

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Л. И. ГУБЕРНАТОРОВА

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ
КАРТИНА МИРА

Учебное пособие



Владимир 2016

УДК 5(076)
ББК 20я7
Г93

Рецензенты:

Кандидат педагогических наук
зав. кафедрой естественно-математического образования
Владимирского института развития образования
имени Л. И. Новиковой
Е. И. Антонова

Кандидат технических наук
профессор кафедры информатики и информационных технологий
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Ю. А. Медведев

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Губернаторова, Л. И. Естественнонаучная картина мира :
Г93 учеб. пособие / Л. И. Губернаторова ; Владим. гос. ун-т им.
А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016. –
226 с. – ISBN 978-5-9984-0665-2.

Издание направлено на формирование у студентов целостного мировоззрения – гармоничной совокупности современных представлений об окружающем нас мире природы. Сумма знаний, составляющих современное естествознание, огромна, и для формирования целостного мировоззрения требуется выбрать важные концептуальные вопросы, поэтому главное внимание уделено раскрытию содержания фундаментальных вопросов методологии научного познания, натурфилософской, астрономической, биологической и химической картин мира. Представлены материалы для практических занятий по дисциплине «Естественнонаучная картина мира», позволяющие студентам осознать причины смен картин мира и механизмы создания целостных моделей природы.

Предназначено для подготовки бакалавров всех специальностей, преподавателей дисциплины «Естественнонаучная картина мира» вузов и учителей естествознания, астрономии, физики.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения.

Ил. 18. Табл. 11. Библиогр.: 17 назв.

УДК 5(076)
ББК 20я7

ISBN 978-5-9984-0665-2

© ВлГУ, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	9
ГЛАВА I. НАТУРФИЛОСОФСКАЯ КАРТИНА МИРА.....	11
§ 1. Ионийский период (VI – V вв. до н. э.)	11
Основные идеи Милетской школы. Проблема первоначала и единства (Фалес, Анаксимен, Анаксимандр, Гераклит)	12
Математическая программа Пифагора	13
Элейская школа: Ксенофан и Зенон, апории Зенона	15
Вопросы для контроля знаний	17
§ 2. Афинский период (V – IV вв. до н. э.).....	17
Атомарная гипотеза Демокрита.....	17
Идеи и представления Платона	19
Школа и научная программа Аристотеля.....	22
Вопросы для контроля знаний	25
§ 3. Эллинистический период (330 – 30 гг. до н. э.).....	25
Математика Евклида.....	26
Архимед и возникновение техносферы	27
Вопросы для контроля знаний	31
ГЛАВА II. ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НОВОЕВРОПЕЙСКОЙ НАУКИ	32
§ 1. Зарождение научного метода познания.....	32
Ф. Бэкон и становление индуктивного метода познания	32
Р. Декарт как основатель дедуктивного метода познания. Возникновение сциентических представлений.....	33
Вопросы для контроля знаний	36
§ 2. Методы и приёмы научного познания.....	36
Уровни и приёмы научного познания.....	37
Характеристика приёмов эмпирического уровня познания.....	38
Характеристика приёмов теоретического уровня познания	39
Вопросы для контроля знаний	44
§ 3. Особенности научной методологии познания и критерии достоверности научного познания	44
Роль и функции методов научного познания	44
Принцип верифицируемости	47
Принцип фальсификации	48

Вторичные критерии достоверности научного знания.....	49
Вопросы для контроля знаний.....	51
ГЛАВА III. АСТРОНОМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	52
§ 1. Исторические модели возникновения Вселенной	
и Солнечной системы	52
Модель И. Канта	52
Небулярная модель П. С. Лапласа.....	54
Космологические парадоксы вечной во времени	
и бесконечной в пространстве Вселенной.....	56
Модель О. Ю. Шмидта	60
Вопросы для контроля знаний.....	60
§ 2. Современные модели возникновения Вселенной	
и Солнечной системы	60
Модель Большого взрыва. Э. Хаббл и обнаружение	
«красного смещения»	61
Дж. Гамов и модель «горячей Вселенной». Реликтовое	
излучение Вселенной.....	64
Антропный принцип.....	66
Вопросы для контроля знаний.....	69
§ 3. Мегаобъекты Вселенной. Звёзды и галактики.....	69
Характеристика и эволюция звёзд.....	69
Характеристика и эволюция галактик.....	76
Вопросы для контроля знаний.....	79
§ 4. Планеты Солнечной системы. Планеты земной	
группы и планеты-гиганты	80
Характеристика планет земной группы.....	80
Характеристика планет-гигантов	86
Вопросы для контроля знаний.....	94
§ 5. Земля как планета Солнечной системы.....	94
Строение и структура Земли.....	95
Модели разогрева ядра Земли.....	96
Характеристика оболочек Земли.....	97
Вопросы для контроля знаний.....	103
ГЛАВА IV. БИОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	104
§ 1. Биология как наука. Краткая характеристика	
содержания системы научного биологического знания.....	104
Вопросы для контроля знаний.....	105
§ 2. Становление и развитие биологии: от донаучной	
к научной	106
Периодизация становления биологического знания.....	106

Донаучные биологические представления	107
Биология в эпоху Средневековья	111
Биология в XVI – XVII веках (познание природы в эпоху Возрождения)	111
Биология в конце XVIII – первой половины XIX века.....	113
Биология конца XIX и начала XX века.....	117
Вопросы для контроля знаний	121
§ 3. Теории происхождения жизни	122
Теория стационарного существования жизни.....	123
Концепция панспермии	124
Теория самопроизвольного (случайного) зарождения жизни (опыты Ван Гельмонта). Её проблемы и противоречия	125
Теория биогенеза («живое от живого», опыты Ф. Реди, Л. Спалланцани, Л. Пастера)	126
Теория абиогенеза (биохимической эволюции). Модель А. Опарина – Дж. Холдейна. Опыт С. Миллера. Проблемы и противоречия теории	128
Креационная теория.....	132
Вопросы для контроля знаний	135
§ 4. Идея развития природы и становление эволюционных представлений	136
Понятие эволюции. Модель Ж. Бюффона. Теория катастроф Ж. Кювье. Теории преформизма и эпигенеза.....	136
Идеи эволюционного учения Ж. Б. Ламарка и Ч. Дарвина	138
Современные представления о доказательствах справедливости эволюционного учения	142
Проблемы эволюционного учения	144
Вопросы для контроля знаний	147
§ 5. Эволюционное учение о человеке	147
Человек как предмет естественнонаучного познания	147
Ч. Дарвин и эволюционное учение о происхождении человека. Этапы развития человека в рамках эволюционного учения	148
Современные представления о доказательствах справедливости эволюционного учения о человеке	151
Проблемы и научные фальсификации эволюционного учения о человеке	152
Вопросы для контроля знаний	158
§ 6. Генетика и синтетическая теория эволюции.....	158
Истоки становления генетики. Работы Г. Менделя и переоткрытие законов Менделя	159
Основные понятия и идеи генетики	165

Причины возникновения и становления синтетической теории эволюции: основные понятия и идеи. Современные проблемы синтетической теории эволюции (макро- и микроэволюция) ...	172
Вопросы для контроля знаний	176
§ 7. Концепция биосферы в современной научной картине мира	177
В. И. Вернадский – основоположник учения о биосфере	177
Учение о биосфере и современная биосферология	179
Вопросы для контроля знаний	185
ГЛАВА V. ХИМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	185
§ 1. Предмет химии. История и этапы становления химии	185
Вопросы для контроля знаний	188
§ 2. Донаучный этап – алхимический (с древности до XVI в. н. э.).....	189
Греко-египетская алхимия	189
Арабская алхимия	190
Западноевропейская алхимия	191
Вопросы для контроля знаний	192
§ 3. Зарождение и становление научной химии.....	193
Зарождение ятрохимии.....	193
Теория флогистона и закон сохранения массы	195
Вопросы для контроля знаний	197
§ 4. Атомно-молекулярное учение как концептуальное основание химии	198
Концепция химического элемента	198
Химическая атомистика	201
Вопросы для контроля знаний	206
§ 5. Становление классической химии	206
Периодический закон химических элементов	
Д. И. Менделеева	206
Структурная химия.....	209
Становление и развитие органической химии	211
Вопросы для контроля знаний	213
§ 6. Модель современной системы химических знаний и химическая картина мира.....	214
Концептуальные уровни химического знания	214
Особенности современной химии и содержание современной химической картины мира	218
Вопросы для контроля знаний	221
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	222
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	224

ПРЕДИСЛОВИЕ

Идея курса «Естественнонаучная картина мира» и данной книги состоит в знакомстве с основополагающими концепциями, идеями и подходами различных естественных наук, складывающихся в единую естественнонаучную картину мира.

В предлагаемом пособии упор делается на те положения науки, которые привели к коренной ломке представлений о самых важных мировоззренческих проблемах, к созданию системных альтернативных представлений. Здесь наиболее явно прослеживается практико-ориентированный характер дисциплины, точнее, её аксиологически-мировоззренческий смысл, вскрывается совершенно неожиданный и интереснейший пласт: ценностно-смысловое содержание фундаментальных природных законов и то, как они влияют на социальное поведение людей. Это действительно важно и значимо для человека.

Издание отличается несколькими принципиальными особенностями.

1. Основополагающие идеи, понятия, принципы соответствующей картины мира и системы современных взглядов на естественнонаучные проблемы настоящего времени даны без привлечения математического аппарата и математических выкладок, что гарантирует понимание вопросов студентами-гуманитариями.

2. Уделяется внимание развенчиванию сциентизма как феномена, приведшего к возникновению кризисных явлений планетарного масштаба.

3. Содержание рассматриваемых вопросов практических занятий включает в себя сопоставление различных альтернативных научных точек зрения, проблемные аспекты той или иной научной модели, что обеспечивает понимание реальных возможностей научной методологии познания и осознания основных тенденций развития современного естествознания.

В книгу включён материал практических занятий, раскрывающий содержание натурфилософской, астрономической, биологической и химической картин мира. В ней подробно рассмотрены вопросы, касающиеся теории зарождения науки как таковой, особенностей методов научного познания, критерии достоверности, границы применимости способов и приёмов рационального познания мира. Наиболее сложный в научном отношении материал о различных физических картинах мира рассматривается в лекционном курсе.

ВВЕДЕНИЕ

Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой. Каждый важный успех приносит новые вопросы. Всякое развитие обнаруживает со временем все новые и более глубокие трудности.

Альберт Эйнштейн

С процессом накопления знаний и развитием науки возникает своего рода «идейная надстройка», формируется гипотетическая умозрительная единая система представлений – модель общего устройства окружающей действительности. История естествознания свидетельствует о существовании длительных периодов времени достаточно устойчивой «идейной атмосферы» относительно такой обобщенной модели природы, под влиянием которой и развивается наука данного периода. Эту обобщенную модель принято называть научной картиной мира.

Научная картина мира начинает активно задавать направление теоретических и экспериментальных исследований, стимулирует постановку одних научных проблем и противостоит появлению других. В общем случае научная картина мира (НКМ) – *целостная система представлений о мире, его общих свойствах и закономерностях, возникших в результате синтеза знаний, полученных из разных наук. В то же время научная картина мира – это и форма воплощения результатов познавательной деятельности человека, и модель познанного окружающего мира, включающая в себя представления о природе и обществе. Частью НКМ является естественнонаучная картина мира, отражающая целостную систему взглядов на природу.*

Картина мира у любого человека всегда индивидуальна и основана на собственном опыте, личных впечатлениях и ощущениях. Естествознание, как и наука в целом, стремится найти объективные, не зависящие от индивидуального субъекта, закономерности природы. Поэтому в науке приходится абстрагироваться от личных ощущений и представлений и строить такую систему знаний о природе, с которой могло бы согласиться абсолютное большинство естествоиспытателей. Такую общую систему знаний о природе в первом приближении можно назвать естественнонаучной картиной мира. *ЕНКМ – упорядоченная целостность систематизированных знаний о Вселенной и человеке, формирующаяся на базе*

фундаментальных открытий и достижений, прежде всего, естествознания (астрономии, физики, биологии, химии и др.).

В процессе своего формирования она опирается на общие понятия и принципы лидирующей в определенный период науки, но не сводится к ней целиком. Она дополняется и корректируется понятиями и принципами других наук о природе.

Следует заметить, что научная картина мира любой науки имеет, с одной стороны, *конкретный* характер, поскольку она определена предметом конкретной науки. С другой стороны, такая картина *относительна* в силу исторически приближённого, относительного характера самого процесса человеческого познания. Поэтому построение её в окончательном, завершённом виде вряд ли достижимо.

Со временем неизбежно происходит смена научных картин мира, но при этом продолжает действовать *принцип преемственности*, общий для развития всего научного знания. Старая картина мира не отбрасывается целиком, а продолжает сохранять своё значение, уточняются только границы её применимости.

В общем случае, различают:

- общенаучную картину мира, которая выступает как форма систематизации знаний, вырабатываемых в естественных и гуманитарных науках;
- специальные (локальные) картины мира. К ним относятся такие картины мира, как физическая, химическая, биологическая, астрономическая, политическая, экономическая, демографическая и т. д.

Самые первые картины мира были разработаны в рамках античной философии и носили натурфилософский, умозрительный, созерцательный характер. Подлинно научные картины мира возникают с XVII века, на основе становления и развития физической картины мира. Именно физическая картина мира являлась лидером естествознания вплоть до конца XX столетия. Сейчас она уступает своё первенство биологической картине мира.

В данном пособии рассматриваются основополагающие идеи наиболее значимых локальных природных картин мира, например астрономической, биологической и химической. Затрагиваются вопросы натурфилософской картины мира и причины зарождения, особенности методологии научного познания, позволившие сформировать научную картину мира.

ГЛАВА I. НАТУРФИЛОСОФСКАЯ КАРТИНА МИРА

§ 1. Ионийский период (VI – V вв. до н. э.)

В современной методологии науки нет общепринятой периодизации становления научной картины мира, в частности, времени её появления. Одна из точек зрения относит зарождение «пранауки» и соответствующей картины мира к седой древности, исходя из того, что люди задумывались об окружающем их мире, его строении и происхождении уже тогда. Первые целостные представления об окружающей природе нашли своё отражение в натурфилософии. Натурфилософия (лат. *natura* – природа) – философия природы.

Натурфилософия отличалась, прежде всего, тем, что пыталась увидеть мир целиком, не разбивая его на отдельные части или области, создавая именно целостную картину мира. Наиболее известны изыскания древнегреческих учёных. Ими были поставлены все основные проблемы, касающиеся развития естествознания:

- материя и её структура;
- гармония Вселенной;
- соотношение вещества и силы;
- соотношение неорганического и органического.

В становлении греческой натурфилософии выделяют три качественно различных периода:



С VI в. до н. э. – особый период в истории развития науки и культуры Древней Греции, это период перехода от донаучного к научному познанию мира. Родоначальниками собственно натурфилософии были ионийские философы. Едва ли не главным содержанием размышлений ионийских философов были поиски неизменного первоначала, которое, как представлялось, лежит в основе мира изменчивых явлений, архэ – праматери, первоматерии.

Основные идеи Милетской школы. Проблема первоначала и единства (Фалес, Анаксимен, Анаксимандр, Гераклит)

Милетская школа оставила глубокий след в истории становления натурфилософской картины мира. Основателем первой античной философской школы был гражданин Милета, один из знаменитых «семи мудрецов» древности – Фалес Милесский (ок. 625 – 547 гг. до н. э.).

Ему впервые пришла мысль о естественном единстве мироздания. Фалес произвёл буквально переворот в мировоззрении, выдвинув идею первосубстанции и усмотрев это начало во влаге (воде): ведь она пронизывает собой всё. Ницше подчёркивал, что такой подход к пониманию первоматерии выражает три основные философские идеи. Во-первых, он содержит вопрос о материальной основе всех вещей, во-вторых – требование рационального ответа на этот вопрос без ссылки на мифы и мистические представления. В-третьих – предположение о возможности понять мир на основе одного исходного принципа.

Вода, по Фалесу, как естественное начало оказывается носителем всех изменений и превращений. Фактически это прообраз гениальной идеи о сохранении. Идея Фалеса о первосущности, природном первоначале с исторической точки зрения чрезвычайно важна: был проложен путь к естественному объяснению природы.

Преемник Фалеса, Анаксимандр (ок. 610 – 540 гг. до н. э.) за первооснову сущего принял не какое-то конкретное вещество, а первовещество – апейрон (буквально – беспредельное). Оно объемлет всё и всем правит. Поскольку это начало бесконечно, оно неистоцимо в своих возможностях образования конкретных реальностей.

Анаксимандру принадлежит первая попытка дать общекосмологическую картину мира: Земля – центр Вселенной, её опоясывают три огненных кольца: солнечное, лунное и звёздное. Земля пребывает в Мировом пространстве, ни на что не опираясь – это было одно из значительных достижений научной мысли милетской школы.

Третий представитель Милетской школы Анаксимен (ок. 585 – 525 гг. до н. э.). Анаксимен предложил новый способ конструирования картины мира, представив этот процесс как разрежение и сгущение *воздуха*, который он рассматривал в качестве первоосновы всего существующего. Согласно Анаксимену, все вещи возникли из воздуха и представляют собой его модификации.

Таким образом, милетцы обратили внимание на то, что все вещи возникают, растут и гибнут. Этот динамизм они полагали существенной характеристикой первоначала.

Одним из выдающихся древнегреческих мыслителей был Гераклит Эфесский (ок. 540 – 480 гг. до н. э.) из ионийского города-полиса Эфес. Гераклит был ионийцем, но не принадлежал к милетской школе. Диоген Лаэртский писал о Гераклите: «В молодости говаривал, что не знает ничего, а взрослый, что знает всё. Он не был ничьим учеником, но, по его словам, испытал самого себя и узнал всё от самого себя». (Фрагменты ранних греческих философов / сост. А. В. Лебедев. М., 1989).

Гераклит Эфесский предлагал в качестве первоначала огонь. «Всё обменивается на огонь и огонь – на всё, подобно тому, как золото на товары, а товары на золото» (URL: [bibliofond.ru>view.aspx?id=725410](http://bibliofond.ru/view.aspx?id=725410)).

Выбор огня в качестве первоначала, по всей видимости, обусловлен тем, что огонь как видимая форма процесса горения является наиболее подходящим определением для стихии, понимаемой как субстанция, для которой характерно, что она есть вечный процесс, «пылающая» динамика сущего. Огонь – образ вечного движения. Главные постулаты Гераклита – о борьбе противоположностей и идея вечности непрерывного изменения материального мира. Всё существующее, по Гераклиту, постоянно переходит из одного состояния в другое. Ему принадлежат знаменитые слова: «Всё течет, всё изменяется», «В одну и ту же реку нельзя войти дважды».

Итак, милетцы осуществили прорыв своими воззрениями, в которых однозначно был поставлен вопрос: «Что лежит в основе?». Ответы у них разные, но именно они положили начало собственно философскому подходу к вопросу происхождения сущего: к идее субстанции, то есть к первооснове и сущности всех вещей и явлений мироздания. *Главной принципиальной особенностью их воззрений является представление о непрерывности, беспредельности материи. Материя представлялась континуальной в виде какой-либо субстанции (воды, воздуха, огня, апейрона).*

Математическая программа Пифагора

Одной из самых значимых школ этого периода была *школа Пифагора*. Пифагор (570 – 500 гг. до н. э.) древнегреческий философ,

математик и мистик, создатель религиозно-философской школы пифагорейцев. Члены пифагорейской школы придерживались особых нравственных принципов: «Быть всегда в словах и поступках стремись справедливым», «Пусть – что важнее всего – твоим главным судьей станет совесть».

Оценивая роль Пифагора в формировании мироздания, которое можно назвать научным, Б. Рассел писал: «Пифагор по своему влиянию как на древнюю, так и на современную эпоху... является одним из наиболее значительных людей, когда-либо живших на земле, – и в том случае, когда он был мудр, и в том, когда он ошибался» (URL: akimovae.com/uploads/files/sinergizm.pdf, с. 14). Он же подчёркивал: «Я не знаю ни одного человека, который бы оказал такое влияние на человеческое мышление, как Пифагор» (URL: filosofa.net/book-18-page-8.html).

Трудами пифагорейцев было создано два учения – учение о природе, устроенное на математических принципах, и учение о числовых соотношениях как основе, единой сущности и инструменте познания порядка в природе.

Пифагорейской школой была создана картина мира, которая, хотя и включала мифологические элементы, но по основным своим компонентам была уже философско-рациональным образом мироздания. Пифагору принадлежат идеи всеобщей Гармонии Вселенной, которую он назвал космосом (*cosmos* по-гречески означает Мир, Вселенная, Гармония), и предположил, что его структура определяется соотношениями чисел. Числа понимались как суть всего существующего, им придавался мистический смысл. Основной постулат его учения: «всё есть число» (В кн.: *Mathesis. Из истории античной науки и философии.* М., 1991. С. 56).

Число для пифагорейцев было первым принципом в описании природы, «самое мудрое в мире – число». Числа есть первооснова мира. При этом числа вовсе не являются кирпичиками мироздания, из которых состоят все вещи. Вещи не равны числам, а подобны им, основаны на количественных отношениях, являющихся подлинно фундаментальными.

Математический характер имела и космогония Пифагора. Пифагорейцам принадлежит учение о музыке сфер и о музыкальном звуко-ряде, отражающем гармонию Солнечной системы, где каждой плане-

те соответствует определенная нота, а все вместе они создают интервалы музыкальной гаммы. По их представлениям, тела, перемещаясь в пространстве, производят звуки. Более быстро движущееся тело издаёт более высокий звук. Звуки, издаваемые планетами, изменяются в зависимости от удалённости от Солнца, и все звуки подчиняются определённой гармонии – «музыке сфер».

Пифагорейцам было известно, что Земля, как и другие небесные тела, имеет форму шара. Вселенная представлялась Пифагору в виде концентрических, вложенных друг в друга прозрачных хрустальных сфер, к которым прикреплены планеты. В центре мира в этой модели помещалась Земля, вокруг неё вращались сферы Луны, Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера и Сатурна. Дальше всех находилась сфера неподвижных звезд.

