раньше — в 1948 году *С. Фридом* (США). В 1938 году появилось сообщение о синтезе элемента № 61 американцами *М. Пулом* и *Л. Квиллом*. Однако достоверный синтез изотопов этого элемента был осуществлен только в 1945 году. Элемент называли прометием. Металлический прометий был получен в 1963 году немецким химиком *Ф. Вайгелем*, а в природе его удалось обнаружить 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 он был назван астатом. 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 гг. За эти 15 лет удалось синтезировать более 80 изотопов девяти трансурановых элементов с № 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). В дальнейшем классические методы ядерного синтеза оказались неэффективными.

2. После 1955 г. 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, каждый раз требовался новый синтез.

В 50-х годах XX века работы по ядерному синтезу стали проходить в г. Дубне Московской области, в объединенном институте ядерных исследований. Работы возглавил академик *Г.Н. Флеров*.

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. Сегодня эта концепция не является бесспорной, так как в седьмом периоде отчетливо намечается размывание периодичности.

К XX веку относится 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. Однако действительное рождение химии благородных газов произошло только в 1962 году, и связано оно с именем канадского химика **Н. Бартлетта**, 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, затем 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 1960-х годов благородные газы стали помещаться в VIII группе в качестве основной подгруппы.

Одной из проблем учения о периодичности свойств химических элементов до сих пор 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 г. В. Нернст применил электронные представления для объяснения образования ионов. Идея об ионной (электровалентной) связи разрабатывалась в 1909–1915 гг. 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 **Й. Штарка**.

Создание в 1925–1926 гг. 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, которую должна была решить квантовая химия, 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*, что имело огромное значение: связь атомов в водороде обусловлена тем, что электроны, ранее принадлежавшие различным атомам, входят в одну и ту же электронную оболочку. В 1928 году *Лайнус Полинг* (1901–1994, США), опираясь на эту работу, впервые высказал идеи о гибридизации атомных орбиталей и резонансе структур.



Лайнус Полинг
(1901–1994)

В 1931 г. *Э. Хюккель* опубликовал серию статей, посвященных изучению электронного строения ненасыщенных органических соединений. Им была предложена классификация орбиталей по двум типам — σ и π .

В 1950-х годах на смену методу валентных схем приходит метод молекулярных орбиталей.

Координационная химия. Господствовавшее представление о валентности, химических связях 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: внутренней, где находятся центральный атом и все атомные группировки, связанные прямой связью, и внешней, где расположены группы, удаленные от центрального атома, связанные не прямой связью. А. Вернер ввел в науку понятие о *координационном числе*, показывающем, сколько атомов или атомных групп может прямо связаться с центральным атомом-комплексообразователем. Ученый 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, применив метод меченых атомов для изучения строения комплексных соединений в 1939 году, *Александр Абрамович 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, заключающаяся в повышенной подвижности лигандов, расположенных в транспозиции к нитрогруппе. С начала 1950-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 было синтезировано множество новых комплексных соединений с необычными координационными числами 5, 7, 8 и с необычной геометрией. В 1946 году был открыт совершенно новый тип комплексных соединений – кластеры (Mo_6Cl_8).

Явление комплексообразования тесно связано с жизненными процессами. Многие биологически активные соединения – это комплексные соединения. Например, витамин 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 *Дороти Кроуфут-Ходжкин* с сотрудниками. В 1963 году немецкому химику *К. Циглеру* и итальянскому химику *Дж. Натта* была присуждена Нобелевская премия за развитие метода полимеризации этилена при низком давлении в присутствии катализаторов – комплексных соединений аммония и титана.

К концу 60-х годов XX века 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 способствовали открытию и количественному определению того или иного элемента.

Впервые практическое применение комплексные соединения получили в 1920-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, тоже основана на реакциях комплексообразования, проблема их очистки была решена в 50–60-е годы.

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



*Илья Ильич
Черняев
(1893–1966)*

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 *Петера Дебая* и *Эриха Хюккеля*, опубликованных в 1923–1925 гг. Ими была разработана теория, получившая название *теории Дебая–Хюккеля для сильных электролитов*. Теория учитывала силы взаимодействия между катионами и анионами и не учитывала взаимодействие ионов с растворителем. В 1930-х годах в работах *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 работы *О.Я. Самойлова* 1950–1957 гг.

В неразрывной связи с развитием учения о растворах эволюционировали теории кислот и оснований. В 1923 году появились одновременно исследования *Томаса Лаури*, *Иоханна Бренстеда* и *Гилберта Льюиса*, разработавших новую теорию кислот и оснований, согласно которой кислотные свойства связаны со способностью вещества отдавать протон партнеру, выступающему в роли основания (то есть вещества, способного присоединять протон). В 1927–1929 гг. Г. Льюис развил электронную теорию кислот и оснований: основа-

ния — вещества, имеющие свободную пару электронов, кислоты — вещества, способные использовать свободную пару электронов. Однако данная теория не может объяснить свойства амфотерности, проявление водой и кислотных, и основных свойств. Теория, сформулированная И. Бренстедом, не предусматривала наличия кислотных свойств у апротонных кислот. Развитием теории Бренстеда 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**. Значительный шаг в развитии электрохимической кинетики был сделан **А.Н. Фрумкин** в 1933 году. Он впервые тесно связал кинетику электродных процессов со строением двойного слоя ионов. Кинетика электродных процессов стала одним из ведущих разделов современной электрохимии. Основные усилия электрохимиков направлены на изучение физико-химических свойств ионов и поведения их электронов в жидкой и газовой фазах, а также на исследование механизмов электродных процессов при взаимодействии ионов с поверхностью металла.



Теодор Сведберг
(1884—1971)

Результаты исследований в области электрохимической кинетики нашли практическое применение: 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 разработке методов борьбы с коррозией.

Коллоидная химия. В первом десятилетии XX века происходит оформление коллоидной химии в самостоятельную науку. В 1923 **Теодор Сведберг** (1884—1971) сконструировал ультрацентрифугу для дисперсного анализа золь по скорости

седиментации, которая позволила измерить массы высокодисперсных частиц.

В 30-х годах в классической коллоидной химии начинает быстро развиваться физико-химическая механика дисперсных систем и высокомолекулярных соединений, превратив коллоидную химию в науку, изучающую физико-химические дисперсные системы и поверхностные явления.

В результате большой серии работ *Петра Александровича Ребиндера* и его 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 был 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.

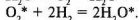
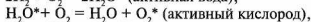
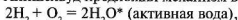
В 50–60-х годах широкое применение получили результаты исследований физико-химических свойств аэродисперсных систем (аэрозолей), что позволило создать методы разрушения туманов и облаков, разработать высокоэффективные лекарственные формы и фильтры для очистки воздуха.

Химическая кинетика. В конце XIX — начале XX века большое внимание уделялось изучению 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 Боденштейн* (1871–1942) изучил фотохимическую реакцию образования хлористого водорода из газообразных хлора и водорода, обнаружив ее двухстадийность (1916) и цепной характер. В 1918 году немецкий физикохимик Вальтер Нернст 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. $\text{Cl} + \text{H}_2 = \text{HCl} + \text{H}$ (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 гг. почти одновременно появляются три цикла работ в области химической кинетики: 1) работы лаборатории электронной химии Государственного физико-технического института (ГФТИ) г. 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 :



В 1927–1928 гг. Н.Н. Семенов с сотрудниками, 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 OH -радикала, что подтвердило теорию цепных реакций.

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

— в физике — при разработке современной теории превращения ядерного горючего;

— в химии — для обоснования многих технологических процессов: окисления углеводородов, галоидирования, крекинга нефти, получения искусственных волокон и пластических масс;

— 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, характеризуется быстрым внедрением фундаментальных исследований в практику. Органический синтез продолжает занимать особое место среди методов органической химии. Начало века ознаменовалось попытками синтеза-

ровать сложнейшие органические соединения: гемины, хлорофиллы, белки. Кроме того, от синтеза природных соединений химики перешли к синтезу соединений, в природе не существующих. 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 гг. К. Ингольд, отметив, что различные реагенты обладают сродством либо с электронами, либо с ядрами, ввел термины «электрофильный», «нуклеофильный». В 1935 году было обнаружено явление «свехсопряжения» (*Р. Малликен*) — алкильные группы оказались способными к передаче электрона с уменьшением эффекта в ряду $\text{CH}_3 > \text{CH}_2\text{CH}_3 > \text{CH}(\text{CH}_3)_2 > \text{CH}(\text{CH}_3)_3$. Теория свехсопряжения была развита в 1940–1950-х гг. 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 немецкий химик-органик, основоположник биохимии Эмиль Фишер 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. Фрейденбергом*. Одновременно аналогичную теорию развивал *К. Хадсон*. В 1951 году в Утрехте ряд ученых (*И. Бейвут, А. Пеердеман, А. ван Боммель*), применив специальную дифракционную технику, определили абсолютную конфигурацию натрийрубидийтартрата. После этого удалось определить абсолютную конфигурацию многих оптических изомер-

ров и биологически активных соединений и их фрагментов (в том числе аминокислот). Чрезвычайно важным стало распространение стереохимических представлений в область биологической химии, 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 возникновению конформационного анализа.

20-е годы XX века ознаменовались большими успехами в изучении природных соединений. До этого, в 1914 году, *Э. Кендалл* 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 английским биохимиком и физиологом *Александром Флемингом*. В 1921 году *Г. Штаудингер* установил структуру природного каучука. В 1923 году *Р. Вильштеттер* с сотрудниками завершил синтез природного L-кокаина. *А.Е. Чичибабин* и *Н.А. Преображенский* в 1930 году синтезировали стереоизомерные пилополовые кислоты и установили строение пилокарпина. Работы *А.П. Орехова* способствовали изучению других алкалоидов. В работах *У. Хеуорса* были предложены новые формулы для описания полуацетальной циклической структуры моносахаров (1925, формы «кресло», «лодка»). *К. Фрейденберг* изучил строение катехина, а *Г. Виланд* — птеринов, пигментов крыльев бабочек.

Большие успехи были 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. Появился метод электрофореза (*Г. Теорелль*, 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* в 1932 году. В 1933 году

Роберт Кун и независимо от него *А. Сент-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 русские химики *М.М. Шемякин* и *А.Е. Браунштейн* изучили механизм реакции переаминирования. Значительно продвинулась вперед химия гормонов: была 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 гг. *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 β -лактамного кольца в молекуле пенициллина, что способствовало установлению его точной структуры, синтезу его аналогов с повышенной физиологической активностью. В 1942 году был осуществлен синтез кортизона, и с 1946 года 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 магнийорганических 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 *Петра Павловича Шорыгина* (род. в 1911 г.). Им была разработана реакция замены в углеводородном радикале атома Н на Na — реакция *Шорыгина*. Наиболее сильное влияние на процесс формирования химии элементорганических соединений оказало открытие и введение в органический синтез литийорганических соединений *К. Циглером* в

1925–1930 гг. 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 г. А.Н. Несмеянов разработал метод получения ароматических соединений многих элементов – диазометод (метод получения двойных диазониевых солей). Он был с успехом использован 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 инсектицидов 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. Были созданы препараты для лечения глаукомы, бронхиальной астмы, параличей и т. д.

В 1935–1939 гг. *К.А. Андрианов* впервые получил и изучил ряд кремнийорганических полимеров. Они обладали интересными свойствами: химической инертностью, устойчивостью к нагреванию, холоду, воздействию кислорода и озона, воды и солнечных лучей. Элементоорганические соединения (в частности смешанные алюминийорганические 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, 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-х годах 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. Их созданию предшествовали работы *Х. Тейлора, И. Лэнгмюра, А.А. Баландина*. Наиболее полно эти идеи развиты в так называемой *теории А.А. Баландина* (1930): молекула фиксируется на катализаторе силами Ван-дер-Ваальса, затем идет образование мультиплетного комплекса, перераспределение связей. В дальнейшем особое значение приобретают две теории (конец 30-х – начало 40-х гг.): 1) теория цепной реакции катализа; 2) теория активных ансамблей. Теория активных ансамблей развивается *Николаем Ивановичем Кобозевым* (1939), он вводит представление об аггравации – влиянии носителя активного ансамбля. Эти идеи были использованы в 40-х годах для объяснения высокой активности биологических катализаторов-ферментов, белковая часть которых рассматривается как агграватор.

Продвижение вперед в создании теорий катализа способствовало успешному осуществлению в промышленности разнообразных каталитических процессов. В 1913 году был пущен первый завод по синтезу аммиака из водорода и азота. За разработку этой технологии *Ф. Габер* в 1918 году получил Нобелевскую премию. В 1925

году был запатентован «*никель Ренея*», или скелетный никель, обладающий высокой пористостью и удельной поверхностью. Его использовали главным образом при гидратировании и восстановлении органических соединений.

В 40–50-х годах в качестве катализаторов стали применяться 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,



*Алексей Евграфович
Фаворский
(1860–1945)*

в синтезе стероидов, витаминов группы D. В промышленности он был использован после работы В.Н. Ипатьева и *С.В. Лебедева*, изучавших димеризацию изопрена и получивших изопrenoиды.

С 1930 года начинается быстрый рост химии ацетиленов, подготовленный исследованиями А.Е. Фаворского. В этом году был 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 ацетиленов с оксидом углерода, ведущих к получению акриловой кислоты и ее производным — незаменимым компонентам в производстве пластмасс.

Создание так называемого кумолового процесса — нового метода получения ацетона и фенола — позднее было оценено 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 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 возникает методологическая проблема согласования между классическими физико-химическими кон-

цепциями (термодинамическими и кинетическими закономерностями) и быстро прогрессирующей информацией о структуре соединений. Само понятие «структура» часто используется неточно, структурные данные описываются с ошибками 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 однообразная 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 соединений. Брукхейвенский банк аккумулирует результаты кристаллографических исследований белков и других биополимеров (начиная 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 химических наук конца XIX и первой половины XX века, следует отметить особую значимость именно нетрадиционного, нетривиального эксперимента (радиохимические работы М. Склодовской-Кюри, оп-

ределение 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).

Компьютерное моделирование в химии 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 данным. В связи с этим возникает методологическая проблема: какое место в системе научных достижений следует отнести сведениям, получаемым путем компьютерного экспериментирования? Можно ли их считать рабочими гипотезами, которые будут подтверждены или отвергнуты в дальнейшем?

Современная химия изучает обширный круг принципиально иных атомно-молекулярных систем. Это высокомолекулярные биополимеры: ДНК, РНК, белки, каждая молекула которых выполняет специфические функции, и они не могут быть рассмотрены как просто вещества. Отдельный интерес представляют системы, возникающие на поверхности, на границах раздела фаз. Примером таких атомно-молекулярных систем могут служить модифицированные поверхности графита, силикагеля и других носителей с «привитыми» к ним молекулами модификаторов.

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 агрегаты. Агрегаты обнаруживаются и в органических кристаллах, где располагаются закономерно, упорядоченно и потому не

порождают микрогетерогенности. Однако раствор или расплав данных соединений характеризуется микрогетерогенностью за счет присутствия стабильных и нестабильных агломератов. Такая структура жидкого вещества влияет на его свойства, например на фармакокинетические параметры, предопределяющие лечебное действие лекарств. Химические науки, предметом исследования которых являются молекулы и атомы, а также сложнейшие способы их взаимодействий, становятся основными в разработке современных нанотехнологий.

Глава 7.

Развитие биологической и биоорганической химии в XX веке

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

От XIX века биохимия унаследовала представление о том, что основой процесса биологического окисления является активация молекулы кислорода. Это представление получило значительное разви-

тие в перекисной теории биологического окисления русского биохимика и физиолога растений Алексея Николаевича Баха (1857–1946).



*Алексей Николаевич
Бах (1857–1946)*

Теория Баха рассматривалась в начале века как единственное достаточно обоснованное объяснение процессов биологического окисления. Углубление исследований химизма обменных процессов тормозилось двумя факторами: скудностью знаний о ферментах и отсутствием представлений о химическом строении основных компонентов живых систем. Неисследованной оставалась структура белков, неизвестным — вещество наследственности. Это способствовало стреми-

тельному и взаимосвязанному развитию как «статического», так и «динамического» направления в биологической химии.

Изучение природы углеводов и белков. При том что 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 были проведены Эмилем Фишером. 1900–1902 гг. — время изучения и класси-

фикации углеводов, в 1902–1919 годы шло установление природы пептидной связи и синтез искусственных полипептидов. Исследуя строение сахаров, Э. Фишер изучил воздействие на них различных ферментов, что привело к открытию явления, получившего в дальнейшем название *специфичности действия ферментов*. Работы **А. Брауна** (1902) положили начало гипотезе о фермент-субстратных взаимодействиях, что позволило в дальнейшем развить 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** и **Маргарет 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 этой области в первой половине века добились представители двух мощных научных школ биохимиков — немецкой и российской. Среди немецких биохимиков выдающиеся открытия были сделаны Генрихом Виландом, **Отто Мейергофом**, **Густавом Эмбденом**, Отто Варбургом, **Гансом Кребсом**. В российской школе первая половина XX века была отмечена работами **Владимира Ивановича Палладина**, **Георгия Ефимовича Владимирова**, **Сергея Павловича Костычева**, Алексея Николаевича Баха, **Якова Оскаровича Парнаса**, **Александра Альбертовича Кизеля**, **Бориса Ильича Збарского**.

Новая теория биологического окисления взамен баховской (пе-

рекисной) была выдвинута уже в 1912 году — *теория Палладина—Виланда*. Согласно ей в основе реакций окисления лежат процессы дегидрирования, а кислород включается только на последнем этапе в качестве конечного акцептора электронов. Идея единства процессов брожения и дыхания была впервые высказана российским ученым С.П. Костычевым (сын П.А. Костычева, один из основателей российской биохимической школы).

В конце 20-х годов Отто Варбург (1883–1970) открыл дыхательный фермент цитохромоксидазу, установил, что коферментом цитохромоксидазы является молекула порфирина с атомом железа в центре. За открытие



*Отто
Варбург
(1883–1970)*

природы и изучение механизма действия дыхательного фермента О. Варбург получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1931 году. К началу 30-х годов он же выделил в кристаллическом состоянии 9 ферментов гликолитического пути окисления глюкозы. Вме-



Отто Мейергоф
(1884–1951)

сте с *Христианом Уолтером* 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 и в настоящее время и известных под названием *тест Варбурга*.

В 1923 году О. Мейергоф (1884–1951) удостоился Нобелевской премии по физиологии и медицине «за открытие тесной взаимосвязи между процессом поглощения кислорода и метаболизмом молочной кислоты в мышце». Премию он разделил с английским физиологом *Арчибальдом Хиллом* (1886–1977), изучавшим теплопродукцию при мышечном сокращении. Позже Мейергоф с сотрудниками обнаружил АТФ и описал 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 построить первую обоснованную схему анаэробного расщепления глюкозы, которая впоследствии была дополнена Я.О. Парнасом (1884–1949) и получила название *пути Эмбдена–Мейергофа–Парнаса* (гликолиз). Я.О. Парнасу удалось установить очень важную деталь гликолиза – возможность субстратного синтеза АТФ. Затем им был изучен процесс расщепления гликогена, открыт его фосфороллиз, образование глюкозо-1-фосфата, изомеризация в глюкозо-6-фосфат и вовлечение последнего в окислительный распад по пути Эмбдена–Мейергофа–Парнаса.



Ганс Кребс
(1900–1981)

Огромное значение для раскрытия механизмов энергетического катаболизма имели работы Г. Кребса (1900—1981). Ему принадлежит честь раскрытия химизма процессов мочевинообразования — орнитинового цикла. Убедившись в цикличности этого процесса, Кребс предположил, что это свойство является главной особенностью протекания многих метаболических реакций. Догадка, оказавшаяся просто гениальной, привела Г. Кребса в 1937 году к открытию цикла лимонной кислоты (цикл трикарбоновых кислот, *цикл Кребса*). Кребс экспериментально показал, что пировиноградная кислота, являющаяся продуктом гликолиза, далее превращается с выделением углекислого газа в ацетилкоэнзим А, образующийся также при расщеплении жирных кислот. С помощью экспериментов Кребса была наконец показана непосредственная связь обмена глюкозы и жирных кислот, замеченная еще Г. Эмбденом. Нобелевская премия за открытие цикла лимонной кислоты была присуждена Г. Кребсу только в 1953 году. Позже, продолжая исследования в этом направлении, он совместно со своим учеником *Г. Корнбергом* открыл разновидность цикла лимонной кислоты — глиоксилатный цикл.

В 30—40-х годах супруги *Карл* и *Герти Кори* провели серию экспериментов, в ходе 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 органической химии, в России как наука она 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).

Основоположником направления физиологической химии по праву можно считать профессора Казанского и Харьковского университетов, а затем Военно-медицинской академии в Петербурге *Александра Яковлевича Данилевского* (1838—1923). Он 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 мно-

гих ферментов. В 1897 году А.Я. Данилевский издал «Краткий курс физиологической химии». Он создал большую школу ученых, работавших в области проблем физиологической химии, связанных с вопросами питания и нарушения 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. Его докторская диссертация 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 этом же институте трудился Сергей Николаевич Виноградский (1856–1953). Его классические работы по изучению обмена веществ у микроорганизмов внесли существенный вклад в развитие 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 была 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 стали видные российские биохимики — *С.Р. Мардашев*, *Э.Э. Мартинсон*, *Л.Т. Соловьев* и другие. В институте протекала научная деятельность и *Ефима Семеновича Лондона* (1869–1939). Важнейшим его достижением была разработка методов ангиостомии, синусостомии и органостомии, позволяющих 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 Д-дезоксирибозу в качестве основного сахара в составе ДНК.



*Михаил Семенович
Цвет (1872–1919)*

Одним из первых центров биохимии в России в начале века стала также кафедра физиологии растений Петербургского университета, возглавляемая в это время Андреем Сергеевичем Фаминцыным. Им был создан крупный обзорный труд «Обмен веществ и превращение энергии в растениях», который на многие годы стал настольной книгой для физиологов и биохимиков.

В лаборатории А.С. Фаминцына начинал 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 метода ультрацентрифугирования для определения константы седиментации (*константы Сведберга*), которая свидетельствовала о молекулярной массе биополимеров и частиц, из них состоящих. В 1937 году шведский биохимик **Арне Тиселиус** (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 Петербургско-



*Владимир Иванович
Палладин (1859–1922)*

го университета. Главным направлением его исследований были физиология и биохимия дыхательных процессов у растений. Одним из учеников Палладина стал академик Сергей Павлович Костычев, работы которого 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 разработке биохимической характеристики важнейших видов и сортов культурных растений, обобщенная в 8-томном труде «Биохимия культурных растений».

В начале 30-х годов центром подготовки по биохимии растений становится кафедра органической химии Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. Здесь под руководством академика Николая Яковлевича Демьянова (1861–1938) был 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 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 Робертович Кизель (1882–1948). Им был обнаружен и изучен орнитиновый цикл у растений, отсутствие мочевины объяснено наличием активной уреазы в значительных количествах. Придавая исключительное значение методике биохимических исследований, А.Р. Кизель уделял много внимания организации практикума по биохимии, внедрению надежных и современных методов. Его учениками стали 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 считалось в то время большинством ученых. Таким образом, стало очевидным, что ДНК является обязательным компонентом любой живой клетки. С 1946 года А.Н. Белозерский

организовал лабораторию антибиотиков в Институте биохимии им. А.Н. Баха, переименованную в дальнейшем в Лабораторию биохимии микроорганизмов. В этот период здесь был получен антибиотик грамицидин С, доказана его полипептидная природа и установлено, что биологическая активность грамицидина С связана с наличием свободной аминокислотной группы.

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 стало изучение экстрактивных веществ мышечной ткани. Им совместно с учениками были выделены 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 и была организована кафедра биохимии животных, которую возглавил С.Е. Северин. Кафедра, руководимая В.С. Гулевичем, а после его кончины академиком Борисом Ильичом Збарским, стала центром изучения биохимии в 1-м Московском медицинском институте. Основные исследования Збарского были 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



*Александр Иванович
Опарин
(1894–1980)*

ной медицины имени А.М. Горького. Через год открылся его филиал в Москве. Здесь академик А.Е. Браунштейн вместе со своей сотрудницей **М.Г. Крицман** в 1936 году открыл реакции ферментативного переаминирования, играющие важнейшую роль в превращениях аминокислот и универсально распространенные во всем живом мире.