Элейская школа: Ксенофан и Зенон, апории Зенона

Другая известная школа данного периода – *Элейская школа* (конец VI – первая половина V в. до н. э.). Элеаты поставили настолько важные вопросы и получили с помощью логики настолько необычные, парадоксальные ответы, что это дало толчок к размышлениям многих философов после них.

Ксенофан Колофонский считается основателем Элейской школы. Самыми известными представителями элеатов были Парменид и Зенон. К величайшим достижениям данной школы относится прозрение о несовпадении двух картин мира: картины мира, полученной с помощью логических рассуждений, и картины мира реальной, воспринимаемой чувственно.

Ученик Парменида Зенон стал широко использовать язык логики. Аристотель называет его изобретателем диалектики, а Гегель считал, что Зенонова диалектика материи донине не опровергнута. Зенон впервые вскрыл и обозначил проблему бесконечности.

Зеноном фактически впервые были поставлены вопросы, касающиеся делимости и неделимости бытия, в частности, свойств пространства, времени и движения. Из принципа неделимости бытия следовала невозможность движения тел, но это противоречило наблюдаемым фактам движения тел. Наиболее образно замеченные парадоксы отражены в следующих знаменитых апориях:

- апория места (немыслимость пустоты);
- множества (немыслимость множества);

- движения (немыслимость движения):
 - ✓ «Ахилл и черепаха»;
 - ✓ «Дихотомия» (деление на два);
- «Стрела»;
- «Стадий».

Например, апория «Стрела» демонстрировала следующий парадокс: в каждый отдельный момент времени летящая стрела может быть рассмотрена как покоящаяся в некоторой точке пространства. Но сумма покоев не даёт движения, а значит, летящая стрела покоится. В других апориях Зенон выявляет парадоксы, связанные с представлениями о бесконечной делимости пространства. Например, в апории «Ахиллес и черепаха» утверждалось, что самый быстрый бегун Ахиллес не догонит медленно ползущую черепаху. Сначала ему нужно пробежать половину дистанции между ним и черепахой, а она за это время отползет на некоторое расстояние; затем Ахиллесу придется преодолевать половину новой дистанции и вновь черепаха отползет на определенное расстояние, и так до бесконечности.

Апория «Дихотомия»: Ахилл вообще не сдвинется с места (как, впрочем, и черепаха), так как прежде чем добраться до любого места, он должен пройти то место, которое находится на полпути между ним и первым местом, а прежде чем пройти это второе место, он должен пройти место, которое находится на полпути между ними и так далее до бесконечности. Исходя из бесконечной делимости, Зенон приходит к парадоксу. Он тем самым поставил вопрос: как следует мыслить континуум (или протяженность, причем любая, не только пространственная) – дискретным или непрерывным?

Таким образом, работами философов ионийского периода рациональное развитие идей, носящих первоначально полурелигиозный характер, постепенно привело к формированию важнейших в истории естествознания понятий и воззрений:

- взгляды на сущность первоматерии привели к представлению о бескачественной «материи вообще»;
- представление о сгущении – разрежении первоматерии приводили к неявному использованию пустоты;
- субъективные, чувственные ощущения начали сводиться к восприятию количественных отношений (Анаксимен);
- появились зачатки математического подхода к объяснению явлений природы, осознана важность числовых характеристик;

- появилась идея о неделимости (математической).

Всё это явилось предпосылкой для возникновения атомистической теории Демокрита – одного из значимых учений античности.

Вопросы для контроля знаний

- На какие хронологические периоды делится натурфилософская картина мира?
- Каковы основные достижения Милетской школы?
- Охарактеризуйте основные идеи пифагорейской школы.
- В чём состоит заслуга философов Элейской школы?

§ 2. Афинский период (V – IV вв. до н. э.)

На этом этапе развития античного миропредставления были оформлены несколько наиболее значимых альтернативных картин мира.

Атомарная гипотеза Демокрита

Особое место в данный период занимают взгляды на мироздание философов – атомистов Левкиппа и Демокрита (460 – 370 гг. до н. э.). По воззрениям Левкиппа и Демокрита, именно атомы – *начала всего сущего*. Основные положения атомистического учения сводились к следующему:

- вся Вселенная состоит из мельчайших материальных частиц – атомов;
- атомы неуничтожимы, вечны, поэтому и вся Вселенная вечна;
- атомы представляют собой мельчайшие, неизменные, непроницаемые и абсолютно неделимые частицы;
- различаются атомы по форме и величине, форма их может быть разнообразной;
- атомы находятся в постоянном хаотичном движении;
- атомы не имеют ни цвета, ни запаха, ни вкуса.

Демокрит прожил более 100 лет, причём все годы его зрелой жизни были наполнены научными поисками истины. Самым главным вопросом для себя он считал вопрос о глобальном устройстве мира. Он считал, что как драма может быть написана одними и теми же буквами алфавита, так бесконечное многообразие событий реализуется посредством одних и тех же атомов благодаря их движению и кон-

фигурации. А поскольку движение атомов невозможно без пустого пространства между ними, то главная идея Демокрита выражена в кратком афоризме: «В мире нет ничего, кроме атомов и пустоты» (URL: bourabai.kz/democrit.htm).

Атом – центральное понятие теории Демокрита. Видимые физические тела образуются сцеплением атомов, скреплением их. При этом атомы имеют бесконечное множество форм. Одни из них кривые, другие якоробразные, одни вогнутые, другие выпуклые. Они могут быть шероховатые или с крючками. Тем самым объясняется механика их сцепления и причина создания предметов различной формы. Различия предметов и тел объясняются не только формой, величиной и количеством, но и положением и порядком атомов.

Наиболее значимой работой Демокрита следует считать «Великий мирострой». В то же время, как полагают, Демокрит вряд ли подтверждал свои идеи наглядным образом. Именно о нём Цицерон сообщает, что «он сам себя лишил зрения, так как полагал, что размышление и соображение ума при созерцании и уразумевании природы будут живее, когда освободятся от развлечения зрения и препятствия глаз» (URL: gumer.info/bibliotek_Buks/).

Несмотря на развитость и полноту представлений об атоме Демокритом, отрицание Платоном, величайшего авторитета своего и последующего времени, воззрений атомистов, обусловило глубокое забвение идей атомизма, вплоть до XV века. Когда в 1417 г. итальянский гуманист Поджо Браччолини отыскал в отдалённом монастыре список давно забытой латинской поэмы Лукреция Кара «О природе вещей», то, прежде всего, она привлекла внимание художников и поэтов, которые были поражены её образностью. Лишь впоследствии выраженная в поэме атомарная гипотеза стала привлекать химиков и, наконец, в учебнике физики 1638 г., составленном И. Шперлингом, появилось утверждение: «Учение об атомах не столь ужасно, как кажется многим... Ничего не стоит сказать, что Эпикур бредил, что Демокрит безумствовал, что древние были дураками. Истина зависит от вещей, а не от человеческих мозжечков» (Дорфман Я. Г. Всемирная история физики. 2-е изд., стер. М. : КомКнига, 2007. С. 181).

Значение атомарной гипотезы Демокрита для развития науки и развития человеческой цивилизации в целом переоценить невозможно. Не случайно Р. Фейнман, автор знаменитых фейнмановских лек-

ций по физике, подчёркивал: «Если бы в результате какой-либо мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными, и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то, какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию? Я считаю, что это – атомная гипотеза: все тела состоят из атомов – маленьких телец, которые находятся в непрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому. В одной этой фразе ... содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения» (Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М., 1977. Вып. 1, 2. С. 23 – 24).

Важность атомистической теории велика не только для естествознания. Это была первая в истории мысли теоретическая программа, последовательно и продуманно выдвигавшая методологический принцип, требовавший объяснить целое как сумму отдельных составляющих его частей – индивидуумов (индивидуум – неделимый, латинская калька греческого термина).

Таким образом, *в программе Демокрита представления о материи кардинально отличаются от континуальных представлений милетцев о субстанциях. Появляется утверждение о прерывистости материи, её дробности, порционности: мельчайшей порцией вещества являются атомы.*

Идеи и представления Платона

Другая космологическая модель мира разработана Платоном (428/427 – 348/347 гг. до н. э.), древнегреческим философом, учеником Сократа, учителем Аристотеля. Платон – великий мыслитель, не только пронизывающий своими тончайшими духовными нитями всю мировую философскую культуру, но и предмет нескончаемых споров в истории, философии и религии.

Он – основатель собственной школы – Академии, родоначальник объективного идеализма. Платон утверждал, что действительный мир – это идеи («эйдосы»), а всё видимое и воспринимаемое чувствами лишь их отражение.

Идея – центральная категория в философии Платона. По Платону, мир по природе двойственен: в нём различаются видимый мир изменчивых предметов и невидимый мир идей. Так, отдельные деревья

появляются и исчезают, а идея дерева остается неизменной. Идея вещи есть нечто идеальное – это смысл, сущность вещи. Платон трактовал идеи как некие божественные сущности, «эйдосы». Демиург творит мир вещей посредством идей.

Миф о пещере – знаменитая аллегория, использованная Платоном в диалоге «Государство» для пояснения своего учения об идеях. Она считается краеугольным камнем платонизма и объективного идеализма в целом. Изложена в форме диалога между Сократом и Платоновым братом Главконом: «Ты можешь уподобить нашу человеческую природу в отношении просвещенности и непросвещенности вот какому состоянию... посмотри-ка: ведь люди как бы находятся в подземном жилище наподобие пещеры, где во всю её длину тянется широкий просвет. С малых лет у них там на ногах и на шее оковы, так что людям не двинуться с места, и видят они только то, что у них прямо перед глазами, ибо повернуть голову они не могут из-за этих оков. Люди обращены спиной к свету, исходящему от огня, который горит далеко в вышине, а между огнем и узниками проходит верхняя дорога, огражденная – глянь-ка – невысокой стеной вроде той ширмы, за которой фокусники помещают своих помощников, когда поверх ширмы показывают кукол.

– Это я себе представляю.

– Так представь же себе и то, что за этой стеной другие люди несут различную утварь, держа её так, что она видна поверх стены; проносят они и статуи, и всяческие изображения живых существ, сделанные из камня и дерева. При этом, как водится, одни из несущих разговаривают, другие молчат.

– Странный ты рисуешь образ и странных узников!

– Подобных нам. Прежде всего разве ты думаешь, что, находясь в таком положении, люди что-нибудь видят, своё ли или чужое, кроме теней, отбрасываемых огнем на расположенную перед ними стену пещеры?

– Как же им видеть что-то иное, раз всю свою жизнь они вынуждены держать голову неподвижно?

– А предметы, которые проносят там, за стеной; не то же ли самое происходит и с ними?

– То есть?

– Если бы узники были в состоянии друг с другом беседовать, разве, думаешь ты, не считали бы они, что дают названия именно тому, что видят?

– Непременно так.

– Когда с кого-нибудь из них снимут оковы, заставят его вдруг встать, повернуть шею, пройтись, взглянуть вверх – в сторону света, ему будет мучительно выполнять всё это, он не в силах будет смотреть при ярком сиянии на те вещи, тень от которых он видел раньше. И как ты думаешь, что он скажет, когда ему начнут говорить, что раньше он видел пустяки, а теперь, приблизившись к бытию и обратившись к более подлинному, он мог бы обрести правильный взгляд? Да ещё если станут указывать на ту или иную мелькающую перед ним вещь и задавать вопрос, что это такое, и вдобавок заставят его отвечать! Не считаешь ли ты, что это крайне его затруднит и он подумает, будто гораздо больше правды в том, что он видел раньше, чем в том, что ему показывают теперь?

– Конечно, он так подумает.

– А если заставить его смотреть прямо на самый свет, разве не заболит у него глаза, и не вернется он бегом к тому, что он в силах видеть, считая, что это действительно достовернее тех вещей, которые ему показывают?

– Да, это так» (Платон. Государство. Миф о пещере. Кн. 7. С. 295 – 299. Полный текст см. в Т. 3. – URL: www.philosophy.ru/library/plato/01/0.html).

Для Платона пещера представляет собой чувственный мир, в котором живут люди. Подобно узникам пещеры, они полагают, что благодаря органам чувств познают истинную реальность. Однако такая жизнь – всего лишь иллюзия. От истинного мира идей до них доходят только смутные тени.

По мнению Платона, одним из эйдосов, который использовал Бог для создания Вселенной, была идея геометрических фигур. «Бог вечно геометризует» [2]. Землю он ставил в соответствие с кубом, элемент воздуха – с октаэдром, элемент воды – с икосаэдром, элемент огня – с тетраэдром. Тем самым он опирался на представления пифагорейцев о правильных геометрических телах и возможности их сопоставления с первоначальными элементами Эмпедокла (земля, воздух, огонь, вода). Дополнительно им вводится понятие пятого перво-

элемента – правильные геометрические фигуры. По его мысли, все правильные тела можно разделить на треугольники, а из этих треугольников можно построить новые правильные тела. Однако Платон понимал треугольники не как материальные тела; это всего лишь идеи о поверхности многогранников. Платон категорически отрицал их неделимость. Только при объединении треугольников в правильные тела возникает частица материи. Поэтому наименьшие частицы материи не являются первоэлементами, а представляют собой математические формы. Создание мира идёт на основе математических закономерностей.

Математика играет исключительную роль в системе Платона, уступая лишь диалектике. «Не геометр да не войдет» – написано над воротами Академии ([URL: library.by/portalus/modules/](http://library.by/portalus/modules/)). Те, кто не были сведущи в музыке, геометрии и астрономии вообще не принимались в платоновскую Академию. По легенде, Ксенократ, второй после Платона глава Академии (сколарх), сказал человеку, не знакомому ни с одной из этих наук: «Иди, у тебя нечем ухватиться за философию» ([URL: sunhome.ru/books/p.istoriya](http://sunhome.ru/books/p.istoriya)).

В физике он остается верным своей математической программе, считая, что в мире природы достоверное знание мы можем получить ровно в той мере, в какой раскроем математические структуры этого природного мира.

Школа и научная программа Аристотеля

Вершиной античной натурфилософии явилась космология Аристотеля (384 – 322 гг. до н. э.). Программа Аристотеля стала третьей программой античности. После смерти Аристотеля западная цивилизация две тысячи лет не знала философа, равного ему. Он является родоначальником многих наук о природе. Труды Аристотеля – это энциклопедия, обобщающая опыт и знания многих поколений, которая прослужила точкой опоры для науки почти два тысячелетия, вплоть до эпохи Возрождения. Цель науки, по Аристотелю, состоит в объяснении природы на основе наблюдений и логических рассуждений. Формулу его познавательного метода можно метафорически выразить следующим образом: наблюдение + логика (формальная) = достоверному выводу. Именно данная научная методология познания предопределила отрицание в научных исследованиях всего последующего периода опыта, эксперимента как такового. Опыт (экспери-

мент) как метод научного познания появился достаточно поздно и был введён в науку лишь трудами Ф. Бэкона и Г. Галилея.

Аристотель полагает, что основой мира является некий материальный субстрат, первоматерия, наделённая двумя парами противоположных, взаимоисключающих свойств, «первичных качеств». Комбинация этих свойств даёт четыре основные стихии, или элемента: огонь (теплое и сухое), воздух (теплое и влажное), воду (холодное и влажное), землю (холодное и сухое). Аристотель дополнил известные первоначала ещё одним первоэлементом – Божественным эфиром, из которого состоят небо и звёзды.

По мнению Аристотеля, первоматерия бесконечна и безгранична, «природа пустоты боится» ([URL: bibliotekar.ru/encSlov/15/217.htm](http://bibliotekar.ru/encSlov/15/217.htm)), «да и откуда ей взяться» (Там же). Данные представления о континуальности материи были поколеблены лишь в XVI веке по причине невозможности объяснения работы насосов. Вода вслед за поршнем насоса поднималась, как полагалось, именно потому, что боится пустоты и заполняет её под поршнем. Однако поднятие воды наблюдается только до 10 метров. Возникла серьёзная мировоззренческая и естественнонаучная проблема: почему до высоты 10 метров вода боится пустоты, а потом перестаёт? Собственно говоря, это и послужило причиной открытия атмосферного давления.

Тем не менее, *до XVI в. в науке господствовала концепция континуальности (непрерывности) материи.*

Даже наука Нового времени опиралась на аристотелианские представления о «сплошности», непрерывности, континуальности материи. Всё заполняет первичная материя. Декарт опирается именно на эти концептуальные представления Аристотеля и утверждает: «Всё пространство заполнено материей, пустоты нет». Движение при таком представлении понимается как смещение по кругу: одно тело встаёт на место другого, выталкивая его со своего места, это второе вступает на место третьего, и таким путём до таких пор, пока последнее не займёт место первого. Физика Декарта, или как говорят, континуальная физика, и была ареной той борьбы, на которой сражались приверженцы физических воззрений Ньютона, формируя следующую картину мира – механическую.

Именно это имел в виду Вольтер, когда писал в «Философских письмах» (1731г.): «Когда француз приезжает в Лондон, то находит здесь большую разницу как в философии, так и во всём другом. В Па-

риже, из которого он приехал, думают, что мир полон материи, здесь же ему говорят, что он совершенно пуст; в Париже вы видите, что вся Вселенная состоит из тонких вихрей материи, в Лондоне же вы не увидите ничего...».

Смена представлений о безграничности, «всюдности» материи произошла лишь после становления механической картины мира.

Таким образом, в представлениях о первоначалах Аристотель не соглашается ни с милетцами, ни с Пифагором. В учении Аристотеля роль первосубстанции отводилась видимому миру. Именно в силу данного обстоятельства и появляется крылатая фраза: «Платон мне друг, но истина дороже».

В согласии с Платоном были представления Аристотеля о причинности. Телу он приписывал некоторое врождённое место, предопределённое Богом. По этой причине всё на Земле стремится к своему «естественному месту»: дым поднимается вверх, а камень падает вниз и т. п. Целевая божественная причинность приводит к тому, что все элементы располагаются в определенном порядке, образуя структуру Космоса. Самый «тяжелый» элемент – Земля – находится в центре мира, поэтому Земля, образуемая из этого элемента, является центром аристотелевского Космоса. Она неподвижна и шарообразна. Шарообразность Земли уже можно было подтвердить наблюдениями за лунными затмениями. Когда происходит такое затмение, Земля становится между Луной и Солнцем и отбрасывает круглую тень на Луну. Вокруг Земли располагаются более «легкие» элементы – вода, воздух и огонь, который поднимается до Луны. Выше идет надлунный божественный мир, существующий по иным законам, чем земной мир, так как там все тела состоят из пятого элемента – эфира. Из него сделаны небесные сферы, к которым прикреплены планеты, Луна и Солнце, вращающиеся вместе с этими сферами вокруг Земли. Картину античного Космоса замыкала сфера неподвижных звезд, за которой находился перводвигатель мира – Бог.

Так была сформулирована знаменитая геоцентрическая модель Вселенной, опровергнутая только в ходе первой глобальной естественнонаучной революции. *Геоцентрическая модель Вселенной* – модель, согласно которой в центре Вселенной находится Земля, вокруг которой по соответствующим орбитам вращаются остальные планеты.

В отличие от Платона Аристотель считает, что о наблюдаемом мире можно получить достоверное, научное знание, а не «лишь мнение». При этом начала, объясняющие наблюдаемый мир, должны быть сами наблюдаемыми, а не умозрительными, как атомы Демокрита или «треугольники» Платона. Здесь же содержится утверждение о возможности эмпирического, то есть посредством наблюдения, метода получения научного знания, а не только путем умозаключений. Аристотель, таким образом, считает, что физика, исследующая природу, может быть не менее наукой, чем математика.

Натурфилософская система Аристотеля оставалась основой общепризнанной картины мира на протяжении почти двух тысяч лет, вплоть до XVI века. Особенно сильное влияние оказали труды Аристотеля на формирование естественных наук: физики, астрономии, медицины, ботаники и пр.

Вопросы для контроля знаний

- Какие наиболее известные программы античного периода вам известны?
- Охарактеризуйте основные идеи атомистического учения Демокрита. Каковы свойства атомов?
- В чём суть учения Платона?
- В чем вы видите главные достижения программы Аристотеля?

§ 3. Эллинистический период (330 – 30 гг. до н. э.)

Эпоха эллинизма стала периодом расцвета античной науки. Именно в это время наука стала *отдельной сферой культуры*, окончательно отделившись от философии. Наука эпохи эллинизма представляет собой уникальное явление, не имеющее аналогов в культурах других регионов Земного шара. Здесь мы встречаемся с поразительным феноменом. Уже в IV в. до н. э. греческая наука (математика, астрономия) выделяется из синкретичной «науки о природе» и получает самостоятельный статус. Этому способствует то, что греческая наука этого периода создает свои собственные методы исследования, которые оказываются необычайно продуктивными и сохранившими свое значение и в науке Нового времени. Это гипоте-

тико-дедуктивный метод, нашедший широчайшее применение во всех дисциплинах, так или иначе связанных с математикой. И, во-вторых, это метод построения моделей, с помощью которых оказывается возможным объяснить наблюдаемые явления. Этот второй метод оказался особенно плодотворным в астрономии. Использование этих двух методов и явилось тем внутренним стимулом, который позволил грекам осуществить небывалый до этого скачок в развитии научного знания.

Этот период связан с Александрией Египетской, с городом, где благодаря династии Птолемеев был создан центр наук – Мусейон – и где учёные поддерживались государством. Знаменита Александрийская библиотека, содержащая при Цезаре 700 тыс. свитков. С Александрией связана деятельность таких ученых, как Евклид, Архимед, Аристарх, Герон, Феофраст и многих других. Здесь же был и центр истории, филологии, изобразительных искусств.

Александрийскую библиотеку можно смело назвать величайшим кладом человеческой мудрости, впитавшим в себя все достижения цивилизации предшествующих эпох. В её стенах хранились десятки тысяч рукописей, написанных на греческом, египетском и еврейском языках. Александрийская библиотека представляла собой более академию, чем обычное собрание книг: здесь жили и работали ученые, занимавшиеся как исследованиями, так и преподаванием. При библиотеке состоял штат копиистов, переписывавших книги.

Математика Евклида

Евклид, или Эвклид (ок. 365 – 300 гг. до н. э.) – древнегреческий математик. О жизни этого учёного почти ничего не известно.

Именно в Александрии Евклид основывает математическую школу и пишет большой труд по геометрии, объединённый под общим названием «Начала», – главный труд своей жизни. Евклида обоснованно считают «отцом геометрии». Именно он заложил основы этой области знаний и возвёл её на должный уровень, открыв обществу законы одного из самых сложных разделов математики в то время. Предшественники Евклида – Фалес, Пифагор, Аристотель и другие много сделали для развития геометрии. Но всё это были отдельные фрагменты, а не единая логическая схема. Евклид начинает объединять геометрические принципы, арифметические теории и иррациональные числа в единую науку геометрию.

«Начала» Евклида представляют собой изложение той геометрии, которая известна и поныне под названием евклидовой геометрии. Она описывает метрические свойства пространства, которое современная наука называет евклидовым пространством. Это пространство пустое, безграничное, имеющее три измерения. Тем самым Евклид придал математическую определенность атомистической идее пустого пространства Демокрита, в котором движутся атомы. Простейшим геометрическим объектом у Евклида является точка, которую он определяет как то, что не имеет частей. Другими словами, точка – это неделимый атом пространства. Бесконечность пространства характеризуется тремя постулатами:

- «от всякой точки до всякой точки можно провести прямую линию»;
- «ограниченную прямую можно непрерывно продолжить по прямой»;
- «из всякого центра и всяким раствором может быть описан круг».

Евклид заложил основы геометрической оптики, изложенные им в сочинениях «Оптика» и «Катоптрика». Основное понятие геометрической оптики – прямолинейный световой луч. Евклид утверждал, что световой луч исходит из глаза (теория зрительных лучей), что для геометрических построений не имеет существенного значения. Он знает закон отражения и фокусирующее действие вогнутого сферического зеркала, хотя точного положения фокуса определить еще не может. Во всяком случае, в истории физики имя Евклида как основателя геометрической оптики заняло надлежащее место.

Архимед и возникновение техносферы

Другим величайшим представителем данного периода является Архимед (287 – 212 г. до н. э.) – древнегреческий математик, механик и инженер из Сиракуз. Это удивительный человек, имя которого люди помнят уже более двух тысяч лет. Архимед занимает уникальное положение в античной науке, объединив в своём лице, с одной стороны, гениального математика, наметившего принципиально новые пути развития этой науки, с другой – замечательного инженера, превосходившего в отношении технического мастерства всех своих предшественников и современников.

Он – математик, взявшийся за труднейшие проблемы своего времени: вычисление площадей криволинейных фигур, поверхностей и объёма цилиндра и шара. В его методах проявляются элементы высшей математики, в частности, интегральные методы. Причём уже древние восхищались строгостью, изяществом и простотой его доказательств. Шар, вписанный в цилиндр, был выбит на его могиле.

Он – оптик, но, к сожалению, его объемный труд об отражениях «Катоптрика» не сохранился. Он – физик, создатель гидростатики и автор одноименного закона. Наконец, он – механик, причем одновременно и механик-теоретик (создатель статики) и механик-практик – автор многочисленных механических приспособлений. Его деятельность придала особый статус механике. Механика, очень рано выделившаяся в отдельную область деятельности, не фигурирует в качестве самостоятельной ни в иерархии наук Платона, ни даже Аристотеля. Это связано с тем, что для античного мышления характерно противопоставление естественного, с одной стороны, и искусственного, созданного человеком, с другой. Для античности именно здесь разделялись наука и техника. Физика рассматривает природу вещей, их сущность, их свойства, движения и рассматривает так, как они существуют сами по себе. Механика же – это искусство, позволяющее создавать инструменты для осуществления таких действий, которые не могут быть произведены самой природой. Механика для древних это вовсе не часть физики, а особое искусство построения машин, оно не может добавить ничего существенного к познанию природы, ибо представляет собой не познание того, что есть в природе, а изобретение того, чего в природе нет. Само слово «механика» означает «орудие», более того ухищрение, уловка, то есть механика есть средство перехитрить природу и получить пользу. В Древней же Греции относились к пользе с величайшим пренебрежением.

Деятельность Архимеда в полной мере несла отпечаток особенностей менталитета греческой культуры своего времени. Известно, например, что Архимед считал эмпирические и инженерные знания «делом низким и неблагородным», не упоминая в своих сочинениях о возможных технических приложениях своих теоретических исследований. По этому поводу Плутарх писал, что Архимед был человеком «возвышенного образа мысли и такой глубины ума и богатства по знанию», что, «считая сооружение машин низменным и грубым, всё

свое рвение обратил на такие занятия, в которых красота и совершенство пребывают не смешанными с потребностью жизни» (Плутарх. Сравнительные жизнеописания. М. : Наука, 1994. С. 294).

В теоретической механике Архимед – основатель статики, одного из трёх разделов механики. Именно он разработал учение о равновесии твердых тел: установил понятие центра тяжести, разработал методы его нахождения, дал первую теорию рычага, вообще создал единую систему, дающую возможность решать задачи на равновесие, которая оформилась в самостоятельную научную область. Действия рычага относятся, по его мнению, к таким явлениям, которые вызывают удивление, так как кажется поистине чудесным, что сравнительно небольшая сила может с помощью рычага двигать или поднимать намного превосходящие её большие тяжести. Значимость своего открытия им обозначена в крылатой фразе: «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю».

Он создатель различных военных машин – баллисты, крана для поднятия кораблей и др. Ему приписывается изобретение винта Архимеда – который затем широко использовался в Египте для подъёма воды из Нила на высоту до четырех метров и около сорока других механических изобретений.

Именно его механический гений оставил нам множество легенд. Знаменита легенда о боевых машинах Архимеда, построенных им для защиты Сиракуз от римлян, которая имеет под собой несомненное историческое основание. Так, Плутарх пишет: «Итак, римляне напали с двух сторон, и сиракузяне растерялись и притихли от страха, полагая, что им нечем сдержать столь грозную силу. Но тут Архимед пустил в ход свои машины, и в неприятеля, наступающего с суши, понеслись всевозможных размеров стрелы и огромные каменные глыбы, летевшие с невероятным шумом и чудовищной скоростью; они сокрушали всё и всех на своем пути и приводили в расстройство боевые ряды, а на вражеские суда вдруг стали опускаться укрепленные на стенах брусья и либо топили их силою толчка, либо, схватив железными руками или клювами вроде журавлиных, вытаскивали носом вверх из воды, а потом кормою вперед пускали ко дну, либо, наконец, приведенные в круговое движение скрытыми внутри оттяжными канатами, увлекали за собою корабль и, раскрутив его, швыряли на скалы и утесы у подножия стены, а моряки погибали мучительной смертью». Как

описывает Плутарх, Марцелл вышел из дела невредим и принял решение: «Не довольно ли нам воевать с этим Бриареем от геометрии, который вычерпывает из моря наши суда, а потом с позором швыряет их прочь, и превзошёл сказочных сторуких великанов – столько снарядов он в нас мечет!» (Плутарх. Сравнительные жизнеописания. С. 294).

Практически лишь его машины обороняли город и отражали натиск неприятеля, всё же остальное оружие лежало без движения. Римские солдаты были смертельно напуганы. Плутарх так описывает их состояние: «Как только они замечали, что из-за крепостной стены показывается верёвка или бревно, то обращались в бегство с криком, что вот Архимед еще придумал новую машину на их гибель» (Там же). Другая легенда рассказывает, видя, что построенный Гиероном в подарок египетскому царю Птолемею роскошный корабль «Сирокозия» никак не удавалось спустить на воду, Архимед соорудил систему блоков (полиспаст), с помощью которой он смог проделать эту работу одним движением руки. Смерть Архимеда также овеяна множеством легенд.

Подводя итоги рассмотрения натурфилософской картины мира, следует подчеркнуть, что ионийский, афинский и эллинский периоды становления и создания естественнонаучной картины мира существенно и качественно отличались друг от друга. *Первые античные мыслители*, создававшие учения о природе – Фалес, Пифагор, от разрозненных наблюдений и рецептов перешли к построению логически связанных и согласованных систем знания – теорий. Основным мотивом первых учёных было далекое от практических нужд стремление понять исходные начала и принципы мироздания. *На втором этапе* была предпринята грандиозная попытка математизации (геометризации) наук о природе (Платон). *Третий этап* ознаменовался дальнейшей геометризацией естествознания (Евклид) и началом становления техносферы, а также переосмыслением роли практической деятельности в человеческом познании и формировании целостной природной картины мира. Причём в каждый период полемизировали различные философско-научные школы с диаметрально противоположными представлениями о мире.

В кратком виде основные фундаментальные естественнонаучные положения натурфилософской картины мира можно в первом приближении представить в табл. 1.

Таблица 1

Период	Философские школы	Основные представления
Ионийский	Милетская школа	Первоначала (первоэлементы): вода, воздух, апейрон, огонь. Материя беспредельна, безгранична, континуальна
	Программа Пифагора Элейская школа	«Всё есть число» Несовпадение картин мира, полученных логически и реально наблюдаемой (проблема движения, делимости и неделимости пространства, апории Зенона)
Афинский	Программа Демокрита	Материя дискретна, существование мельчайших материальных частиц: «В мире нет ничего, кроме атомов и пустоты»
	Программа Платона	Мир есть искажённая тень Божественных идей (эйдосов). «Бог постоянно геометризует». Геометризация природы: правильные геометрические тела
	Программа Аристотеля	«Природа пустоты боится», «Да и откуда ей взяться». Материя континуальна, беспредельна. Геоцентрическая система мира
Эллинистический	Геометрическая программа Евклида	Геометризация мира: конкретизация пустоты Демокрита – пространство плоское, трёхмерное
	Механика Архимеда	Теоретико-математическая разработка механики (статика, гидростатика). Геоцентрическая система мира

Вопросы для контроля знаний

- Почему эллинистический период считают расцветом античной науки?
- В чем состоят достижения Евклида и его вклад в развитие греческой науки?
- Каковы достижения Архимеда и его вклад в развитие древнегреческой науки и становление техносферы?

ГЛАВА II. ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НОВОЕВРОПЕЙСКОЙ НАУКИ

§ 1. Зарождение научного метода познания

Наука – термин, используемый в самом широком смысле. Науку обычно определяют как особую интеллектуальную деятельность человека, целью которой является выработка достоверного знания об окружающей действительности. К науке относят и сам результат этой деятельности – систему достоверных знаний о данной области действительности в виде совокупности основополагающих идей, теорий, законов, рабочих гипотез и т. п.

О науке как самостоятельном элементе духовной человеческой культуры начинают говорить лишь с XVII века. В XVII веке трактовка научного знания по сравнению с античным периодом была принципиально изменена, были сформулированы новые цели познания, новая методология взаимодействия с природой. *Наука – это, прежде всего, метод, метод не только познания, но и преобразования мира.*

Ф. Бэкон и становление индуктивного метода познания

Общепризнанным родоначальником нового подхода к науке является знаменитый английский политический деятель и философ Френсис Бэкон (1561 – 1626 гг.). Именно он является родоначальником английского эмпиризма. Центральная часть философии Ф. Бэкона – учение о методе как о величайшей преобразовательной силе.

Им утверждалось, что до сих пор открытия делались случайно, не методически. Их было бы гораздо больше, если бы исследователи обладали правильным методом. Он же предложил и новую методологию познавательной деятельности: «Орудием ума в науке является метод. Разум должен очищать опыт и извлекать из него плоды в виде законов природы. От фактов к причинам, ибо истинное знание есть знание причин» (URL: [gumer.info>bibliotek_Buks/Science/timkin/04.php](http://gumer.info/bibliotek_Buks/Science/timkin/04.php)). Значимость науки как особого метода познания Бэкон охарактеризовал очень образно: «Хромой калека, идущий по верной дороге, может обогнать рысака, если тот бежит по неправильному пути. Даже более того, чем быстрее бежит рысак, раз сбившись с пути, тем дальше оставит его за собой калека» (URL: [rvist.vov.ru>FrencisBacon.htm](http://rvist.vov.ru/FrencisBacon.htm)).

Главным научным средством познания природы им был провозглашён опыт, а не античное созерцание. Им были предложены кардинально новый способ и подход в познании природы: от фактов (опыта) к причинам – полученному на основе опытов общему выводу (закону). По его утверждению логика научного познания должна идти по схеме от частного к общему. Данный подход получил название индуктивного. «Индукция» – из лат. *inductio* «... наведение», метод рассуждения от частного к общему». В индукции данные опыта «наводят» на общее, поэтому индуктивные обобщения рассматриваются обычно как опытные истины или эмпирические законы.

Ему же принадлежит утверждение о принципиально новой цели научного познания – преобразования природы с помощью науки. Не «наука для науки» (как в античности), а увеличение власти человека над природой, рост силы, здоровья и красоты человека. Провозглашается решающая роль науки для рационализации производства и обусловленного этим ростом богатства и всестороннего роста экономики. Так начинается чётко осмысляться двойственная цель науки: знание ради знания и наука как средство преобразования окружающей действительности (его афоризм: «знание – сила»).

Ф. Бэкон в Англии, Р. Декарт во Франции, Б. Спиноза в Голландии, Г. Лейбниц в Германии – при всех различиях между ними – сходятся в этом новом понимании целей и задач научного знания. Единодушны они и в дальнейшей разработке новой методологии познания истины.

Р. Декарт как основатель дедуктивного метода познания. Возникновение сциентических представлений

Иная методология научного познания была предложена Рене Декартом (1596 – 1650 гг.). Рене Декарт был на 35 лет моложе Ф. Бэкона. Французский философ, физик, математик и физиолог Рене Декарт (латинизированное имя – Картезий, Cartesius) родился в Лаэ близ Тура в знатной, но небогатой семье. Образование получил в иезуитской школе Ла Флеш в Анжу (окончил в 1614 г.) и в университете в Пуатье (1616 г.). В 1617 г. (в начале Тридцатилетней войны) поступил на военную службу, которую оставил в 1621 г.; после нескольких лет путешествий переселился в Нидерланды (1629 г.), где провёл двадцать лет в уединённых научных занятиях. Здесь вышли его главные сочи-

нения «Рассуждение о методе...», «Размышления о первой философии...», «Начала философии».

Современники называли его «человеком-журналом». Сам Декарт выбрал девизом фразу «шагаю в маске». Всю жизнь он словно переходил из света в тень, то веселился на балах и дрался на дуэлях (времена трёх мушкетёров), то поселялся за городом и занимался только наукой. Декарт был офицером, служил в католических и протестантских войсках. Жил в Стокгольме по приглашению шведской королевы, пожелавшей учиться у него философии. Не выдержал сырого северного климата и назначенного королевой часа – 5 часов утра. Декарт поставил задачу найти всеобщий метод познания истины. Разум, считал он, нуждается в точном инструменте, который поможет безошибочно установить истину, как линейка и циркуль геометра позволяют не на глазок, а точно измерять углы и отрезки. Учение о методе изложено им в «Рассуждении о методе».

Логика познания по его способу принципиально отличается от подхода Бэкона. Он замечал, что естествоиспытатели стараются разгадать природу путём наблюдения и опытов, но опыт даёт только отдельные факты. Опыт – начало знания, но не его завершение. Как Евклид в своей геометрии он выдвигает несколько аксиом и на их основе строит систему выводов, приписывает им такую же достоверность, как и первичным аксиомам. Другими словами, его логика познания иная: от аксиомы (общего) к частному. Такой способ получил название дедуктивного. Термин «дедукция» имеет латинское происхождение и дословно переводится как «выведение». Началом (посылками) дедукции являются аксиомы или просто гипотезы, имеющие характер общих утверждений («общее»), а концом – следствия из посылок, теоремы («частное»). Если посылки дедукции истинны, то истинны и её следствия.

Безошибочным и наиболее важным инструментом в такой логике научного познания, по его представлениям, принадлежит математике. По замыслу Декарта, для применения его метода требуется только аккуратность и последовательность. Эти методы, благодаря своей механистичности и эффективности, позволяют даже человеку средних способностей решать задачи, доступные ранее только талантливому математикам.

Тем самым возник идеал – призрак единого эффективного метода познания действительности: чисто калькуляторскими (вычисли-

тельными) способностями решать все задачи. Впоследствии прогресс науки Нового времени predetermined возникновение представлений о науке, особенно естествознания, как о высшей, абсолютной ценности, убеждения в том, что лишь наука способна решить все проблемы, стоящие перед человечеством. Возникает вера в науку как единственную спасительную силу. Происходит абсолютизация науки, стиля и метода точных наук как единственной сферы духовной культуры, которая в скором времени поглотит все нерациональные области – сциентизм (от лат. «сциенция» – наука).

Таким образом, Ф. Бэконом и Р. Декартом были предложены особые научные познавательные методологии, принципиально отличающиеся друг от друга: индуктивный подход опирается на понимание главенствующей роли опыта, эксперимента в методологии научного познания, дедукция, напротив, исходит из главенствующей роли рационального познания. Именно данные научные подходы и позволили впоследствии сделать громадный прорыв в изучении природы.

Соответственно XVII век – век зарождения нового понимания науки и разработки особых методов познания природы.

В общем случае в истории развития научного знания можно выделить несколько качественно различных стадий познания природы. *На первой стадии* формировались общие нерасчлененные, неконкретизированные представления об окружающем мире как о чём-то целом (античная наука Древней Греции). На этой стадии появилась натурфилософия, которая содержала умозрительные идеи и догадки. Господствовали методы созерцания и наблюдения; эксперимент как метод познания принципиально отвергался (позиция Аристотеля). Окончание первой стадии можно отнести к XIII – XV векам. Картина мира – умозрительная и порой фантастическая. *Вторая стадия* – аналитическая, относится к XV – XVII векам и связана со становлением науки Нового времени. Этот период характеризуется возникновением новых познавательных способов (индуктивный и дедуктивный подходы). Стадия характеризуется мысленным расчленением и выделением частных, которые привели к возникновению и развитию ряда наук – физики, химии, биологии, астрономии и т. д. Весь период шло интенсивное накопление знаний. Картина мира статичная. *Третья стадия* – синтетическая. В течение XIX – XX веков стало происходить создание целостной картины мира. *Четвертая ста-*

дия (современный период) – дифференциально-интегральная не исключает проявления анализа и синтеза, резко увеличивает объём эмпирических исследований, характеризуется появлением универсальных теорий и общенаучных принципов.

Таким образом, развитие науки (знания) – сложный диалектический процесс, имеющий качественно и принципиально различные этапы. В некотором приближении этот процесс можно рассматривать как движение от мифа к логосу, от логоса к «преднауке», от «преднауки» к науке, от классической науки к неклассической и далее к постнеклассической, то есть от незнания к знанию, от неглубокого, неполного знания к более глубокому и совершенному.

Вопросы для контроля знаний

- Почему науку Нового времени считают особым периодом в развитии и становлении научного знания?
- Что такое индуктивный способ научного познания? Кто является родоначальником данного метода?
- Что такое дедуктивный метод познания? Кто является родоначальником данного метода?
- В чём заключается суть сциентического подхода, каковы его истоки?

§ 2. Методы и приёмы научного познания

Роль методов в познании и практике исключительно велика. Познавательная деятельность невозможна без различного рода приёмов и средств, с помощью которых объект познаётся субъектом. Человеческое мышление представляет собой сложный познавательный процесс, включающий в себя использование множества взаимосвязанных методов, форм и приёмов познания. *Метод* (от греч. methods – путь к чему-либо) – это способ достижения определённой цели, совокупность приёмов или операций практического или теоретического освоения действительности.

К настоящему времени в науке сложилось множество эффективных методов познания. С точки зрения границ применимости методы можно разделить на группы:

- *всеобщие (универсальные)*. Всеобщие (универсальные) методы характеризуют человеческое мышление в целом и применяются во всех сферах познавательной деятельности человека;
- *общие (общенаучные) методы*: применимые в ряде различных наук;
- *частные (специальные) методы*, применяемые только в отдельных областях знания для выполнения определенных познавательных операций. К этим методам относятся, например, различные методы качественного анализа в химии, метод спектрального анализа в физике и химии, метод статистического моделирования при изучении сложных систем и т. д.

Уровни и приёмы научного познания

При характеристике методов их соотносят также с эмпирическим или теоретическим уровнями исследования. Наиболее употребительна следующая типология: эмпирический и теоретический уровни познания, характеризующиеся специфическими методами научного познания (рис. 1).

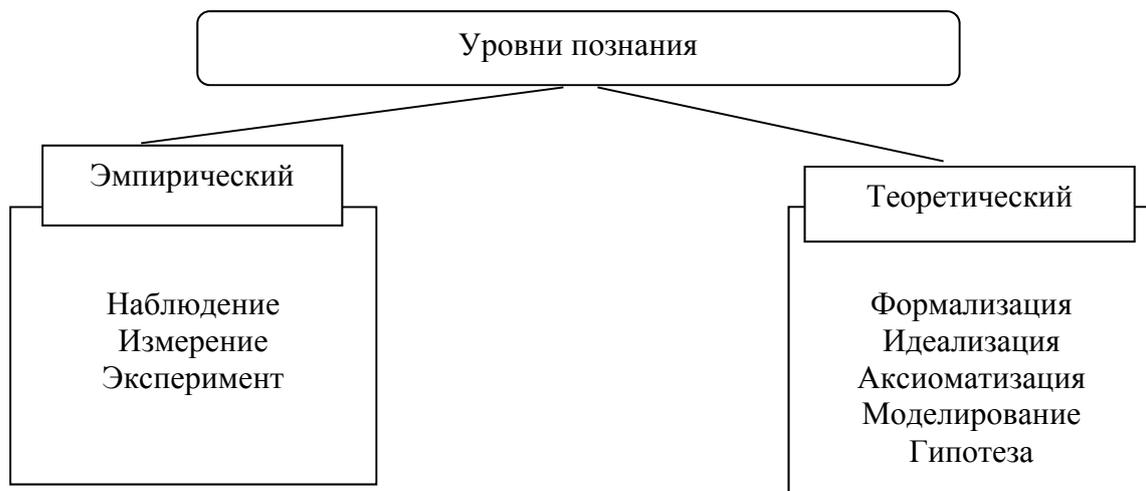


Рис. 1

Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне – наблюдение, эксперимент, измерение. Другие – только на теоретическом (идеализация, формализация). Есть и такие, которые используются как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях, например, моделирование.