В 1934 году академиком А.Н. Бахом и его сотрудником **Александром Ивановичем Опариным** (1894–1980) в Москве 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 опубликовал небольшую брошюру «Происхождение жизни». Как гипотеза, современная теория происхождения жизни в основных чертах формулируется А.И. Опариным в 1928–1929 гг. Одновременно и независимо подобная гипотеза была высказана *Дж. Холдейном*. Позже Опарин и многие другие биохимики разных стран получили 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, ставшие впоследствии известными. Одним из коллег А.И. Опарина являлся *Владимир Александрович Энгельгард* (1894–1984). В 1930–1931 гг. он провел свои основополагающие работы, открывшие процесс окислительного фосфорилирования, заложившие основы биоэнергетики. Совместно с *М.Н. Любимовой* Энгельгард открыл 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 было положено в 1953 году химиками *С. Миллером* и *Г. Юри*, которые 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 °C или 70 °C 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), проводившиеся *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 с сформированными системами энергетического метаболизма, синтеза белков по матрице нуклеиновых кислот еще не воспроизведен лабораторно, и вряд ли это может быть осуществлено в ближайшем будущем. Процесс формирования клеток занимал во времени около миллиарда лет, и в этом, вероятно, кроется причина сложности его экспериментального воспроизводства. Есть мнение, что «те свойства веществ и структур, которые обеспечили образование из этих веществ клеток, исходно заложены в этих веществах» (*В.М. Бурень*, 2005). Действительно, фосфолипиды, помещенные в водную среду, спонтанно образуют бислой, находящийся 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 в 1869 году швейцарским химиком *Ф. Мишером*, который обнаружил

в ядрах лейкоцитов новое соединение, обладающее кислотными 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 1920-х годах расшифровывается 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 концу 30-х годов было установлено, что во всех живых организмах обнаруживаются нуклеиновые кислоты, в 1936 году А.Н. Белозерский нашел ДНК в растениях и грибах. После этого открытия становится ясно, что наследственная информация может быть непосредственно связана именно с ДНК. Но только в 50-е годы ученые приблизились к расшифровке структуры ДНК и пониманию природы и возможных механизмов записи и считывания генетической информации. Изучение структуры и возможных функций ДНК ведется в США группой Лайнуса Полинга и в Англии группой *Мориса Уилкинса* (1916–2004), проводившего рентгенографические исследования молекул ДНК совместно с опытным кристаллографом *Розалинд Франклин* (1921–1958). Осенью 1951 года в Кавендишскую лабораторию Кембриджского университета, занимавшуюся изучением пространственной структуры белков и руководимую *Максом Перуцем*, приехал американский биохимик *Джеймс Уотсон* (род. в 1928 г.). В это время здесь работал над докторской диссертацией физик Френсис Крик (1916–2004). Кроме рентгенограмм, подтверждающих спиральную организацию ДНК, основополагающими для создания модели молекулы ДНК стали работы *Эрвина Чаргаффа* (1905–2002) 1950 года, который установил эквивалентность содержания азотистых оснований в данной нуклеиновой кислоте. Именно Дж. Уотсон, сопоставив данный факт и используя данные Р. Франклин о том, что остов спирали состоит из дезоксирибозы и остатков фосфорной кислоты, а азотистые основания повернуты внутрь молекулы, заметил стерическое и химическое соответствие тимина аденину, а цитозина — гуанину. Он также предположил, что ДНК состоит из двух цепей, обосновывая это общим



*Джеймс Уотсон (слева)
и Френсис Крик с первой
моделью молекулы ДНК*

бинарным принципом организации живой природы. Когда Дж. Уотсон изложил свои идеи Ф. Крику, тот сразу же признал их весьма достоверными и принялся за расчеты организации спиралей и построение модели. В 1953 году эти данные появились в печати (журнал «Nature»). Нобелевскую премию по физиологии и медицине «за открытия в области молекулярной структуры нуклеиновых кислот и за определение их роли для передачи информации в живой ма-

терии» Дж. Уотсон, Ф. Крик и М. Уилкинс получили 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 русский ученый *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 гг. ученые открыли различные виды РНК, установили их структуру и роль, был осуществлен синтез белка в бесклеточной системе (аминокислоты, РНК, рибосомы, АТФ) и расшифрован генетический код всех аминокислот (Ф. Крик, А.Н. Белозерский, *А.С. Спири*н, *Р. Холли*, *Г. Цахау*, *А.А. Баев*, *А. Рич*, *М.У. Ниренберг* и другие). Основы процесса транскрипции изучены нобелевским лауреатом *Артуром Конбергом* (1918–2007), в 1956 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* (род. в 1920 г.) и *Жаком Моно* (1910–1976).

Очень успешными следует также считать работы, выполненные в Кавендишской лаборатории Максом Перуцем (1914–2002) и *Джоном Кендрю* (1917–1997). Им принадлежит честь открытия структуры миоглобина и гемоглобина. В 1962 году они получили Нобелевскую премию по химии «за исследования структуры глобулярных белков».

В 60-е годы индийско-американским биофизиком *Харом Кораной* (1922–2011) с применением метода М.У. Ниренберга 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. Ниренбергом). В 60-х годах российским ученым *С.М. Гершензоном* было предсказано, а американцами *Г. Теминным* и *С. Шпигельманом* показано наличие синтеза ДНК на матрице РНК и выделен фермент обратная транскриптаза. С. Шпигельман и *Д. Балтимор* синтезировали гены с помощью обратной транскриптазы, что положило начало генной инженерии.

Особый интерес представляет направление изучения механизмов формирования третичной структуры глобулярных белков, развивавшееся в России Александром Сергеевичем Спириным (род. в 1931 г.) и *Борисом Владимировичем Птицыным* (1903–1965). Исследования успешно продолжают и в настоящее время в Институте белка РАН в г. Пущино. В 80-е годы американскими учеными были обнаружены шапероны (белки теплового шока), термин предложен *Д. Эллисом* в 1987 году.

Одновременно развивалась и функциональная биохимия. Школой Сергея Евгеньевича Северина были изучены молекулярная структура и механизмы регуляции важнейших ферментов гликолиза и окислительного фосфорилирования, аденилатциклазной и гуанилатциклазной систем. Биоэнергетические процессы успешно изучались американскими и российскими биохимиками. Лауреатом Нобелевской премии 1978 года *Питером Митчеллом* была сформулирована хемиосмотическая теория сопряжения дыхания и синтеза АТФ, а русским биохимиком, академиком РАН *Владимиром Петровичем Скулачевым* (род. в 1935 г.) впервые была определена величина трансмембранного потенциала в межмембранном пространстве митохондрий.

В настоящее время результаты исследований в 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 8.

Становление микробиологии, развитие вирусологии и иммунологии

Важнейшим событием, случившимся под занавес XIX века, стало открытие Д.И. Ивановским (1864—1920) вируса табачной мозаики, который проходил через все бактериологические фильтры (1892). 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 в каких питательных средах, имеет очень мелкие размеры. Ивановский вступает в полемику с Бейеринком, который считает инфекционное начало ядом. Он 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 Дэрелл* (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 существовали две основные теории иммунитета. Одна принадлежала немецкому врачу-микробиологу Паулю Эрлиху. Сущность ее заключалась в синтезе в ответ на инфекцию различных антител (антитоксинов, бактериолизин, опсонин, агглютининов), участвующих в уничтожении инфекции. Теория получила название *гуморальной*, то есть действующей через жидкость. Автором другой являлся И.И. Мечников, который обнаружил иммунокомпетентные клетки — фагоциты, уничтожающие чужеродные агенты. В течение

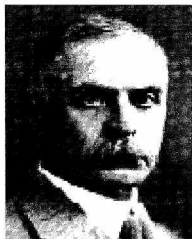
многолетней и плодотворной дискуссии между Эрлихом и Мечниковым, сопровождавшейся замечательными экспериментальными работами, были раскрыты многие механизмы, обеспечивающие иммунные реакции. Обе теории оказались правомочными, а механизмы образования антител и клеточный иммунитет взаимосвязанными. За исследования природы иммунных реакций И.И. Мечникову и П. Эрлиху в 1908 году была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине. 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. Йерсен**, Э. Беринг, **С. 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 гг. австрийского врача **Карла Ландштейнера** (1868—1943), который описал четыре группы крови человека (Нобелевская премия 1930 года). Эти работы положили начало направлению иммунологии, изучающему антигенные структуры клеток, благодаря чему были решены многие вопросы инфекционной микробиологии, вирусологии, проблемы трансплантологии органов.

В 1949 году **Ф.М. Бернетом** и **Ф. Феннером** было сформулировано положение об иммунологической толерантности, которое экспериментально подтвердили в 1953 году английские ученые **П. Медавар**, **Р. Биллингем** и чешский ученый **М. Гашек**.

Важным звеном в развитии микробиологии стало открытие антибиотиков. В 1929 году шотландец **Александр Флеминг** опублико-



*Карл
Ландштейнер
(1868-1943)*

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



*Сергей Николаевич
Виноградский
(1856–1953)*

Большой вклад в развитие почвенной микробиологии в России внесла школа Сергея Николаевича Виноградского. 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 в. Л.С. Ценковским, *П.Ф. Боровский* (1863–1932) и *Ф.А. Леш* (1840–1903) стали первооткрывателями патогенных простейших — лейшманий и дизентерий-

ной амебы. И.Г. Савченко установил стрептококковую этиологию скарлатины, первым использовал антитоксическую сыворотку для ее лечения, создал вакцину против скарлатины. И.Г. Савченко стал основателем Казанской школы микробиологов, которая хранит традиции и является сегодня одной из ведущих научных школ микробиологии. *Д.К. Заболотный* (1866–1929) изучал природную очаговость чумы, стал крупнейшим организатором борьбы с этой тяже-

лой 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**, **Н.Д. Иерусалимского** (1901–1967), **Б.Л. Исаченко** (1871–1947), **Н.А. Красильникова** (1896–1973), **В.Л. Омелянского**, **Е.И. Мишустина** (1901–1991) и их многочисленных учеников. **В.Н. Шапошников** стал основоположником промышленной микробиологии, им была открыта двухфазность процессов пропионово-кислого и маслянокислого брожений, оказавшаяся общей закономерностью всех процессов брожения. **Шапошников** и его ученики стояли у истоков развития методов селекции микроорганизмов и получения продуктивных штаммов для промышленного производства аминокислот, спиртов, витаминов, а в настоящее время – белков и нуклеотидов.

Развитие медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии во многом связано с работами 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** (1898–1974), **А.А. Смородинцев** (1901–1989), **М.П. Чумаков** (1909–1993), **П.Н. Кашкин** (1902–1991), **Б.П. Первушин** (1895–1961) и многих других.

В России создателем школы медицинской вирусологии становится **Лев Александрович Зильбер**. В 1935 году он организует Всесоюзное совещание по проблемам вирусологии и 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, которые приостановили 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. Ерие** в середине 60-х годов предлага-

ет 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 удостоились 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 было сформулировано положение о вирусах как живых организмах (Ф. Бернет). Основаниями для признания вирусов живыми организмами служили факты об их способности к размножению, изменчивости, подверженности эволюции. Эта концепция достигла своего расцвета к началу 60-х годов, когда было введено понятие «*вирион*» (*А. Львов*, 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. Проведение данного конгресса в Москве было обусловлено огромным вкладом российских ученых в решение проблем микробиологии и вирусологии.

В получении современных противовирусных вакцин важную роль сыграли В.М. Жданов, А.А. Смородинцев, М.П. Чумаков. В 60-е годы серьезные исследования цикла развития вирусов сделаны *А.Ф. Быковским*. В.М. Жданову принадлежат также 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 важнейших доказательств интеграции вирусного и клеточного геномов стало открытие фермента *обратной транскриптазы* Х. Теминым 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 XX века (80–90-е годы) были детально изучены механизмы воспроизводства вирусных частиц, обнаружены дефектные вирусы и сателлиты, плазмиды, вироиды, 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 дают основания предположить, что дегенерации подвергались не только одноклеточные организмы, но и клетки внутри многоклеточного организма, что маловероятно. Второй стала гипотеза происхождения вирусов от предковых доклеточных форм. Одним из аргументов, приводимых в пользу этой версии, 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 служит отсутствие проявлений жизни вирусов вне 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 свидетельств в свою пользу. Согласно этой гипотезе, для вирусов характерно полифилетическое происхождение, это событие не единовременное, а случавшееся 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 транспазонов, 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: транспазонов, 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 9.

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, фитоцитологии, микробиологии и агрохимии.

Большой вклад в изучение процессов фотосинтеза внесли советские физиологи и биохимики. *А.А. Рухтер* 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 школе принадлежали *В.Р. Заленский*, 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. Любименко*, 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 связана с открытием, сделанным российским ученым М.С. Цветом, разработавшем 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, который, изучив элементный состав хлорофиллов, выделенных из различных растений с разными местами обитаний, 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. Он показал, что 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. Значительные работы в этом направлении были проведены немецким биохимиком и физиологом Отто Варбургом, американским биохимиком **Х. Гафроном**. 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, что фотосинтез в своей основе является окислительно-восстановительным процессом. В 1941 году советскими учеными **А.П. Виноградовым** и **М.В. Тейцем**, а также американскими учеными во главе с **Мелвином Кальвином** (1911—1997) было установлено, что 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 немецкий биохимик и органик Ганс Фишер установил структурную формулу хлорофиллов *a* и *b*. Способность хлорофилла к фотовосстановлению была впервые показана в 1948 году работами **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 американцем **Е. Рабиновичем** (1937).

С 1946 по 1956 год велись плодотворные работы в университете Беркли (США) по установлению последовательности реакций фиксации углекислого газа в темновой стадии фотосинтеза. Группу ученых возглавили **М. Кальвин** и **Э. Бенсон**. Результатом исследований



*Мелвин Кальвин
(1911–1997)*

стало открытие последовательности реакций образования глюкозы (*цикл Кальвина*). В 1956–1957 гг. впервые была показана возможность связывания углекислоты C_4 -соединениями в работах *Л.А. Незговоровой*. В 1966 году австралийские биохимики впервые описали C_4 -путь фотосинтеза, отличный от известного C_3 -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 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 в клетке шло параллельно в растительных и в животных клетках.

В 1957 году Г. Корнбергом и Г. Кребсом был описан глиоксилатный 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.



*Дмитрий Николаевич
Прянишников (1865–1948)*

Большое значение имели работы его школы в области фосфорного и калийного питания растений, разработка ими методов известкования почвы, изучение других вопросов минерального питания растений. Так, *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 которых 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. Кель*, 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 фазы развития к генеративной. 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. Затем в 1963 году группа ученых во главе с *Ф. Эддикоттом* установила эмпирическую формулу этого соединения, *Ф. Уоринг* с коллегами выделили из листьев березы подобное вещество, вызывающее переход почек в состояние покоя. В 1967 году было установлено, что это одно и то же вещество — абсцизовая кислота. Американскими физиологами растений *Х. Бортвиком* и *С. Хендриком* (1952) было выявлено, что ряд физиологических процессов регулируется 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 ученым удалось получить ценные данные о роли отдельных минеральных веществ в обмене веществ растений, ус-

пешно изучались функции органоидов растительной клетки, строение клеточных мембран и их роли в процессах поглощения, транспорта и выделения ионов. Было выполнено 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 (иммунитет к болезням и вредителям) факторам.

Наряду с успешным решением проблем общей физиологии растений все больше внимания уделялось исследованиям физиологии отдельных видов и сортов сельскохозяйственных растений.

В первые десятилетия XX века продолжалось успешное развитие российской физиологической школы животных и человека. Исследования проводились в крупнейших университетах: Московском, Петербургском, 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 и его ученикам. Павловым 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 стали ученик И.М. Сеченова Николай Евгеньевич Введенский и ученик И.П. Павлова **Алексей Алексеевич Ухтомский** (1875–1942). 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 открыл один из основных принципов деятельности нервной системы — *принцип доминанты*, изложив его 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, Самойлов один из первых в мировой физиологии создал химическую теорию передачи нервных процессов — возбуждения и торможения.



*Николай
Александрович
Миславский
(1854–1928)*

Одновременно мощная физиологическая лаборатория создается в стенах Казанского университета другим выдающимся физиологом мирового уровня Николаем Александровичем Миславским. Представителями Казанской физиологической школы в первые пятнадцать лет XX века были выполнены исследования симпатического отдела нервной системы. Н.А. Миславский создал школу, изучающую физиологию процессов дыхания. Одним из его учеников был выдающийся физиолог *Михаил Васильевич Сергеевский* (1898–1983), который сформулировал принципиально новую теорию рефлекторной регуляции дыхания, изучил роль гуморальных факторов, участвующих в регуляции. В конце

жизни его интересы сосредоточились 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). Основное значение имела разработка следующих 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 неотложными задачами развитие сравнительной, эмбриологической и возрастной физиологии. Много внимания он уделял проведению исследований по изучению влияний стратосферных условий на организм человека и животных. Л.А. Орбели — один из основоположников эволюционной физиологии. Важное теоретическое и практическое значение имели его работы в области вегетативной нервной системы, приведшие к открытию адаптационно-трофической функции симпатической нервной системы.



*Петр Кузьмич
Анохин
(1898–1974)*

В 1926–1930 гг. П.К. Анохин в лаборатории Павлова занимался исследованием механизма внутреннего торможения. Он обнаружил, что при дифференцировочном и угасательном торможении возникают те же изменения, что и при внешнем торможении. В 1930 году по рекомендации Павлова Анохина избирают профессором кафедры физиологии Нижегородского университета. Особый научный интерес для П.К. Анохина в это время представляет изучение интегративной деятельности нервной системы. Им был предложен ряд методов исследования: секроторно-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. Анохиным создается отделение эволюционной физиологии высшей нервной деятельности. Затем он, уже являясь сотрудником Всесоюзного института экспериментальной медицины (ВИЭМ), в коллективной монографии 1935 года «Проблемы центра периферии в физиологии нервной деятельности» дает первое определение понятия «функциональная система».

Приоритетом физиологии XX столетия становится изучение целостности функциональной активности организмов: с одной стороны, исследование тонких механизмов регуляторных процессов, управляющих деятельностью клеток и организмов, с другой — 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. Павлова и *М.К. Петровой* (1946), *К.М. Быкова* (1947) было установлено, 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.

Начиная с 1936 года проблема неспецифических реакций организма на различные раздражения начинает освещаться в печати в оригинальном направлении, связанном с интенсивными исследованиями канадского 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, увеличение 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 он трансформирует свои первоначальные представления, разделяя стресс на «полезный» и «вредный». 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, Н. Weiner* и другие).

В 1960-х годах физиологи СССР сформулировали положение о двух видах стрессовых состояний: физиологическом стрессе как ос-

нове процессов приспособления и развития и патологическом стрессе — причине развития ряда заболеваний. Ф.З. Меерсон, много лет плодотворно изучавший механизмы процессов адаптации, уже в 1986—1988 гг. определил стресс как стандартную реакцию организма на любой новый фактор окружающей среды, выражающуюся активацией гипоталамо-адреналовой и адренергической систем организма и являющуюся необходимым звеном более сложного процесса адаптации. В представлении П.Д. Горизонтова (1974) стресс — это неспецифическая реакция организма на действие чрезвычайного раздражителя, вызывающего включение нервных и гормональных звеньев адаптации. Т. Сох в 1978 году предложил 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 его функционирование 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.

Большое 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 на организм животных и человека экстремальных факторов, а также слабых, но постоянных воздействий электромагнитных полей, магнитного поля Земли, изучение тонких физиологических механизмов психической деятельности животных и человека, биохимических закономерностей физиологических отклонений.

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

В «Журнале общей физиологии», основанном **Ж. Лебом** 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 60–70-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 характеризуется только ей присущим физическим подходом к изучению широкого круга жизненных явлений <...> особенно тесна связь, скорее даже “взаимопроращивание” биофизики и биохимии». На наш взгляд, это следует признать правомерным, так как биофизика действительно предполагает 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, что дифференциация становится все более и более условной, и не только в отношении направлений биофизики, но и в отношении разделения 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 10.

Возникновение и развитие цитологии и генетики в XX веке



Гуго де Фриз
(1848–1935)

Вторичное открытие законов Г. Менделя в период с 1900 по 1903 годы немцем *К. Корренсом*, австрийцем *Э. Чермаком* и голландцем Гуго де Фризом стало толчком к развитию 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 — с 1945 г. до настоящего времени.

Дальнейшее совершенствование знаний о структуре аппарата наследственности связано с именем *Теодора Бовери*, которым были установлены постоянство числа и формы хромосом для представителей каждого вида, редукция хромосом в процессе образования половых клеток, восстановление их числа после оплодотворения.

В 1902–1904 гг. Т. Бовери и *У. Самтон* высказали 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 ходе опытов с бабочками обнаружил явление сцепления признака с полом. Термин «ген» был предложен в 1909 году *В. Иогансеном* для обозначения менделевского фактора наследственности. В. Иогансен установил, что признаки, возникающие под влиянием обычных внешних воздействий, то есть благоприобретенные, не связаны с генами и не передаются по наследству. Он ввел термины «*генотип*» — совокупность наследственных

задатков данного организма и «*фенотип*» — внешнее проявление признаков, проанализировал их в связи с действием отбора. В. Иогансен обратил 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. Российские ученые *Н.В. Тимофеев-Ресовский*, *Ф. Добржанский* и другие выделили популяцию как элементарную единицу эволюции.



Томас Морган
(1866–1945)

Утверждению хромосомной теории наследственности способствовали работы школы американского ученого *Томаса Моргана* (1866–1945), проведенные в основном в 1910–1913 гг. 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 к формулированию основных положений хромосомной теории наследственности. Следует, однако, заметить, что явление кроссинговера было обнаружено еще в 1904 году Т. Бовери. В своем первоначальном виде хромосомная теория не

была лишена элементов механицизма, что послужило основой для 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 *К. Бриджемсом*, А. Стертевантом была также создана хромосомная теория определения пола.

Важной вехой в развитии классической генетики стали работы по искусственному мутагенезу. В 1927 году американский генетик *Герман Меллер* (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 Меллера 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 начал проводить генетические исследования явлений эволюции. Разработав метод перевода в гомозиготное состояние всех генов одной хромосомы дрозофилы, они сформулировали 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, А.С. Серебровского, *Б.Л. Астаурова* (1904–1974), Ю.А. Филипченко, Н.В. Тимофеева-Ресовского, *Н.И. Вавилова*



*Николай Иванович
Вавилов
(1887–1943)*

И.И. Вавилова (1887–1943), *И.В. Мичурина* (1855–1935), *Г.Д. Карпеченко* (1899–1942), *Г.А. Левитского* (1879–1943) и других вышли на передовые рубежи и ни в чем не уступали американской школе Т. Моргана.

Наиболее значительные работы принадлежали Н.И. Вавилову и его сотрудникам. Вавиловым был открыт закон гомологических рядов изменчивости, описаны центры происхождения и многообразия культурных растений. Благодаря многочисленным экспедициям была собрана уникальная коллекция семян, проводилась плодотворная селекционная работа. В созданный в Ленинграде Всесоюзный институт растениеводства (ВИР) съезжались 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 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.



*Николай
Константинович
Кольцов (1872–1940)*

цов в статье «Улучшение человеческой породы» («Русский евгенический журнал». Т. 1. Вып. 1) заявил, что благосостояние людей не влияет 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 в лице группы философов-марксистов, заявивших, что теория Ж.Б. Ламарка соответствует основным постулатам диалектического материализма.

Однако уже в 20-х годах 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 расхождением, скорее всего, было положено развитием евгенических представлений корифеями российской генетики — Н.К. Кольцовым, А.С. Серебровским, Ю.А. Филипченко. Ими высказывались идеи возможности научно влиять на размножение человека, чтобы «предохранить человечество от вырождения», речь шла об отборе наиболее ценных производителей и искусственном оплодотворении. В 1923 году Н.К. Коль-

А.С. Серебровский, сторонник евгенических идей, заметно увлекся теорией «присутствия—отсутствия» генов, выдвинутой англичанином Уильямом Бэтсоном (1861—1926) в 1905 году. Бэтсон полагал, что реальной изменчивости генов не существует, а происходит их «выпадение». 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 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 ее с теорией Бэтсона. Он считал, что причиной мутаций становится только выпадение участка хромосомы, и экспериментально пытался измерить укорочение хромосом у мутантных особей.