Эмпирический уровень познания – это процесс переработки чувственных данных, полученных с помощью органов чувств. Такая пе-

реработка состоит в анализе, классификации, обобщении материала, получаемого посредством наблюдения. Таким образом формируется эмпирический базис тех или иных теорий. *Для теоретического уровня познания* характерно то, что здесь включается деятельность мышления, на основе которого происходит построение теорий, прогнозируются и формулируются законы области действительности, которая является предметом изучения той или иной теории.

Характеристика приёмов эмпирического уровня познания

Эмпирические методы. Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. Эмпирические методы представляют собой практические операции, позволяющие осуществлять непосредственный или опосредованный контакт субъекта с объектом.

Наблюдение – это целенаправленное восприятие явлений. Оно осуществляет две основные функции:

- получение новой информации (источник новых знаний);
- проверка теоретических выводов.

Различают простое наблюдение, то есть с помощью органов чувств, и сложное, вооруженное вспомогательными техническими средствами – приборами.

Измерение – один из важнейших методов эмпирического познания, представление свойств реальных объектов в виде числовых величин. В самом общем случае величиной называют свойство предмета, описанное с помощью числа на основе конкретных, специфических для каждого случая процедур измерения, то есть измерение есть установление соотношения между свойствами объектов и числами. Процедура измерения представляет совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины. Измерение – метод познания, основанный на сопоставлении измеряемой величины с другой, однородной, принятой за единицу. Различают прямые измерения (например, измерение массы с помощью весов) и косвенные измерения, основанные на известной зависимости между искомой величиной и непосредственно измеряемыми величинами.

Эксперимент – способ исследования, отличающийся от наблюдения активным характером действий познающего субъекта, целена-

правленное изучение явления в точно учитываемых условиях. Эксперимент позволяет:

- изолировать исследуемый объект от влияния побочных, несущественных его природе явлений, изучать объект в «чистом виде»;
- многократно воспроизводить ход процесса в строго фиксированных, контролируемых условиях;
- планомерно изменять само протекание процесса, состояния объекта вплоть до превращения его в другие, неизвестные объекты.

Упрощая, можно сказать так: эксперимент – это наблюдение плюс воздействие на объект. При эксперименте учёный заменяет естественные условия искусственными: изменяет окружение объекта, создаёт новые условия и т. д. Как и наблюдение, эксперимент эффективен тогда, когда удаётся выделить изучаемые связи в «чистом виде». Эксперименты могут быть реальными и мысленными. В ходе мысленного эксперимента теоретик как бы проигрывает возможные варианты поведения разработанных им идеализированных объектов. Математический эксперимент – это современная разновидность мысленного эксперимента, при котором возможные последствия варьирования условий в математической модели просчитываются на компьютерах.

Характеристика приёмов теоретического уровня познания

Теоретические методы. Всему теоретическому познанию присуще определённое упрощение, огрубление действительности. Это особенно характерно для формализации. *Формализация* есть вычленение и изучение формы (структуры) процессов, то есть форма рассматривается как самостоятельный предмет исследования. Рассуждения об объектах заменяются оперированием со знаками (символами, формулами). Она позволяет записывать утверждения в сжатом, легко обозримом виде, что облегчает их проверку. Каждый символ строго однозначен, и этим достигается общепонятность. Так, слово «вода» имеет ряд значений, а формула H_2O – только одно, причем тождественное во всех языках. Формализация связана с *аксиоматизацией*. При аксиоматизации сначала задается набор аксиом, то есть исходных положений, не требующих доказательства. Затем из них по определенным правилам строится система выводных предложений. Наиболее употребительна она в математике. Более широкое её применение ограничивается характером знаний об объектах, самой их сложностью.

Умозаключения по аналогии лежат в основе метода *моделирования*, то есть замены подлежащего изучению объекта его упрощённой копией (моделью). Модель – имитация одного или ряда свойств объекта с помощью некоторых иных предметов и явлений. Поэтому моделью может быть всякий объект, воспроизводящий требуемые особенности оригинала. Сходство модели может быть как в виде физических характеристик, функций, так и в тождестве математического описания.

Моделирование основано на подобии, аналогии, общности свойств различных объектов, на относительной самостоятельности изучаемого аспекта действительности. Оно всегда и неизбежно связано с некоторым упрощением моделируемого объекта. Вместе с тем оно играет огромную эвристическую роль, являясь предпосылкой новой теории. Модели могут быть как материальные, так и идеальные, полные и неполные.

Гипотеза – предположение о причине каких-либо явлений, достоверность которого при современном состоянии производства и науки не может быть проверена и доказана, но которое объясняет наблюдаемые явления. Гипотезы – своеобразные «леса науки». Известный физик XX столетия Р. Фейнман обращает внимание на следующее: «Если мы хотим, чтобы от науки была какая-то польза, мы должны строить догадки. Чтобы наука не превратилась в простые протоколы проделанных опытов, мы должны выдвигать законы, простирающиеся на ещё неизведанные области. Ничего дурного здесь нет...» [8]. К примеру, представление о существовании атомов и молекул в физике было гипотетично вплоть до начала XX столетия и приобрело ранг теории лишь с открытием электронного микроскопа и реальным наблюдением. Гипотезы же о существовании теплорода и эфира с развитием физики были отвергнуты. Разрабатывать новые пути, считает один из выдающихся японских учёных Р. Утияма, можно только откинув общепризнанную ортодоксальную точку зрения. Он полагает, что следовать за устоявшимися воззрениями часто бывает полезно, но на этой дороге новую точку зрения не найдёшь. Передний фронт любой естественной науки, это, прежде всего, разработка новых гипотетических моделей и поиск способов их проверки.

Предсказательная сила гипотезы означает, что она предсказывает нечто ранее неизвестное, обнаруженное в эмпирическом исследовании. Даже такая наука, как математика, не может обойтись без

гипотез. К гипотетичным представлениям современной физики относятся представления о кварках, струнная теория элементарных частиц, представления о Вселенной как одной из вакуумных флуктуаций и многое другое.

Научное познание осуществляется на основе общечеловеческих приёмов мышления: анализа, синтеза, сравнения, аналогии, абстрагирования и т. п.

Анализ есть расчленение (мысленное или реальное) целого на части (элементы). Он является лишь одним из моментов процесса познания. Невозможно познать суть предмета, только разлагая его на элементы, из которых он состоит. *Синтез* представляет соотнесение каждого элемента с целым, воссоединение целого из частей. В итоге объект из неупорядоченного целого предстаёт как связанное целое.

Сравнение. Уже древние мыслители утверждали: сравнение – мать познания. В общем случае сравнение есть установление различия и сходства предметов. Будучи необходимым приёмом познания, сравнение лишь тогда играет важную роль в практической деятельности человека и в научном исследовании, когда сравниваются лишь однородные или близкие по своей сущности вещи. Нет смысла сравнивать дом с коровой, протяжённость и время или вес с массой. Особо явно сравнение обнаруживается при измерениях. Сама процедура измерения заключается в сопоставлении измеряемого с однородной единицей измерения. Например, чтобы узнать массу какого-либо тела, необходимо сравнить её с единицей, в данном случае воплощённой в эталоне (мерой) – 1 кг. Это осуществляется путём взвешивания. Чтобы судить о скорости движущегося объекта, надо сопоставить быстроту его движения с единицей скорости 1 м/с.

Всему теоретическому познанию присуще абстрагирование. *Абстрагирование* – метод познания, который заключается в отвлечении от ряда несущественных для данного изучения свойств и отношений изучаемого явления с одновременным выделением интересующих нас свойств и отношений. В результате процесса абстрагирования образуются абстракции-понятия. Так, в физике при введении понятия «материальная точка» абстрагируются от формы и цвета тела, его нагретости или наэлектризованности. Результатом процесса абстрагирования выступают понятия об объектах, например, «растение», «животное», «человек» и т. п., представления об отдельных свойствах предметов: «белизна», «прозрачность», «нагретость» и т. п.

Специфическим видом абстрагирования *выступает идеализация* – мысленное конструирование понятий об объектах, не существующих и не осуществимых в действительности, но таких, для которых имеются прообразы в реальном мире, например: «точка» (объект, который не имеет ни длины, ни высоты, ни ширины), «материальная точка», «идеальная жидкость», «абсолютно твёрдое тело» и т. п.

К числу употребительных методов мышления принадлежит также аналогия. *Аналогия* (греч. соответствие) – сходство нетождественных объектов в некоторых сторонах, качествах, отношениях. Это метод мышления, при котором на основе сходства объектов в одних признаках выдвигается предположение и о сходстве в других (уподобление электричества жидкости и т. п.). Новое может быть осмыслено, понято только через образы и понятия старого, известного.

Несмотря на то что аналогии позволяют делать лишь вероятные заключения, они играют огромную роль в познании, так как ведут к образованию гипотез, то есть научных догадок и предположений, которые в ходе дополнительного исследования могут превратиться в научные теории.

Индукция – метод (способ, приём) мышления, при котором общий вывод строится на основе частных посылок (рис. 2).

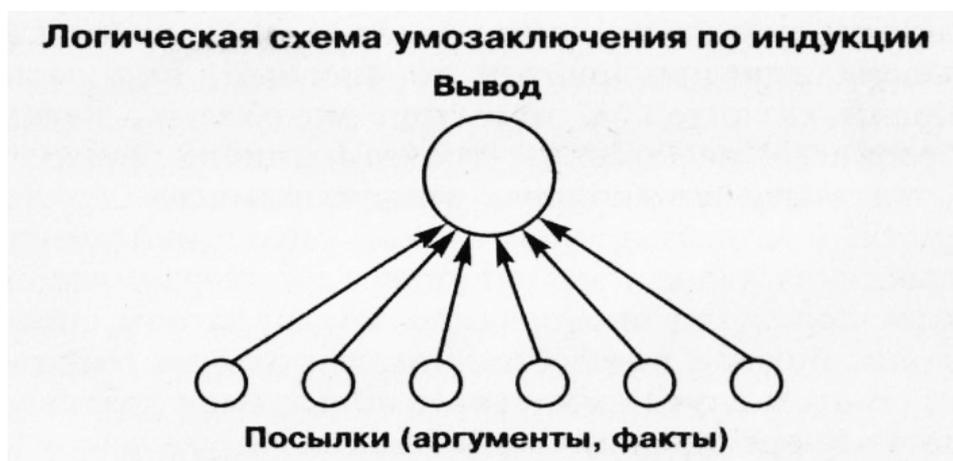


Рис. 2

Так, выяснив, что некоторые металлы при нагревании расширяются, делается вывод, что это свойство всех металлов. В таком умозаключении заключение не следует логически из посылок и может содержать информацию, отсутствующую в них. Достоверность посылок не означает поэтому достоверности выведенного из них индуктивно утвержде-

ния. Как видно, индукция может вести и к неправильным выводам. Индукция дает только правдоподобные заключения, нуждающиеся в дальнейшей проверке. Поэтому она может быть полной и неполной.

Дедукция – метод (способ, приём) мышления, посредством которого из общих посылок с необходимостью следует заключение частного характера. Пример дедуктивного вывода: все люди смертны, все греки – люди, следовательно, все греки – смертны. Такой широко распространённый способ решения математических, физических, химических задач есть не что иное, как получение искомого результата с помощью дедуктивных рассуждений на основе исходных фундаментальных посылок.

Если посылки правильны, то результат будет достоверным. Если же в качестве общей посылки выступает предположение, то и вывод приобретает вероятностный характер. Здесь объективно заложена возможность такого метода, как гипотетико-дедуктивный. Индукция и дедукция применяются во взаимосвязи друг с другом (рис. 3).

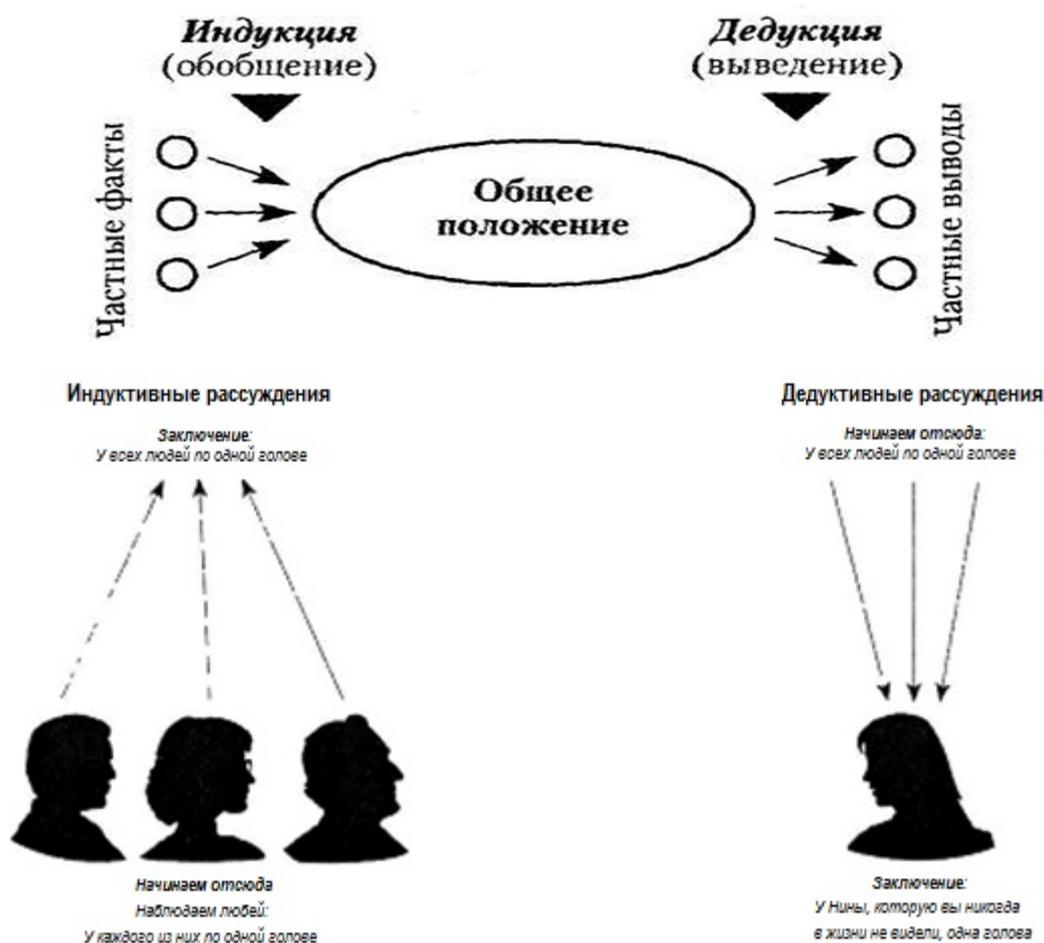


Рис. 3

Таким образом, научное познание осуществляется с помощью множества взаимосвязанных методов, способов и приёмов познания, в которых знание определенным образом организовано, чтобы служить ориентиром дальнейшего познания. В то же время рассмотрение методов познания свидетельствует о необходимости учёта границ применимости каждого метода и подхода.

Вопросы для контроля знаний

- Какие уровни научного познания вам известны?
- Каковы приёмы первого уровня познания?
- Перечислите приёмы второго уровня познания.
- Что такое абстрагирование?
- Дайте определение анализа и синтеза.
- Что такое моделирование? Приведите примеры моделирования.

§ 3. Особенности научной методологии познания и критерии достоверности научного познания

Роль и функции методов научного познания

Согласно классификации И. Канта в истории человеческой цивилизации прослеживаются три принципиально различных периода познания окружающего мира: религиозный, метафизический и научный. Научный период сменяет идолопоклонство, магию и суеверия; познание природы становится рационалистическим. Порывая с магическим суеверием, поклонением животным, тотемам и тому подобным, человек начал осознавать существование объективных всеобщих природных законов. Наиболее ярко преимущества зарождающегося рационального подхода изучения природы описаны в заметках францисканского монаха Роберта Бэкона, жившего в XIII веке. «Расскажу о дивных делах природы, в которых нет ничего волшебного. Мы увидим, что всё могущество магии ниже этих дел и недостойно их. Можно сделать устройства, плывущие без гребцов, суда, речные и морские, плывущие при управлении одним человеком скорее, чем если бы были наполненными людьми... Также можно сделать колесницы без коней, движущиеся с необычайной скоростью... Можно сделать летательные аппараты: человек, сидящий в середине аппарата, с по-

мощью некоторой машины двигает крыльями наподобие птичьих... Прозрачные тела могут быть так обработаны, что отдельные предметы покажутся приближенными и на невероятном расстоянии будем читать мельчайшие буквы и различать мельчайшие вещи, а также будем в состоянии наблюдать звёзды, как пожелаем» (Кудрявцев П. С. Развитие науки в Европе URL: [physiclib.ru>books/item/f00/s00...st031.shtml](http://physiclib.ru/books/item/f00/s00...st031.shtml)).

Нельзя не поразиться такому адекватному описанию характеристики рационального научного познания. Философы, естествоиспытатели уже на достаточно ранних стадиях становления рационального познания понимали их весьма серьёзные преимущества по сравнению с предыдущими познавательными процедурами. В настоящее время выделены функции, специфические черты и критерии достоверности научного знания, отличающие его от ненаучных или псевдонаучных знаний.

Функции науки:

- описательная;
- объяснительная;
- прогностическая;
- систематизирующая;
- производственно-практическая;
- мировоззренческая.

За всю историю человечество накопило огромное количество различных по своему характеру знаний о мире. Это ставит вопрос о специфических чертах научного знания и тесно связанных с этими чертами критериями, которые позволили бы отличить научное знание от ненаучного. *К специфическим чертам научного знания относят:*

- рациональность;
- достоверность (объективность);
- универсальность;
- интерсубъективность (обезличенность);
- систематичность;
- преемственность;
- фрагментарность;
- незавершённость;
- критичность.

Критерии научности – совокупность признаков, специфицирующих научное знание, то есть ряд требований, которым наука должна удовлетворять. Они обуславливают качественную определённую

тех оснований, с позиций которых то или иное знание расценивается как научное и зачисляется в разряд научного знания.

В настоящее время существуют несколько классификаций критериев научности знаний. Некоторые признаки и критерии являются общими, некоторые не совпадают или перекликаются со специфическими чертами научного знания. Чаще всего к критериям научности относят истинность, рациональность, объективность, интерсубъективность, проверяемость, системность, практическую приложимость, познавательную значимость.

Истинность. По своей сути любое познание есть поиск истины. Это извечная задача человеческого разума. Истина трактуется как цель, идеал и абсолютная познавательная ценность. Знать – значит располагать достоверной информацией, соответствующей действительному положению вещей.

Рациональность. Знание должно быть особым образом организовано в форме теории или развернутого теоретического построения на специальном языке понятий и категорий данной области знания.

Объективность предполагает, что познание явления осуществляется независимо от познающего субъекта. Поэтому в процессе научного поиска всегда присутствовало стремление элиминировать из результатов научной деятельности всё субъективное, связанное со спецификой самого учёного. В этом – одно из отличий науки от искусства. Если бы художник не создал своего творения, то его бы просто не было. Но если бы учёный, пусть даже великий, не создал бы теорию, то она всё равно была бы создана, поскольку представляет собой необходимый этап развития науки. Это означает, что научное знание является *интерсубъективным* и предполагает интерсубъективную воспроизводимость (т. е. не зависит от личности учёного, не зависит от места и времени установления или проверки знания). Другими словами, научное знание считается обоснованным, если существует принципиальная возможность его проверки всем сообществом.

Проверяемость означает, что знание должно найти своё подтверждение в практической деятельности и быть воспроизводимо в ней.

Системность – одно из важнейших отличительных качеств научного знания. Сведение задач науки к сбору фактов означает, как выразился А. Пуанкаре, «полное непонимание истинного характера науки». Он же писал: «Ученый должен организовать факты. Наука

слагается из фактов, как дом из кирпичей. И одно голое накопление фактов не составляет еще науки, точно так же, как куча камней не составляет дома» [5].

Однако знание может быть систематизированным не только в науке. Кулинарная книга, справочник, дорожный атлас и т. п. – здесь тоже знание классифицируется и систематизируется. Научная же систематизация специфична. Научное знание должно быть логически организовано. Знания превращаются в научные, когда целенаправленное собирание фактов и их описание доводится до уровня их включения в систему понятий, в состав теории. Научное знание как система имеет определённую структуру, элементами которой являются факты, законы, теории, картины мира.

Одним из критериев научности знания считается *практическая приложимость* теории – подтверждение теории практикой. Под практикой понимается предметная целенаправленная деятельность человека. То, что получает практическое применение, подтверждает истинность теории.

Ещё одним критерием научности знания можно назвать *способность к развитию*, или *критерий познавательной значимости*. В этом случае учитывается то влияние, которое оказывает полученное знание на дальнейшее развитие процесса познания, то есть рассматривается его потенциал и возможность к порождению нового знания.

Рассмотренные критерии являются идеальными нормами, они не описывают научное знание, а предписывают. Одновременное наличие всех этих критериев невозможно, это лишь стремление. В настоящее время наиболее значимы следующие принципы (критерии), отграничивающие научные знания от ненаучных, такие, как верификация и фальсификация (рис. 4).

Принцип верифицируемости

Принцип верифицируемости (от лат. *verus* – истинный и *fasere* – делать, «доказать истину») возник как логический принцип позитивизма: истинность всякого утверждения может быть доказана путём его сопоставления с чувственными данными. Главный тезис этой позиции заключается в том, что познание не может выйти за пределы чувственного опыта.

Различают прямую и косвенную верифицируемость. Прямая верифицируемость основана на описании и исследовании непосред-

ственных данных опыта на основе измерений. Косвенная верифицируемость связана с установлением логических связей свойств исследуемого объекта с прямоверифицируемыми утверждениями (косвенные измерения). Как крайний случай данного принципа выдвигается утверждение, что познаваемо только то, что может быть измерено.



Рис. 4

Принцип фальсификации

Принцип фальсификации (от лат. false – ложь и fasere – делать) сформулирован К. Поппером. Суть принципа: истинностью научного знания является его фальсифицируемость, то есть опровержимость. Это означает, что только то знание может претендовать на научное, которое в принципе опровержимо. Если какое-либо учение построено так, что в состоянии истолковать любые факты, то есть неопровержимо в принципе, то оно не может претендовать на научное. Фактически фальсификация предусматривает эмпирический способ опровержения. По мысли К. Поппера, ученый, выдвигая новую гипотезу, предсказывает вместе с ней некоторые следствия, способные либо подтвердить, либо фальсифицировать её, то есть сделать недостоверной. Поппер подчеркивал: наука допускает фальсификацию своих гипотез и тем самым обеспечивает рост научного знания.

Принцип фальсификации делает знание относительным, лишает его абсолютности, неизменности, законченности. Фактически речь идёт о границах выполнимости той или иной научной модели, теории или закона. Эта неполнота и ограниченность знания получают объяснение в понятиях относительной и абсолютной истины.

Вторичные критерии достоверности научного знания

К идеалу научного знания всегда предъявлялись требования строгой определённости и ясности. Это означало, что ценность науки состоит в том, что она вскрывает истинную природу вещей. Согласно традиционному мышлению, наука даёт объективность, совершенно независимую от личных интересов учёных. Требование предполагает, чтобы эксперимент, повторяемый идентичным образом в любом другом месте, в любое другое время, давал те же самые результаты, иначе он не может считаться достоверным. По мнению П. Капицы, научно поставленная задача должна иметь одно решение, так же как и существовать только одна таблица умножения. Именно эта однозначность научных обобщений выражает их объективность.

Что-то от этого идеала ещё остаётся. Но, как подчёркивает Пуанкаре, «опыт – единственный источник истины: только опыт может научить нас чему-либо новому, только он может вооружить нас достоверностью. Эти два положения никто не может оспорить... Однако, если опыт есть всё, то какое место остаётся для математической физики? Тем не менее, математическая физика существует; это – факт, нуждающийся в объяснении. Дело в том, что одних наблюдений недостаточно; ими надо пользоваться, а для этого их надо обобщать. Так всегда и поступали; однако, поскольку память о бывших ошибках делала человека всё более осмотрительным, то наблюдать стали всё больше, а обобщать всё меньше» ([URL: pseudology.org/science/Nauka_Puankare1.pdf](http://pseudology.org/science/Nauka_Puankare1.pdf)). И далее Пуанкаре продолжает: «Нельзя ли нам довольствоваться только опытом? Нет – это невозможно; такое стремление свидетельствовало бы о полном незнакомстве с истинным характером науки» (Там же).

Особенно трудно говорить об истинности гипотезы или теории, когда их несколько, и все они достаточно хорошо объясняют данное явление. Эмпирический критерий здесь не срабатывает, поскольку надо выбрать одну. Так возникает необходимость во вторичных критериях. Этих вторичных критериев достаточно много, и число их постоянно увеличивается. Так, академик Л. С. Берг считает, что в науке всё то, что способствует её развитию, есть истина, всё, что препятствует развитию науки, ложно. По его словам, в этом отношении истинное относится к целесообразному, то есть польза есть критерий пригодности, а следовательно, истинности. Другого способа разли-

чить истину человеку не дано. Истина есть полезная фикция, заблуждение – вредная. «Итак, мы определили, что такое истина с точки зрения науки» [8], ([URL: pravbeseda.ru/Библиотека?id=885&page=book](http://pravbeseda.ru/Библиотека?id=885&page=book)).

Наибольшее признание получили следующие вторичные критерии:

- критерий экономии и простоты (И. Ньютон, А. Эйнштейн);
- красоты (А. Пуанкаре, П. Дирак);
- здравого смысла;
- безумия;
- предсказательности (эвристичности);
- наибольшей вероятности;
- наименьшей вероятности (К. Поппер, Б. Рассел, Д. Платт).

По поводу *критерия простоты* А. Эйнштейн писал: «Важнейшая цель любой теории состоит в том, чтобы... основных несводимых элементов было как можно меньше и чтобы они были как можно проще...». ([URL: osvitaplaza.in.ua/pub1/](http://osvitaplaza.in.ua/pub1/)). «Простота – единственная почва, на которой мы можем воздвигнуть здание наших обобщений.... Простота реальная, глубоко коренящаяся, устояла бы перед увеличением точности наших измерительных средств» (Пуанкаре, А. [URL: hse.ru/data/2011/05/30/...](http://hse.ru/data/2011/05/30/...)). Критерий простоты предполагает минимизацию допущений при объяснении явлений.

Значимость *критерия красоты* обосновывается А. Пуанкаре таким образом: «В итоге, единственной объективной реальностью является отношение вещей, отношения, из которых вытекает гармония» ([URL: biofile.ru/chel/5706.html](http://biofile.ru/chel/5706.html)). «Подлинная истина всегда прекрасна, а подлинная красота всегда истинна» (Реньи. Трилогия о математике. С. 94). Необычен *критерий безумия*. Значимость этого принципа академик Г. Наан обосновывает следующим образом: «Что такое здравый смысл? Это воплощение опыта и предрассудков своего времени. Он является ненадёжным советчиком там, где мы сталкиваемся с совершенно новой ситуацией» [8].

Перекликается с этим принципом и принцип наименьшей вероятности. Он согласуется с принципом фальсификации, вернее, та теория, которая предполагает пути своего опровержения. Известный философ и физик Ф. Франс остроумно замечает: «Наука похожа на детективный рассказ. Все факты подтверждают определённую гипотезу, но правильной, в конце концов, оказывается другая гипотеза» [8]. По поводу *критерия наибольшей вероятности*, то есть наибольшего согласия с фак-

тами данной теории, следует обратить внимание на то, что почти никогда не бывает так, чтобы существовала такая теория, которая находилась бы в полном согласии со всеми наблюдаемыми фактами.

Эвристичность означает меру новизны, оригинальности и, главное, возможностей творческого применения и дальнейшего развития теории. Это тот предсказательный потенциал, который создаёт предпосылки умножения научного знания, его развития. Однако критерием эвристичности (предсказательности) обладают все теории; в этом и состоит одна из целей создания теории как научного метода познания.

В то же время, несмотря на целую систему разработанных критериев достоверности научного знания, по меткому и образному замечанию Бернарда Шоу, «Наука всегда оказывается неправа. Она никогда не решает вопроса, не поставив при этом десяток новых» ([URL: foxdesign.ru>aphorism/topic/t_science.html](http://foxdesign.ru/apphorism/topic/t_science.html)). «Любая теория гипотетична, никогда полностью не завершается, всегда подвержена сомнению и наводит на новые вопросы» (А. Эйнштейн) [8].

Таким образом, наука как метод познания обладает как достоинствами, так и недостатками. Её методы имеют границы применимости, её критерии истинности знания не абсолютны. Каждая эпоха выдвигает свои критерии научности, они изменяются под влиянием научного прогресса и социальных потребностей. Изменение критериев научности обуславливают также социокультурные факторы: менталитет населения, духовные доминанты, состояние общественно-политической мысли, культурные традиции и т. д.

Тем не менее, при всех трансформациях общественной жизни и духовной культуры остаются неизменными главные ценности научного познания: оно всегда было и остается поиском истинного, обоснованного знания.

Вопросы для контроля знаний

- Каковы специфические черты и особенности научного знания?
- Охарактеризуйте принципы рациональности, верификации и фальсификации. С какой целью введён каждый принцип?
- Почему появились вторичные критерии достоверности научного знания?
- Перечислите и охарактеризуйте вторичные критерии достоверности научного знания.

ГЛАВА III. АСТРОНОМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

§ 1. Исторические модели возникновения Вселенной и Солнечной системы

Полного и исчерпывающего ответа на вопрос о возникновении Вселенной и Солнечной системы современная наука не даёт. Существуют более 200 разнообразных гипотез происхождения звезд, планет и Вселенной. Над разработкой этого вопроса работала целая плеяда выдающихся астрономов и физиков нескольких столетий, однако наибольшее признание получили лишь некоторые из гипотез. Первые научные гипотезы относительно происхождения Земли и Солнечной системы были выдвинуты лишь в XVIII веке. С тех пор не переставали появляться всё новые и новые теории соответственно росту космогонических и космологических представлений.

Первыми, претендовавшими на статус научных, были гипотезы И. Канта и П. С. Лапласа. Особенности этих теорий в том, что цель их разработки заключалась в попытке отойти от религиозной картины мира и объяснить происхождение Вселенной и Солнечной системы исходя из идеи эволюционного развития природы, исключая из этого процесса какие-либо внешние причины.

Модель И. Канта

Первой в этом ряду была знаменитая гипотеза И. Канта. Родившись в семье зажиточного шорника, мальчик рано лишился матери. Девяти лет его отдали в коллегию Фридриха. Иммануил был первым учеником. Затем последовал университет. Отец ни единым грошом не помогал сыну. Вместе с товарищами он снимает комнату. Имеет один сюртук на троих.

Его интересы концентрируются в основном вокруг математики и естествознания, которые в то время являлись составной частью философии. После университета Кант решает посвятить себя науке. Однако бедность помешала ему вступить сразу на путь академической деятельности. И он девять лет служит гувернёром в различных домах Кенигсберга. Лишь в 1755 г., на тридцать втором году жизни, попадает он в Кенигсбергский университет в качестве приват-доцента. Лекции Канта привлекали довольно много слушателей, и он надеялся на

быстрое продвижение. Но, как говаривали коллеги: «Кто посвятил себя Кенигсбергскому университету, тот тем самым дал обет бедности».

В 1755 г. в Кенигсберге вышла его книга «Общая естественная история и теория неба». Исходным пунктом для разработки кантовской космогонии послужили две особенности, присущие нашей планетной системе: 1) обращение всех известных ему планет и их спутников в одном направлении и 2) относительная пустота межпланетного пространства.

Первая особенность приводит его к мысли об общности причины, создавшей эту особенность. И такой причиной он считает Бога. Допуская Бога в качестве изначальной «общей причины», он в дальнейшем рассматривает Вселенную в процессе развития свободной от божественного вмешательства. Такой компромисс, называемый в философии деизмом, в XVIII веке был широко распространён среди мыслителей как в Западной Европе, так и в России.

Кант считал, что сначала, после акта Творения, не было ничего, кроме «бездны вечности», наполненной бесчисленными атомами материи, распределенными с разной плотностью в бесконечном пространстве. В этом безграничном хаосе действовали только две силы: притяжения и отталкивания, благодаря которым возникли первые образования. Более плотные, а следовательно, и более тяжелые образования притянули менее тяжелые, в результате чего возникли прочные материальные ядра. Однако так как всем атомам одновременно была присуща и сила отталкивания, то противодействие обеих сил породило вращательное движение. Вследствие падения и налипания на ядра всё новых и новых масс атомов возникла между неокрепшими слоями сила трения, разогревшая материю до раскаленного состояния. Так загорается первое Солнце... Но атомы всё продолжают падать на него, увеличивая объём светила. Вместе с тем по мере роста объёма сила притяжения между прочным ядром и атомами, находящимися на периферии, слабеет. Побеждает сила отталкивания. И вот уже самые крайние внешние части огненного кома отрываются от ядра и летят по касательной в безбрежное пространство. Оторвавшиеся части растут и разогреваются точно так же, как и Солнце, дорастая до размеров планет. Так родились все планеты, все спутники планет.

Трудно переоценить значение мемуара Канта для развития космологических представлений. На могиле философа в соборе в пыш-

ной галерее, сооруженной в честь именитого покойника, была выбита золотая надпись: «Звездное небо надо мною, Нравственный закон во мне».

Небулярная модель П. С. Лапласа

Несколько позже (1797 г.) французским математиком П. С. Лапласом была разработана новая гипотеза о происхождении планет, перекликающаяся с гипотезой И. Канта, но имеющая и существенные отличия.

Лаплас полагал, что Солнце существовало первоначально в виде огромной раскалённой газообразной туманности. Эта туманность изначально медленно вращалась в пространстве. От вращающейся туманности последовательно отделялись кольца, которые, конденсируясь в определенных точках, постепенно превращались в планеты и другие тела солнечной системы. В общей сложности от первоначальной туманности отделилось десять колец, распавшихся на девять планет и пояс астероидов – мелких небесных тел. Спутники отдельных планет сложились из вещества вторичных колец, оторвавшихся от раскаленной газообразной массы планет.

Гипотеза получила название «небулярной» от латинского слова «небус» – туманность – и послужила основой формирования науки о происхождении всех небесных тел – космогонии.

Точки зрения Канта и Лапласа в ряде важных вопросов существенно отличались. Однако, несмотря на различия, общей важной особенностью является представление, что Солнечная система возникла в результате закономерного эволюционного развития туманности. Эти две теории взаимно дополняли друг друга, поэтому и принято называть эту концепцию «гипотезой Канта – Лапласа».

Гипотеза Канта – Лапласа более 150 лет считалась ведущей в ряду других космогонических воззрений, однако в настоящее время эти модели имеют лишь историческое значение как первые теории, пытавшиеся объяснить возникновение Солнечной системы в результате эволюционного естественного развития природного мира. Обе теории носили умозрительный характер и не опирались на наблюдательные факты. Впоследствии с развитием астрономии и накоплением результатов наблюдений модели сталкиваются со значительными трудностями.

Например, еще при жизни Лапласа астроном В. Гершель, открывший планету Уран, обнаружил, что два его спутника обращаются в обратном направлении, а плоскости их орбит почти перпендикулярны плоскости орбиты самой планеты. Напомним, направление движения у всех планет должно быть одинаковым. Обнаружились и другие проблемные моменты этой гипотезы. Наиболее существенная проблема связана с распределением важнейшей характеристики – момента количества движения (момента импульса в современной терминологии). Наша Солнечная система, состоящая из планет разных размеров и масс, обладает непонятной особенностью. Она имеет необычное распределение момента количества движения между центральным телом Солнцем и планетами. Момент импульса есть одна из важнейших характеристик всякой изолированной от внешнего мира механической системы. Именно как такую систему можно рассматривать Солнце и окружающие его планеты. Львиная доля момента количества движения Солнечной системы сосредоточена в орбитальном движении планет-гигантов Юпитера и Сатурна. Согласно физическим закономерностям, момент количества движения «протосолнца», а затем и Солнца должен быть много больше, чем у колец и образовавшихся из них планет. Для гипотезы Лапласа эта трудность оказалась непреодолимой.

Необходимо обратить внимание на то, что рассмотренные модели И. Канта и П. С. Лапласа опирались на классические представления о Вселенной, основывающиеся на трех постулатах:

- Вселенная безгранична и неизменна (вечна) во времени;
- число звёзд, равномерно распределенных в однородном пространстве, подчиняющемся геометрии Эвклида, бесконечно;
- все звёзды в среднем имеют одинаковую светимость. Потому яркие светила можно считать расположенными ближе, слабые – дальше.

Конечная вселенная, по мнению самого сэра Исаака Ньютона, существовать не могла. Ньютон считал, что если бы материя находилась в ограниченном объёме пространства, то в силу взаимного притяжения частиц (закон всемирного тяготения) она со временем собралась бы в единое сферическое тело. Лишь вследствие того что материя рассеяна по всему безграничному пространству, она могла сконцентрироваться не в одно, а в бесчисленное количество космических тел.

Обнаруженные в результате наблюдений факты ставят под сомнение представления о бесконечной в пространстве и времени Вселенной. С течением времени выявились и более существенные проблемы – космологические парадоксы: фотометрический парадокс Ольберса, гравитационный парадокс Зеелигера и парадокс «тепловой смерти Вселенной», также поставившие под сомнение концепцию бесконечной в пространстве и времени Вселенной.

Космологические парадоксы вечной во времени и бесконечной в пространстве Вселенной

Фотометрический парадокс Ольберса. Генрих Вильгельм Маттеус Ольберс (1758 – 1840 гг.) был хорошим практикующим врачом, увлекавшимся астрономическими наблюдениями над небесными светилами в собственной частной обсерватории.

Ольберс был довольно известным лицом в астрономическом мире. Славу ему принесли открытия двух малых планет (Паллады и Весты) и объёмистый труд, посвященный способу вычисления кометных орбит. Как уже указывалось, три классических принципа давали бесконечную и однородную в пространстве, неизменную во времени космологическую модель Вселенной. Основываясь на этой мысленной модели, Ольберс решил попытаться подсчитать распределение звёзд. Если исходить из постулированных свойств ньютоновской Вселенной, Земля должна получать от любого слоя Вселенной одно и то же количество света. Действительно, если число солнц бесконечно и эти солнца распределены в пространстве случайным образом, то прямая линия, проведенная от Земли в любом направлении, должна была бы в конечном счёте пройти сквозь какую-либо звезду. Это означало бы, что всё ночное небо должно было представлять собой одну сплошную поверхность, испускающую слепящий звёздный свет. Мы знаем, что это не так. Другими словами, была непонятна причина существования тёмного неба. Вся поверхность неба должна была бы ослепительно сиять. Значит, либо звездная Вселенная не бесконечна, либо количество звёзд в ней всё-таки ограничено.

Фотометрический парадокс Ольберса сыграл едва ли не решающую роль в том, что идея бесконечной Вселенной была поставлена под сомнение.

Гравитационный парадокс Зеелигера. Один из наиболее влиятельных немецких астрономов конца XIX века Гуго фон Зеелигер,

приняв идею бесконечной Вселенной, попробовал применить ко всей бесконечной массе небесных тел, заполняющих мир, закон тяготения Ньютона и столкнулся с парадоксом. Парадокс заключался в том, что при условии бесконечности Вселенной и бесконечного числа звёзд в ней, на каждую частицу вещества действует равнодействующая двух бесконечных сил. Но разность бесконечностей – всегда неопределенность. Значит, ньютоновская Вселенная неоднозначна, и, следовательно, к ней не применимы никакие законы природы. Чтобы преодолеть эту трудность, требовалось предположить, что плотность распределения массы по объёму быстро и без ограничений падает. Но это опровергало представление о бесконечной Вселенной с равномерно распределённым звёздным населением и приводило к представлениям о Вселенной конечной.

Гравитационный парадокс оказался весьма серьёзным затруднением в теории тяготения Ньютона.

Парадокс «тепловой смерти Вселенной». В 1850 г. двадцативосьмилетний немецкий физик Рудольф Юлиус Эммануэль Клаузиус, преподаватель физики в цюрихской артиллерийской школе, задумавшись над простым фактом выравнивания температуры контактирующего горячего и холодного тела, сформулировал закон, получивший название «Второго начала термодинамики». Закон гласил: «Теплота не может сама собой перейти от более холодного тела к более тёплому». Или проще: теплота самопроизвольно может переходить только от более нагретого тела к менее нагретому. Если система изолирована, то через некоторое время наступит тепловое равновесие и температуры всех тел системы станут одинаковыми. Это приведёт к прекращению всяких энергетических процессов, то есть энергия обесценится.

Год спустя после Клаузиуса двадцатилетний английский физик Вильям Томсон, ставший 40 лет спустя «фигурой № 2» в истории английской физики, дал несколько иную формулировку того же закона через новую величину – энтропию (как меры деградации энергии). В современной термодинамике второе начало в самом общем виде формулируется как закон возрастания энтропии, то есть в замкнутой системе любые процессы приводят к нарастанию энтропии.

Этот закон ведёт к весьма значительным мировоззренческим последствиям для замкнутой системы тел, среди которых одни нагреты,

другие охлаждены. Наличие разности температур обеспечивает превращение тепловой энергии в другие виды энергии и возможность производить работу. В момент времени, когда все виды энергии перейдут в тепловую, а температуры всех тел замкнутой системы станут одинаковыми, произвести какую-нибудь работу уже нельзя. Не осталось источников энергии. Энергия деградировала, обесценилась. Для замкнутой системы наступила «тепловая смерть».

Томсон считал, что материальная Вселенная, то есть звёзды, планеты, кометы и прочие небесные тела, является одной, замкнутой, изолированной системой. Ведь Вселенная одна, другой такой же нет. Следовательно, второе начало термодинамики полностью применимо ко всему космосу и, стало быть, в конце концов наш разнообразный мир ждёт унылая «тепловая смерть».

Несколько лет спустя Рудольф Клаузиус согласился с выводом Томсона и сделал вывод о неизбежности нахождения Вселенной в некотором мертвом состоянии инерции при условии её вечности во времени. Если мир существует вечно, все тепловые процессы в нём должны были давно успокоиться, звёзды погаснуть, облака межзвездной пыли чуточку нагреться. Таким образом, существование органической жизни и человека в такой Вселенной невозможно.

Против «тепловой смерти» выступил в начале XX века известный шведский физик-химик Сванте Август Аррениус. «Если бы Клаузиус был прав, – писал он в 1909 г. в своей книге «Образование миров», – то эта «смерть тепла» за бесконечно долгое время существования мира давно бы уже наступила, чего, однако, не случилось. Или нужно допустить, что мир существует не бесконечно долго и что он имел свое начало; это, однако, противоречит первой части положения Клаузиуса, устанавливающей, что энергия мира постоянна, – ибо тогда пришлось бы допустить, что вся энергия возникла в момент творения» ([URL: filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000887...](http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000887...)).

Как показывает ретроспективный анализ, отрицание «тепловой смерти Вселенной» исходило, прежде всего, с точки зрения антирелигиозной позиции от нежелания соглашаться с идеей сотворённости мира и стремления объяснить существование природного мира естественными причинами.