*Иван Владимирович
Мичурин (1855–1935)*

В 1929 году в Ленинграде состоялся I Всесоюзный съезд по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству. 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 кризиса у генетиков и селекционеров России. Съезд наметил «важнейший фронт» работ по генетике — обеспечение высоких темпов

развития сельского хозяйства, то есть непосредственный и быстрый ввод 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, с практикой 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 формальной, или классической, генетики (Н.И. Вавилов, Н.К. Кольцов) и «мичуринской» генетики (Т.Д. Лысенко и его единомышленники). В 30-е годы 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 Т.Д. Лысенко и И.И. Презент, юрист по образованию, ставший впоследствии философом и методологом биологии. В создании научного авторитета Т.Д. Лысенко большую роль сыграл Н.И. Вавилов. Свою трудовую деятельность Трофим Денисович Лысенко (1898–1976) начал 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 посетил опытную станцию для ознакомления с его работами. По теории Лысенко, растения в своем развитии должны проходить две стадии — стадию яровизации и световую. 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, представлявший собой обработку увлажненных семян перед посевом пониженной температурой, давал хорошие результаты и активно внедрялся в практику посевов зерновых культур. Ему действительно удалось установить закономерность развития растений, связанную с их эволюцией и особенностями онтогенеза (наличие в онтогенезе значительной фазы покоя). Метод яровизации успешно 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 научной основе. Однако изначально он 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 в селекционных работах методам гибридизации, Т.Д. Лысенко и И.И. Презент постепенно начинают выдвигать на первый план свое собственное понимание его идей и методов, заявляя полную противоположность «мичуринской генетики» «менделевско-морганистской». Идея о способности 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 Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. Ленина (ВАСХНИЛ) он выступил со следующими обвинениями в адрес фундаментальных генетиков и селекционеров, опиравшихся на классическую генетику: 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. Меллер (США), защищая автогенетическую концепцию, характеризовали наследственные признаки неправдоподобным консерватизмом, что сразу же вызывало яростные атаки со стороны апологетов активной переделки природы животных и растений в практических целях человека. Доклад 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 различных областях мнение Лысенко и его сторонников было предпочтительным. Молодой в то время, но уже известный 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, которые были намечены Н.И. Вавиловым и А.С. Серебровским на пятилетку 1932—1937 гг. в докладах на Всесоюзной конференции по планированию селекционно-генетических работ. Просчет состоял в том, что общенаучные задачи, для решения которых требовались десятилетия, были представлены как задачи, которые можно решить в сроки одной пятилетки.

В своих выступлениях Т.Д. Лысенко ставил вопрос о немедленном использовании научных разработок в сельском хозяйстве. Однако к 1937 году стали обнаруживаться расхождения между словом и делом в практике самого Лысенко. Его заявление о том, что 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. Лисицыным* 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 экспериментальной биологии, им возглавляемый, была направлена комиссия, в состав которой входил Лысенко. На основании заключения комиссии Кольцов был снят с должности директора. Через несколько месяцев (1940) он умер от инфаркта миокарда.

К началу 40-х годов генетика в СССР находилась в состоянии расцвета. Среди работ, имеющих мировое значение, можно отметить исследования 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, Г.К. Мейстера, *А.Р. Жебрака*, *Н.В. Цицина*, по генетике и селекции животных — *М.Ф. Иванова*, по химическому мутагенезу — *В.В. Сахарова*, *М.Е. Лобашева*, С.М. Гершензона, *И.А. Раппопорта*, 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 ответил, 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 затем расстрел заменили на 20 лет тюрьмы. 26 января 1943 года Н.И. Вавилов в возрасте 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 впоследствии были реабилитированы.



*Николай
Петрович
Дубинин
(1907–1998)*

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. Раппопорт). Привлекают к себе внимание работы по получению полипло-

идных мутаций у растений (В.В. Сахаров). Исследования 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, как говорили древние, *ignorantia non est argumentum*. 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, которая, как указывалось в ее резолюции, «вскрыла реакционную, антинародную сущностьвейсманистско-морганистско-менделевского направления в биологической науке, разоблачила его конкретных носителей». В постановлении президиума АН предписывалось освободить от занимаемых должностей 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 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. 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.Е. Лобашев стал физиологом, *А.А. Прокофьева-Бельговская* — микробиологом, И.А. Раппопорт — 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*. В составе делегации были и представители школы 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 как 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, молекулярного механизма мутаций, сделана расшифровка генетического кода и изучена регуляция работы генов. Были описаны и определены функции многих органелл и структурных компонентов клетки, а также раскрыты основные проблемы структурной организации вирусов и фагов, открыты явления трансформации, трансдукции.



*Михаил Ефимович
Лобашев (1907–1971)*

Переломным для победы истинно научного направления в генетике и селекции в 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—преемственности 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 оставались 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 подводились 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. Раппопорт, *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 генетических носителей, началась эра генной инженерии. В 1974 году **К. и Н. Маррей** создали, используя фаг λ , вектор клонирования чужеродной ДНК. В 1975 году несколько важнейших методов генной инженерии были предложены учеными **У. Бентоном, Р. Дейвисом, М. Грюнштейном и Э. Саузерном**. Группа **Т. Маниаса** в 1978 году создала 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. Сауки и К. Мюллис** 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 и в медицине, истории, этнографии и криминалистике. В 1979 году **Ф. Сенгер** и его коллеги сообщили о полном прочтении последовательности нуклеотидов в ДНК фага ϕ 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 сахаромидетов.

В 1995–1997 гг. 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.) сообщила 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 открытия явления 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, что оказа-

ло колоссальное влияние на всю экспериментальную генетику. Особое значение и общественный резонанс имели работы по клонированию животных. Интересным является тот факт, что самые ранние исследования в этой области были проведены 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. Гордон, поставив задачу выяснить, сохраняется ли в дифференцированных клетках тот же самый набор генов, который 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 *Я. Вилмутом* с помощью методики ядерных трансформаций была получена овца, всемирно известная Долли, в 1999 г. ученые из США клонировали мышь и корову, а в марте 2000 г. на свет появилось сразу пять клонированных поросят.

Во второй половине XX века на основе достижений фундаментальной генетики бурно развивалась и селекция. Несмотря на проблемы, в России были созданы наиболее зимостойкие и засухоустойчивые сорта зерновых, сочетающие повышенную устойчивость к стрессовым факторам среды с высокой технологичностью, адаптивностью и урожайностью. Всего за 1992–1996 гг. селекционно-опытными учреждениями РФ создано и принято на госиспытания 285 сортов колосовых зерновых культур, 279 сортов и гибридов зерновых культур включено в Госреестр. Значительным 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 для почти 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 в их селекции и производственном использовании. С их помощью в США, Великобритании, Франции, Италии и ряде других стран получено большое количество гибридов пшеницы, дающих устойчи-

вую 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, небезопасные для человека. В настоящее время разработаны технологии, позволяющие получить трансгенную сою, устойчивую к гербицидам и не накапливающую их в своих клетках. Успешно идут работы по освобождению генетических носителей от «генетического мусора», запатентованы и уже применяются новые способы генной модификации: микроинъекции ДНК, агроинфильтрация, бомбардировка частицами с ДНК. Биотехнологии экономичнее и, безусловно, менее опасны с экологической точки зрения, а значит, за ними будущее.

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

Глава 11.

Развитие эволюционной теории и палеонтологии

Новый, XX век ознаменовался кризисом существовавших эволюционных концепций. Особенно это коснулось дарвинизма в его авторском варианте. Причиной наступившего кризиса было накопление новых фактических данных о природе явлений наследственности и изменчивости: 1900–1901 гг. —



*Кирилл Михайлович
Завадский
(1910–1977)*

переоткрытие законов Менделя; 1901–1903 гг. — 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 автори-

тетные генетики резко противопоставили генетику как науку точную, основанную на экспериментальном методе, эволюционной теории как совокупности спекулятивных идей, опиравшейся на «устаревший» исторический метод».

Полностью отрицая существующие эволюционные концепции, первые генетики противопоставили им новые, свои собственные, которые в целом можно обозначить как *генетический антидарвинизм*, так как они 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»), *гибридогенез* — признание главенства за комбинативной изменчивостью (отбор лишь уничтожает

неудачные комбинации), *преадапционизм* — абсолютизацию 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, формальной генетики, стал *генетический автогенез*. Он основывался на обнаружении относительной устойчивости генов, которую трактовали как их неизменность. Автогенетическая концепция эволюции была выдвинута нидерландским ботаником *Яном Паулусом Лотси* (1867–1931).



*Лев Семенович
Берг (1876–1950)*

Отсутствие четких данных о механизмах мутагенеза порождали 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 работе «Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей» (1922).

Номогенез Берга включал новые идеи значения для эволюции ортогенеза, преадаптации и пророческих фаз. 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 распространяться далеко за пределы полезных изменений этого признака. 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 сделал вывод, что в ходе эволюции организмы изменяются закономерно, согласно внутренне присущим им законам, а роль внешней среды сводится к отбору. Различие между этой трактовкой и классическим дарвинизмом, на наш взгляд, заключается лишь в отрицании случайного характера мутационной изменчивости. В настоящее время с этим хочется согласиться, так как многоуровневая связь биохимических процессов и наличие сложных регуляторных механизмов не могут 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, что «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, как эволюционные преобразования живых организмов.

Концепция *преадаптации*, использованная позже Бергом, возникла еще в начале века и была призвана объяснить мутационный механизм возникновения полезных признаков. Гипотеза эволюции путем преадаптаций была предложена в 1901 году **Л. Кено** и в 1903 году независимо от него **Ч. Девенпортом**. Само понятие о преадаптации как мутационно возникшем признаке, бесполезном при данных условиях, но способном стать полезным в других условиях, было сформулировано Л. Кено в 1911 году. По его мнению, 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

беспольными или полупольными особенностями, которые способны превращаться в польные 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 *адапациогенеза* как результата многократного совмещения проспективных 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 преадапационизма предполагала закономерное появление преадаптаций. Представители неодарвинизма и классического дарвинизма первой трети века критиковали преадапационизм, отрицая саму возможность явления преадаптации.

Наиболее неблагоприятными для дарвинизма оказались первые десятилетия XX века. Пятидесятилетний юбилей выхода в свет книги Ч. Дарвина «Просхождение видов...» проходил под лозунгами гибели дарвинизма, атакованного представителями раннего генетического антидарвинизма. Накануне юбилея была издана работа *В. Келлога* «Дарвинизм сегодня» (1907), которую он посвятил полувекowym 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 и 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. Р. Локк (1906) предположил, что мутации поставляют материал для естественного отбора, предвосхищая развитие идеи синтетической теории эволюции. В защиту дарвинизма в 1909–1910 гг. выступает в ряде статей Томас Морган («За Дарвина», «Случайность или преднамеренность в происхождении и эволюции адаптаций»).

В 1910 году в Англии выходит сборник «Дарвин и современная наука», содержащий 28 научных статей и письмо Дж. Гукера редак-

тору сборника А. Стьюарду. Девять статей посвящены исследованиям влияния дарвинизма на развитие геологии, философии, физики, истории, социологии, языковедения, астрономии и даже религии, четырнадцать — вопросам состояния антропологии, генетики и цитологии, эмбриологии, палеоботаники и палеозоологии, экспериментальной морфологии, биогеографии, физиологии растений, и лишь четыре статьи вскрывали проблемы эволюционной теории. Это работы А. Вейсмана по теории отбора, де Фриза — об изменчивости как факторе эволюции, Паультона — о значении окраски в борьбе за существование, *Ллойда Моргана* — о психических факторах эволюции. Во Франции, традиционно придерживающейся лamarкистских взглядов на эволюцию, появляется книга *Ле Дантека* (Le Dantec, 1909) «Кризис трансформизма». Дантек утверждает, что кризис эволюционной теории не свидетельствует о ее крахе, а, наоборот, открывает перед ней новые пути развития. При этом ученый критикует дарвинизм, считает концепцию отбора неудовлетворительной для объяснения происхождения видов.

Попытки анализа существующих теорий эволюции в начале века встречаются в работах немецких зоологов братьев *Рихарда Гертвига* (1850–1937) и Оскара Гертвига (1849–1922). Р. Гертвиг выделяет главные направления многочисленных теорий эволюции: *филогенетический преформизм, теорию бластогенного преобразования видов (неодарвинизм), теорию соматогенного преобразования видов (неолamarкизм)*. К первому направлению он относит все телеологические и автогенетические теории К. Бэра и немецкого ботаника К. Негели (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. Рассматривая теорию естественного отбора, он приходит к заключению, что ее главный недостаток — отсутствие экспериментальных данных, доказывающих действие отбора в процессах видообразования. О. Гертвиг в статье «Современное положение дарвинизма» (1910) пишет, что 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 Ч. Дарвина (1909) вышел в свет труд *Н.В. Цингера* о видообразовании с помощью естественного отбора у сорняков льна (торицы и рыжика). В 1910 году был опубли-

кован сборник «Памяти Дарвина», содержащий работы И.И. Мечникова, К.А. Тимирязева, М.А. Мензбира, 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. Он подчеркивает мысль о том, что менделизм не только не противоречит дарвинизму, но и может стать его значительной поддержкой. Анализируя новые эволюционные концепции начала века, К.А. Тимирязев констатирует: альтернативы дарвинизму нет, а самое главное его достоинство в определении эволюции как естественного процесса, зависящего от взаимодействия множества факторов. Данная мысль не утрачивает актуальности до настоящего времени, так как и сегодня некоторые ученые 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.



*Алексей Николаевич
Северцов (1866–1936)*

В защиту дарвинизма выступили более 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 о том, что дарвинизм не находится на грани краха, а должен быть творчески развит в связи с новыми фактами.

Второй слабой стороной сегрегационизма начала века после неизученности явлений наследственности было отсутствие экспериментальных данных изучения естественного отбора в природе. Работы В. Иогансена, *Г. 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 сделали вывод о невозможности направленного накопления адаптивных изменений и, следовательно, видообразования. В ходе исследований явлений естественного отбора были обнаружены факты, свидетельствующие о том, что отбор чаще поддерживает постоянство признаков, чем их изменения. Биометрическими методами было показано, что у моллюсков *Marpessa laminate* и *Arianta arbustorum* изменчивость раковины более характерна для молодых особей, с возрастом наблюдается уменьшение изменчивости, что объясняется естественным отбором, отсекающим крайние формы и сохраняющим основные признаки видов (Велдон, 1901; Чеснола, 1907). Также в работах *Е. Томпсона* с соавторами, сопоставивших размах изменчивости осенней и весенней популяций ос, была показана консервативная роль отбора, сохраняющего среднее значение признаков. В период кризиса селекционизма эти данные были использованы для абсолютизации такой формы отбора, охраняющей сложившуюся норму значений признаков для вида.

Ученики С.С. Четверикова в России продолжали работы по исследованию 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 холоде 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 было показано, что это явление обусловлено мутацией определенных генов. Немецкий генетик *Рихард Гольдшмидт* (1878–1958) на основе подобных экспериментальных данных в 1940 году формулирует свою теорию эволюции, в основу которой он кладет понятие *системных мутаций*. Системные мутации захватывают область генов, регулирующих морфогенез, создавая значительные морфологические различия с исходными формами. Открытие В.И. Вавиловым гомологических рядов изменчивости вносило свой вклад в эволюционную концепцию — *изменчивость имеет закономерный характер*, то есть возможными являются далеко не все изменения, а только, говоря современным языком, имеющие термодинамическое обоснование.

Работы по изучению действия естественного отбора в первые десятилетия двадцатого века были связаны с исследованием разви-

тия 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, что свидетельствовало в пользу селективного происхождения данного признака. У. Гаррисон (1920) положил начало классическим работам по изучению естественного отбора у бабочек пяденицы. В сосновом лесу Йоркшира (Англия) 96 % бабочек имели темную окраску, тогда как рядом в березовой роще таких было только 15 %. По исследованию поедания бабочек птицами было установлено, что соответствие между окраской бабочек и окраской фона поддерживается постоянно действующим естественным отбором.



*Иван Иванович
Шмальгаузен
(1884–1963)*

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, анализ его форм, проводимый этим ученым, имел большое значение для эволюционной теории. На исследования Гулика впоследствии опирался И.И. Шмальгаузен (1884–1963), 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 отрицал существования естественного отбора, хотя функции его определялись по-разному. Поддерживающая и негативная роль отбора принималась всеми, но многими не разделялась идея о «творческой», накапливающей роли отбора. Неясным оставался вопрос о частоте, характере и причинах наследственной изменчивости, существующей в природе. Проблема мутагенеза в

популяциях была практически не изученной. Несмотря на работы С.С. Четверикова, Г. Харди и В. Вайнберга, еще весьма вескими признавались возражения В. Иогансена. Также существенным недостатком селекционной теории являлось 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 откры-



*Сергей Сергеевич
Четвериков
(1880–1959)*

тием (С.С. Четвериков, 1926) их высокой гетерозиготности, с характеристикой популяции 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*, а по межрасовой и межбиотипной борьбе — работы В.Н. Сукачева.

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

Ленинградский генетик Юрий Александрович Филипченко в 1927 году предложил разделить эволюцию на два процесса: микроэволю-

цию (дивергенцию от популяционного уровня до нового вида) и макроэволюцию (дивергенцию на уровне выше вида). Причем он считал, что мутации, комбинативная изменчивость и отбор наиболее действенны на уровне микроэволюции, что подтверждается 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 *Сьюэла Райта* «Эволюция в менделевских популяциях» (1931). Затем 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, *Эрнстом Майром* — с позиций систематика, *Джорджем Симпсоном* — с позиций палеонтолога, *Джулианом Хаксли* — систематика и натуралиста, А.Н. Северцовым — эволюционного морфолога и И.И. Шмальгаузен — 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*, согласно которой «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 появлялись примеры ее непостоянства. 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. Дзеве́рин* уже 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 некоторые функциональные изменения процессов обмена веществ, редукция органа и т. п. Со временем этот орган перестанет нормально формироваться, «уродов» будет появляться все больше, «нормальных» — все меньше, причем у каждой особи этот орган будет по-своему безобразным. Поэтому еще одним признаком утраты органом своего значения помимо уменьшения и упрощения (редукции) является его высокая изменчивость. По изменчивости и определяют, что же происходит с органом: если орган стал вредным, то он будет исчезать, но мало изменяться (отрицательный естественный отбор), если же он просто утратил значение — он будет исчезать медленнее, зато станет очень сильно меняться.

Работы М. Кимуры подтверждают выводы Ч. Дарвина и И. Шмальгаузена о том, что редукция органов и схожие процессы будут осуществляться именно при наличии 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. Дзержина еще не имеют достаточных доказательств. Более интересной является мысль *Б.М. Медникова* о том, что нейтральность и селекционизм не противоречат друг другу, они попросту действуют в разных плоскостях. В эволюции взаимно сочетаются как процессы отбора, так и стохастические процессы дрейфа нейтральных мутаций.

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 их случайного расхождения 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 созидания новых форм. Важнейшими факторами эволюции являются 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 гг. основные постулаты СТЭ формулируются *Н.Н. Воронцовым*.

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 положения этой теории оставались весьма расплывчатыми, точнее, их формулировки никем не корректировались. Однако *Э.И. Колчинский* в монографии 2002 года отмечает, что вряд ли формулирование точных постулатов действительно полностью характеризует СТЭ. Рассматривая представления ее сторонников о факторах эволюции, Колчинский отмечает различие в решении этой проблемы у главных апологетов СТЭ: Ф. Добржанского, Э. Майра, *Г. Оше*, И. Шмальгаузена, *Дж. Стеббинса*, Дж. Симпсона и других. Например, Дж. Стеббинс считал, что СТЭ выделяет пять главных факторов эволюции: генные мутации, хромосомные перестройки, генетические рекомбинации, отбор и репродуктивную изоляцию. Подобная детализация факторов, отмечает 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 являлись 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), и постулированный процесс направленного мутирования (Osborn, 1934; Werth, 1956), и номогенез (Л.С. Берг, 1922).

Наибольшее значение в этом направлении имеет теория, выдвинутая еще в 1922 году академиком Л.С. Бергом, изложенная им 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 *преформированности* процесса эволюции. Естественный отбор рассматривается как пассивный фактор, сохраняющий норму путем отсекаания всех отклонений. Берг 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 огромные массы особей. Процесс видообразования, по Бергу, идет путем массовых трансмутаций, в то же время он отводит естественному отбору функцию сохранения «нормы». Этих умозаключений, по мнению ученого, достаточно, чтобы опровергнуть селекционизм (по Бергу, селекционизм — это учение об отборе случайно-полезных вариаций) и показать, что эволюция есть *номогенез*, 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, обоснованным является философский вопрос, определяющий соотношение в природе случайного и закономерного. Любой более-менее глубокий 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 состоялась встреча родителей, чтобы они спланировали зачатие и т. п.? В настоящее время известно, что мутации совсем не случайны, 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 представлена у Ламарка (1809) в виде эффектов употребления и неупотребления органов, затем она 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 образование новых видов как следствие крупных мутаций (de Vries, 1903; Goldschmidt, 1940; Schindewolf, 1950).

Идея становления новых таксонов путем сальтаций получила значительное развитие в трудах немецкого генетика Р. Гольдшмидта, 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. Эдридж*. Решающую роль в обновлении органического мира они отводили 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 полагал, что отсутствие промежуточных форм в палеонтологических остатках объясняется тем, что эволюционный процесс включает быструю трансформацию форм под действием сильных мутагенов — космической и солнечной радиации. Оригинальная сальтационистская концепция предложена *В.А. Кордюмом* (1982), назвавшим ее «информационной концепцией эволюции биосферы». Согласно ей трансформация форм происходит за счет горизонтального переноса целых блоков генетической информации 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», в частности, Кордюм отнес динозавров.

В настоящее время становится очевидным, 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 г. «Эволюция без отбора. Автоэволюция формы и функции». Биологическая эволюция, по Лима-де-Фария, — завершающий этап канализации эволюции физического и химического мира, основным содержанием которой 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 и эволюцию минералов. Он вводит термин «автоэволюция» для обозначения процесса трансформации, заложенной в организации вещества. 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 Зем-

ля, 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) считает, что альтернативность концепций селектогенеза и номогенеза, а также «автоэволюции» Лима-де-Фария может быть снята изменением логики рассуждений, более глубоким анализом теоретических знаний. Б.А. Богатых в статье «Фрактальные структуры живого и эволюционный процесс» (2006) отмечает, что «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 в 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, она 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 возможности приобретения подобного состояния.

К отрицанию творческой роли отбора приходит в своих выводах, сделанных на основе многолетних наблюдений, российский эволюционист *Ю.В. Чайковский*. Однако приведенные в его обширной монографии (2006) факты могут быть с таким же успехом использованы и для противоположных утверждений, как, впрочем, и во многих других случаях. Автор подчеркивает, что отбор (притом *только искусственный*) может выделить лучшее из имеющегося в наличии, но не более того. Разве кто-то спорит, что изменения в наследственном материале — результат не отбора, а мутаций? Естественный

отбор оставляет *не лучшее*, поскольку этого понятия в природе нет, а то, что способно выжить, 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 несъедобности. Их существование обеспечивается высокой размножаемостью, неприхотливостью в питании, способностью строить мощные термитники, социальным образом жизни. Социальный образ жизни способствовал выживаемости и прогрессивной эволюции приматов и самого человека разумного, у которого тоже не было ни несъедобности, ни мощных средств защиты. Ю.В. Чайковский предлагает считать главным фактором эволюции *активность особи*. Избыток активности обуславливает эволюцию, 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. Почему нельзя предположить, что более активные особи будут выживать, а менее активные выбраковываться? На самом деле сомнению в настоящий момент следует подвергнуть положение о накоплении и длительной селекции мелких, случайных изменений особей как основном факторе эволюции, формирующем 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 основе его фенотипического проявления? Что значит «наследуются неустойчиво»? Если изменения происходят не в наследственном материале, 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, не уточняется. Поэтому приходится вносить предположительную трактовку выдвинутых положений данной теории. При значительном изменении условий существования возможным становится воздействие сильных мутагенных факторов: излучений, гипер- или гипотермии, химических соединений. Кроме того, может резко усиливаться горизонтальный перенос информации через генетические векторы: трансдукты, транспозоны, вироиды, прионы, что, в свою очередь, 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. Однако изменения регуляторных механизмов могут и не сопровождаться изменением наследственной информации в половых клетках (все зависит от их значимости и силы). Не в этом ли заключается 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 получен эмпирический материал, свидетельствующий о качественном своеобразии макроэволюции и несводимости ее к микроэволюции. Выделена новая форма видообразования — *синтезогенез*, который предполагает слияние генофондов разных видов. Получены доказательства существования макромутаций, захватывающих области регуляторных генов, контролирующих онтогенез. Согласно современным данным, хромосомные мутации не являются редким явлением: 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 — *Номо*. Хромосомные перестройки не равновероятны, они случаются чаще в определенных местах — на границах разных генетических блоков, — а значит, вероятность появления одинаковых хромосомных изменений у различных особей популяции под воздействием мощных мутагенных факторов (вирусных пандемий, радиоактивности, высокой концентрации радоновых вод, солей тяжелых металлов и др.) не так уж мала. Совершенно очевидным является тот факт, 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 замечательной монографии Н. Н. Воронцова рассматриваются пути и возможности нового синтеза современных достижений молекулярной биологии, биохимии и генетики. В исследование 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. Пример горизонтального переноса информации между прокариотами и эукариотами был открыт еще в 1981 году *Дж. Мартином* и *И. Фридовичем*. Учеными была обнаружена гомология аминокислотного состава фермента *супероксиддисмутазы* у серебробрюшковых рыб *Leiogna thidae* и их симбионтов — биolumинесцирующей бактерии *Photobacter leiognathi*. В клетках многих

эукариот, и человека в том числе, присутствует множество вирусных генов, роль которых еще не выяснена. Были обнаружены также факты образования вирусных частиц, содержащих не геном вируса, а фрагменты геномов эукариотических клеток. Подобные трансдукты могут играть значимую роль в горизонтальном переносе наследственной информации.