В 1952 г. папа римский Пий XII писал: «Закон энтропии, открытый Рудольфом Клаузиусом, дал нам уверенность, что спонтанные

природные процессы всегда связаны с потерей свободной, могущей быть использованной энергии, откуда следует, что в замкнутой системе, в конце концов, эти процессы в макроскопическом масштабе когда-то прекратятся. Эта печальная необходимость... красноречиво свидетельствует о существовании Необходимого Существа» ([URL: rumagic.com/ru_zar/sci_philosophy/elizarov...j3.html](http://rumagic.com/ru_zar/sci_philosophy/elizarov...j3.html)).

Многие физики и философы не могли примириться с выводами Клаузиуса и Томсона. Признавая научную ценность и правильность второго начала термодинамики, они не хотели соглашаться с неизбежностью «тепловой смерти», говоря, что Клаузиус и Томсон только поставили вопрос о том, можно ли распространять второе начало термодинамики на Вселенную, а не решили его. В момент возникновения и осмысления парадокса противники «тепловой смерти» Вселенной опирались на работы австрийского физика Людвиг Больцмана. Столкнувшись с проблемой «тепловой смерти», Больцман предположил, что Вселенная как целое находится в состоянии термодинамического равновесия, то есть мир с энергетической точки зрения мёртв. Но отдельные области Вселенной подвержены флуктуациям. Наша часть Вселенной, всё пространство, до которого достигает взгляд человека, вооруженного телескопом, находится в режиме огромной, ныне затухающей флуктуации.

Таким образом, в период обнаружения парадокса, естествознание, стоявшее на материалистической платформе, отрицало концепцию «тепловой смерти» Вселенной, исходя из аргументации Больцмана. Поскольку видимая человечеством часть Вселенной является небольшой областью бесконечной Вселенной, а для огромных размеров допустимы флуктуационные отклонения от равновесия, то благодаря этому в целом исчезает необратимое движение к хаосу и «тепловой смерти». Правда здесь вновь встаёт проблема бесконечной в пространстве Вселенной.

Понимание неадекватности моделей Канта, Лапласа и моделей других многочисленных авторов (Дж. Джинса, Ф. Хойла, Х. Альвена, В. А. Амбарцумяна и др.), наличие фотометрического, гравитационного парадоксов и парадокса «тепловой смерти» побуждало к разработке других моделей, которые бы были согласованы с накопившимися наблюдениями.

Модель О. Ю. Шмидта

Более поздняя модель была разработана в середине XX столетия О. Ю. Шмидтом, который предположил, что допланетное облако было захвачено Солнцем, когда оно, двигаясь вокруг центра Галактики, проходило сквозь межзвёздную туманность и вытянуло, выхватило часть вещества этой туманности. При таком предположении момент импульса планет мог оказаться любым, что снимает противоречия моделей Канта и Лапласа. В основе космогонической гипотезы Шмидта лежит идея образования планет не в результате сжатия раскаленных газовых сгустков, а путем аккумуляции (объединения) холодных твёрдых частиц и тел. Отсюда неизбежно следовало, что наша Земля никогда не была огненно-жидкой. Будучи вначале холодной, она разогрелась лишь потом.

Сейчас большинство космологов придерживается взгляда о совместном образовании Солнца и планет из одного и того же газопылевого облака. Но судить о том, каким было это облако, можно лишь косвенно, исходя из наших знаний о Солнечной системе.

Вопросы для контроля знаний

- Каковы причины разработки исторических моделей Канта и Лапласа?
- Почему модель Канта – Лапласа получила название небулярной модели?
- В чем состояли трудности первых исторических моделей создания Солнечной системы?
- Охарактеризуйте содержание космологических парадоксов вечной во времени и бесконечной в пространстве Вселенной.
- С какой целью была разработана модель Шмидта? Охарактеризуйте механизм возникновения Солнечной системы с точки зрения данной модели.

§ 2. Современные модели возникновения Вселенной и Солнечной системы

Сегодня космогонических гипотез о возникновении Вселенной и Солнечной системы достаточно много. Кроме того, они часто альтернативны друг к другу, претендуя каждая на единственно правильное

описание мироздания. Да и вряд ли различные альтернативные идеи могут сосуществовать мирно. Ведь Вселенная у нас одна, издана, – как говорил французский математик Анри Пуанкаре, – только в одном экземпляре. Однако современное естествознание (конца XX и начала XXI в.) считает, что оно может ответить на вопрос бытия Вселенной теорией Большого взрыва на основе идей общей теории относительности.

Модель Большого взрыва. Э. Хаббл и обнаружение «красного смещения»

А. Эйнштейн предложил вместо бесконечной, стационарной и однородной модели Вселенной Ньютона с плоским евклидовым пространством конечную модель трёхмерной сферы, но также однородную и стационарную. Правда, чтобы построить свою модель, Эйнштейну пришлось несколько видоизменить уравнения тяготения, выведенные в общей теории относительности. Модель Вселенной Эйнштейна статична. Чтобы предотвратить стягивание своей Вселенной гравитационными силами и её гибель, Эйнштейн вынужден был предположить, что существует еще одна сила (он ввел её в модель с помощью так называемой «космологической постоянной»), роль которой заключается в отталкивании и удержании звезд на некотором расстоянии друг от друга.

Дальнейшие изменения в модели Эйнштейна связаны с работами А. Фридмана. В 1922 г. в берлинском журнале «Zeitschrift für Physik» появилась статья, присланная из новой послереволюционной России. Называлась она «О кривизне пространства» и была подписана А. Фридманом. Статья была совсем маленькой, а имя автора на Западе совсем неизвестным. И тем не менее этот петроградский математик пытался опровергнуть самого Эйнштейна. По решению А. Фридмана, геометрия Вселенной непрерывно менялась во времени. Расстояния между всеми её частями должны были расти, а кривизна пространства-времени и плотность вещества – уменьшаться. Вывод по тем временам совершенно невероятный.

В августе журнал со статьей А. Фридмана попал в руки Эйнштейна. Он не поверил в правильность решений, найденных Фридманом, и послал заметку в «Физический журнал», в которой заявил, что результаты петроградского математика сомнительны. Редакция срочно напечатала отзыв. Прошло довольно много времени, прежде чем

физик Ю. А. Крутков привёз обстоятельное письмо А. Фридмана к А. Эйнштейну. В результате в том же берлинском журнале появилась новая статья Эйнштейна: «Заметка о работе А. Фридмана «О кривизне пространства». В ней Эйнштейн даёт опровержение прежнему мнению. «В предыдущей заметке я критиковал названную работу. Однако моё возражение основывалось на вычислительной ошибке, в чём я, по совету господина Круткова, убедился из письма господина Фридмана. Я считаю результаты господина Фридмана правильными и исчерпывающими. Оказывается, уравнения поля допускают для структуры пространства наряду со статическими решениями и динамические (то есть изменяющиеся во времени) центрально-симметричные решения. А. Эйнштейн, Берлин (поступило 13 мая 1923 года)» ([URL: nt.ru54.com/ri/rd/bi14.htm.html](http://nt.ru54.com/ri/rd/bi14.htm.html)).

Прекрасный и поучительный пример научной объективности и доброжелательности. Короткий «конфликт Фридмана с Эйнштейном» привлёк всеобщее внимание. Это был настоящий научный спор. Победил в нём Фридман.

Вскоре была разработана модель расширяющейся Вселенной на основе теории Большого взрыва. По теории Большого взрыва зарождение Вселенной выводится из её некоего исходного состояния с последующей эволюцией, приведшей в конечном счёте к ныне наблюдаемому облику. Исходная точка, в которой было сосредоточено всё вещество наблюдаемой Вселенной, называется точкой сингулярности. *Сингулярность* (от лат. *singularis* «единственный, особенный»), в философии – это единичность существа, события, явления. Точка сингулярности не обладала геометрическими размерами, и, вследствие того что в ней было сосредоточено всё вещество Вселенной, обладающего бесконечной плотностью. Обычные физические законы в ней не соблюдались. По неизвестной причине точка сингулярности взорвалась – произошёл Большой взрыв.

Эта теория более или менее прочно утвердилась в естествознании в 70-е г. XX столетия и наиболее признаваема в настоящее время.

Таким образом, радикальное обновление представлений об устройстве мироздания заключается в следующем. Вселенная нестационарна, она имела начало во времени, следовательно, исторична и эволюционирует во времени. Эту эволюцию, протяженностью в 12 – 15 млрд лет (по

некоторым источникам 20 млрд лет), в принципе можно реконструировать.

Утверждение модели Большого взрыва связано с работами «астронома божьей милостью» Эдвина Пауэлла Хаббла. Окончив Чикагский университет с дипломом адвоката, он в двадцать пять лет поступает в Йеркскую обсерваторию и становится астрономом-наблюдателем. К этому времени в обсерватории на горе Вилсона появился самый большой телескоп в мире, обладающий зеркалом диаметром в два с половиной метра. И Хаббл вместе с Хьюмассоном начали ювелирную работу, фотографируя слабые туманности с выдержкой в несколько часов и даже суток.

В 1928 г., фотографируя спектр наиболее слабого и удаленного туманного объекта, Хьюмассон сделал особенно длительную выдержку. Когда пластинка была проявлена, Хаббл вместе с Хьюмассоном были совершенно шокированы. Галактика, обозначенная в каталоге Дрейера как NGC 7619, имела такой красный сдвиг спектра, что расчет её скорости дал величину 3800 км/с! Это была совершенно фантастическая в те времена скорость для небесного объекта.

Постепенно по мере накопления результатов наблюдений подтвердилась упомянутая выше странная особенность: почти все галактики, за небольшим исключением, показывали красное смещение. Это значило, что они удаляются от нашей звездной системы. Это было великим открытием, поражающим воображение. Оно блестяще подтверждало фридмановскую гипотезу расширяющейся Вселенной.

Объяснение данного феномена строится на эффекте Доплера. Объяснить эффект Доплера можно, наблюдая изменение высоты звука самолёта. Когда самолет, пролетая низко над вами, резко взмывает вверх, высота звука от его моторов сразу немного понижается. Это легко объяснимо. При приближении самолета звуковые волны от его двигателей колеблют вашу барабанную перепонку более часто, чем это было бы при неподвижном самолете. Это увеличивает высоту звука. Когда самолет удаляется, ощущаемые ушами толчки от звуковых колебаний менее часты. Звук становится ниже.

Абсолютно то же самое происходит в том случае, когда источник света быстро движется к вам или от вас. Если источник света движется от наблюдателя, то есть удаляется, то эффект Доплера даёт смещение положения всех спектральных линий к красному концу

спектра. По утверждению английского астронома Фреда Хойла, красное смещение для ассоциации галактик в созвездии Гидры свидетельствует о том, что эта ассоциация удаляется от Земли с громадной скоростью, равной примерно 61 000 км/с.

Таким образом, абсолютное большинство учёных признают экспериментальное подтверждение модели Большого взрыва и расширяющейся Вселенной. Позже классическая модель Большого взрыва была дополнена Дж. Гамовым и получила название модели «горячей Вселенной».

Дж. Гамов и модель «горячей Вселенной». Реликтовое излучение Вселенной

По представлениям Гамова, перед взрывом температура и давление в точке сингулярности были невероятно высоки. Затем произошел чудовищный взрыв. В первые мгновения жизни во Вселенной было так горячо, что ни один из компонентов вещества (атомы, молекулы) существовать не мог. Лишь в конце первых трех минут образовалось небольшое количество ядерного материала (ядра водорода и гелия), а первые целые атомы легких элементов возникли через несколько сотен тысяч лет после Большого взрыва.

Если модель «горячей Вселенной» верна, то, как предполагал Гамов, и сегодня во Вселенной можно отыскать следы колоссальных температур, царствовавших в первые мгновения Большого взрыва. Расчеты теоретиков показали, что к середине XX столетия это излучение должно иметь температуру не выше 3 – 4 К. Следовательно, модель «горячей Вселенной» можно подтвердить, обнаружив космическое излучение, соответствующее температуре в 3 – 4 К. В 1948 г. технических средств для подобных наблюдений еще не существовало. Радиоастрономам послевоенных лет измерение излучения столь низких температур казалось делом совершенно безнадежным.

В 1960 г. в США была построена радиоантенна, предназначенная для приёма отраженных сигналов от спутника «Эхо». Через три года исследования спутника были закончены, и два радиоинженера Р. Вилсон и А. Пензиас в лаборатории компании «Белл» решили использовать её для радиоастрономических наблюдений. Антенна представляла собой 20-футовый рупорный отражатель. Этот радиотелескоп был в то время самым чувствительным инструментом в мире для

измерения радиоволн, приходящих из космоса. А. Пензиас и Р. Вилсон не собирались искать реликтовое излучение, да и о самой теории «горячей Вселенной» они не подозревали, поскольку работали в другой сфере деятельности. Первые измерения проводились на длине волны 7,35 см. Все возможные источники помех были тщательно проанализированы и учтены. Тем не менее, А. Пензиас и Р. Вилсон с удивлением констатировали, что, куда бы их антенна ни была направлена, она воспринимает какое-то излучение постоянной интенсивности. Это не могло быть излучением нашей галактики, ибо в этом случае интенсивность его менялась бы в зависимости от того, направлена антенна вдоль плоскости Млечного Пути или поперёк.

Оставались две возможности: либо это «шумят» какие-то неучтенные помехи, либо это излучение, приходящее из далеких просторов космоса. Подозрения пали на возможные помехи в антенне. Так возникла «загадка антенны». Один из авторов измерений Р. Вилсон писал: «...антенна у нас оставалась единственным возможным источником избыточного шума... Чтобы проверить это, мы поместили пару голубей в той небольшой части рупора, где она соприкасается с теплой кабиной. Вскоре они подобно своим городским собратьям покрыли всю внутренность белым веществом. Мы выпустили голубей и почистили внутренность антенны, но получили лишь небольшое уменьшение температуры антенны. В течение этого времени проблема температуры антенны оставалась нерешённой. Значит, избыточное излучение, фиксируемое радиотелескопом, не связано с помехами в антенне. Оно приходит из космоса, причём со всех сторон с одинаковой интенсивностью» (URL: osvita-plaza.in.ua/publ/kak...reliktovoe_izluchenie...).

Дальше события, приведшие к разгадке проблемы, связаны со случайностями. А. Пензиас во время беседы со своим приятелем Б. Берке о совершенно других вопросах случайно упомянул о загадочном излучении, принимаемом их антенной. Тот вспомнил о докладе П. Пиблса, работавшего под руководством известного физика Р. Дикке. В этом докладе П. Пиблс якобы упоминал об остаточном излучении ранней Вселенной, которое сегодня должно иметь температуру около 10 К. А. Пензиас позвонил Р. Дикке, и обе группы встретились. Стало ясно, что А. Пензиас и Р. Вилсон обнаружили реликтовое излучение горячей Вселенной. В это время группа Р. Дикке, работавшая в Прин-

стоне, собиралась начать готовить аппаратуру для подобных измерений на длине волны 3 см, но не успела начать измерения. А. Пензиас и Р. Вилсон уже сделали свое открытие.

Современные наблюдения показали, что спектр реликтового излучения соответствует формуле Планка, как это и должно быть для излучения с определенной температурой. Эта температура примерно равна 3 градусам Кельвина. Так случайно было сделано замечательное открытие XX века, доказывающее, что Вселенная в начале расширения была горячей. За это открытие А. Пензиасу и Р. Вилсону была присуждена в 1978 г. Нобелевская премия по физике.

Таким образом, доминирующей моделью современного естествознания считается модель зарождения Вселенной в результате Большого взрыва – модель «горячей Вселенной».

В то же время продолжают и активно развиваются альтернативные точки зрения, основанные на креационной модели возникновения и развития Вселенной и Солнечной системы. Критика этого направления против общепринятых моделей основана на так называемом «антропном принципе» (от греч. *antropos* – «человек»).

Антропный принцип

Антропный принцип – один из фундаментальных принципов современной космологии, который фиксирует связь между крупномасштабными свойствами нашей Вселенной (Метагалактики) и существованием в ней человека, наблюдателя. Антропный принцип впервые был выдвинут Г. М. Иддисом в 1958 г. Им был поставлен вопрос о причине того, почему наблюдаемая нами часть Вселенной представляет собой расширяющуюся систему галактик, состоящих из звёзд с обращающимися вокруг них планетами, на одной из которых обитает человек. И нельзя ли решить этот вопрос исходя из самого факта нашего существования. В дальнейшем Б. Картером были разработаны слабый и сильный антропные принципы. Формулировка слабого антропного принципа, данная Картером, звучит так: «наше положение во Вселенной с необходимостью является привилегированным в том смысле, что оно должно быть совместимо с нашим существованием как наблюдателей» ([URL: PhilosophyStorm.org/node/5251](http://PhilosophyStorm.org/node/5251)). Формулировка сильного антропного принципа: «...Вселенная (и, следовательно, фундаментальные параметры, от которых она зависит) должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателей» (Там же).

Совокупность многочисленных случайностей вместе с наличием строго определенного пакета взаимосогласованных значений фундаментальных физических постоянных была метко названа П. Девисом «тонкой подстройкой Вселенной». Существование этого феномена указывает на высочайшую степень организованности Вселенной. Поскольку устройство макромира определяется свойствами составляющих его микрочастиц, то только при наличии «тонкой подстройки» развитие Вселенной может протекать по восходящей путём создания элементов нарастающей сложности и систем с возрастающими уровнями структурной и функциональной упорядоченности.

Другими словами, Вселенная «взрывным образом неустойчива» к изменениям численных значений констант. Даже небольшие их изменения привели бы к структуре Вселенной, совершенно отличной от наблюдаемой; в ней не могли бы существовать ни ядра, ни атомы, ни звёзды, ни галактики, ни, следовательно, наблюдатели.

Достаточно изменить даже одну константу в пределах всего 10 – 15 % и Вселенная выродится. Так, например, увеличение постоянной Планка более чем на 15 % лишает протон возможности объединяться с нейтроном, что делает невозможным протекание нуклеосинтеза и образование составных ядер. Уменьшение массы протона на 10 % открывает возможность для образования устойчивого ядра гелия (при нынешней массе протона этот изотоп гелия крайне неустойчив), в результате чего произошло бы выгорание всего водорода, следовательно, стало бы невозможным образование водородно-гелиевой Вселенной с галактиками, звездами и всеми другими составными её частями. Поразительна согласованность между гравитационными и электромагнитными силами, между электромагнитным взаимодействием и слабым взаимодействием – расхождение не может быть более 2 – 3 %.

Небольшая асимметрия между веществом и антивеществом позволила на ранней стадии образоваться барионной Вселенной, без чего она выродилась бы в фотонно-лептонную пустыню. Из физических законов следует, что при размерности больше трёх не может существовать устойчивых орбит планет и устойчивых состояний электронов. В других пространствах мы не могли бы существовать.

Можно долго перечислять факты «случайных» совпадений, без которых направленное развитие оборвалось бы на некотором проме-

жуточном этапе и не получило бы завершения, которое наблюдается сегодня.

Вселенная устроена так хрупко, что маленькие изменения действующих в ней закономерностей приводят к катастрофическим последствиям (Розенталь). Дж. Лесли писал, что для того чтобы жизнь в нашей Вселенной могла «балансировать на лезвии бритвы», нужна была «меткость эксперта». «Покройте территорию России монетами, уложенными столбиками так, чтобы эти столбики достигли Луны (380000 км), затем сделайте то же самое для миллиарда других территорий, равных России. Затем покрасьте одну монету в красный цвет и положите её в один из столбиков. Завяжите глаза своему другу и попросите его, чтобы он нашел эту монету» (Х. Росс, астрофизик) ([URL: livelib.ru/review/36757](http://livelib.ru/review/36757)). «Кажется, что для создания Вселенной Кто-то привёл все количественные параметры Вселенной в соответствие друг с другом... Всё это производит грандиозное впечатление замысла» (П. Дэвис, физик) ([URL: do.gendocs.ru/docs/index-294630.html](http://do.gendocs.ru/docs/index-294630.html)).

Признание феномена «тонкой подстройки» приводит к заключению, что с самого начала во Вселенной потенциально заложено появление на определенном этапе её развития «наблюдателя», что, несомненно, свидетельствует о наличии цели, замысла. Мир очень сложен, его части настолько тонко подстроены друг к другу, что нельзя избежать заключения: мир есть «произведение разумного конструктора». Сторонники «разумного замысла» опираются и на отрицательные результаты лабораторных экспериментов по моделированию механизмов аккреции по образованию планетезималей.

С подобной интерпретацией антропного принципа соглашаются не все. Следует подчеркнуть, что современные космологические теории происхождения и эволюции Вселенной начинают всё шире опираться на представления новой отрасли знания – синергетики. Идеи синергетики носят междисциплинарный характер. Они подводят базу под совершающийся в естествознании глобальный эволюционный синтез. Поэтому в синергетике видят одну из важнейших составляющих современной научной картины мира.

Согласно синергетическим представлениям, линейный характер эволюции сложных систем, к которому привыкла классическая наука, не правило, а, скорее, исключение. Развитие большинства таких систем носит нелинейный характер. А это значит, что для сложных си-

стем, Вселенной в том числе, всегда существует несколько возможных путей эволюции. Развитие осуществляется через случайный выбор одной из нескольких разрешённых возможностей дальнейшей эволюции в точке бифуркации. На основе данных гипотез продолжают разрабатываться новые модели, стремящиеся решить проблемы современных астрономических наблюдений.

Применение идей и положений синергетики приводит, тем не менее, к возникновению достаточно серьёзных проблем. Процессы самоорганизации возможны только в открытых системах, в которые должны обязательно поступать вещество, энергия и информация. Если считать Вселенную открытой системой, то что может служить её внешней средой? Современная физика полагает, что для вещественной Вселенной такой средой может являться вакуум. Но если вакуум не «ничто», как утверждает современная наука, а «нечто», то как появилось это «нечто»? И как понимать другие условия – ответов пока нет.