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 гено-типов. Возможно, это происходит вследствие влияния разных вирусов, поразивших популяции предшественников. Привнесение вирусных генов и стало причиной структуризации генома будущего человека в 46 отдельных структурных единиц, а 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. Особенно неразработанными и требующими основательного осмысления остаются механизмы макроэволюции. Очевидно, что постулаты СТЭ в настоящий момент, по крайней мере в том виде, в котором мы обнаруживаем их у Н.Н. Воронцова (1999; 2004), неприемлемы. На наш взгляд, следует признать, что факторы и механизмы эволюционного процесса трудно свести к ряду постулатов, поскольку огромное значение имеет 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 организмов, что вряд ли возможно представить его в деталях, так же как, зная основные принципы организации клетки, невозможно в полной мере представить всю взаимосвязь и взаимозависимость десятков тысяч процессов, в них протекающих.

Глава 12.

Антропогенез. Проблемы происхождения человека разумного в XX веке

Не многие научные проблемы вызывают столь острые, длительные и в основном чисто эмоциональные дискуссии, как проблема происхождения человека разумного. Многие возражения против теории Дарвина абсолютно не обоснованы с научной точки зрения, а выдвигаются от противного: «Не может быть, чтобы мы, такие разумные, такие духовные, имели общих предков с обезьянами». Людям отчего-то 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 *Номо* и современных гоминид. Это являлось смелым предположением, поскольку, кроме двух неандертальских черепов из Германии и Гибралтара, других останков древнейших людей найдено к тому времени не было.

В течение двадцатого столетия было получено множество палеонтологических доказательств постепенной, длящейся миллионы лет эволюции человеческого рода. В 1925 году австралийский антрополог *Р. Дарт* обнаружил фрагменты скелета ребенка в Таунге, возраст которых составлял 2,5 млн лет. Останки принадлежали *австралопитеку африканскому* и меняли представления о географическом месте формирования рода *Номо* (до начала двадцатого века большинство антропологов полагало, что человек возник в Юго-Восточной Азии) и подтверждали догадку Ч. Дарвина об африканских корнях рода человеческого.

В конце 50-х годов родословная человека продолжала удлиняться и ветвиться. Антропологи столкнулись с тем, что в Восточной и Южной Африке 1,2–2,6 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 процве-

тала, так как по частоте встречаемости останков можно судить, что на одну особь *Australopithecus africanus* приходилось 30–50 особей *Australopithecus robustus*. Кроме *Australopithecus robustus* 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 останками одного из австралопитеков нашел кости посткраниального 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 останками скелетов были найдены грубые галечные орудия и кости животных, расколотые для добывания мозга.

В 1974 году *Д. Джохансоном* были обнаружены останки более примитивного австралопитека афарского (*A. afarensis*), которые удревнили человеческую историю до 3 млн лет. К настоящему времени обнаружены останки около 250 индивидуумов, по ним удалось установить пропорции тела этих существ и особенности строения черепа, а Джохансон констатировал факт двуногого передвижения этого 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* почти 3,5-миллионлетней давности, сохранившиеся на вулканическом пепле в Летоли (Танзания), отчетливо свидетельствуют, что основной упор стопы приходился на пяточную кость, как у человека. Многие антропологи считали, что *A. afarensis* был 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 сделаны находки в Канапои и Алия-Беи вблизи озера Туркан (Кения). Они представляли собой останки

двуногого существа, жившего около 3,9–4,2 млн лет назад и названного *Australopithecus anamensis*. Этот вид, считает американский антрополог **Я. Тамперсел**, 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 его 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, что нашел в Эфиопии то самое «недостающее звено», о котором мечтали многие антропологи. Новая форма, возраст которой 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 в Африке (главным образом на юго-востоке) двух основных видов австралопитеков, отличающихся по морфологии и характеру питания: *Australopithecus africanus* и *Australopithecus robustus*. Первые оказались более низко специализированы, что привело к получению ими преимуществ в условиях изменения климатических условий на 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, умел совместно охотиться на зверей, строил защитные укрытия от хищников из колючих растений. Так как вес его мозга уже достигает 650–700 г, для него могут быть характерны зачатки речи. В конце 80-х годов в Горном Алтае были 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, в наибольшей степени 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 стало 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 был всего лишь 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 и был *австралопитек* — «южная обезьяна», его возраст насчитывает 4 млн лет. Считается, что примерно 2 млн лет назад, в начале плейстоцена, одна ветвь австралопитеков превратилась в человека умелого *Homo habilis*. Появившийся новый род продолжал расселяться и эволюционировать, около 1,8 млн лет назад в Африке появился новый вид человека — *Homo erectus*.

Самый близкий родственник человека разумного был обнаружен еще в 1865 году в местечке Неандерталь возле Дюссельдорфа. Подобные останки были найдены позже на севере Англии, на востоке Узбекистана и на юге Израиля и получили название неандертальцев — *Homo sapiens neandertalensis*. Неандертальцы жили от 27 000 до 200 000 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**, изучавший ДНК египетских мумий, 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, что они значительно отличаются. Это свидетельствует о том, что неандертальцы составляли отдельный, хотя и родственный *Homo sapiens sapiens* вид. Скрещивание между ними было уже невозможно. По последо-

вательности 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 о том, что *Homo sapiens sapiens* возник на Юго-Востоке Африки около 200 тыс. лет назад и расселился оттуда по всей планете. Есть основание полагать, что 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» была определена дата разделения ветвей человека и человекообразных обезьян, она составляет 5–7 млн лет. Раньше палеонтологи предполагали, что это произошло около 25 млн лет тому назад. Теперь общепризнано, что разделение родов человека и шимпанзе произошло около 5 млн лет назад, отделение горилл случилось раньше, а еще раньше, 10–15 млн лет тому назад, отделилась ветвь орангутангов.

Чем выше скорость накопления мутаций в ДНК, тем меньше отрезки времени эволюции видов могут быть определены при помощи «молекулярных часов». Быстрее всего накапливаются мута-

ции 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±15) тыс. лет назад.

Были определены различия между последовательностями мтДНК людей и шимпанзе. По известной дате отделения ветви шимпанзе (5 млн лет назад) было вычислено время первого разделения групп предков ныне живущих людей, которое произошло 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, и 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 численностью около 20 человек, при этом количество мужчин в два раза превышало количество женщин.

Альтернативные гипотезы антропогенеза

Симмиальные гипотезы. Рассматривают происхождение человека от одного из родов современных 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 соответствии с возможными вариантами ответа существуют 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. Однако 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 иных причин, чем у гиббона. Гиббон, с его длинными руками, которыми он цепляется за ветви деревьев, перешел к двуногости в связи с сугубо древесным образом жизни. Человек не прошел через стадию сверхспециализации, как гиббон, иначе это отразилось бы на пропорциях его конечностей во время внутриутробного развития и в дальнейшие периоды жизни. Сторонники гипотезы указывают на то, что гиббоны больше, чем другие обезьяны, напоминают человека по некоторым особенностям строения: расположению внутренних органов, форме грудной клетки, развитию пальцев стопы и кисти, форме коренных зубов, строению нижней челюсти (у сростнопалых гиббонов нижняя челюсть имеет сравнительно хорошо выраженную подбородочную часть с зачаточным подбородочным выступом).

Некоторые ученые выдвигали гипотезу происхождения человека от орангутангов. Согласно взглядам *Германа Клаача*, ориньякский человек ведет начало от орангутанга, а неандерталец — от гориллы. Позже *Ганс Фриденваль* указывал на относительно более высокий череп орангутанга 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 орангутангов отсутствует язычок на небной занавеске, для них характерен вогнутый, «бульдогообразный» профиль лица, огромные гортанные мешки и множество других признаков, не свойственных человеку.

Что касается гориллы, то некоторые авторы, например антрополог *Артур Кизс*, склоняются к признанию этого антропоида как ближайшего родственника человека. Головной мозг гориллы крупнее и более сложно устроен, чем у шимпанзе или орангутанга. Мужские половые клетки 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 с одногруппной кровью человека, чем у 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 показывает ближайшее родство человека с африканскими антропоидами. Напомним, что эту идею, не имея достаточных 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 его исследования 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* подробно разработал гипотезу о происхождении человека непосредственно от древнетретичного долгопята. Впервые Вуд Джонс выступил с этим предположением в 1916 году. Гипотеза не встретила поддержки среди современников. В 1929 году Вуд Джонс

издает монографию, в которой собирает воедино весь арсенал своих доказательств происхождения человека от долгопята. Он пытается 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 далеко 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, тарзимальная 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. Роза предполагал, что 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, что 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 разумного от одного общего предка и подвидов, не утративших способности к генетической совместимости.

Теория антропогенеза Осборна. Американский палеонтолог Генри Осборн (1857–1935) — яркий представитель ученых, стремящихся примирить науку с религией. Он провозглашал, что творение органического мира осуществляется путем целенаправленной эволюции. Осборн полагал, что третичные предки человека в виде эоантропов

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. Ученый 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 стремился отвести из человеческой родословной древнейших людей и неандертальцев, ведя линию от гипотетических эоантропов прямо к виду современного человека, древность которого резко преувеличивал.

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 небиологической 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 у 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, высокоразвитые животные, которых приручает человек, отличаются более развитой психикой, перенимают многое у человека, однако уже никогда не способны стать полноценными представителями своего вида. Повреждение различных зон коры больших по-

лушарий мозга сопровождается повреждением различных сторон высшей нервной деятельности человека, это свидетельствует о том, что кора 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. Тем более что согласно данным, изложенным в докладе *А.В. Маркова*, прочтенном в Институте биологии развития РАН 19 марта 2009 года, «в последние 15 лет произошел “прорыв” в палеоантропологии». В настоящее время имеется множество доказательств того, что эволюция гоминид была кустообразной. На одной территории могло одновременно существовать три–четыре вида гоминид. Вероятно, 40–50 тысяч лет назад на Земле одновременно существовало целых четыре вида (или подвида) людей: современный человек, неандерталец, реликтовые эректусы в Восточной Азии и карликовые люди с острова Флорес. В дальнейшем более приспособляемый к изменяющимся условиям среды кроманьонец вытеснил архаичные виды (подвиды).

Глава 13.

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 орнитологию, ихтиологию, маммологию и др. Дифференциация не обошла и ботаническую науку. Как отдельные дисциплины выделяются альгология, микология, анатомия, морфология и физиология высших растений.

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

В России активно изучается уникальная фауна Байкала. В 1901 году *Б.А. Сварчевский* описал пять новых видов губок, обитающих только в этом озере. В дальнейшем продолжалось пристальное изучение вертикального и горизонтального распределения фауны Байкала. В 1930 году вышла 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 зоо-

лога-эволюциониста Владимира Михайловича Шимкевича (1858—1923). Петроградские ученые проводили плодотворные исследования в области протистологии, сравнительной анатомии беспозвоночных и эволюционной экологии. Успешно развивалась и гидробиологическая школа, создателем которой был *К.М. Дерюгин*, а наиболее талантливыми учениками стали *Е.Ф. Гурьянова*, *П.В. Ушаков*, *И.А. Киселев*. Основными достижениями этой школы становится описание зоопланктона и зообентоса Белого моря (1938—1940 гг.).

В течение двадцати лет (1902—1922 гг.) датский зоолог *Дж. Шмит* проводил исследование, в ходе которого установил все стадии развития угря. Он открыл, что угри уходят на нерест из Европы в Мексиканский залив.

В 1938—1955 гг. велись исследовательские работы недалеко от Канштата в Мексиканском проливе южноафриканским ихтиологом *Дж. Смитом*. Он обнаружил несколько экземпляров живой кистеперой рыбы латимерии, считавшейся вымершей. Находка стала важной вехой в изучении происхождения земноводных, имела существенное значение для эволюционной концепции развития жизни на Земле. Кроме латимерии описываются не известные ранее неопелины и погонофоры. В 1952 году в Тихом океане на глубине 3600 м датской экспедицией на судне «Галатея» найдены древнейшие моллюски неопелины, считавшиеся вымершими 350 млн лет тому назад. Их строение, 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-Шанского* «Таксономические границы вида и его подразделения». В работе выдвигается *политипическая* концепция вида, обладающего внутренней структурированностью: вид состоит из *подвидов, рас, вариететов, морф, экотипов*, то есть представляет собой системную организацию. Подобных взглядов придерживался Н.И. Вавилов, издавший в 1931 году работу «Линнеевский вид как система». Однако имелись и противники данной концепции. В.Л. Комаров считал, что вид не представляет собой систему, он *монотипичен*, он может включать в себя систему подчиненных ему форм, но сам вид — единица. Позже Т.Д. Лысен-

ко выдвинул версию, что виды могут порождаться внезапно, превращаться друг в друга, это 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 способам 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 (цианобактерий). Работы в этом направлении вели *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. Купрович*.

Исследования 20–30-х годов XX века способствует углублению представлений о происхождении сосудистых растений. Разрабатывается теория туники и корпуса, формирующих все образовательные ткани (*А. Шмидт*), учение о стеле — сосудистом цилиндре (*Э. Джеффри, 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 Рие, Х. Раункьер, 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, учитывая все филогенетические взаимосвязи. Наиболее примитивными считались магнолиевые и ископаемые беннеттитовые (*Х. Галлир, Ч. Бесси*). По версии *Н.И. Кузнецова* (1914), цветковые имеют полифилетическое происхождение от простейших голосеменных и беннеттитовых.

Важнейшее значение в изучении флоры и фауны Земли в XX столетии приобретают 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 геоботанические работы, проводимые русскими флористами, были обобщены в научно-популярной книге «Пособие к изучению растительных сообществ Средней России» (*А.Ф. Флеров, Б.А. Федченко*). В рамках развития эколого-фитоценологических идей в первые десятилетия XX века осуществляется изучение степей (*Б.А. Келлер, В.В. Алексин*), 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*).



*Владимир
Николаевич Сукачев
(1880–1967)*

Огромный вклад в развитие геоботаники в России вносит выдающийся ботаник, ученый широкого профиля, организатор науки В л а д и м и р Н и к о л а е в и ч С у к а ч е в (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 разрабатывает теоретические основы и методы типологии лесов, которые излагает в

монографии 1927 года «Краткое руководство к исследованию лесов». В 1934 году он с соавторами выпускает книгу «Дендрология с основами лесной геоботаники», разделы которой посвящены 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 г. экология растений официально разделилась 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 гг. были организованы экологические научные общества, появились научные журналы, экологию начали 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.



*Фредерик
Клементс
(1874–1945)*

Важную роль в формировании круга проблем, изучаемых экологией, и в становлении ее методологических основ сыграло представление о *сукцессии*. Одним из первых это явление описал **Генри Каульс** (1869–1939, США), изучая растительность на песчаных дюнах около озера Мичиган. В дальнейшем концепцию сукцессии детально разрабатывал другой американский исследователь — **Фредерик Клементс** (1874–1945). Он трактует растительное сообщество как целостное образование, претерпевающее в своем развитии такие же стадии, как организм, — от молодости до зрелости, а потом до старости.

Клементс полагал, что если на начальных этапах сукцессии разные сообщества в одной местности могут сильно различаться, то позднее они становятся все более и более сходными. В конце концов для каждой области с определенным климатом и почвой становится характерно только одно зрелое (климаксное) сообщество. В.Н. Сукачев развивал взгляды, близкие к воззрениям Клементса, и предложил свою классификацию различных типов сукцессии. В 1940-х годах он сформулировал 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 XX 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 *экосистемный*, 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 в практику экологии математических моделей началось с работ *Альфреда Лотки* (1880—1949). Он предложил простую модель, описывающую сопряженную динамику численности хищника и жертвы. Она 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 показал, что в популяции, увеличивающей свою численность по экспоненте, всегда устанавливается постоянная возрастная структура (то есть соотношение долей особей разного возраста). Позднее им же 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, ограниченных в своем развитии одним ресурсом, не могут устойчиво сосуществовать — один неизбежно вытесняет другой.

В 1920 году американский исследователь *Р. Перль* (1879—1940) предложил 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 разви-

тия любой популяции. Вскоре выяснилось, что 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 конкурирующих видов, и впервые осуществил экспериментальную проверку этих моделей на лабораторных культурах бактерий, дрожжей и простейших. Гаузе удалось показать экспериментально, что близкие по потребностям виды 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. 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 демонстрирует циклические колебания, но пики численности наблюдаются примерно раз в 10 лет. Много внимания Элтон уделял изучению структуры сообществ, предполагая, что она 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, трактуя их как целостные и дискретные образования, между которыми довольно легко провести границы. Однако уже в 20-е годы отдельные экологи растений высказывали предположения, что разные виды растений могут по-своему реагировать 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 их выделение условно. Такой взгляд на растительные сообщества развивался российским экологом Л.Г. Раменским (1884–1953). 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 наличие зависимости от многих факторов) и непрерывность всего растительного покрова. Неизменными Раменский считал только законы сочетаемости разных растений, которые и следовало изучать. В США сходные взгляды развивал *Генри Алан Глисон* (1882–1975). В «индивидуалистической концепции», выдвинутой Глисоном в качестве антитезы представлениям Клементса о сообществе как аналоге организма, подчеркивалась независимость распределения разных видов растений 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 Коссинской лимнологической станции под Москвой. Возглавлял ее 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* (США).

В 1942 году в журнале «Ecology» появляется статья *Раймонда Линдемана* (1915–1942), в которой предложена общая схема транс-

формации 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 доступно только 10 % энергии 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



*Владимир Иванович
Вернадский
(1863–1945)*

представление о биосфере как системе биогеохимических циклов, основной движущей силой которых является активность живых организмов, этапах ее развития было разработано уже в 1920–30-х годах российским ученым **Владимиром Ивановичем Вернадским** (1863–1945). Первым исследовать эту проблему начал учитель Вернадского Василий Васильевич Докучаев (1846–1903), которого 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 он 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 – это 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 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 атмосфере. Вернадский разрабатывает представление об организованности биосферы, согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды. Важной частью его учения 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 — постепенном переходе в *ноосферу*. В трудах ученого нет законченного и непротиворечивого толкования сущности понятия о ноосфере. 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 самодостаточным живым существом, он сосуществует внутри природы и является ее частью. Так как человечество — природное явление, 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». Вернадский считал, что ноосфера — неизбежный итог развития биосферы, изменяющейся под действием науки. По его мнению, наука в XX веке становится вселенской, охватывающей всю планету. Одной из важнейших задач формирования организованной ноосферы Вернадский считал определение места и роли науки в жизни человечества, влияние государства на развитие научных исследований. Большое внимание в своей концепции ноосферы он уделял решению вопросов

организации научной работы, образования, распространения знаний среди народных масс. Нежелательные, разрушительные последствия хозяйственной деятельности человечества на биосферу Вернадский считал временными издержками, 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 Вернадского о развитии биосферы в ноосферу в некотором плане созвучны взглядам 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, 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. Крут этих вопросов объединен термином «социальная экология», главной задачей которой становится на данном этапе изучение положения современного человечества в глобальных экосистемах. В 1967 в Бельгии вышла ценная работа *П. Дювиньо* и *М. Танга*, посвященная изучению вопросов влияния человека на биосферу, — «Биосфера и место в ней человека». 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 небиологическими дисциплинами. Математические модели постепенно приобретают все более реалистичный характер, их предсказания проверяются в эксперименте или наблюдаются в природе. Заметный вклад в развитие методологичес-

ких 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), реализация которой началась в 1964–1967 гг. по решению ЮНЕСКО. Всего в проведении МБП участвовали ученые 58 стран. Еще раньше, в 1949–1954 гг., Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) осуществлял 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 гг. 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, всегда более ограничены, чем такие же возможности вида в целом. Изменения экологической структуры популяций всегда связаны с их генетической перестройкой. С.С. Шварцем был организован Институт экологии растений и животных в Свердловске, в стенах которого проводились 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. Шолов*. 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 были освещены в докладах Н.П. Наумова, С.С. Шварца, *М.С. Гилярова* и других. Также поднимались актуальные вопросы воздействия человека на ход биогеоэволюционных 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 находились вопросы, связанные с познанием процессов, происходящих в экосистемах, и влиянием на них человека.

В конце XX века активно развивается математическое и компьютерное моделирование в экологии, направленное больше на разработку новых методов, чем на создание новых теорий экосистем.

В 80–90-е годы экологи занимаются формулированием множества экологических «законов», например в словаре *И.И. Дедю* (1990) приводится около 60 экологических «законов». Фундаментальные исследования *Ю.М. Свирижева* 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», «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. Популяция людей превышает сейчас численность сравнимых 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 жизни для 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 она находится на службе государства и часто финансируется олигархами, задачи которых сводятся к получению прибыли.

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

док личной и государственной 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 указанными 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. Они сделали первые серьезные прогнозы развития человеческой цивилизации, которые стимулировали поиск альтернативных источников энергии, развитие энергосберегающих технологий, совершенствование 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 находится на грани уничтожения, растений — еще больше. 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 услышать 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 удовлетворяться во вред остальному живо-

му 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 начала 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 ее задачи 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 не эффективно, возвращает в окружающую среду отходы, обилие и вредность которых создают угрозу его существованию. 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 окружающую среду солнечной энергии, ведь 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.

Заключение.

Перспективы развития химических и биологических наук в XXI столетии

Стремительное развитие химии и биологии, их органическая взаимосвязь в XX веке во многом преобразили существование человечества, значительно углубили 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 раскрыть механизмы передачи наследственной информации, создать сложные биотехнологии — генную и клеточную инженерию, биосенсорику.

Исследования в области органической химии, биохимии и молекулярной эндокринологии способствовали значительному продвижению медицинских наук и практической медицины, обогащению фармакологических производств. Развитие химических и биологических наук преобразило быт человечества конца XX — 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 пройти длительный фармакологический контроль, породили производство биологически активных добавок (БАДов), количество которых нарастает, как снежная лавина.

В будущем возможно бурное развитие биотехнологий. Такие направления, как 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. 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 биodeградации 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, хемилюминесцентные 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 находит 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. Как лекарства могут быть использованы и ряд ферментов после их иммобилизации на носитель и адресного доставления в клетки, где их синтез стал невозможен.

Генно-инженерные методы позволяют получать уникальные лекарственные средства, которые представляют собой комплекс белка, связывающегося со специфическими клетками, например ВИЧ-инфицированными, и токсина. Этот метод 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, содержащие 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 быстро делящихся 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 просто новых, но 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 о том, как обеспечить их контролируемое и безопасное внедрение. 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 мне-

ние, 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 в лабораторных 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, к числу таких стран относится и Россия.

В средствах массовой информации нагнетается истерия по поводу «страшной» опасности употребления продуктов, полученных из генетически модифицированных объектов. На самом деле не менее опасной (а вообще-то, более) для человека является обычная пища, 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 обоснованно, 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: развитие геной терапии наследственных заболеваний, получение методами клеточной инженерии аутоотрансплантантов, использование стволовых клеток для лечения тяжелых болезней. По мнению не сведущих в вопросах наследственности представителей общественности, лечение генетических заболеваний с помощью геной терапии неизбежно приведет к ухудшению генофонда человеческой популяции,

а 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, он обязательно окажет свое действие. Эмбрион будет вынашиваться 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 однояйцевые близнецы, генетически идентичные. 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 дальнейшем, возможно, будут созданы безопасные биотехнологии клонирования, они будут иметь, несомненно, положительный медицинский и социальный эффект, так же как искусственное оплодотворение, в положительной роли которого сегодня уже никто не сомневается.