Вопросы для контроля знаний

- Что такое точка сингулярности?
- Охарактеризуйте содержание теории Большого взрыва.
- Какими наблюдениями подтверждается теория Большого взрыва? Кто открыл данное явление?
- Кто является автором модели «горячей Вселенной»? Опишите основные идеи данной модели.
- Что такое реликтовое излучение. Каким образом оно было открыто?
- Кратко охарактеризуйте содержание «антропного принципа».

§ 3. Мегаобъекты Вселенной. Звёзды и галактики

Характеристика и эволюция звёзд

Звезда́ – излучающий свет массивный газовый шар, удерживаемый силами собственной гравитации и внутренним давлением, в недрах которого происходят (или происходили ранее) реакции термоядерного синтеза.

Звёзды – самые распространённые объекты во Вселенной. Главными характеристиками звезды считаются светимость, масса и ради-

ус. Рождение звёзд – процесс таинственный, скрытый от наших глаз, даже вооруженных телескопом. Лишь в середине XX века астрономы поняли, что не все звёзды родились одновременно в далекую эпоху формирования галактики; рождение звёзд происходит и в наше время. Рождение звезды длится миллионы лет и скрыто от нас в недрах тёмных облаков, так что этот процесс практически недоступен прямому наблюдению. К тому же изучать звёздную эволюцию невозможно наблюдением лишь за одной звездой – многие изменения в звёздах протекают слишком медленно, чтобы быть замеченными даже по прошествии многих веков. Поэтому учёные изучают множество звёзд, каждая из которых находится на определённой стадии жизненного цикла. За последние несколько десятилетий широкое распространение в астрофизике получила реконструкция с использованием компьютерного моделирования.

Уже в XIX веке в астрономии учёные стали активно решать задачу упорядочивания и создания классификации наблюдаемых во Вселенной звёзд в процессе их эволюционного развития. Это привело к независимому созданию двумя астрофизиками диаграммы, которую сегодня принято в их честь называть диаграммой Герцшпрунга – Рассела (или сокращенно диаграмма ГР). Генри Норрис Рассел – один из крупнейших американских астрономов начала XX века – долгие годы интересовался проблемой описания жизненного цикла звёзд и пришёл к основной идее диаграммы еще в 1909 г., однако работа была опубликована лишь в 1913 г. Датчанин Эйна́р Герцшпру́нг пришёл к тем же выводам, что и Рассел, несколькими годами раньше своего американского коллеги. Однако опубликованы они были в 1905 и 1907 гг. в узкоспециализированном издании на немецком языке «Журнал научной фотографии» (*Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie*). Публикация эта поначалу попросту осталась незамеченной астрономами. Поэтому вплоть до середины 1930-х гг. эту диаграмму принято было называть просто «диаграммой Рассела», пока не было обнаружено случившееся, и теперь диаграмма носит имена обоих ученых.

Диаграмма ГР представляет собой график, на котором по вертикальной оси отсчитывается светимость (интенсивность светового излучения) звезд, а по горизонтальной – наблюдаемая температура их поверхностей. Цель диаграммы ГР заключалась в том, чтобы опреде-

лить некие закономерности их распределения по соотношению спектра и светимости и на основе этого определить эволюционный путь звезды (рис. 5).

Выясняется, что на диаграмме звёзды разделяются на достаточно строгие категории или как принято их называть в астрофизике «последовательности». Из верхнего левого угла в правый нижний тянется главная последовательность.

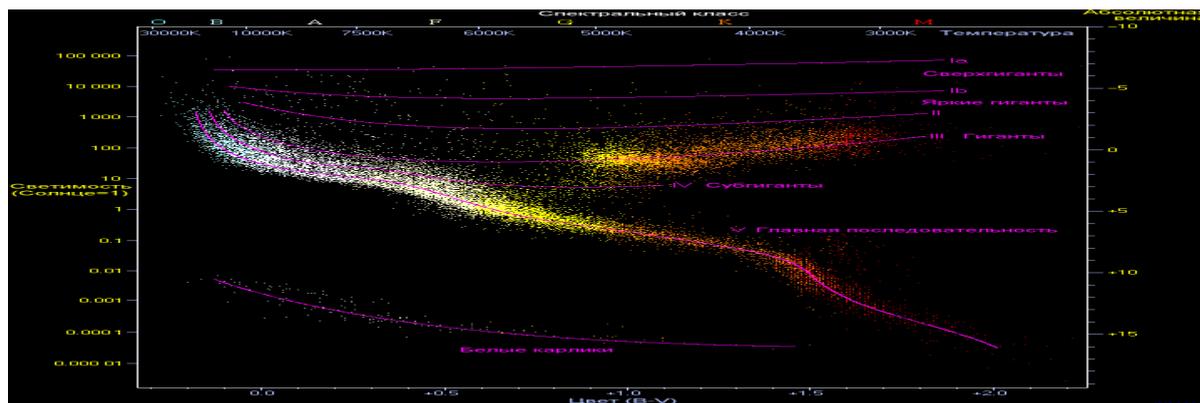


Рис. 5

Около 90 % звёзд находятся именно на главной последовательности. К ней относится, в частности, и наше Солнце. В верхней части главной последовательности расположены самые яркие и горячие звезды, а справа внизу — самые тусклые и как следствие долгоживущие. Отдельно — правее и выше — расположены так называемые красные звезды-гиганты и сверхгиганты. Эти огромные звёзды, условно говоря, светят, но не греют. Ниже и левее главной последовательности расположены белые карлики — группа относительно мелких и холодных звезд. Параллельно главной последовательности, несколько ниже её, расположены звезды, образующие *последовательность субкарликов*. Субкарлики — это старые, маломассивные, бедные тяжёлыми элементами звёзды. По современным воззрениям, они реликты времён самого начала звездообразования, дожившие до наших дней благодаря малой массе: продолжительность их эволюции превышает время существования Вселенной.

Эти последовательности на диаграмме ГР соответствуют этапам жизненного цикла звезд. Красные гиганты и сверхгиганты в правом верхнем углу — это доживающие свой век звёзды с раздувшейся-

ся внешней оболочкой (через 6,5 млрд лет такая участь постигнет и наше Солнце – его внешняя оболочка выйдет за пределы орбиты Венеры). Они излучают в пространство примерно такое же количество энергии, что и звёзды основного ряда, но, поскольку площадь поверхности, через которую излучается эта энергия, превосходит площадь поверхности молодой звезды на несколько порядков, сама поверхность гиганта остается относительно холодной.

В левом нижнем углу диаграммы ГР расположена группа белых карликов. Это звёзды малого размера, обычно не больше нашей Земли. Поэтому, излучая в космос относительно немного энергии, они по причине весьма незначительной площади их поверхностной оболочки светятся в достаточно ярком спектре.

По диаграмме Герцшпрунга – Рассела можно проследить весь жизненный путь звезды. Сначала звезда главной последовательности (подобная Солнцу) конденсируется из газопылевого облака и уплотняется. Достигнув условий, необходимых для разжигания первичной реакции термоядерного синтеза, звезда появляется где-то в основной последовательности диаграммы ГР. Пока звезда горит (запасы водорода не исчерпаны), она так и остается на своём месте в основной последовательности, практически не смещаясь. После того как запасы водорода исчерпаны, звезда сначала перегревается и раздувается до размеров красного гиганта или сверхгиганта, отправляясь в правый верхний угол диаграммы, а затем остывает и сжимается до размеров белого карлика, оказываясь слева внизу.

Обратим внимание, что речь идёт не о физическом перемещении звезды, а только о её положении на указанной диаграмме, зависящем от параметров звезды. Фактически перемещение звезды по диаграмме соответствует лишь изменению физических характеристик звезды.

Эволюция звезды начинается, по современным представлениям, в звёздной колыбели – гигантском молекулярном облаке. По мере того как молекулярное облако вращается вокруг какой-либо галактики, несколько факторов могут вызвать гравитационный коллапс. К примеру, облака могут столкнуться друг с другом или одно из них может пройти через плотный рукав спиральной галактики. Другим фактором может стать близлежащий взрыв сверхновой звезды, ударная волна которого столкнётся с молекулярным облаком на огромной скорости. Кроме того, возможно столкновение галактик, способное вызвать

всплеск звездообразования. При коллапсе молекулярное облако разделяется на части, образуя всё более и более мелкие сгустки. Фрагменты с массой меньше ~ 100 солнечных масс способны сформировать звезду. Таким образом, звезда начинает свою жизнь как холодное разряжённое облако межзвёздного газа, сжимающееся под действием собственного тяготения и постепенно принимающее форму шара. При сжатии энергия гравитации переходит в тепло, и температура объекта возрастает. Когда температура в центре достигает 15 – 20 миллионов кельвинов, начинаются термоядерные реакции и сжатие прекращается. Объект становится полноценной звездой. Такая звезда начинает светиться. Далее звезда может существовать в стабильном состоянии.

Очень малая доля протозвёзд не достигает достаточной для реакций термоядерного синтеза температуры. Такие звёзды получили название «коричневые карлики», их масса не превышает одной десятой солнечной. Коричневого карлика ещё называют субзвездой. Это массивный газовый шар, слишком большой, чтобы быть планетой, и слишком маленький, чтобы стать звездой. Он меньше Солнца, но в несколько раз больше Юпитера. Коричневые карлики не излучают ни света, ни тепла. Это лишь тёмный сгусток материи, существующий на просторах Вселенной. Такие звёзды быстро умирают, постепенно остывая за несколько сотен миллионов лет.

Эволюционный путь звезды определяется её массой, так как масса определяет количество горючего. Интересна *эволюция сверхмассивных звёзд*. После того как звезда с массой, большей чем пять солнечных, входит в стадию красного сверхгиганта, её ядро под действием сил гравитации начинает сжиматься. По мере сжатия увеличиваются температура и плотность, и начинается новая последовательность термоядерных реакций. В таких реакциях синтезируются всё более тяжёлые элементы: гелий, углерод, кислород, кремний и железо, что временно сдерживает коллапс ядра. На этом этапе дальнейший термоядерный синтез становится невозможен. Поэтому когда железное ядро звезды достигает определённого размера, происходит коллапс ядра с нейтронизацией его вещества. То, что происходит в дальнейшем, пока не ясно. Тем не менее, рассматриваются два варианта: нейтронные звезды и чёрные дыры.

Нейтронные звёзды. Известно, что в некоторых сверхновых звездах сильная гравитация в недрах сверхгиганта заставляет элек-

троны поглотиться атомным ядром, где они, сливаясь с протонами, образуют нейтроны. Ядро звезды теперь представляет собой плотный шар из атомных ядер и отдельных нейтронов. Такие звёзды, известные как нейтронные, чрезвычайно малы – не более размера крупного города – и имеют невообразимо высокую плотность.

Чёрные дыры. Если масса звезды, оставшейся после сброса оболочки «красным гигантом» превосходит солнечную в 1,2 – 2,5 раза, то, как показывают расчеты, устойчивый «белый карлик» образоваться не может. Звезда начинает сжиматься, и её радиус достигает ничтожных размеров в 10 км, а плотность вещества такой звезды превышает плотность атомного ядра. Если же оставшаяся масса ещё больше, то гравитационное сжатие неудержимо сжимает вещество и дальше. Вступает в действие одно из предсказаний общей теории относительности, согласно которому вещество сожмётся *в точку*. Это явление называется гравитационным коллапсом. После этого звезда становится чёрной дырой. Существование чёрных дыр было предсказано общей теорией относительности. *Чёрная дыра – область пространства-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть её не может даже свет.* Поэтому чёрной дыре дали образное название – «гравитационная могила».

Непосредственно наблюдать черную дыру невозможно, можно лишь догадаться о её существовании по косвенным эффектам. Обнаружить данный гравитационный объект можно по поглощаемому веществу, которое испускает при этом рентгеновское излучение. Один из объектов, отвечающий признакам чёрной дыры, был обнаружен в 1972 г. в созвездии Лебедя.

В истории представлений о чёрных дырах условно можно выделить три периода. Начало первого периода связано с опубликованной в 1784 г. работой Джона Мичелла, английского геофизика и астронома (1724 – 1793 гг.). Используя законы Ньютона, Мичелл предположил, что в природе могут существовать столь массивные звезды, что даже луч света не способен покинуть их поверхность. Так родилась концепция «ньютоновской» черной дыры. Такую же идею высказал в своей книге «Система мира» (1796) французский математик и астроном П. С. Лаплас. Простой расчет позволил ему спрогнозировать, что светящаяся звезда с плотностью, равной плотности Земли, и диаметром в 250 раз большим диаметра Солнца, не даст выйти ни одному световому лучу из-за своего тяготения.

Второй период связан с развитием общей теории относительности, стационарное решение уравнений которой было получено Карлом Шварцшильдом в 1915 г. Третий период связывают с публикацией в 1975 г. работы Стивена Хокинга, в которой он предложил идею об излучении чёрных дыр. Граница между вторым и третьим периодами довольно условна, поскольку не сразу стали ясны все следствия открытия Хокинга, изучение которых продолжается до сих пор.

Учёные имеют веские доказательства существования двух различных классов чёрных дыр: первые – это чёрные дыры со звёздными массами примерно в 10 раз больше Солнца, вторые – сверхмассивные чёрные дыры, которые располагаются в центре галактик и имеют массу от сотен тысяч до миллиардов масс Солнца.

Одним из возможных механизмов для формирования сверхмассивных чёрных дыр является цепная реакция столкновения звёзд и компактных звёздных скоплений, что приводит к накоплению очень массивных объектов, которые затем формируются в чёрные дыры промежуточной массы. Далее промежуточные чёрные дыры притягиваются к центру галактики и сливаются со сверхмассивной чёрной дырой в центре галактики.

В настоящее время прогнозируется существование совершенно экзотических объектов – белых дыр. *Белая дыра* является временной противоположностью чёрной дыры. Если из чёрной дыры невозможно выбраться, то в белую дыру невозможно попасть. Основанием прогнозов о существовании белых дыр является то обстоятельство, что общая теория относительности и большинство других теорий гравитации обратимы во времени. Следовательно, можно развернуть решение гравитационного коллапса во времени и получить объект, который не схлопывается, а, наоборот, рождается из невидимой сингулярности под горизонтом событий прошлого. Это и будет белая дыра. Учёные называют белые дыры космическими вулканами, выбрасывающими в пространство энергию и материю, которую поглощают чёрные дыры. Таким образом, по некоторым предположениям, могут зарождаться новые вселенные.

На сегодняшний день неизвестны физические объекты, которые можно достоверно считать белыми дырами. Исходя из этого, белые дыры считаются сейчас абсолютно гипотетическими объектами, допустимыми теоретически общей теорией относительности, но вряд ли существующими во Вселенной, в отличие от чёрных дыр.

Звёзды составляют различные системы: двойные, тройные, кратные. Более крупными коллективами являются рассеянные звездные скопления: от десятков и сотен до тысячи и двух тысяч звезд. Ещё более крупными объединениями можно считать шаровые звездные скопления, насчитывающие иногда более миллиона звезд. Академик В. А. Амбарцумян открыл еще один тип звездного содружества – ассоциации молодых горячих звезд. Все эти содружества входят в состав гигантской звездной системы, носящей название галактики и содержащей около ста миллиардов членов.

Характеристика и эволюция галактик

Галактиками называют гравитационно связанные звездные системы, содержащие миллиарды звезд.

К началу XIX века мир небесных тел состоял из звёзд, планет, комет, астероидов и «косматых» объектов, как называли в те годы непонятные туманности, не различимые ни в какие телескопы. К началу XX века астрономы уже знали примерно 13 тыс. таких туманностей. Впоследствии была обнаружена забытая гипотеза Иммануила Канта, который в 1755 г. предполагал, что туманности представляют собой гигантские скопления звёзд, которые находятся на колоссальных расстояниях от нас. Кант даже назвал их «островными вселенными». Но в то время никаких звёзд в туманностях не было видно даже в лучшие телескопы.

В 1784 г. король английских астрономов Вильям Гершель загорается идеей выяснить строение Вселенной. Расчертив небо на участки, он подсчитал число ярких точек. Оказалось, что количество звёзд действительно возрастает, но только в одном направлении – к Млечному Пути. И тогда он делает вывод о том, что число звёзд во Вселенной далеко не бесконечно. Все звёзды, скорее всего, собраны в одну кучу и образуют единую звёздную систему, напоминающую по форме линзу или чечевицу. Назвал её Гершель галактикой и подсчитал, что содержать она должна примерно 300 миллионов звёзд. Тогда же Гершель писал, что теперь ему небо представляется великолепным садом, в котором находится масса разнообразнейших растений, посаженных в различные грядки и находящихся в различных степенях развития. До конца своей жизни ему удалось открыть 2500 туманностей, совершить четыре полных обзора неба.

Новая эпоха в астрономии началась в двадцатые годы XX столетия. Э. Хаббл с помощью мощных инструментов доказал, что спиральные и некоторые другие туманные пятнышки, с трудом различимые на фотографиях, на самом деле являются удалёнными от нас звёздными системами, вполне сравнимыми по размерам с нашей галактикой. Тем самым радиус исследуемого человеком мира увеличился в десятки тысяч раз. Тогда же, в 20-х г. XX столетия, началось развитие внегалактической астрофизики.

Наше Солнце входит в одну из галактических систем – «Млечный путь». Звёзды галактики образуют плоский диск. Солнечная система находится почти на краю диска, поэтому земной наблюдатель видит диск «с ребра», и огромное количество удалённых звёзд сливается для него в одну светящуюся полосу, которая видна на ночном небе как Млечный Путь. Отсюда и название «галактика»: galactikos – молочный, млечный.

Наиболее общепринятую классификацию галактик предложил Э. Хаббл в 1926 г. Классификация оказалась столь удачной, что с незначительными изменениями, сделанными самим Хабблом в 1936 г., используется астрономами всего мира и сегодня. Согласно этой классификации галактики объединяются в пять основных типов: эллиптические (*E*), линзообразные (*SO*), обычные спиральные (*S*), пересеченные спиральные (*SB*) и неправильные (*Ir*).

Каждый тип галактик подразделяется на несколько подтипов, или подклассов. *Эллиптические галактики* составляют 25 % от общего числа галактик. Они выглядят как нерезкий круг или эллипс, яркость которого быстро уменьшается от центра к периферии. По форме эллиптические галактики очень разнообразны: бывают как шаровые, так и очень сплюснутые. В связи с этим они разделены на 8 подклассов от E0 (шаровая форма, сжатие отсутствует) до E7 (наибольшее сжатие). Они сравнительно медленно вращаются, заметное вращение наблюдается только у галактик со значительным сжатием. Отсутствие в этих галактиках газа и пыли и голубовато-белых массивных звезд указывает на то, что в них не идёт процесс звездообразования. Это наиболее простые по структуре галактики. Состоят они преимущественно из старых звёзд. Холодного газа, как и космической пыли в них почти нет, наиболее массивные галактики заполнены очень разреженным горячим газом с температурой более 1 000 000 К, поэтому цвет этих галактик красноватый.

Каждая *спиральная галактика* имеет центральное сгущение и несколько спиральных ветвей, или рукавов. Спиральные галактики составляют около 50 % всех наблюдаемых галактик. Диск спиральных галактик погружен в разреженное слабосветящееся облако звезд – гало. В некоторых галактиках центральная часть имеет шарообразную форму и ярко светится. Эта часть называется балдж (от англ. bulge – утолщение, вздутие). У других галактик в центральной части располагается «звездная перемичка» – бар. В некоторых ядрах помимо звезд наблюдается яркий звездоподобный источник в центре и светящийся газ, движущийся со скоростью тысячи километров в секунду. Такие галактики получили название галактик с активными ядрами, или сейфертовских.

У обычных спиральных галактик типа *S* ветви отходят непосредственно от центрального сгущения, а у пересечённых спиральных галактик типа *SB* – от перемички, пересекающей центральное сгущение. Спиральные галактики имеют рукава голубоватых цветов, так как в них присутствует много молодых гигантских массивных звёзд спектральных классов *O* и *B*. Эти звёзды возбуждают свечение диффузных газовых туманностей, разбросанных вместе с пылевыми облаками вдоль спиральных ветвей. Все спиральные галактики вращаются со значительными скоростями, поэтому звёзды, пыль и газы сосредоточены у них в узкой области в виде диска. Обилие газовых и пылевых облаков и присутствие ярких голубых гигантов говорит об активных процессах звездообразования, происходящих в спиральных рукавах этих галактик.

Промежуточными между *E*-галактиками и *S*-галактиками являются *линзообразные галактики* типа *SO*. У них центральное сгущение сильно сжато и похоже на линзу, а ветви отсутствуют. Состоят галактики из старых звёзд-гигантов, поэтому и цвет их красноватый.

Неправильные галактики получили обозначение *Ir* (англ. irregular – неправильные, беспорядочные) за отсутствие правильной структуры. Состоят из молодых звезд, содержат много межзвездного газа, который составляет от 10 до 50 % общей массы галактики. Несмотря на всё их разнообразие, неправильные галактики можно разбить на два основных подкласса: галактики типа Большого Магелланова облака и голубые компактные галактики. У первых имеется небольшое ядро и зачатки спиральных ветвей, часто с перемичкой. Они похожи на сла-

бопроэволюционировавшие спиральные галактики. Это могут быть очень молодые галактики, в которых только сейчас начинают зарождаться звёзды, или это старые галактики, в которых звёзды образуются «скачками», и мы как раз застали одну из таких вспышек. Химический состав этих галактик мало изменился с момента их образования.

Детально разработанной теории возникновения и эволюции галактик пока нет. Однако основные представления об этом процессе вырисовываются всё отчетливее. Образование галактик рассматривают как естественный этап эволюции горячей Вселенной. По видимому, более 15 млрд лет назад в первичном веществе благодаря гравитационной неустойчивости началось обособление протоскоплений с характерными массами порядка 10^{16} масс Солнца. В протоскоплениях в ходе разнообразных динамических процессов происходило выделение групп протогалактик. Дальнейшая эволюция протогалактик определялась их собственным гравитационным полем и гравитацией протоскопления. Многообразие форм галактик связано с разнообразием начальных условий образования протогалактик. Например, если галактика возникла из быстровращающейся протогалактики, то она становилась спиральной, если из медленно вращающейся, то эллиптической.