Именной указатель

Аболин Роберт Иванович (1886–1938) – российский геоботаник, почвовед, физико-географ, исследователь Восточной Сибири и Центральной Азии...235

Аверроэс – см. *Ибн Рушд*

Авиценна – см. *Ибн Сина Абу Али*

Авогадро Амедео (1776–1856) – итальянский физик и химик...60, 95

Агассис Жан Луи Родольф (1807–1873) – швейцарский естествоиспытатель, профессор зоологии и геологии в Северной Америке, автор капитального труда по ископаемым рыбам...105

Агрикола Георг (латинизированное имя Георга Бауэра) (1494–1555) – немецкий врач и ученый...27

Адамс М. – молекулярный биолог...197

Адамс Ч. – американский зоолог, эколог животных начала XX века...236

Адансон Мишель (1727–1806) – французский ботаник и путешественник...50

Адо Андрей Дмитриевич (1909–1997) – советский патофизиолог, иммунолог...183

Аквинский Фома (1225–1274) – итальянский философ, теолог, схоласт...21

Ален Дж. – альголог XX века...234

Алехин Василий Васильевич (1882–1946) – российский геоботаник, фитоценолог...235

Алкмеон Кротонский (V в. до н. э.) – древнегреческий врач и философ...11

Альберт Великий (Альберт фон Больштедт) (ок. 1200–1280) – немецкий философ-схоласт, профессор теологии в Париже и Кельне...21, 22, 234

Амбодик-Максимович Нестор Максимович (1744–1812) – русский ученый, один из основоположников акушерства в России...56

Амици Джованни Баттиста (1786–1863) – итальянский оптик и ботаник...75

Анаксагор из Клазомен (ок. 500–428 гг. до н. э.) – древнегреческий философ, математик и астроном...12, 13

Анаксимандр (ок. 610–546 до н. э.) – древнегреческий философ, представитель милетской школы натурфилософии...10

Анаксимен (ок. 585–502 гг. до н. э.) – древнегреческий философ, представитель милетской школы натурфилософии...10

- Андрианов Кузьма Андрианович* (1904–1978) – российский химик-органик...150
- Андроник Родосский* (ок. 60 г. до н. э.) – древнегреческий философ...15
- Анохин Петр Кузьмич* (1898–1974) – российский физиолог...181, 182
- Анри В.* – французский химик...157
- Арбузов Александр Ерминингельдович* (1877–1968) – российский химик-органик казанской школы...149
- Арбузов Борис Александрович* (1903–1991) – российский химик-органик, академик Академии наук СССР...149, 150
- Аристотель* (384–322 гг. до н. э.) – древнегреческий философ...14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 26, 31, 33, 37, 41, 49, 53, 57, 58, 70
- Арнольд Уинстон* – американский физиолог растений...177
- Арнольди Владимир Митрофанович* (1871–1924) – российский ботаник, морфолог, альголог...121
- Арнон Даниэль Израиль* (1910–1994) – американский биохимик...178
- Ароматари Джузеппе де* (1586–1660) – итальянский ботаник...40
- Арренсус Сванте Август* (1859–1927) – шведский физикохимик и астрофизик, лауреат Нобелевской премии по химии (1903)...102, 103, 104
- Ариавский Илья Аркадьевич* (1903–1996) – российский физиолог животных и человека...184
- Аскенази Евгений* (1845–1903) – немецкий физиолог растений...133
- Астауров Борис Львович* (1904–1974) – российский генетик-селекционер...188, 189, 193, 206
- Баев Александр Александрович* (1904–1994) – российский врач, выдающийся ученый в области биохимии, биотехнологии, генетики и молекулярной биологии...167
- Байер Адольф* (1835–1918) – немецкий химик, лауреат Нобелевской премии (1905)...99, 100, 101, 102, 122
- Баландин Алексей Александрович* (1898–1967) – российский химик-органик...151
- Балар Антуан Жером* (1802–1876) – французский химик, первооткрыватель брома...125
- Балкашина Елизавета Ивановна* (1899–1981) – российский генетик, эволюционист...206
- Балтимор Дейвид* (род. в 1938 г.) – американский биохимик, молекулярный биолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1975)...168, 174
- Бари М.* (1802–1855) – французский ботаник, протистолог...79
- Барранд Йоахим* (1799–1883) – французский палеонтолог и геолог...105

Бартлетт Нил (1932–2008) — канадский химик, в 1962 году впервые получивший химические соединения благородных газов...140

Баугин Каспар (1560–1624) — швейцарский анатом, ботаник и систематик растений...30

Бах Алексей Николаевич (1857–1946) — российский физиолог растений, биохимик...122, 156, 157, 163

Безредка Александр Михайлович (1870–1940) — российский и французский иммунолог...170

Бейвут И. — химик-органик...147

Бейеринк Мартин (1851–1931) — голландский микробиолог и ботаник, один из основоположников вирусологии...126, 127, 169

Бейли И. — анатом и физиолог растений XX века...234

Бекетов Андрей Николаевич (1825–1902) — русский ботаник, морфолог и фитогеограф, основоположник географии растительности в России...120

Беккерель Антуан Анри (1852–1908) — французский физикохимик, лауреат Нобелевской премии по физике (1903), один из первооткрывателей радиоактивности...137

Белл Чарльз (1774–1842) — шотландский физиолог и анатом...116

Белозерский Андрей Николаевич (1905–1972) — российский биохимик растений, микробиолог, один из основоположников молекулярной биологии в СССР...162, 166, 167

Беляев Владимир Иванович (1855–1911) — российский ботаник-морфолог, профессор Варшавского университета...121

Бендер В. — генетик, разработчик «хромосомной ходьбы»...197

Бенеден Пьер-Жозеф ван (1809–1894) — бельгийский зоолог, эмбриолог и паразитолог...109

Бенеден Эдуард ван (1846–1910) — бельгийский зоолог и цитолог...127

Бенсон Эндрю (род. в 1917 г.) — американский биохимик...177

Бентон У. — молекулярный генетик...197

Берг Лев Семенович (1876–1950) — российский философ, зоолог и географ, основоположник номогенеза...201, 202, 212, 213

Бердж Эдвард (1851–1950) — американский лимнолог...239

Беринг Эмиль (1854–1917) — немецкий бактериолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1901)...124, 126, 170

Бернал Джон Десмонд (1901–1917) — английский химик, один из разработчиков новой теории кислот и оснований (1923)...143

Бернар Клод (1813–1878) — французский физиолог и патолог, один из основоположников современной физиологии и экспериментальной патологии...115

Бернет Фрэнк Макфарлейн (1899–1985) — австралийский вирусолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1960)...170, 173

- Бертло Пьер Эжен Марселен* (1827–1907) – французский химик...97
- Бертолле Клод Луи* (1748–1822) – французский химик...43, 47, 48
- Берцелиус Йенс Якоб* (1779–1848) – шведский химик и минералог...61, 62, 64, 80, 104, 125
- Бесси Чарльз* (1845–1915) – американский ботаник, систематик растений, эволюционист...234
- Бехтерев Владимир Михайлович* (1857–1927) – российский физиолог, медик-психиатр, невропатолог...117
- Биллингем Руперт Эверетт* (1921–2002) – английский иммунолог, трансплантолог...170
- Биша Мари Франсуа Ксавье* (1771–1802) – французский анатом, физиолог и врач, основоположник учения о тканях...83
- Благовещенский Андрей Васильевич* (1889–1982) – российский биохимик растений...162
- Блаттер Ф.* – молекулярный биолог, микробиолог...197
- Блекси А.* – систематик низших растений XX века...234
- Блит Эдвард* (1810–1873) – английский зоолог, фармацевт...86, 87
- Блэкман Фредерик* (1866–1947) – английский физиолог растений...177
- Бовери Теодор Генрих* (1862–1915) – немецкий эмбриолог, зоолог, сравнительный анатом, цитолог и цитогенетик...186, 187
- Богатых Б.А.* – современный теоретик биологии...216
- Богданов Анатолий Петрович* (1834–1896) – российский энтомолог, антрополог, зоолог...85
- Богдановская-Попова Вера Евстафьевна* (1867–1896) – одна из первых русских женщин-химиков...100
- Боденштейн Макс* (1871–1942) – немецкий химик...145
- Бойль Роберт* (1627–1691) – английский физикохимик, один из основоположников химии как науки, основатель Лондонского Королевского общества...33, 34, 36, 41, 46, 59
- Бок Иероним* (1498–1554) – немецкий ботаник...29
- Бокучава Михаил Алексеевич* (1910–1995) – российский энзимолог...164
- Болотов Андрей Тимофеевич* (1738–1833) – российский ученый, один из основоположников русской агрономической науки...51, 57
- Боммель А. ван* – химик-органик...147
- Бонне Шарль* (1720–1793) – швейцарский натуралист и философ...53, 55, 56, 57
- Бор Нильс* (1885–1962) – шведский физикохимик, лауреат Нобелевской премии по физике (1922)...138, 140
- Борде Жюль Жан-Батист Венсан* (1870–1961) – бельгийский иммунолог и бактериолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1919)...170

Борелли Джованни Альфонсо (1608–1679) – итальянский естествоиспытатель, основоположник иатромеханики...38

Борзенков Яков Андреевич (1825–1883) – русский анатом, физиолог, дарвинист...85

Бори Макс (1882–1970) – физикохимик, лауреат Нобелевской премии по физике (1954)...154

Боровский Петр Фокич (1863–1932) – российский микробиолог, хирург, паразитолог...171

Бородин Иван Парфеньевич (1847–1930) – ботаник, физиолог растений...123

Бортвик Х. – американский физиолог растений...179

Боз Франциско (1614–1672) – французский врач, химик...38

Браун А. – английский химик...157

Браунштейн Александр Евсеевич (1902–1986) – российский химик-органик...149, 163

Бренстед Иоханн Николаус (1879–1947) – химик, один из разработчиков новой теории кислот и оснований...143, 144

Бриджес Кальвин Блекман (1889–1938) – американский генетик...187

Броун Роберт (1773–1858) – британский ботаник, морфолог, систематик растений...75, 81

Буллер Р. – канадский миколог, систематик растений XX века...234

Бунзен Роберт Вильгельм (1811–1899) – немецкий химик...94, 95, 102, 103, 104, 123

Бурень Валентин Мефодьевич (1935–2005) – физиолог растений, профессор Санкт-Петербургского аграрного университета...165, 216

Буссенго Жан Батист (1802–1887) – французский ученый, один из основоположников агрохимии...78

Буткевич Владимир Степанович (1872–1942) – российский физиолог растений, биохимик...162

Бутлеров Александр Михайлович (1828–1886) – русский химик-органик, автор теории химического строения органических веществ...98, 99, 100

Бух Христиан Леопольд фон (1774–1853) – немецкий геолог, эволюционист...86

Бухнер Эдуард (1860–1917) – немецкий химик-органик, бактериолог, лауреат Нобелевской премии по химии (1907)...126

Быков Константин Михайлович (1886–1959) – российский физиолог...183

Быковский Альберт Филиппович (1934–2008) – российский биолог...173

Бэкон Роджер (1214–1294) – английский философ, противник схоластики...25

Бэкон Фрэнсис (1561–1626) – английский философ, сторонник экспериментального метода в науке, один из основоположников эмпиризма...27, 28, 33

Бэкстрем Г. – американский физикохимик...146

Бэкуэл Роберт (1725–1795) – английский животновод, основоположник селекции как науки...89

Бэр Карл Максимович (1792–1876) – основоположник научной эмбриологии и сравнительной анатомии...71, 72, 73, 74, 88, 91, 108, 109, 132, 133, 204

Бэтсон Уильям (1861–1926) – английский биолог, один из основоположников генетики, антидарвинист...186, 190

Бюффон Жорж Луи Леклерк де (1707–1788) – французский натуралист, биолог, естествоиспытатель...52, 53, 54, 56, 57, 66

Вааген Вильгельм Генрих (1841–1900) – немецкий палеонтолог, геолог...134, 135

Вавилов Николай Иванович (1887–1943) – российский генетик, селекционер...188, 190, 191, 192, 193, 194, 206, 208, 233

Вавилов Сергей Иванович (1891–1951) – российский физик, президент Академии наук СССР (с 1954 г.), брат Н.И. Вавилова...194

Вазнер Мориц (1813–1887) – немецкий естествоиспытатель...129, 130

Вайгель Ф. – немецкий химик, в 1963 году получивший металлический прометий...139

Вайнберг Вильгельм (1826–1937) – немецкий врач, сформулировавший закон о постоянстве встречаемости генов в популяциях...187, 208

Ван ден Брук Антониус (1870–1926) – голландский физик, предложивший физическое обоснование периодичности свойств химических элементов...138

Ван Чун (I век н. э.) – китайский философ-материалист...9

Вант-Гофф Якоб Хендрик (1852–1911) – немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1901)...102, 103, 105

Варбург Отто Генрих (1883–1970) – немецкий биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1931)...101, 157, 158, 177

Варрон Марк Теренций (116–27 гг. до н. э.) – ученый-практик Древнего Рима...18

Введенский Николай Евгеньевич (1852–1922) – русский физиолог, основоположник учения об общих закономерностях возбудимых систем организма...117, 118, 180

Везалий Андреас (1514–1564) – естествоиспытатель эпохи Возрождения, основоположник научной анатомии...31, 32, 38

Вейденрейх Франц (1873–1948) – немецкий антрополог, специалист по физической антропологии и анатомии...228

Вейнерт Ганс – немецкий антрополог...228

Вейсман Август (1834–1914) — немецкий биолог-эволюционист, один из основоположников неодарвинизма...108, 127, 129, 204

Велер Фридрих (1800–1882) — немецкий химик, впервые осуществивший синтез органических соединений из неорганических...64, 89, 96, 102

Вериго Бронислав Фортунатович (1860–1925) — русский физиолог...117, 118

Вернадский Владимир Иванович (1863–1945) — российский биогеохимик, эколог...240, 241, 242, 245

Вернер Альфред (1866–1919) — создатель первой координационной теории, лауреат Нобелевской премии по химии (1913)...141

Верт Ганс — антрополог XX века...227

Верхолст П.Ф. (1804–1849) — бельгийский статистик...84

Виганд Альберт (1821–1886) — немецкий ботаник...133

Вик-д'Азир Феликс (1748–1794) — французский сравнительный анатом...55

Виланд Генрих (1877–1957) — немецкий биохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1927)...148, 157

Вилмут Ян (род. в 1944 г.) — английский эмбриолог, молекулярный биолог...198

Вильштеттер Рихард Мартин (1872–1942) — немецкий биохимик, синтезировавший кокаин, лауреат Нобелевской премии по химии (1915)...148, 154, 159, 176

Вильямс Василий Робертович (1863–1939) — российский почвовед...235

Винберг Георгий Георгиевич (1905–1987) — российский гидробиолог...239

Виндаус Адольф Отто Рейнгольд (1876–1959) — немецкий химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии (1928)...101, 149

Винклер Клеменс Александер (1838–1904) — немецкий химик...96

Виноградов Александр Павлович (1895–1975) — российский физиолог растений...177

Виноградский Сергей Николаевич (1856–1953) — русский микробиолог, один из основоположников почвенной микробиологии...126, 160, 171, 172

Винсент (Венсан) де Бове (1190–1264) — доминиканский монах, энциклопедист, философ, автор «Зеркала природы»...22

Виру А.А. — эстонский физиолог...183

Вирхов Рудольф (1821–1902) — немецкий анатом, физиолог...79, 82, 124

Вихерт Эмиль (1861–1928) — немецкий геофизик, доказавший существование электрона...137

- Владимиров Георгий Ефимович* (1901–1960) – русский биохимик...157
- Войт Карл фон* (1831–1908) – немецкий физиолог...115
- Вольтерра Вито* (1860–1940) – итальянский математик, основатель математической биологии...237, 238
- Вольф Густав* – немецкий зоолог, сторонник витализма...111, 112
- Вольф Каспар Фридрих* (1733–1794) – немецкий анатом и физиолог, один из основоположников эмбриологии...55, 56, 74
- Воронихин Николай Николаевич* (1882–1956) – российский ботаник, миколог, альголог...234
- Воронцов Николай Николаевич* (1934–2000) – российский зоолог, эколог, генетик, эволюционист...211, 219, 220
- Воскресенский Александр Абрамович* (1809–1880) – российский химик...63
- Вотчал Евгений Филиппович* (1864–1937) – украинский физиолог растений...176
- Вуд Р.* – альголог XX века...234
- Вудворд Роберт Бернс* (1917–1979) – американский химик-органик, осуществивший синтез хинина (1944), кортизона (1951), резерпина (1956), хлорофилла (1960), тетрациклина (1962), лауреат Нобелевской премии по химии (1965)...149, 177
- Вюртенберг Л.* – немецкий палеозолог...128
- Габер Фриц* (1868–1934) – немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1918)...151
- Гайтлер Вальтер* (1904–1981) – немецкий физик, проводивший совместно с Ф. Лондоном работы по изучению строения атома водорода с позиций квантовой химии...141
- Гален Клавдий* (ок. 130–200) – римский врач и естествоиспытатель...20, 31, 37
- Галилей Галилео* (1564–1642) – итальянский физик, механик и астроном, основоположник научного естествознания...28, 34, 38
- Галлер Альбрехт фон* (1708–1777) – швейцарский естествоиспытатель, физиолог, анатом...54, 55, 56
- Галлир Ханс* (1868–1932) – немецкий ботаник...234
- Гальтон Фрэнсис* (1822–1911) – английский ученый, один из основоположников биометрии...128, 129
- Гамалей Николай Федорович* (1859–1949) – выдающийся российский микробиолог, эпидемиолог...172
- Гамов Георгий Антонович* (1904–1968) – американский биохимик русского происхождения...167
- Гарвей Вильям* (1578–1657) – английский врач, один из основоположников научной физиологии животных...37, 38, 39, 41

- Гаррис С.* — химик-органик, синтезировавший пиридоксин (1930)...149
- Гаррисон У.* — английский зоолог, эволюционист...207
- Гартман Эдуард фон* (1842–1906) — немецкий философ...134
- Гаскелл Уолтер* (1847–1914) — английский физиолог...116
- Гатчек Бертольд* (1854–1941) — австрийский зоолог...113
- Гаузе Георгий Францевич* (1910–1986) — российский генетик, микробиолог, эволюционист...214, 238
- Гафки Георг* (1850–1918) — немецкий микробиолог, эпидемиолог...124
- Гафрон Ханс* — американский биохимик...177
- Гашек Милан* — чешский иммунолог...170
- Гебер* — см. *Джабир ибн Хайян*
- Гегель Георг Вильгельм Фридрих* (1770–1831) — немецкий философ, один из основоположников немецкой классической философии...58
- Геер Освальд фон* (1809–1893) — швейцарский палеонтолог...134
- Гей-Люссак Жозеф Луи* (1778–1850) — французский физикохимик...59, 60
- Гейденгайн Рудольф Петер Генрих* (1834–1897) — немецкий физиолог и гистолог...114
- Гейзенберг Вернер Карл* (1901–1976) — немецкий физик-теоретик, развивший идею протонно-нейтронного строения ядра атома, лауреат Нобелевской премии по физике (1932)...138, 141
- Гейзер Э.* — немецкий ботаник...127
- Гейровский Ярослав* (1890–1967) — чешский химик, создатель полярографии, лауреат Нобелевской премии по химии (1959)...144
- Геккель Эрнст* (1834–1919) — немецкий биолог, дарвинист...91, 107, 110, 111, 112, 113, 128, 129, 234
- Гексли Томас Генри* (1825–1895) — английский биолог, ближайший соратник и друг Ч. Дарвина...112, 128
- Гельмгольц Герман Людвиг Фердинанд* (1821–1894) — немецкий естествоиспытатель, физик, физиолог...79, 114
- Гельмонт Ян Баптиста ван* (1577–1644) — голландский естествоиспытатель...36, 41
- Генслоу Джон Стивенс* (1796–1861) — английский минералог и ботаник, друг Ч. Дарвина...89
- Гераклит Эфесский* (ок. 530–470 до н. э.) — древнегреческий философ, основоположник диалектического взгляда на природу...11, 12
- Геринг Эвальд* (1834–1918) — немецкий физиолог...132
- Гернер Р.* — американский миколог...234
- Герофил* (ок. 335–280 гг. до н. э.) — древнегреческий врач...18

- Гертвиг Оскар* (1849–1922) – немецкий зоолог, эволюционист...127, 204
- Гертвиг Рихард* (1850–1937) – немецкий зоолог, эволюционист...204
- Гертнер Карл Фридрих фон* (1772–1850) – немецкий ботаник...74
- Гершензон Сергей Михайлович* (1906–1998) – российский цитогенетик, биохимик...168, 194, 196
- Геснер Конрад* (1516–1565) – швейцарский естествоиспытатель...30
- Гесс Герман Иванович* (1802–1850) – российский химик...63, 97
- Гете Иоганн Вольфганг* (1749–1832) – немецкий естествоиспытатель и поэт...58
- Гиббс Джозайя Уиллард* (1839–1903) – американский математик, физик, физикохимик...103
- Гиляров Меркурий Сергеевич* (1912–1985) – российский зоолог, энтомолог...244
- Гиньяр Леон* (1852–1928) – французский ботаник-цитолог...121
- Гиппократ* (ок. 468–377 гг. до н. э.) – древнегреческий врач...13, 14
- Глаубер Иоганн Рудольф* (1604–1670) – немецкий химик и врач...32, 33
- Глисон Генри Аллан* (1882–1975) – американский ботаник...239
- Глогер Константин Вильгельм Ламберт* (1803–1863) – польский зоолог, орнитолог...83
- Глуценко Иван Евдокимович* (1907–1987) – российский селекционер, сторонник Т.Д. Лысенко...195
- Гмелин Иоганн Георг* (1709–1755) – немецкий естествоиспытатель на русской службе, ботаник, этнограф...50
- Годнев Тихон Николаевич* (1893–1982) – белорусский физиолог растений...177
- Годри Альберт* (1827–1908) – французский палеонтолог...133, 134
- Гольдфус Георг Август* (1782–1848) – немецкий палеонтолог и зоолог...79
- Гольдшмидт Рихард* (1878–1958) – немецкий генетик, эволюционист, противник СТЭ...206, 214
- Гордон Джон* – английский молекулярный генетик...197, 198
- Горизонтов Петр Данилович* – российский физиолог...183, 184
- Горожанкин Иван Николаевич* (1848–1904) – русский ботаник-морфолог...121
- Горстман А.Ф.* – физикохимик, рассчитавший термодинамические условия процессов диссоциации...103
- Горяинов Павел Федорович* (1796–1865) – российский естествоиспытатель, ботаник-систематик...58, 76, 77, 87
- Гоулд Стивен Джей* (1941–2002) – американский палеонтолог, биолог, представитель «пунктуализма»...214

- Гофман Август Вильгельм* (1818–1892) – немецкий химик-органик...65
- Гофмейстер Вильгельм* (1824–1877) – немецкий ботаник...76, 121
- Граф Ренье де* (1641–1673) – голландский анатом и физиолог...40
- Грам Христиан* (1853–1938) – датский микробиолог...127
- Гребе Карл* (1841–1927) – немецкий химик-органик...100
- Гризебах Август Генрих Рудольф* (1814–1879) – немецкий ботаник...120
- Гринберг Александр Абрамович* (1898–1965) – российский химик...141, 142
- Гриньяр Виктор* (1871–1935) – французский химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии (1912)...149
- Гроббен Карл* – австрийский зоолог...113
- Гродницкий Дмитрий Львович* – современный теоретик биологии...217
- Гротгус Теодор* (1785–1822) – прибалтийский физик и химик, сформулировавший один из основных законов фотохимии...63
- Грю Неемия* (1641–1712) – английский ботаник и врач...37
- Грюнштейн М.* – молекулярный генетик...197
- Гуггенхеймер К.* – французский физик, исследовавший ядерную периодичность химических элементов...138
- Гудожник Григорий Сергеевич* (1928–1994) – специалист по социальной философии, эколог...244
- Гук Роберт* (1635–1703) – английский естествоиспытатель...35, 36
- Гукер Джозеф Долтон* (1817–1911) – английский ботаник, систематик растений...90, 203
- Гулевич Владимир Сергеевич* (1867–1933) – российский биохимик...163
- Гулик Джон Томас* (1832–1923) – американский зоолог, эволюционист...207
- Гумбольдт Фридрих Вильгельм Александр фон* (1769–1859) – немецкий естествоиспытатель и путешественник, ботаник, один из основоположников географии растений, геофизики и гидрографии...83
- Гурьянова Евпраксия Федоровна* (1902–1981) – российский гидробиолог...233
- Да Винчи* – см. *Леонардо да Винчи*
- Давиденков Сергей Николаевич* (1880–1961) – российский цитогенетик...194
- Дальбеко Р.* – генетик...174
- Дальтон Джон* (1766–1844) – английский физикохимик, естествоиспытатель...59
- Данжар П.* – французский альголог XX века...234

- Данилевский Александр Яковлевич* (1838–1923) – российский биохимик, основатель первой русской научной школы...159, 160
- Данилевский Василий Яковлевич* (1852–1939) – российский физиолог, основоположник направления физиологической химии...114, 118
- Данилевский Николай Яковлевич* (1822–1885) – российский ученый, антидарвинист...134
- Данилов Н.Н.* – российский ученый...244
- Дарвин Чарльз Роберт* (1809–1882) – английский естествоиспытатель, создатель эволюционного учения...57, 69, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 105, 106, 107, 111, 112, 120, 121, 128, 129, 134, 203, 204, 210, 221, 226, 228, 230
- Дарвин Эразм* (1731–1802) – английский врач, натуралист и поэт, дед Ч. Дарвина...57
- Д'Арсонваль Жан Арсен* (1851–1940) – французский физиолог, биофизик...185
- Дарт Раймонд* (1893–1988) – австралийский антрополог, открывший австралопитека...221
- Дебай Петер Джозеф Уильям* (1884–1966) – нидерландско-американский физик...143
- Деберейнер Иоганн Вольфганг* (1780–1849) – немецкий химик...62, 94
- Девенпорт Чарльз* (1866–1944) – американский генетик, эволюционист...202, 203
- Дедю И.И.* – эколог...245
- Дейвис Рональд* – молекулярный генетик...197
- Декандоль Огюст Пирам* (1778–1841) – французский и швейцарский ботаник...74, 76, 77
- Декарт Рене* (1596–1650) – французский философ, физик, математик, физиолог...28, 38, 40, 58
- Дельбеф Ж.* – французский биолог...130
- Демокрит* (460–370 гг. до н. э.) – древнегреческий философ-материалист...13
- Демьянов Николай Яковлевич* (1861–1938) – российский биохимик растений...100, 162
- Дерюгин Константин Михайлович* (1878–1938) – российский гидробиолог...233
- Джабир ибн Хайян (Гебер)* (ок. 721–815) – арабский алхимик...23
- Джанер П.* – систематик растений XX века...234
- Дженкин Флеминг* – шотландский инженер, выдвинувший возражения против теории Дарвина...129, 130
- Дженнингс Герберт Спенсер* – американский биолог...205
- Джеффри Эдуард Чарльз* (1866–1952) – американский ботаник, анатом растений...234

Джонс Фредерик Вуд (1879–1954) — английский биолог и анатом...228, 229

Джонсон Гарри — американский зоолог начала XX века...232

Джохансон Дональд Карл (род. в 1943 г.) — американский палеоантрополог...222

Дзеверин Игорь Игоревич — украинский биохимик, молекулярный биолог...210, 211

Дидро Дени (1713–1784) — французский философ, просветитель...57

Дильс Отто Пауль Герман (1987–1954) — немецкий химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии (1950)...101

Диоскорид Педаний (ок. 40–90 гг. н. э.) — древнеримский (древнегреческий) военный врач, фармаколог и натуралист, реформатор античной медицины...19

Длусский Геннадий Михайлович (род. в 1937 г.) — российский энтомолог...246

Добржанский Феодосий Григорьевич (1900–1975) — российский и американский генетик, эволюционист...187, 208, 209, 212

Догель Валентин Александрович (1882–1955) — российский протистолог, зоолог...232

Докучаев Василий Васильевич (1846–1903) — русский естествоиспытатель, основоположник российского почвоведения...120, 240

Долло Луи (1857–1931) — бельгийский палеонтолог-дарвинист...107

Д'Омалиус д'Аллау Жан Батист Жюльен (1783–1875) — бельгийский палеонтолог...86

Донкастер Л. — английский генетик...186

Дреббель Корнелиус Яковсон (1572–1634) — нидерландский изобретатель одного из первых типов микроскопов...34

Дубинин Николай Петрович (1907–1998) — российский генетик...188, 190, 192, 193, 194, 195, 196

Дыбовский Венедикт Иванович (1833–1930) — польский и российский географ, зоолог...120

Дэви Гемфри (1778–1829) — английский химик...60, 61

Дэрелль Феликс Губерт (1873–1949) — канадский бактериолог...169

Дю Рие Г. (1885–1967) — шведский ботаник...234

Дюбуа-Реймон Эмиль Генрих (1818–1896) — немецкий физиолог...79, 115

Дювиньо П. — эколог, биолог XX века...242

Дюжарден Феликс (1801–1860) — французский биолог, микробиолог...79

Дюмортье Бартеlemi Шарль Жозеф (1797–1878) — бельгийский ботаник...82

Дютроше Рене Жоакен Анри (1776–1847) – французский физиолог...78

Дядьковский Иустин Евдокимович (1784–1841) – российский врач...87

Еленкин Александр Александрович (1873–1942) – российский альголог...234

Ермольева Зинаида Васильевна (1898–1974) – российский микробиолог, эпидемиолог...172

Ерне Нильс (1911–1994) – датский иммунолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1984)...173

Жакоб Франсуа (род. в 1920 г.) – французский микробиолог и генетик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1965)...167

Жангу Октав – бельгийский иммунолог, ученик И.И. Мечникова...170

Жданов Виктор Михайлович ((1914–1987) – выдающийся российский микробиолог, вирусолог...172, 173, 174

Жебрак Антон Романович (1901–1965) – российский генетик и селекционер...194

Железнов Николай Иванович (1816–1877) – российский ботаник...75, 76

Жерар Шарль Фредерик (1816–1856) – эльзасский химик...98

Жоффруа Сент-Илер Этъен (1772–1844) – французский зоолог, один из основоположников сравнительной анатомии...52, 55, 58, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 79, 83, 86

Жюлен Шарль – бельгийский эмбриолог...109

Жюссье Антуан Лоран де (1748–1836) – французский ботаник...35, 50

Забелин С.Г. – российский ученый XVIII века, поддерживавший идеи эпигенеза...56

Заболотный Даниил Кириллович (1866–1929) – российский микробиолог и эпидемиолог...172

Завадский Кирилл Михайлович (1910–1977) – российский историк науки, эволюционист...128, 200, 202, 234

Завойский Евгений Константинович (1907–1976) – российский физик-экспериментатор, открывший ЭПР (1944)...142

Заленский Вячеслав Рафаилович 1875–1923) – ботаник-физиолог...176

Збарский Борис Ильич (1885–1954) – российский врач, биохимик...157, 163

Здоровский Павел Феликсович (1890–1976) – российский микробиолог, иммунолог...172

Зелинский Николай Дмитриевич (1861–1953) – выдающийся российский химик-органик...149

Зернов Сергей Алексеевич (1871–1945) – российский гидробиолог...236

Зибольд Карл Теодор Эрнст (1804–1885) – германский физиолог и зоолог...80

Зильбер Лев Александрович (1894–1966) – российский вирусолог, эпидемиолог...172

Зинин Николай Николаевич (1812–1880) – российский химик-органик...64, 65, 96, 98

Зюсс Эдуард (1831–1914) – австрийский геолог...134, 240

Ибн Сина Абу Али (Авиценна) (980–1037) – арабский философ, врач, естествоиспытатель...24

Ибн Рушд (Аверроэс) (1126–1198) – западноарабский философ...24

Иваненко Дмитрий Дмитриевич (1904–1994) – российский физикохимик, предложивший протонно-нейтронную схему строения ядра атома...138

Иванов Артемий Васильевич (1906–1990) – выдающийся российский зоолог, морфолог...233

Иванов Михаил Федорович (1871–1935) – российский ученый-животновод, селекционер животных...194

Иванов Николай Николаевич (1884–1940) – российский биохимик...162

Ивановский Дмитрий Иосифович (1864–1920) – российский ботаник, один из основоположников вирусологии...127, 169

Иерусалимский Николай Дмитриевич (1901–1967) – российский микробиолог...172

Ижевский Василий Петрович (1863–1926) – российский металлург, ученик В.В. Марковникова...100

Изразль Юрий Антониевич (род. в 1930 г.) – российский эколог...245

Ингенхауз Ян (1730–1799) – голландский врач и естествоиспытатель...51, 77

Ингольд Кристофер Кельк (1893–1970) – английский химик, совместно с Р. Робинсоном показавший роль электрона в химических реакциях...147

Иогансен Вильгельм Людвиг (1857–1927) – датский биолог...186, 187, 200, 205, 208

Ипатьев Владимир Николаевич (1867–1952) – российско-американский химик...147, 152

Исаев Василий Исаевич (1854–1911) – российский бактериолог и иммунолог...170

Исаченко Борис Лаврентьевич (1871–1947) – российский микробиолог и ботаник...172

Йерсен Александр (1863–1943) – французский бактериолог...170

Кавендиш Генри (1731–1810) – английский физикохимик...43, 45, 46, 47

Кальвин Мелвин (1911–1997) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1961)...177, 178

Камерариус Рудольф-Иаков (1665–1721) – немецкий ботаник и врач...37, 74

Кампер Петрус (1722–1789) – голландский анатом...54

Канниццаро Станислао (1826–1910) – итальянский химик, один из основателей атомно-молекулярной теории...95

Кант Иммануил (1724–1804) – немецкий философ...58

Карнс Х. – американский ботаник XX века...179

Карозерс Уоллес Хьюм (1896–1937) – американский химик-органик...152

Карпеченко Георгий Дмитриевич (1899–1942) – российский цитогенетик...188, 189, 194

Каррер Пауль (1889–1971) – швейцарский химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1937)...148, 149

Катон Марк Порций Старший (234–149 гг. до н. э.) – римский писатель, государственный деятель...18

Каульс Генри (1869–1939) – американский эколог, ботаник...236

Кашкин Павел Николаевич (1902–1991) – российский микробиолог и иммунолог...172

Квилл Л. – американский физикохимик...139

Кегль Ф. – голландский физиолог растений, впервые исследовавший фитогормоны и ауксины...179

Кейлин Дэвид (1881–1963) – английский биохимик, открывший цитохромы (1925)...148

Кекуле Фридрих Август (1829–1896) – немецкий химик-органик...94, 98

Келликер Альберт (1817–1905) – немецкий гистолог и эмбриолог...83, 111, 133, 134

Келлер Борис Александрович (1874–1945) – российский эколог растений и геоботаник...235

Келлог Вернон – американский эволюционист...203

Кендалл Эдуард Калвин (1886–1972) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1950)...148

Кендрю Джон Коудери (1917–1997) – английский биохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1962)...167

Кенна Б. – американский физикохимик, в 1961 году вместе с П. Курода обнаруживший технеций в природе...139

Кеннон Вальтер Бредфорд (1871–1945) – американский физиолог...182

Кено Л. – французский биолог, эволюционист...202, 203

Кетле Адольф (1796–1874) – бельгийский математик, астроном, метеоролог, основатель статистики...84

Кижнер Николай Матвеевич (1867–1935) – российский химик-органик, ученик В.В. Марковникова...100

Кизель Александр Робертович (1882–1948) – российский биохимик растений, ученик К.А. Тимирязева...157, 162

Кизс Артур (1866–1955) – английский анатом, приматолог, антрополог...228

Кимура Мотоо (1924–1994) – японский биохимик...209, 210

Кирпичников Валентин Сергеевич (1908–1991) – российский генетик классического направления, эволюционист...196, 214

Кирхгоф Густав Роберт (1824–1887) – немецкий физик...95, 102, 123

Кирхгоф Константин Сигизмундович (1764–1833) – российский химик...63

Киселев Иван Алексеевич (1888–1979) – российский гидробиолог...233

Китазато Сибасабуру (1852–1931) – японский врач и бактериолог...170

Клаач Герман (1863–1916) – немецкий антрополог и анатом...227

Клаус Карл-Эрнст Карлович (1796–1864) – российский химик...63

Клаус Карл Фридрих Вильгельм (1835–1899) – немецкий зоолог беспозвоночных...112

Клебанский Александр Львович (1898–1986) – российский химик-органик...152

Клебс Эдвин (1834–1913) – немецкий бактериолог...124

Клементс Фредерик (1874–1945) – американский ботаник, эколог растений, миколог...236, 239

Клюзиус Карл (1525–1609) – нидерландский и французский ботаник...29

Кноп Иоганн Август (1817–1891) – немецкий агрохимик...123

Кобозев Николай Иванович (1903–1974) – российский химик...151

Ковалевский Александр Онуфриевич (1840–1901) – российский биолог, основоположник эволюционной эмбриологии...109, 110

Ковалевский Владимир Онуфриевич (1842–1883) – российский ученый, эволюционист, основоположник эволюционной палеонтологии...105, 106, 107, 128

Ковалевский Максим Максимович (1851–1916) – российский историк, юрист, социолог эволюционистского направления, общественный деятель...205

Ковалевский Николай Осипович (1840–1891) – российский физиолог...114, 117

Кожов Михаил Михайлович (1890–1968) – российский зоолог, гидробиолог, исследователь Байкала...232

Козырев Борис Михайлович (1905–1979) – российский химик, впервые применивший ЭПР для изучения радикалов и металлоорганических соединений...142

Колкунов Владимир Владимирович (1866–1937) – российский физиолог растений...176

Коломбо Маттео Реальдо (1515–1559) – итальянский ученый, описавший малый круг кровообращения...32

Колумелла Луций (I век н. э.) – ученый-практик Древнего Рима...18

Колчинский Эдуард Израилевич (род. в 1944 г.) – российский эволюционист...212

Кольцов Николай Константинович (1872–1940) – российский генетик, создатель российской генетической школы...166, 188, 189, 191, 193

Комаров Владимир Леонтьевич (1869–1945) – российский ботаник...194, 233

Кон Фердинанд Юлиус (1828–1898) – немецкий ботаник и микробиолог...81

Кондратьев Виктор Николаевич (1902–1979) – российский химик...146

Коновалов Михаил Иванович (1858–1906) – российский химик-органик...100

Константинов Петр Никифорович (1877–1959) – российский селекционер...193

Коп Эдуард Дринкер (1840–1897) – американский палеонтолог и зоолог...106, 107, 108, 130, 131, 132, 201

Корана Хар Гобинд (1922–2011) – американский молекулярный биолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1968)...168

Кордюм Виталий Арнольдович (род. в 1931 г.) – украинский медицинский генетик, эволюционист...215

Кори Герти Тереза (1896–1957) – американский биохимик, жена Карла Кори, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1947)...159

Кори Карл Фердинанд (1896–1984) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1947)...159

Корнберг Артур (1918–2007) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1959)...167

Корнберг Ганс – биохимик, ученик Г.А. Кребса...159, 178

Корренс Карл (1864–1933) – немецкий биолог, ботаник, миколог...186

Корсон Дэйл Раймонд (1914–2012) – американский физик, совместно с К. Макензи и Э. Сегре получивший в 1940 году элемент № 85 (астат)...139

Косицкий Григорий Иванович (1920–1988) — российский физиолог...183

Костычев Павел Андреевич (1845–1895) — российский биолог, основоположник российской почвенной микробиологии...126

Костычев Сергей Павлович (1877–1931) — российский микробиолог, сын П.А. Костычева, основоположник российской биохимической школы...157, 162, 172

Котта Бернгард (1808–1879) — немецкий геолог...86

Кох Роберт (1843–1910) — немецкий врач, микробиолог, основоположник медицинской микробиологии...123, 124, 125

Кочетков Константин Александрович (1915–2005) — российский химик-органик...149

Кравков Николай Павлович (1865–1924) — российский фармаколог...117

Красилов Валентин Абрамович (род. в 1937 г.) — российский па- леоботаник, эволюционист...217

Красильников Николай Александрович (1896–1973) — российский микробиолог, бактериолог, почвовед...172

Красновский Александр Абрамович (1913–1993) — российский биохимик...177

Крашенинников Степан Петрович (1711–1755) — российский ботаник, этнограф, географ, исследователь Камчатки...50

Крашенинников Федор Николаевич (1869–1936) — российский физиолог и анатом растений, ученик К.А. Тимирязева...123

Кребс Ганс Адольф (1900–1981) — немецкий и английский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1953)...157, 159

Кретович Вацлав Леонович (1907–1993) — российский биохимик...162

Крик Френсис (1916–2004) — английский молекулярный биолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1962)...165, 166, 167

Крицман Мария Григорьевна (1905–1971) — российский биохимик...163

Кроуфут-Ходжкин Дороти Мэри (1910–1994) — английский биохимик...142, 149

Кружалов Борис Дмитриевич (1906–1961) — российский химик...152

Крукс Уильям (1832–1919) — английский химик и физик...102

Ксенофан (580–488 гг. до н. э.) — древнегреческий странствующий поэт и философ...11

Кузнецов Николай Иванович (1864–1932) — российский ботаник, географ, флорист, систематик...234

Кук Гарольд — палеонтолог, антрополог XX века...228

Кукушкин Юрий Николаевич (род. в 1931 г.) — российский химик...142

Кулешов Николай Николаевич — российский селекционер, соратник Н.И. Вавилова...208

Кун Роберт — физик, совместно с К. Фрейденобергом предложивший теорию оптического вращения...147, 149

Купревич Василий Феофилович (1897–1969) — российский ботаник...234

Куроода П. — американский физикохимик, вместе с Б. Кенна обнаруживший следы технеция в природе...139

Курсанов Андрей Львович (1902–1999) — российский биохимик растений...164

Кушнер Х.Ф. — российский селекционер, сторонник Т.Д. Лысенко...195

Кювье Жорж (1769–1832) — французский сравнительный анатом, зоолог, основоположник палеонтологии...55, 58, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 86, 87, 91, 105, 109, 134

Кюри Мария (Склодовская) (1867–1934) — французский химик, изучавшая механизмы явления радиоактивности...137, 153

Кюри Пьер (1859–1906) — французский химик, изучавший механизмы явления радиоактивности...137

Лаврентьев Михаил Алексеевич (1900–1980) — российский математик и механик, основатель Сибирского отделения РАН...196

Лавуазье Антуан Лоран (1743–1794) — французский химик...43, 45, 46, 47, 48, 51, 59, 77

Лайель Чарльз (1797–1875) — английский естествоиспытатель, один из сторонников теории униформизма в геологии...89, 90

Ламарк Жан Батист (1744–1829) — французский биолог, зоолог, автор первой теории эволюции...29, 35, 57, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 73, 83, 85, 106, 130, 131, 189, 214

Ламетри Жюльен Офре де (1709–1751) — французский философ материалист, врач...57, 58

Ландштейнер Карл (1868–1943) — австрийский врач, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1930)...170

Ланкестер Эдвин Рей (1847–1929) — английский зоолог, систематик и эмбриолог...113

Латрейль Пьер Андре (1762–1833) — французский энтомолог...70

Лаури Томас Мартин (1874–1936) — английский химик, один из разработчиков новой теории кислот и оснований...143

Ле Дантек — французский биолог, эволюционист...204

Ле Шателье Анри Луи (1850–1936) — французский химик...102, 103

Леб Жак (1859–1924) — американский биолог...185

Лебедев Сергей Васильевич (1874–1934) — российский химик...152

Лебединский Андрей Владимирович (1902–1965) – российский физиолог, биофизик...185

Левенгук Антони ван (1632–1723) – голландский микроскопист...39, 55, 79

Левин Фашель Аронович (1869–1940) – американский биохимик...161

Левит Соломон Григорьевич (1894–1938) – российский цитогенетик, основатель Медико-генетического института...194

Левитский Григорий Андреевич (1879–1943) – выдающийся российский цитогенетик...188, 190, 193, 194

Левкипп (V век до н. э.) – древнегреческий философ...13

Лейбниц Готфрид Вильгельм (1646–1716) – немецкий математик и философ-идеалист...29, 55, 58

Лейди Джозеф (1823–1891) – американский биолог...108

Лейдиг Франс (1821–1908) – германский зоолог и гистолог...83

Лемхе Г. – датский зоолог...233

Ленард Филипп Эдуард Антон фон (1862–1947) – немецкий физик, предложивший одну из моделей атома...137

Ленгли Джон (1852–1925) – английский физиолог и гистолог...116

Леонардо да Винчи (1452–1519) – итальянский художник, естествоиспытатель...31, 40

Лермонтова Юлия Всеволодовна (1846–1919) – первая русская женщина-химик...100

Летам Д. – американский физиолог растений, открывший цитокинины...179

Лефевр М. – альголог XX века...234

Леффлер Фридрих (1852–1915) – немецкий микробиолог, ученик Р. Коха...124, 126

Леш Федор Александрович (1840–1903) – врач-терапевт, описавший возбудителя амебиаза...171

Либих Юстус фон (1803–1873) – немецкий химик...51, 64, 77, 78, 80, 96, 102, 115, 125

Лики Луис (1903–1972) – английский антрополог...222

Лима-де-Фария А. – шведский биолог, эволюционист...215, 216

Линдеман Раймонд (1915–1942) – американский эколог...239

Линней Карл (1707–1778) – шведский врач и натуралист, основоположник научной систематики...30, 48, 49, 51, 52, 53, 57, 72

Лисицын Петр Иванович (1877–1948) – российский селекционер-растениевод...193

Лиске Р. – альголог XX века...234

Листер Джозеф (1827–1912) – английский хирург, предложивший антисептические меры при проведении операций...126

- Лобашев Михаил Ефимович* (1907–1971) – российский генетик и селекционер...194, 195, 196
- Л'Обель Маттиас де* (1538–1616) – фламандский ботаник...29
- Локк Р.* – эволюционист...29, 203
- Ломоносов Михаил Васильевич* (1711–1765) – российский физикохимик, основатель Московского университета...34, 43, 44, 47, 59
- Лондон Ефим Семенович* (1869–1939) – российский биохимик...160, 161
- Лондон Фриц* (1900–1954) – немецкий физик-теоретик...141
- Лопашов Георгий Викторович* (1912–2010) – российский генетик, молекулярный биолог...198
- Лотка Альфред Джеймс* (1880–1949) – американский математик, физикохимик...237, 238
- Лотси Ян Паулус* (1867–1931) – нидерландский ботаник...201
- Лоуренс Эрнест Орландо* (1901–1958) – американский физик, создатель первого циклотрона...138
- Луи Б.* – физиолог растений, в 1961 г. выделивший абсцизовую кислоту...179
- Лукин Ефим Иудович* (1904–1999) – российский зоолог, гидробиолог, эволюционист...214
- Лукреций Кар* (ок. 99–55 до н. э.) – древнеримский философ и поэт...19
- Лысенко Трофим Денисович* (1898–1976) – советский биолог, агроном, сторонник ламаркизма, отрицавший хромосомную теорию наследственности Моргана...191, 192, 193, 194, 195, 196, 214, 233
- Львов Андре Мишель* (1902–1994) – французский микробиолог, вирусолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1965)...173
- Льюис Гилберт Ньютон* (1875–1946) – американский физикохимик, один из разработчиков новой теории кислот и оснований...143
- Лэнгмюр Ирвинг* (1881–1957) – американский химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии (1932)...151
- Любименко Владимир Николаевич* (1873–1937) – российский физиолог растений...176
- Любимова М.Н.* – российский биохимик, ученица В.А. Энгельгарда...164
- Людвиг Карл Фридрих Вильгельм* (1816–1895) – немецкий физиолог...79, 114
- Люциани Луиджи* (1840–1919) – итальянский физиолог...115
- Майварт Сент-Джордж Джексон* (1827–1900) – английский биолог, зоолог...133
- Майер К.* – немецкий анатом...83
- Майр Эрнст* (1904–2005) – американский биолог, систематик, эволюционист...209, 212

- Мак Артур Роберт* (1930–1972) — американский эколог...243
- Маккензи Кеннет Росс* — химик, в 1940 г. совместно с Д. Корсоном и Э. Сегре получивший элемент № 85 (астат)...139
- Максимов Николай Александрович* (1880–1952) — российский физиолог растений...179
- Максимович Михаил Александрович* (1804–1873) — российский ботаник и флорист...58
- Малликен Роберт Сандерсон* (1896–1986) — американский физик и химик, обнаруживший явление «сверхсопряжения», лауреат Нобелевской премии по химии (1966)...147
- Мальпиги Марчелло* (1628–1694) — итальянский биолог и врач, один из первых анатомов-микроскопистов...36, 38, 39, 41
- Мальтус Томас Роберт* (1766–1834) — английский священник, автор реакционной теории народонаселения...92
- Маниас Т.* — молекулярный генетик...197
- Маргон* (II в. до н. э.) — ученый-практик Древнего Рима...18
- Мардашев Сергей Руфович* (1906–1974) — российский биохимик, ученик С.С. Салазкина...160
- Мариотт Эдм* (1620–1684) — французский физик...33
- Марков Александр Владимирович* (род. в 1965 г.) — российский биолог, палеонтолог, антрополог...231
- Марковников Владимир Васильевич* (1837–1904) — российский химик, основатель научной школы...99, 100
- Маррей К. и Н.* — молекулярные генетики...197
- Мартин Арчер Джон Портер* (1910–2002) — английский биохимик, разработавший совместно с Р. Сингом метод распределительной хроматографии...149
- Мартин Дж.* — молекулярный генетик...219
- Мартинсон Эдуард Эдуардович* — российский биохимик, ученик С.С. Салазкина...160
- Марш Отниел Чарльз* (1831–1899) — американский палеонтолог...108
- Медавар Питер* (1915–1987) — английский иммунолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1960)...170
- Медников Борис Михайлович* (1932–2001) — российский биолог, эволюционист...211
- Меерсон Феликс Залманович* (род. в 1926 г.) — российский физиолог...183, 184
- Мейер К.И.* — российский альголог XX века...234
- Мейер Лотар* (1830–1895) — немецкий врач, химик...62, 94, 95, 102
- Мейергоф Отто Фриц* (1884–1951) — немецкий биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1923)...157, 158

Мейсснер Георг (1829–1905) – немецкий анатом и физиолог...82

Мейстер Георгий Карлович (1873–1943) – российский селекционер...194

Меллер Герман (1890–1967) – американский генетик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1946)...187, 188

Менделеев Дмитрий Иванович (1834–1907) – российский химик, автор периодического закона...62, 94, 95, 96, 99, 102, 138, 140

Мендель Грегор Иоганн (1822–1884) – австрийский математик, впервые открывший законы наследования признаков...127, 186, 187, 191, 200

Менерт Эрнст (втор пол. XIX – начало XX в.) – немецкий морфолог, эмбриолог...112

Мензбир Михаил Александрович (1853–1935) – российский орнитолог, морфолог и зоогеограф, ученик Н.А. Северцова...119, 120, 205

Ментен Маргарет – биохимик, химик-органик, основоположник ферментативной кинетики...157

Меншуткин Николай Александрович (1842–1907) – российский химик...99

Мечников Илья Ильич (1845–1916) – российский биолог, один из основоположников эволюционной эмбриологии, сравнительной патологии, микробиологии и иммунологии, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1908)...109, 110, 126, 168, 169, 170, 205

Миллер Стэнли Ллойд (1930–2007) – американский химик...164

Мирбель Шарль-Франсуа Брюссо де (1776–1854) – французский ботаник, цитолог и эмбриолог...81

Миславский Николай Александрович (1854–1928) – российский физиолог...117, 181

Митин Марк Борисович (1901–1987) – российский философ-марксист...193

Митрюшкин Константин Петрович – российский эколог...244

Митчелл Питер Деннис (1920–1992) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1978)...168

Михаэлис Леонор (1875–1949) – биохимик, химик-органик, основоположник ферментативной кинетики...157

Мичерлих Эйльгард (1794–1863) – немецкий химик...62, 63, 80, 125

Мичурин Иван Владимирович (1855–1935) – российский биолог, садовод-селекционер...188, 189, 190, 191, 192

Мишер Фридрих (1844–1895) – швейцарский химик...165, 166

Мишустин Евгений Николаевич (1901–1991) – российский микробиолог...172

Мозли Генри (1887–1915) – английский физик...138

- Моль Гуго* (1805–1872) — немецкий ботаник, цитолог...82
- Моно Жак Люсьен* (1910–1976) — французский биохимик и микробиолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1965)...167
- Монтандон Жорж* — французский антрополог начала XX века...229
- Морган Ллойд К.* (1852–1936) — английский бихевиорист...204
- Морган Томас* (1866–1945) — американский цитолог, генетик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1933)...187, 188, 190, 191, 203
- Морозов Николай Александрович* (1854–1945) — российский химик...140
- Моссо Анджело* (1846–1910) — итальянский физиолог...115
- Муассан Анри* (1852–1907) — французский химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1906)...102, 103
- Мэттью Патрик* (1790–1874) — английский ученый, лесовод...86, 87
- Мюллер Иоганн Петер* (1801–1858) — немецкий естествоиспытатель...78, 79
- Мюллер Отто Фредерик* (1730–1784) — датский физиолог...53
- Мюллер Фриц* (1821–1897) — немецкий зоолог и эмбриолог, дарвинист...107, 111
- Мюллис Кэрри* (род. в 1944 г.) — молекулярный генетик...197
- Навашин Сергей Гаврилович* (1857–1930) — русский биолог, физиолог растений, открывший явление «двойного оплодотворения» у цветковых растений...121
- Нагаока Хантаро* (1865–1950) — японский физик, предложивший «сатурнианскую» модель атома...137
- Надсон Георгий Адамович* (1867–1940) — российский микробиолог, первым обнаруживший искусственный мутагенез...187
- Назаров Иван Николаевич* (1906–1957) — российский химик-органик...150
- Найт Томас* (1759–1838) — английский ботаник...78
- Натта Джулио* (1903–1979) — итальянский химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии (1963)...142, 150
- Наумов Николай Павлович* (1902–1987) — российский эколог...236, 244
- Негели Карл Вильгельм фон* (1817–1891) — немецкий ботаник, антидарвинист...131, 204
- Незговорова Л.А.* — российский физиолог растений...178
- Неймайр Мельхиор* (1845–1890) — австрийский палеонтолог-дарвинист и геолог...105, 129
- Нельсон Д.* — американский химик...140

Немцов Марк Семенович (1900–1997) – российский физикохимик, технолог...152

Неницкий Марцелий Вильгельмович (1847–1901) – российский врач, биохимик...160

Нернст Вальтер (1864–1941) – немецкий физикохимик, давший объяснения механизмов образования ионов...60, 140, 145

Несмеянов Александр Николаевич (1899–1980) – выдающийся российский химик...147, 149, 150

Нечаев Степан Яковлевич (1799–1862) – российский химик...63

Нидхэм Джон Тербервил (1713–1781) – английский священник, естествоиспытатель...53, 54

Нил К. – американский микробиолог...177

Ниренберг Маршалл Уоррен (1927–2010) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1968)...167, 168

Новиков В.В. – российский биохимик, ученик А.Р. Кизеля...162

Нодэн Шарль Виктор (1815–1899) – французский ботаник, исследовавший проблемы гибридизации растений...87

Нуждин Николай Иванович (1904–1972) – российский селекционер, сторонник Т.Д. Лысенко...195

Ньюленд Юлиус Артур (1878–1936) – американский химик-органик...152

Ньюлендс Джон Александр (1837–1898) – английский химик...94

Ньютон Исаак (1643–1727) – английский физик, механик, астроном и математик...59

Овсянников Филипп Васильевич (1827–1906) – российский физиолог и гистолог...114, 117

Одум Юджин (1913–2002) – американский эколог и зоолог...244

Окен Лоренц (1779–1851) – немецкий естествоиспытатель и натурфилософ...58

Омелянский Василий Леонидович (1867–1928) – российский микробиолог...160, 172

Опарин Александр Иванович (1894–1980) – выдающийся российский биохимик...163, 164, 165

Оппель А. – немецкий физиолог, эмбриолог...112

Орбели Леон Абгарович (1882–1958) – российский физиолог...181, 182, 195

Орехов Александр Павлович (1881–1939) – российский химик-органик...148

Оро Христина – испанский химик...164

Ортман А. – немецкий зоогеограф...120

Осборн Генри Фэрфилд (1857–1935) – выдающийся американский палеонтолог...106, 108, 229, 230

- Оствальд Вильгельм* (1853–1932) – немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1909)...102, 103, 104
- Остроумов Алексей Александрович* (1858–1925) – российский зоолог, эволюционист...205
- Оуэн Ричард* (1804–1892) – английский зоолог и палеонтолог...108
- Оше Г.* – эволюционист...212
- Павлов Алексей Петрович* (1854–1929) – российский геолог и палеонтолог...201
- Павлов Иван Петрович* (1849–1936) – российский физиолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1904)...114, 117, 118, 180, 181, 183, 196, 205
- Павловская Т.Е.* – российский химик...164
- Паккард А.* – американский палеозоолог...130
- Палисси Бернар* (1510–1589) – французский естествоиспытатель...36
- Палладин Владимир Иванович* (1859–1922) – российский ботаник, ученик К.А. Тимирязева, один из основоположников биохимии растений...157, 161, 162
- Паллас Петер Симон* (1741–1811) – российский и немецкий естествоиспытатель, флорист...50, 83
- Пандер Христиан Иванович* (1794–1865) – российский эмбриолог, палеонтолог и анатом...71
- Парацельс (Филипп Теофраст Гогенгейм)* (1493–1541) – немецкий врач и естествоиспытатель, основоположник иатрохимии...27, 33
- Парнас Яков Оскарович* (1884–1949) – польский биохимик...157, 158
- Парр А.Е.* – биолог, эволюционист...203
- Пастер Луи* (1822–1895) – французский химик, один из основоположников микробиологии...80, 97, 124, 125, 126
- Пасынский А.Г.* – российский химик...164
- Паультон Е.* – зоолог, эволюционист...135, 204, 207
- Пачоский Иосиф Конрадович* (1864–1942) – российский и польский ботаник и энтомолог...235
- Пашер Адольф* (1881–1945) – немецкий ботаник, альголог...234
- Пашутин Виктор Васильевич* (1845–1901) – российский патофизиолог, ученик И.М. Сеченова...114, 117
- Пеердман А.* – химик-органик...147
- Пеннет Реджинальд* (1875–1967) – английский генетик...186
- Перве К.* – американский физикохимик, вместе с Э. Сегре осуществивший ядерный синтез технеция (1937)...139
- Первушин Борис Павлович* (1895–1961) – российский микробиолог, вирусолог...172
- Перей Маргарита* (1909–1975) – французский радиохимик, впервые обнаружившая в природе элемент № 87 (франций)...139

Перемежко Петр Иванович (1833–1893) – российский гистолог...117

Перль Раймонд (1879–1940) – американский исследователь динамики популяций...237

Перрен Жан Батист (1870–1942) – французский физик, предложивший одну из первых моделей атома, лауреат Нобелевской премии по физике (1926)...137

Перуц Макс Фердинанд (1914–2002) – английский химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1962)...166, 167

Петри Юлиус Ричард (1852–1921) – немецкий микробиолог, ученик Р. Коха...124

Петров Г.Г. – российский агрохимик, ученик Д.Н. Прянишникова...179

Петров Рэм Викторович (род. в 1930 г.) – российский иммунолог...173

Петрова Мария Капитоновна (1874–1948) – российский физиолог...183

Петтенкофер Макс фон (1818–1901) – немецкий химик и физиолог...115, 124

Пильгрим Гюи – современный палеонтолог...227

Пирсон Карл (1857–1936) – английский математик, биолог, статистик, основоположник биометрии...185

Писарев Виктор Евграфович (1882–1972) – российский селекционер, генетик...208

Пифагор (ок. 580–500 до н. э.) – древнегреческий математик и философ...10

Платон (ок. 428–347 до н. э.) – древнегреческий философ-идеалист...14, 24, 26

Плиний Гай Старший (23–79 н. э.) – римский писатель и ученый...19, 20

Полинг Лайнус Карл (1901–1994) – американский химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1954) и Нобелевской премии мира (1962)...141, 147, 166

Полянский В.И. – российский альголог XX века...234

Полянский Юрий Иванович (1904–1993) – российский ботаник, протист и эволюционист...196

Поннамперума Сирил (род. в 1923 г.) – американский химик...165

Попов Виктор Алексеевич (1910–1980) – российский биолог, биогеоценолог...244

Портер Родни (1917–1985) – английский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1972)...173

Прегль Фриц (1867–1930) – австрийский химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1923)...101

Презент Исаак Израилевич (1902–1969) — биолог, педагог, философ, сторонник Т.Д. Лысенко...191, 192, 193, 195

Преображенский Николай Алексеевич (1896–1968) — российский химик, совместно с А.Е. Чичибабиным установивший строение пилокарпина...148

Пристли Джозеф (1733–1804) — английский химик, философ-материалист...43, 44, 45, 47, 51

Прокофьева-Бельговская Александра Алексеевна (1903–1984) — российский генетик, микробиолог...195

Пруст Жозеф Луи (1754–1826) — французский химик...43, 48, 59

Прянишников Дмитрий Николаевич (1865–1948) — российский агроном, физиолог растений и растениевод...123, 162, 178, 179

Птицын Борис Владимирович (1903–1965) — российский биохимик...168

Пул М. — американский физикохимик, в 1938 году совместно с Л. Квиллом сообщивший о синтезе элемента № 61 (прометия)...139

Пуркине Ян Эвангелиста (1787–1869) — чешский физиолог, анатом...81, 82

Пэбо Сванте — современный генетик...224

Рабинович Евгений Исаакович (1901–1973) — американский биохимик, поэт...177

Работнов Тихон Александрович (1904–2000) — российский эколог растений...239

Радищев Александр Николаевич (1749–1802) — русский писатель, разделявший революционные взгляды...56, 57

Разуваев Григорий Алексеевич (1895–1989) — российский химик-органик...149

Райли Г.А. — американский лимнолог...239

Райт Сьюэл (1889–1988) — американский генетик и эволюционист...209

Райх Фердинанд (1799–1882) — немецкий физик и химик, первооткрыватель индия...102

Раменский Леонтий Григорьевич (1884–1953) — российский эколог растений...235, 239

Рамон Г. — иммунолог...170

Раппопорт Иосиф Абрамович (1912–1990) — российский генетик...194, 195, 196

Раункиер Христен (1860–1938) — датский ботаник...234

Ребиндер Петр Александрович (1898–1972) — российский химик, специалист в области коллоидной химии...145

Реди Франческо (1626–1697) — итальянский врач, натуралист...41, 42

Резерфорд Эрнест (1871–1937) – английский физик, предложивший планетарную модель атома, лауреат Нобелевской премии по химии (1908)...137, 138

Рей Джон (1628–1705) – английский естествоиспытатель...35, 37, 41

Рейхштейн Тадеуш (1897–1996) – химик, разработавший метод жидкостной хроматографии (1938), лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1950)...148

Реней Мюррей (1885–1966) – американский инженер-механик, предложивший способ приготовления твердого микрокристаллического пористого никелевого катализатора...151

Реомюр Рене Антуан (1683–1757) – французский физик и естествоиспытатель...52

Ренне Вальтер Юлиус (1892–1969) – немецкий химик-органик...152

Рикардо Давид (1772–1823) – английский экономист...89

Рихтер Андрей Александрович (1871–1947) – российский ученый-физиолог...176, 177

Рихтер Теодор – немецкий химик, первооткрыватель индия...102

Рич А. – американский генетик...167

Робинсон Роберт (1886–1975) – английский химик-органик, вместе с К. Ингольдом показавший роль электрона в химических реакциях...147, 148, 149

Роза Даниэль – итальянский биолог...229

Роменс Джордж Джон (1848–1894) – английский натуралист...130

Роско Генри Энфилд (1833–1915) – английский химик...103

Россолимо Леонид Леонидович (1894–1977) – российский лимнолог...239

Ру Пьер Поль Эмиль (1853–1933) – французский микробиолог, ученик Л. Пастера...125, 170

Рубин Борис Анисимович (1900–1978) – российский биохимик...162

Рубнер Макс (1854–1932) – немецкий физиолог...115

Рулье Карл Францевич (1814–1858) – российский биолог, эколог, эволюционист...84, 85, 88

Рунге Фридрих Фердинанд (1794–1867) – немецкий химик-органик...64, 65

Руссов Эдмунд Фридрихович (1841–1897) – российский ботаник...127

Руэль Гийом Франсуа (1703–1770) – французский химик и аптекарь...46

Сабанеев Александр Павлович (1843–1923) – российский химик...100

Сабатье Поль (1854–1941) – французский химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1912)...147

- Савченко Иван Григорьевич* (1862–1932) – российский бактериолог и иммунолог...170, 171
- Саики Р.* – молекулярный генетик...197
- Сакс Юлиус* (1832–1897) – немецкий физиолог растений...122, 123
- Салазкин Сергей Сергеевич* (1862–1932) – российский биохимик, физиолог, ученик И.М. Сеченова...117, 160
- Самойлов Александр Филиппович* (1867–1930) – российский физиолог...181
- Самойлов Олег Яковлевич* (1921–1980) – российский химик, внесший большой вклад в изучение механизмов гидратации...143
- Санто Джеминиано Иоани де* (перв. четв. XIV в.) – доминиканский монах...22
- Сапегин Андрей Афанасьевич* (1883–1946) – российский генетик и селекционер растений...194, 208
- Сапожников Василий Васильевич* (1861–1924) – российский ботаник и географ...122
- Саттон Уолтер* (1876–1916) – американский генетик...186
- Саузерн Эдвин* (род. в 1938 г.) – английский молекулярный генетик...197
- Сахаров Андрей Дмитриевич* (1921–1989) – российский физик, общественный деятель...245
- Сахаров Владимир Владимирович* (1902–1969) – российский генетик...194
- Сваммердам Ян* (1637–1680) – голландский натуралист...39, 55
- Сварчевский Борис Александрович* (1872–1930) – российский зоолог, эколог...232
- Сведберг Теодор* (1884–1971) – шведский химик, сконструировавший ультрацентрифугу (1923)...144, 161
- Свирижев Юрий Михайлович* (1938–2007) – российский физик, математик, генетик, эколог...245
- Северин Сергей Евгеньевич* (1900–1992) – российский биохимик, академик РАН...163, 168
- Северцов Алексей Николаевич* (1866–1936) – российский биолог, основоположник эволюционной морфологии животных...205, 209
- Северцов Николай Алексеевич* (1827–1885) – русский зоолог, зоогеограф, ученик К.Ф. Рулье...85, 119, 120, 236
- Сегре Эмилио Джино* (1905–1989) – американский физикохимик, вместе с К. Перве осуществивший ядерный синтез технеция (1937)...139
- Седжвик Адам* (1785–1873) – английский геолог, учитель, друг и соратник Ч. Дарвина...89

Селиванов И.П. — российский физик, исследовавший ядерную периодичность химических элементов...138

Селье Ганс (1907–1982) — канадский эндокринолог, физиолог...183

Семенов Николай Николаевич (1896–1986) — российский физикохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1956)...146

Семенов-Тянь-Шанский Андрей Петрович (1866–1943) — российский энтомолог и эволюционист...233

Сенгер Фредерик (род. в 1918 г.) — английский биохимик, вирусолог, дважды лауреат Нобелевской премии по химии (1958 и 1980)...197

Сенебье Жан (1742–1809) — швейцарский ботаник, химик, естествоиспытатель...51, 77

Сент-Дьердьи Альберт (1893–1986) — американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1937)...149

Сервет Мигель (1511–1553) — испанский ученый, анатом и физиолог...32

Сергеев Петр Гаврилович (1885–1957) — российский химик... 152

Сергеевский Михаил Васильевич (1898–1983) — российский физиолог...181

Серебровский Александр Сергеевич (1892–1942) — российский генетик...188, 189, 190, 191, 192, 193, 208

Серебряков Иван Григорьевич (1914–1969) — российский ботаник, морфолог растений...234

Сеченов Иван Михайлович (1829–1905) — российский физиолог, основатель российской физиологической школы...82, 114, 115, 116, 117, 118, 180, 181

Сиборг Гленн Теодор (1912–1999) — американский физикохимик...139, 140

Симпсон Джордж Гейлорд (1902–1984) — американский палеонтолог...209, 212

Синг Ричард Лоренс Миллингтон (1914–1994) — американский химик, совместно с А. Мартином разработавший метод распределительной хроматографии, лауреат Нобелевской премии по химии (1952)...149

Сисакян Норайр Мартиросович (1907–1966) — российский биохимик...164

Скворцов С.С. — российский биохимик...162

Скулачев Владимир Петрович (род. в 1935 г.) — российский биохимик...168

Смит Адам (1723–1790) — английский экономист, один из основоположников политэкономии...89

Смит Г. — альголог XX века...234

Смит Дж. Л. Б. — южноафриканский ихтиолог...233

Смит Джеймс Эдвард (1759–1828) – английский ботаник, основатель «Линнеевского общества»...50

Смит Эдвин (1854–1927) – американский бактериолог, ученик Р. Коха...124

Смол Дж. – американский альголог XX века...234

Сморodinцев Анатолий Александрович (1901–1989) – российский микробиолог, вирусолог...172, 173

Соболевский Петр Григорьевич (1781–1841) – российский химик...63

Содди Фредерик (1877–1956) – английский радиохимик, вместе с Э. Резерфордом предложивший теорию радиоактивных превращений путем испускания α -частиц, лауреат Нобелевской премии по химии (1921)...138

Сократ (ок. 469–399 гг. до н. э.) – древнегреческий философ...14

Соловьев Л.Т. – российский биохимик, ученик С.С. Салазкина...160

Соловьев Михаил Федорович (1785–1856) – российский физик и химик...63

Соссюр Никола Теодор де (1767–1845) – швейцарский химик, биохимик...51, 77, 78

Сох Т. – физиолог животных и человека...184

Спалланцани Ладзаро (1729–1799) – итальянский естествоиспытатель, натуралист, физик...53, 54

Спенсер Герберт (1820–1903) – английский психолог и социолог, позитивист...131, 132

Сперанский Алексей Дмитриевич (1888–1961) – российский физиолог...182

Спиноза Бенедикт (1632–1677) – голландский философ-материалист...28

Спирер П. – молекулярный генетик...197

Спирин Александр Сергеевич (род. в 1931 г.) – российский биохимик...167, 168

Стеббинс Джордж Ледьярд (1906–2000) – американский биолог, ботаник, генетик, эволюционист...212

Стенли Уэнделл Мередит (1904–1971) – американский бактериолог, вирусолог, лауреат Нобелевской премии по химии (1946)...170

Стертевант Альфред Генри (1891–1970) – американский генетик...187

Столетов Всеволод Николаевич (1907–1989) – российский государственный деятель и ученый-биолог...195

Страсбургер Эдуард (1844–1912) – немецкий ботаник...121, 127

Струнников Владимир Александрович (1914–2005) – российский цитолог и генетик классического направления...196

Сукачев Владимир Николаевич (1880–1967) – российский эколог, геоботаник...195, 208, 235, 236

Сумики Юсуке – японский физиолог растений, изучавший действие гиббереллинов...179

Сухоруков К.Т. – российский биохимик...162

Танг М. – бельгийский эколог...242

Тарасевич Лев Александрович (1868–1927) – российский иммунолог, ученик И.И. Мечникова...170

Тарханов Иван Романович (1846–1908) – российский физиолог...115, 117

Татерсел Ян – американский антрополог...223

Тахтаджян Армен Леонович (1910–2009) – российский цитогенетик, эволюционист...196

Творт Фредерик Уильям (1877–1950) – английский бактериолог...169

Тейлор Хью (1890–1974) – английский физикохимик...151

Тейц М.В. – российский физиолог растений...177

Тейяр де Шарден Пьер (1881–1955) – французский теолог и философ...242

Темин Хоуард Мартин (1934–1994) – американский генетик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1975)...168, 173

Тенар Луи Жак (1777–1857) – французский химик...80

Тенсли Артур (1871–1955) – английский ботаник, эколог...239

Теорель Аксель Хуго Теодор (1903–1982) – шведский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1955)...148

Теофраст (Феофраст) (370–285 до н. э.) – древнегреческий философ и естествоиспытатель, ученик Аристотеля...17

Тереховский Мартын Матвеевич (1740–1796) – российский врач, микроскопист...53

Тигем Филипп ван (1839–1914) – французский ботаник и микробиолог...234

Тимирязев Климент Аркадьевич (1843–1920) – российский физиолог растений, дарвинист...91, 116, 122, 123, 128, 162, 205

Тимофеев-Ресовский Николай Владимирович (1900–1981) – российский генетик, эволюционист, радиобиолог...187, 188, 208

Тиселиус Арне (1902–1971) – шведский биохимик...161

Тодд Александер Робертус (1907–1997) – английский химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии (1957)...149

Томпсон Джозеф Джон (1856–1940) – английский физик, доказавший существование электрона, автор модели атома «пудинг с изюмом», лауреат Нобелевской премии по физике (1906)...137

Томпсон Е. – американский эволюционист...206

- Торричелли Эванджелиста* (1608–1647) – итальянский математик и физик, ученик Галилея...33
- Трамбле Абраам* (1710–1784) – швейцарский натуралист...53
- Трейб Мельхиор* (1851–1910) – голландский ботаник, эмбриолог растений...121
- Троммер Александер* – немецкий химик, ученик Э. Мичерлиха...63
- Турнефор Жозеф* (1656–1708) – французский ботаник...35
- Тээр Альбрехт* (1752–1828) – немецкий агрохимик...77
- Уайт Т.* – современный американский палеоантрополог...223
- Удрис Рудольф Юрьевич* (1899–1949) – российский химик...152
- Уилкинс Морис* (1916–2004) – английский химик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1962)...166, 167
- Уилсон Алан* – современный американский генетик...226
- Умов Н.А.* – российский эволюционист...205
- Унгер Франц* (1800–1870) – австрийский ботаник...86
- Уоллер Август* (1856–1922) – английский физиолог...116
- Уоллес Альфред Рассел* (1823–1913) – английский натуралист, соавтор эволюционной теории Ч. Дарвина...90, 119, 128, 129
- Уолтер Христиан* – английский химик...158
- Уоринг Ф.* – английский физиолог растений, выделивший абсцизовую кислоту из листьев березы...179
- Уотсон Джеймс* (род. в 1928 г.) – американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1962)...166, 167
- Уоттон Эдвард* (1492–1555) – английский естествоиспытатель и врач...30
- Уранов Алексей Александрович* (1901–1974) – российский геоботаник, фитоценолог...234
- Усанович Михаил Ильич* (1894–1981) – российский химик, предложивший определение понятия «кислота»...144
- Усов Сергей Алексеевич* (1827–1886) – российский зоолог, основатель Московской зоологической школы...85
- Ухтомский Алексей Алексеевич* (1875–1942) – российский физиолог, ученик И.П. Павлова...180, 184
- Ушаков Павел Владимирович* (1903–1992) – российский гидробиолог...233
- Уэлдон В.* – английский биолог, дарвинист...135
- Уэллс Вильям* – английский эволюционист...86
- Фабриций Джироламо* (1537–1619) – итальянский анатом и хирург...38, 40
- Фаворский Алексей Евграфович* (1860–1945) – выдающийся российский химик-органик...151, 152

Фалес из Милета (конец VII — начало VI в. до н. э.) — древнегреческий ученый, основатель греческой стихийно-материалистической философии...10

Фаллопий Габриель (1523–1562) — итальянский анатом...32

Фальк К. — американский химик, вместе с Г. Фраем и Д. Нельсоном разрабатывавший идею об ионной (электроковалентной) связи...140

Фаминцын Андрей Сергеевич (1835–1918) — российский ботаник, физиолог растений...122, 123, 161

Фарадей Майкл (1791–1867) — английский физикохимик...61

Фаулер Ральф (1889–1944) — английский химик, совместно с Дж. Берналом и Я. Френкелем изучавший процессы взаимодействия ионов с растворителем...143

Федченко Борис Алексеевич (1872–1947) — российский ботаник-систематик...235

Феннер Ф. — австралийский иммунолог...170

Феофилактов Валентин Васильевич (1891–1956) — российский биохимик растений...162

Фил Мануил (ок. 1275–1645) — византийский поэт...25

Филипченко Юрий Александрович (1882–1930) — российский генетик, эволюционист...188, 189, 201, 208

Фишер Ганс (1881–1945) — немецкий химик-органик, биохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1930)...142, 148, 177

Фишер Рональд Эйлмер (1890–1962) — английский математик, биолог-эволюционист, генетик...208, 209

Фишер Эмиль Герман (1852–1919) — выдающийся немецкий химик-органик, основоположник биохимии, лауреат Нобелевской премии по химии (1902)...99, 100, 101, 147, 156, 157

Фишер Эрнест — немецкий анатом...101

Флеминг Александер (1881–1955) — английский бактериолог, открывший пенициллин (1928), лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1945)...148, 171

Флемминг Вальтер (1843–1905) — немецкий биолог...127

Флеров Александр Федорович (1872–1960) — российский ботаник, флорист, физиолог растений...235

Флеров Георгий Николаевич (1913–1990) — российский физико-химик, возглавивший в 50-х годах XX века работы по ядерному синтезу в СССР...139

Флори Хоуард Уолтер (1898–1968) — английский бактериолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1945)...171

Фокс Сидни Уолтер (1912–1998) — американский биохимик...165, 216

Фонтана Феличе (1730–1805) — итальянский химик и натуралист...81

- Формозов Александр Николаевич* (1899–1973) – российский биогеограф, эколог, зоолог...242
- Фостер Майкл* (1836–1907) – английский физиолог...116
- Фрай Г.* – американский химик, вместе с К. Фальком, Д. Нельсоном разрабатывавший идею об ионной (электроковалентной) связи...140
- Франк Глеб Михайлович* (1904–1976) – российский биофизик...185
- Франклин Розалинд* (1921–1958) – английский химик-кристаллограф...166
- Фрейденберг К.* – химик-органик, изучивший строение катехина...147, 148
- Френкель Я.* – химик, совместно с Дж. Берналом и Р. Фаулером изучивший процессы взаимодействия ионов с растворителем...143
- Фрид С.* – американский физикохимик, в 1948 году впервые получивший металлический технеций...139
- Фриденталь Ганс* – антрополог...227
- Фридович Ирвин* – молекулярный генетик...219
- Фриз Хуго де* (1848–1935) – голландский ботаник, переоткрывший законы Менделя, автор термина «мутация»...128, 186, 200, 202, 204
- Фрицце Юлий Федорович* (1808–1871) – российский химик, ботаник...63
- Фрумкин Александр Наумович* (1895–1976) – российский физикохимик, разработчик электрохимической кинетики...144
- Хадсон К.* – физикохимик, развивавший теорию оптического вращения...147
- Хаксли Джулиан* (1887–1975) – английский натуралист, эволюционист...209
- Харди Годфри Харолд* (1877–1947) – английский математик...187, 208
- Харпер Джон* – английский ботаник, эколог, автор основополагающих трудов по демографии растений...239
- Хатчинсон Джордж Эвелин* (1903–1991) – англо-американский зоолог, лимнолог...239
- Хендрикс С.* – американский физиолог растений...179
- Хеуорс Уолтер Норманн* (1883–1950) – английский химик-органик, предложивший структуры циклической формы моносахаров...148
- Хилл Арчибальд* (1886–1977) – английский физиолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1923)...158
- Хилл Робин* (1899–1991) – британский биохимик...177
- Хиншелвуд Сирил Норман* (1897–1967) – английский физикохимик, лауреат Нобелевской премии по химии (1956)...146
- Хлопин Григорий Витальевич* (1863–1929) – российский гигиенист, педагог...117

Хогнесс Д. — молекулярный генетик...197

Хойзингер Карл (1792–1883) — немецкий врач, естествоиспытатель...83

Холдейн Джон Скотт (1860–1936) — шотландский физиолог...164

Холли Роберт Уильям (1922–1993) — американский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1968)...167, 168

Храповицкий Валерий Павлович — российский физиолог растений...122

Хюккель Эрх (1896–1980) — немецкий физик и химик, предложивший классификацию орбиталей по двум типам — σ и π ...141, 143

Цахау Ганс Грегор — немецкий биохимик...167

Цвет Михаил Семенович (1872–1919) — российский физиолог и биохимик растений...147, 161, 176

Ценковский Лев Семенович (1822–1887) — российский ботаник, бактериолог, протозоолог...76, 80, 126, 171

Циглер Карл Вальдемар (1898–1973) — немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии (1963)...142, 149, 150

Цингер Николай Васильевич (1865–1923) — российский ботаник, эволюционист...204

Циттель Карл Альфред (1839–1904) — немецкий палеонтолог...108

Цицин Николай Васильевич (1898–1980) — российский ботаник и селекционер...194

Чайковский Юрий Викторович (род. в 1940 г.) — российский эволюционист...216, 217

Чапмен В. — альголог XX века...234

Чаргафф Эрвин (1905–2002) — американский биохимик...166

Чезальпино Андреа (1519–1603) — итальянский врач, ботаник и философ...30

Чейн Эрнст Борис (1906–1979) — английский биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1945)...171

Чермак Эрх (1871–1962) — австрийский генетик...186

Черняев Илья Ильич (1893–1966) — российский химик, ученик Л.А. Чугаева...142, 143

Четвериков Сергей Сергеевич (1880–1959) — российский генетик, эволюционист...188, 205, 206, 208

Чириков Ф.В. — российский агрохимик, физиолог растений...179

Чистяков Иван Дорофеевич (1843–1877) — российский ботаник...127

Чичибабин Алексей Евгеньевич (1871–1945) — российский химик-органик, установивший строение пилокарпина совместно с Н.А. Преображенским (1930)...148

Чугаев Лев Александрович (1873–1922) — российский химик, развивший координационную теорию...142, 149

Чумаков Михаил Петрович (1909–1993) – российский микробиолог, вирусолог...172, 173

Чэдвик Джеймс (1891–1974) – английский физик, открывший нейрон...138

Шамберлан Шарль (1851–1908) – французский химик и бактериолог...125

Шанкуртуа Александр Эмиль (1820–1886) – французский геолог и химик...94

Шапошников Владимир Николаевич (1884–1968) – российский микробиолог...172

Шапошников Лев Константинович – российский эколог...244

Шатерников Михаил Николаевич (1870–1939) – российский физиолог, ближайший ученик И.М. Сеченова...117

Шванн Теодор (1810–1882) – немецкий биолог, гистолог и физиолог...81, 82

Швальбе Густав (1844–1916) – немецкий анатом, гистолог, антрополог...228

Шварц Станислав Семенович (1919–1976) – российский эколог...236, 243, 244

Шеврель Мишель Эжен (1786–1889) – французский химик-органик...97

Шееле Карл Вильгельм (1742–1786) – шведский химик...43, 44, 45, 46, 48

Шеллинг Фридрих Вильгельм Йозеф фон (1775–1854) – немецкий философ-идеалист...58

Шелфорд Виктор Эрнест (1877–1968) – американский зоолог, эколог...236

Шемакин Михаил Михайлович (1908–1970) – российский химик-органик, основатель института биоорганической химии РАН...149

Шенников Александр Петрович (1888–1962) – российский геоботаник, эколог растений...235

Шеррингтон Чарльз Скотт (1857–1952) – британский физиолог, нейробиолог...180

Шехурдин Алексей Павлович (1886–1951) – российский селекционер...193

Шилов Игорь Александрович (1921–2001) – российский зоолог, эволюционист, теоретик популяционной экологии...244

Шилов Николай Александрович (1873–1930) – российский физикохимик...145

Шимкевич Владимир Михайлович (1858–1923) – российский зоолог, эволюционист...205, 233

Шиндевольф Отто (1886–1971) – немецкий палеонтолог, эволюционист...215

Шишкин Михаил Александрович (род. в 1936 г.) — российский биолог, палеонтолог, эволюционист, автор эпигенетической теории эволюции...217

Шкварников Павел Климентьевич (1906–2004) — российский генетик...196

Шлейден Маттиас Якоб (1804–1881) — немецкий ботаник...75, 76, 81, 82

Шмальгаузен Иван Иванович (1884–1963) — российский сравнительный анатом, эволюционист...195, 205, 207, 209, 210, 212, 213

Шмарда Людвиг Карл (1819–1908) — австрийский зоолог...83

Шмидт А. — анатом и физиолог растений...234

Шмит Дж. — датский зоолог...233

Шнейдер Фридрих Антон (1831–1890) — немецкий зоолог...127

Шоо Реже (1903–1980) — венгерский ботаник...234

Шопенгауэр Артур (1788–1860) — немецкий философ...134

Шорыгин Петр Павлович (род. в 1911 г.) — российский химик-органик...149

Шпигельман Сол (1914–1983) — американский молекулярный биолог...168

Шредингер Эрвин (1887–1961) — австрийский физик-теоретик, один из основоположников квантовой механики...141

Шталь Георг Эрнст (1659–1734) — немецкий химик и врач...34, 46

Штарк Йоханнес (1874–1957) — немецкий физик...140

Штаудингер Герман (1881–1965) — немецкий химик, установивший структуру природного каучука (1921)...148

Штрель Мартин — немецкий химик-органик...177

Шулов Иван Семенович (1874–1940) — российский физиолог растений, ученик Д.Н. Прянишникова...179

Шумлянский Александр Михайлович (1748–1795) — российский врач-акушер...54

Щукарев Сергей Александрович (1893–1984) — российский физикохимик...138

Эберс Георг (1837–1898) — немецкий ученый-египтолог...8

Эберт Карл Йозеф (1835–1926) — немецкий анатом, гистолог...124

Эддикотт Ф. — американский химик-органик...179

Эдельман Джералд (род. в 1929 г.) — американский биолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1972)...173

Эймер Теодор (1843–1898) — немецкий зоолог...132

Эйхвальд Эдуард Иванович (1795–1876) — российский естествоиспытатель, палеонтолог...87, 88

Эйхлер Август Вильгельм (1839–1887) — немецкий ботаник...122

Элдридж Нильс (род. в 1943 г.) — американский палеонтолог, представитель «пунктуализма»...214

- Эллис Д.* — американский биохимик...168
- Элтон Чарльз Сазерленд* (1900—1991) — британский эколог, зоолог...236, 238
- Эльзассер Вальтер* (1904—1991) — немецкий физик, исследовавший ядерную периодичность...138
- Эмбден Густав* (1874—1933) — немецкий биохимик...157, 158, 159
- Эмерсон Р.* — американский физиолог растений...177
- Эмпедокл* (490—430 гг. до н. э.) — древнегреческий философ, врач, поэт...12, 14
- Энгельгард Владимир Александрович* (1894—1984) — выдающийся российский биохимик...164
- Энглер Адольф Генрих Густав* (1844—1930) — немецкий ботаник...122
- Энт Дж.* — английский врач, друг и сотрудник В. Гарвея...39
- Эпикур* (341—270 гг. до н. э.) — древнегреческий философ...19
- Эразистрат* (304—250 гг. до н. э.) — древнегреческий врач...18
- Эренберг Христиан Готфрид* (1795—1876) — немецкий натуралист, зоолог, миколог...79, 80
- Эрленмейер Эмиль* (1825—1909) — немецкий химик-органик...98
- Эрлих Пауль* (1854—1915) — немецкий химик, иммунолог, бактериолог, основоположник учения о гуморальном иммунитете, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1908)...126, 169, 170
- Юнг Иоахим* (1587—1657) — немецкий натуралист и философ...35
- Юри Гарольд Клейтон* (1893—1981) — американский физикохимик...164
- Юрьев Василий Яковлевич* (1879—1962) — российский селекционер...193
- Ябута Тэйдзиро* — японский физиолог...179
- Яковкин Александр Александрович* (1860—1936) — российский химик...100
- Якубович Николай Мартынович* (1816—1879) — российский гистолог и физиолог...117
- Янсен Захарий* (ок. 1585—1632) — голландский оптик, которому (как и его отцу Хансу) приписывают изобретение микроскопа...34

Библиографический список

1. Азимов А. Краткая история биологии. От алхимии до генетики. М.: 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. Барабанщиков Б.И. Взгляды на природу в Древней Греции: учебное пособие по курсу «История биологии». Казань: РегентЪ, 2001. 38 с.
7. Берг Л.С. Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей. Петербург: Гос. изд-во, 1922. 205 с.
8. Бернал Дж. Возникновение жизни. М.: Наука, 1969. 304 с.
9. Бобров. Е.Г. Карл Линней. 1707–1778. Л.: Наука, 1970. 286 с.
10. Богатых Б.А. Фрактальные структуры живого и эволюционный процесс // Журнал общей биологии. 2006. Т. 67. С. 243–255.
11. Бурень В.М. Возникновение организмов и происхождение видов. Санкт-Петербург: Профи-Информ, 2005. 153 с.
12. Вермель Е.М. История учения о клетке. М.: Наука, 1970. 259 с.
13. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление / под ред. А.Л. Янина. М.: Наука, 1991. 270 с.
14. Войткевич Г.В. Возникновение и развитие жизни на Земле. М.: Наука, 1988. 139 с.
15. Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. Выдающиеся химики мира: биографический справочник / под ред. В.И. Кузнецова. М.: Высшая шк., 1991. 656 с.
16. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М.: КМК, 2004. 431 с.
17. Гайсинович А.Е. Зарождение и развитие генетики. М.: Наука, 1988. 423 с.
18. Галл Я.М. Становление эволюционной теории Чарльза Дарвина. М.: Наука, 1993. 141 с.
19. Гиляров М.С. Проблемы современной экологии и теория естественного отбора // Успехи современной биологии. 1959. Т. 48. № 3. С. 267–278.
20. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: Мир, 2002. 589 с.

21. Грант В. Эволюционный процесс. М.: Мир, 1985. 357 с.
22. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. М.: Гранд, 2002. 336 с.
23. Гродницкий Д.Л. Эпигенетическая теория эволюции как возможная основа нового эволюционного синтеза // Журнал общей биологии. 2001. Т. 62. № 2. С. 99–109.
24. Дарвин Ч. Происхождение человека и половой отбор. Л.: Наука, 1991. 556 с.
25. Дворянкин Ф.А. Дарвинизм. М.: МГУ, 1964. 447 с.
26. Дементьев Г.П. Русские основоположники экологии. Очерки по истории экологии. М.: Наука, 1970. 237 с.
27. Джеффри Ч. Биологическая номенклатура. М.: Мир, 1980. 119 с.
28. Длусский Г.М. История и методология биологии. М.: Анабасис, 2006. 220 с.
29. Древние цивилизации / под общ. ред. Г.М. Бонгард-Левина. М.: Мысль, 1989. 479 с.
30. Дубинин Н.П. Вечное движение. М.: Политическая литература, 1975, 430 с.
31. Евдокимов Е.В. Эволюция по Спенсеру: развитие иерархии в организации материи путем поэтапной интеграции и последующей дифференциации // Философия науки. 2003. № 5. С. 12–20.
32. Жеребцов А. Тайны алхимиков и секретных обществ. М.: Мир, 1997. 260 с.
33. Завадский К.М. Вид и видообразование. Л.: Наука, 1968. 404 с.
34. Завадский К.М. Развитие эволюционной теории после Дарвина. 1859–1920-е годы. Л.: Наука, 1973. 423 с.
35. Завадский К.М., Колчинский Э.И. Эволюция эволюции: историко-критические очерки проблемы. Л.: Наука, 1977. 235 с.
36. 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.
37. 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.
38. Зоркий П.М., Лубнина И.Е. Супрамолекулярная химия: возникновение, развитие, перспективы // Вестник МГУ. Сер. 2 «Химия». 1999. Т. 40. № 5. С. 300–312.
39. История биологии с древнейших времен до начала XX века / под общ. ред. С.Р. Микулинского. М.: Наука, 1972. 536 с.

40. История биологии с начала XX века до наших дней / под ред. Л.Я. Бляхера. М.: Наука, 1975. 657 с.
41. Карамян А.И. Академик Леон Абгарович Орбели и его научное наследие // Успехи физиол. наук. 1972. Т. 3. № 4. С. 3–5.
42. Кашкаров Д.Н. Советская зооэкология, ее состояние, успехи за 20 лет и перспективы развития // Природа. 1937. № 10. С. 212–229.
43. Колчинский Э.И. Неокатастрофизм и селекционизм: вечная дилемма или возможность синтеза? Санкт-Петербург: Наука, 2002. 554 с.
44. Корогодина В.И. Информация и феномен жизни. Пущино: Пущинский научный центр АН СССР, 1991. 202 с.
45. Коштыянец Х.С. Очерки по истории физиологии в России. Л.: Наука, 1946. 135 с.
46. Кремо М., Томсон Р. Запрещенная археология. М.: Мир, 1989. 284 с.
47. Кретович В.Л. Очерки по истории биохимии в СССР. М.: Наука, 1984. 103 с.
48. Крюи П. Охотники за микробами. М.: Наука, 1987. 431 с.
49. Ламарк Ж.Б. Философия зоологии. М.: Полиграфкнига, 1935. Т. 1. 209 с.
50. Лебедев С.А. Философия науки: словарь основных терминов. М.: Академический проект, 2004. 320 с.
51. Лима-де-Фария А. Эволюция без отбора: автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991. 455 с.
52. Линней К. Философия ботаники. М.: Наука, 1989. 452 с.
53. Лукин Е.И. Ароморфозы и условия их возникновения // Закономерности прогрессивной эволюции. Л.: Наука, 1972. С. 217–224.
54. Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина. М.: ГИ биологической и медицинской литературы, 1936. 415 с.
55. Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии. М.: Учпедгиз, 1960. Т. 1. 479 с.
56. Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии. М.: Учпедгиз, 1960. Т. 2. 546 с.
57. Марков А.В. Происхождение и эволюция человека. Обзор достижений палеонтологии, сравнительной генетики и эволюционной психологии: доклад, прочтенный в Институте биологии развития РАН 19 марта 2009 г. // Элементы большой науки. URL: <http://elementy.ru>.
58. Матекин П.В. История и методология биологии. Развитие фундаментальных концепций в биологии. М.: МГУ, 1982. 165 с.
59. Медников Б.М. Дарвинизм в XX веке. М.: Сов. Россия, 1975. 223 с.

60. Миллс С. Теория эволюции. Открытия, которые потрясли мир. М.: Эксмо, 2008. 202 с.
61. Новиков Г.А. Краткий очерк истории экологии животных. Л.: Наука, 1980. 264 с.
62. Опарин А.И. Возникновение и начальное развитие жизни. М.: Наука, 1966. 244 с.
63. Очерки по истории экологии. М.: Наука, 1970. 237 с.
64. Поннамперума С. Происхождение жизни. М.: Мир, 1977. 287 с.
65. Рьюз М. Философия биологии. М.: Прогресс, 1977. 319 с.
66. Савенков В.Я. Новые представления о возникновении жизни на Земле. Киев: Высшая школа, 1991. 231 с.
67. Северцов А.Н. Основы теории эволюции. М.: Изд-во МГУ, 1987. 320 с.
68. Селье Г. Стресс без дистресса / пер. с англ. М.: Прогресс, 1979. 124 с.
69. Сидоров Г.Н., Шустова О.Б., Разумов В.И. Наука и философия о развитии жизни на Земле // Философия науки. 2003. № 4. С. 16–27.
70. Сойфер В.Н. Очерки истории молекулярной генетики. М.: Наука, 1970. 257 с.
71. Соколов Б.С. Вернадский и XX век // Природа. 1988. № 2. С. 2–12.
72. Стоун И. Происхождение: роман-биография Чарльза Дарвина. М.: Политиздат, 1985. 447 с.
73. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М.: Наука, 1987. 240 с.
74. Телитченко М.М. Введение в проблемы биохимической экологии. М.: Наука, 1990. 228 с.
75. Троицкий Н.А., Картель Н.А. Генетическая инженерия. М.: Наука и техника, 1980. 80 с.
76. Ульянкина Т.И. Зарождение иммунологии. М.: Наука, 1994. 319 с.
77. Уотсон Дж. Д. Двойная спираль. М.: Мир, 1969. 152 с.
78. Фоули Р. Еще один неповторимый вид. Экологические аспекты эволюции человека. М.: Мир, 1990. 368 с.
79. Франк-Каменецкий М.Д. Самая главная молекула. М.: Наука, 1983. 160 с.
80. Фролов И.Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем // Вопросы философии. 1961. № 2. С. 39–51.
81. Цаплин В.С. Странная цивилизация. М.: Астрель, 2006. 640 с.
82. Чайковский Ю.В. Элементы эволюционной диатропики. М.: Наука, 1990. 272 с.
83. Чайковский Ю.В. Наука о развитии жизни. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 712 с.

84. Чикин С.Я. Врачи-философы. М.: Медицина, 1990. 384 с.
85. Шапиро И.А. Загадки растения-сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 80 с.
86. Шилов И.А. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. М.: Изд-во МГУ, 1977. 258 с.
87. Шишкин М.А. Эволюция как эпигенетический процесс / под ред. В.В. Меннера, В.П. Макридина. М.: Недра, 1988. С. 142–169.
88. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1987. 345 с.
89. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора). М.: Из-во АН СССР, 1946. 396 с.
90. Шмальгаузен И.И. Проблемы дарвинизма. Л.: Наука, 1969. 493 с.
91. Штрубе В. Пути развития химии: в 2 т. Т. 2. От начала промышленной революции до первой четверти XX века / под ред. В.А. Крицмана. М.: Мир, 1984. 278 с.
92. Югай Г.А. Общая теория жизни. М.: Мысль, 1985. 256 с.
93. Юсуфов А.Г., Магомедова М.А. История и методология биологии. М.: Высшая школа, 2003. 238 с.
94. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М.: Высшая школа, 1976. 335 с.