Сжатие протогалактики длится около 3 млрд лет. За это время происходит превращение газового облака в звёздную систему. Дальнейшая эволюция галактики определяется комплексом процессов: эволюцией звёзд, химической эволюцией, структурно-динамической эволюцией звёздной системы.

Вопросы для контроля знаний

- Что называется звездой?
- Какова цель создания диаграммы Герцшпрунга – Рассела?
- Охарактеризуйте каждый участок диаграммы Герцшпрунга – Рассела.
- Как зависит эволюционный путь звезды от её массы? Опишите эволюцию звёзд различной массы.
- Что такое галактика?
- Опишите классификацию Э. Хаббла. Охарактеризуйте каждый тип галактик.

§ 4. Планеты солнечной системы. Планеты земной группы и планеты- гиганты

Характеристика планет земной группы

Планета (греч. *πλάνης* «странник») – это небесное тело, вращающееся по орбите вокруг звезды или её остатков, достаточно массивное, чтобы стать округлым под действием собственной гравитации, но недостаточно массивное для начала термоядерной реакции.

Греческие астрономы ввели термин *πλάνητες αστέρες* «блуждающие звёзды» для описания отличия звездоподобных объектов, перемещающихся в течение года на звёздном небе, в отличие от *asteres arplanis* «неподвижных звёзд», которые были неподвижны друг относительно друга. Пять тел, ныне называемых планетами, были известны уже древним грекам. Это те, которые видны невооруженным глазом: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн.

Чёткое определение «планеты» понадобилось в 2005 г., когда был открыт транснептуновый объект Эрида, который оказался больше Плутона – самой маленькой среди признанных на тот момент планет. В 2006 г. Международный астрономический союз (МАС), институт, ответственный за вопросы номенклатуры, дал новое определение планеты. Новое определение применяется только к объектам Солнечной системы. *Планета* – это тело, вращающееся вокруг Солнца, достаточно массивное, чтобы иметь шарообразную форму под воздействием собственной гравитации и имеющее вблизи своей орбиты пространство, свободное от других тел. В соответствии с новым определением Плутон, наряду с другими транснептуновыми объектами, больше не является планетой. Решение МАСа не разрешило всех противоречий, и хотя множество учёных приняли это определение, часть астрономического сообщества отрицает его.

Планеты можно поделить на два основных класса: большие, имеющие невысокую плотность, планеты-гиганты, и менее крупные планеты, имеющие твёрдую поверхность – планеты земной группы. Согласно определению Международного астрономического союза, в Солнечной системе 8 планет. В порядке удаления от Солнца – четыре землеподобных: Меркурий, Венера, Земля, Марс; затем четыре планеты-гиганта: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. В Солнечной системе также есть, по крайней мере, пять карликовых планет: Плутон (до 2006 г. считавшийся девятой планетой), Макемаке, Хаумеа, Эрида и

Церера. За исключением Меркурия и Венеры, вокруг всех планет обращается хотя бы по одному спутнику.

На 2 ноября 2014 г. достоверно подтверждено существование 1849 экзопланет в 1160 планетных системах, из которых в 471 имеется более одной планеты. Размеры экзопланет лежат в пределах от размеров планет земной группы до более крупных, чем планеты-гиганты.

Первым, высказавшим мысль о том, что многие звёзды, как и Солнце, окружены планетами, был Джордано Бруно в XVI веке. Все планеты – остывшие тела, светящиеся отражённым светом. Образно планеты можно назвать огромными космическими зеркалами, отражающими свет звезды, около которой они обращаются.

Знание о Вселенной и Солнечной системе кардинальным образом зависит от того инструментария, которым располагает наблюдатель. Непосредственное, визуальное наблюдение дают представления лишь о самых ближайших астрономических объектах. Изобретение Г. Галилеем телескопа произвело настоящую астрономическую революцию и позволило расширить знания о планетах солнечной системы, особенностях поверхностей планет и спутников. Именно изобретение технологического инструментария послужило причиной становления научной космологии. В настоящее время основная масса информации о планетах Солнечной системы получена с помощью летательных аппаратов.

Меркурий – первая к Солнцу планета. Планета названа в честь древнеримского бога торговли – быстроногого *Меркурия*, поскольку она движется по небу быстрее других планет. Из-за незначительного наклона оси вращения Меркурия к плоскости его орбиты заметных сезонных изменений на планете нет. Нет у Меркурия и спутников. Учёные считают, что в центре планеты находится большое железное ядро – на его долю приходится 80 % массы планеты, а сверху – мантия из каменных пород.

Первым исследовал Меркурий американский космический зонд «Маринер-10», который в 1974 – 1975 гг. трижды пролетел мимо планеты. Поверхность планеты похожа на сморщенную яблочную кожуру, она изрыта трещинами, впадинами, горными хребтами, наиболее высокие из которых достигают 2 – 4 км, отвесными уступами-эскарпами высотой 2 – 3 км и длиной в сотни километров. В ряде районов планеты на поверхности видны долины, бескратерные равнины. На изученном полушарии Меркурия имеется единственное ровное место – Равнина Жары. Предполагается, что это застывшая

лава, излившаяся из недр после столкновения с гигантским астероидом около 4 млрд лет назад.

Атмосфера Меркурия имеет крайне низкую плотность. Она состоит из водорода, гелия, кислорода, паров кальция, натрия и калия (табл. 2). «Атмосферой» эту тонкую оболочку можно назвать лишь с большой натяжкой. Давление у поверхности планеты в 500 млрд раз меньше, чем у поверхности Земли (это меньше, чем в современных вакуумных установках на Земле).

Таблица 2

Общие характеристики планеты Меркурий	Показатель
Средняя орбитальная скорость, км/с	47,87
Масса, кг (Масса Земли = 1)	0,55
Экваториальный радиус (Земля = 1)	0,3825
Средняя плотность, г/см ³	5,427
Сила тяжести (Земля = 1)	0,38
«Сутки» – период вращения вокруг оси, дн.	58,646
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, дн.	88
Температура на поверхности, °С:	
минимальная	-173
средняя	(-200)
максимальная	+427
Количество спутников	Нет

Меркурий обладает магнитным полем, которое, по результатам измерения «Маринера-10», примерно в 100 раз меньше земного. Во время второго пролёта планеты 6 октября 2008 г. «Мессенджер» обнаружил, что магнитное поле Меркурия может иметь значительное количество окон.

Планета Венера. Названа именем богини любви из римского пантеона. Это единственная из восьми основных планет Солнечной системы, получившая название в честь женского божества.

Планета – наша ближайшая соседка. Расстояние от Солнца до Венеры составляет 108 000 000 км. Венера очень медленно вращается вокруг своей оси в направлении, обратном вращению Земли (т. е. с востока на запад). Благодаря советским и американским межпланетным станциям в настоящее время известно, что Венера – планета со сложным рельефом. Здесь обнаружены гористые участки местности с перепадом высот 2 – 3 км, вулкан высотой около 1 км, огромная котловина (протяженностью 1500 км с севера на юг и 1000 км. с запада

на восток) и относительно ровные участки. Изучение Венеры с помощью телескопов оказалось невозможным, так как ещё М. В. Ломоносов (1711 – 1765 гг.), наблюдая 6 июня 1761 г. прохождение планеты на фоне Солнца, установил, что Венера окружена «знатною воздушною атмосферой, таковой (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного» (URL: dolis.com.ru/kosmicheskij-desant).

Атмосфера планеты простирается до высоты 5500 км, а её плотность в 35 – 50 раз превосходит плотность земной. Плотность атмосферы Венеры у поверхности всего в 14 раз меньше плотности воды. Атмосферное давление в 92 – 100 раз выше, чем на Земле и соответствует давлению воды на глубине 910 м. В 1967 г. советский межпланетный зонд «Венера-4» впервые передал сведения об атмосфере планеты, которая на 96 % состоит из углекислого газа, имеется небольшое количество двуокиси серы. Из-за высокой концентрации углекислого газа, который подобно плёнке удерживает тепло у поверхности, на планете наблюдается парниковый эффект, поддерживающий температуру около 460 °С, превращая планету фактически в печь. Это превышает температуру поверхности Меркурия, находящегося вдвое ближе к Солнцу (табл. 3). По этой же причине возле поверхности Венеры исключено всякое существование жидкой воды. В атмосфере присутствуют пары и капельки серной кислоты. Поэтому многие исследователи считают, что там возможны кислотные дожди. В венерианской атмосфере молнии бьют в два раза чаще, чем в земной. Это явление получило название «электрический дракон Венеры». Впервые этот феномен был зафиксирован аппаратом «Венера-2». Природа такой электрической активности пока неизвестна. В таких условиях органическая жизнь исключается.

Таблица 3

Общие характеристики планеты Венера	Показатель
Средняя орбитальная скорость, км/с	35,02
Масса, кг (Масса Земли = 1)	0,8136
Экваториальный радиус (Земля = 1)	0,949
Средняя плотность, г/см ³	5,204
«Сутки» – период вращения вокруг оси, дн. (сут.)	243,0183
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, дн.	224,7
Температура, °С:	
средняя	461,85
максимальная	530
Количество спутников	Нет

В 1981 г. станции «Венера-13» и «Венера-14» исследовали образцы грунта планеты и передали на Землю первые цветные фотографии Венеры. Благодаря этому мы знаем, что поверхностные породы планеты близки по составу к земным осадочным породам, а небо над горизонтом Венеры оранжево-жёлто-зелёное, поэтому её можно назвать планетой оранжевых сумерек.

В настоящее время полеты людей на Венеру маловероятны, но на высоте 50 км от планеты температура и давление близки к условиям на Земле, поэтому здесь возможно создание межпланетных станций для изучения Венеры и для подзарядки космических кораблей. Венера обладает слабым магнитным полем. Магнитный момент Венеры не превышает 5 – 10 % магнитного поля Земли. Современные предположения по поводу слабого магнитного поля Венеры состоят в том, что в предположительно железном ядре Венеры отсутствуют конвективные потоки. Она наряду с Меркурием является планетой, не имеющей естественных спутников.

Марс. Минимальное расстояние от Солнца примерно 206,6 млн км, максимальное – 249,2 млн км; из-за этого различия количество поступающей от Солнца энергии варьируется на 20 – 30 %. Наклон экватора к орбите почти как у Земли. Это значит, что смена дня и ночи и смена времен года на Марсе протекает почти так же, как на Земле. По расчётам, ядро Марса имеет массу до 9 % массы планеты. Оно состоит из железа и его сплавов и пребывает в жидком состоянии. Марс имеет мощную кору толщиной 100 км. Красный цвет Марса объясняется тем, что его грунт наполовину состоит из окислов железа. Планета как бы «проржавела». Есть на Марсе и песчаные дюны, гигантские каньоны и разломы, а также метеоритные кратеры. Наиболее грандиозная система каньонов – долина Маринера длиной 4 тыс. км. В прошлом на Марсе могли протекать реки, которые и оставили русла, наблюдаемые в настоящее время.

Небо над Марсом тёмно-фиолетовое, и яркие звёзды видны даже днём в спокойную тихую погоду. Атмосфера состоит из углекислого газа, азота, водорода, аргона, водяного пара, кислорода. Зимой углекислота замерзает, превращаясь в сухой лед. Среднее давление атмосферы в 160 раз меньше, чем у поверхности Земли. Атмосфера Марса сильно разрежена. Марс – холодная планета. Самая низкая зарегистрированная температура Марса – 139 °С. На Марсе есть климатиче-

ские пояса, подобные земным. В экваториальном поясе в полдень температура поднимается до +20 – 25 °С, а ночью падает до –40 °С. В умеренном поясе утром температура составляет 50 – 80 °С (табл. 4).

Предполагают, что несколько миллиардов лет назад на Марсе была атмосфера плотностью 1 – 3 бар. При таком давлении вода должна находиться в жидком состоянии, а углекислый газ — испаряться, и мог возникнуть парниковый эффект (как на Венере). Однако Марс постепенно терял атмосферу из-за своей малой массы.

На Марсе находится самый высокий вулкан Солнечной системы – Олимп. Его высота 27 400 м. Это потухший вулкан, который, вероятнее всего, около 1,5 млрд лет назад извергал лаву.

Таблица 4

Общие характеристики планеты Марс	Показатель
Средняя орбитальная скорость, км/с	24,13
Масса, кг (Масса Земли = 1)	0,1074
Экваториальный радиус (Земля = 1)	0,532
Средняя плотность, г/см ³	3,933
«Сутки» – период вращения вокруг оси, дн.	24,62 ч
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, дн.	687
Температура, °С:	
максимальная	+20, 25
минимальная	– 40
Количество спутников	2

В 1965 г. американский зонд «Маринер-4» передал первые изображения Марса. На основании этих, а также снимков с «Маринер-9», советских зондов «Марс-4» и «Марс-5» и американских «Викинг-1» и «Викинг-2», работавших в 1974 г., была составлена первая карта Марса. А в 1997 г. американский космический корабль доставил на Марс робота – шестиколесную тележку длиной 30 см и массой 11 кг. Робот находился на Марсе с 4 июля по 27 сентября 1997 г., изучая эту планету. Передачи о его передвижении транслировались по телевидению и сети Интернет.

Согласно показаниям магнитометров станций «Марс-2» и «Марс-3», напряжённость магнитного поля на экваторе приблизительно в 500 раз слабее земного. У Марса два спутника – Деймос и Фобос.

Характеристика планет-гигантов

Юпитер. Планета была известна людям с глубокой древности, что нашло своё отражение в мифологии и религиозных верованиях различных культур: месопотамской, вавилонской, греческой и др. Современное название Юпитера происходит от имени древнеримского верховного бога-громовержца. Это пятая планета от Солнца, крупнейшая в Солнечной системе. Наряду с Сатурном, Ураном и Нептуном Юпитер классифицируется как газовый гигант.

Масса Юпитера в 2,47 раза превышает суммарную массу всех остальных планет Солнечной системы, вместе взятых, в 317,8 раз – массу Земли. Это даёт астрономам некоторые основания считать Юпитер «неудавшейся звездой».

Расстояние от Солнца до Юпитера равно 779000000 км. Ось вращения Юпитера почти перпендикулярна его орбите, следовательно, на планете смена времен года выражена слабо.

Атмосфера Юпитера очень плотная. Она состоит из водорода (89 %) и гелия (11 %), напоминая по химическому составу Солнце. Её протяженность 6000 км. Оранжевый цвет атмосфере придают соединения фосфора или серы. Для людей она губительна, так как содержит ядовитые аммиак и ацетилен. Разные части атмосферы планеты вращаются с разными скоростями. Экваториальные его части вращаются быстрее, чем приполярные области. Ветры на Юпитере достигают скорости 500 км/ч (табл. 5).

Таблица 5

Общие характеристики планеты Юпитер	Показатель
Орбитальная скорость, км/с	От 12,44 до 13,72
Масса, кг (Масса Земли = 1)	317,838
Экваториальный радиус (Земля = 1)	11,209
Средняя плотность, г/см ³	1,326
«Сутки» – период обращения вокруг оси, ч	9,925
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, лет	12
Температура верхних облаков, °С	- 140
Количество открытых спутников	67

Наверху облаков Юпитера температура около –145 °С. Ближе к центру планеты температура увеличивается. В точке, где атмосферное

давление в десять раз больше по сравнению с таковым на Земле, температура 21 °С, которую некоторые учёные шутя называют «комнатной температурой». В ядре планеты температура намного выше и достигает приблизительно 24000 °С, то есть ядро Юпитера горячее, чем поверхность Солнца.

Достопримечательностью Юпитера является Большое красное пятно, которое наблюдают уже 300 лет. Оно было открыто в 1664 г. английским естествоиспытателем Робертом Гуком (1635 – 1703 гг.). Сейчас его длина достигает 25 000 км, а 100 лет назад она была около 50 000 км. Оно как бы живёт своей жизнью – то расширяется, то сжимается. Цвет его также меняется. Американские зонды «Пионер-10» и «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2», «Галилео» выяснили, что у пятна нет твёрдой поверхности, оно вращается, как циклон в атмосфере Земли. Предполагают, что Большое красное пятно – это атмосферное явление, вероятно, верхушка циклона, бушующего в атмосфере Юпитера. В атмосфере Юпитера обнаружено также белое пятно размером более 10 000 км.

Планеты-гиганты и их главный представитель Юпитер не имеют поверхности в полном смысле этого слова, которая отделяла бы твёрдую оболочку планеты от своеобразного водородного океана. Иными словами, резкого перехода от жидкого молекулярного водорода к металлическому на Юпитере не существует. Также, по-видимому, не существует чёткой границы между юпитерианской атмосферой и глобальным водородным океаном. На глубине, равной 0,24 радиуса планеты, или 17 тыс. км, при давлении 3 млн атмосфер и температуре 10 000 °С совершается переход жидкого водорода в качественно новое состояние – металлическую фазу. Он превращается в металл, в котором протоны и электроны существуют отдельно. По физическим свойствам металлический водород напоминает обычный жидкий металл с высокой проводимостью. При быстром вращении Юпитера в нём возникают сильные кольцевые электрические токи, которые порождают мощное магнитное поле планеты. Магнитное поле у полюсов Юпитера в 20 раз сильнее магнитного поля Земли. Его полярность обратна полярности земного магнитного поля. Юпитер обладает самой мощной и активной магнитосферой из всех планет.

На сегодняшний день у Юпитера известно 67 спутников. Самые крупные из них Ио и Европа размером с Меркурий. Они всегда по-

вернуты к Юпитеру одной стороной, как Луна к Земле. Двадцать внешних спутников Юпитера настолько далеки от планеты, что невидимы с её поверхности невооруженным глазом, а Юпитер в небе самого дальнего из них выглядит меньше Луны.

Сатурн является шестой планетой нашей Солнечной системы и знаменит своими кольцами. Сатурн относится к типу газовых планет: он состоит в основном из газов и не имеет твёрдой поверхности. Своими размерами планета уступает только Юпитеру и считается второй по величине во всей Солнечной системе. Её назвали в честь древнеримского бога земледелия Сатурна, который у греков именовался Кронос (титан и отец самого Зевса). Планету вместе с кольцами можно разглядеть с Земли даже в обычный небольшой телескоп.

Строение Сатурна и Юпитера имеет множество общих черт как в составе, так и в основных характеристиках, но их внешний вид довольно заметно различается. У Юпитера выделяются яркие тона, тогда как у Сатурна они заметно приглушены. Из-за меньшего количества в нижних слоях облакообразных образований полосы на Сатурне менее заметны. Ещё одно сходство с пятой планетой: Сатурн выделяет большее количества тепла, чем получает от Солнца. Атмосфера Сатурна практически полностью состоит из водорода 96% (H_2), на 3 % из гелия (He). Менее 1% составляют метан, аммиак, этан и другие элементы. Скорость ветра на Сатурне может достигать местами 1800 км/ч, что значительно больше, чем на Юпитере.

На глубине около 30 тыс. км водород меняется и становится металлическим. Ядро в центре планеты получается каменно-железным с примесью льда. Присутствие льда в центре Сатурна, где температура около 20 тыс. градусов, объясняется существованием одного и того же вещества в различных модификациях, то есть одно и то же вещество может образовывать различные кристаллические решётки. В частности, науке известны кристаллические модификации воды, отличающиеся друг от друга не меньше, чем графит от химически тождественного ему алмаза. Например, так называемый лёд VII имеет плотность, почти вдвое превосходящую плотность обычного льда, и при больших давлениях его можно нагревать до нескольких сот градусов! Поэтому в центре Сатурна при давлении в миллионы атмосфер присутствует лед, то есть в данном случае смесь из кристаллов воды, метана и аммиака (табл. 6).

При изучении газообразных планет ученые столкнулись с проблемой. Ведь там нет чёткой границы между атмосферой и поверхностью. Проблема была решена следующим образом: берётся некая нулевая высота «зеро», точка, на которой температура начинает отсчитываться в обратном направлении. Собственно говоря, так происходит и на Земле. Как и на Юпитере, температура в верхних слоях атмосферы Сатурна остается очень низкой: доходит приблизительно до $-175\text{ }^{\circ}\text{C}$ и увеличивается по мере приближения к центру планеты (до $11700\text{ }^{\circ}\text{C}$ в ядре). Сатурн фактически сам генерирует тепло. Он вырабатывает в 2,5 раза больше энергии, чем получает от Солнца.

Представляя Сатурн, у любого человека сразу возникают в воображении его уникальные и удивительные кольца. Как выяснилось, кольца Сатурна – это не одно твердое тело, а миллиарды маленьких небесных тел (кусочков льда), размером от пылинки до нескольких метров.

Таблица 6

Общие характеристики планеты Сатурн	Показатель
Средняя орбитальная скорость, км/с	9,7
Масса, кг (Масса Земли = 1)	95
Экваториальный радиус (Земля = 1)	9,5
Средняя плотность, г/см ³	0,69
«Сутки» – период вращения	10 ч 15 мин
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, лет	29,5
Температура, $^{\circ}\text{C}$	-175°C
Количество спутников	63

Металлический водород в ядре генерирует магнитное поле. По данным Википедии, у Сатурна имеется планетарное магнитное поле, занимающее промежуточное положение по напряжённости между магнитным полем Земли и мощным полем Юпитера. Напряженность магнитного поля на уровне видимых облаков на экваторе 0,2 Гс (на поверхности Земли магнитное поле равно 0,35 Гс). Магнитосфера Сатурна открыта космическим аппаратом «Пионер-11» в 1979 г. По размерам уступает только магнитосфере Юпитера. Хвост магнитосферы протягивается на сотни радиусов. Магнитосфера Сатурна наполнена плазмой, продуцируемой планетой и её спутниками. Величина маг-

нитного поля на экваторе Сатурна 21 мкТл (0,21 Гс), что соответствует дипольному магнитному моменту примерно в $4,6 \times 10^{18}$ Тл·м. В отличие от всех других планет поле Сатурна ориентировано так, что ось его симметрии совпадает с осью вращения планеты вокруг оси. Это редкое явление в Солнечной системе было открыто еще «Пионером 11» в 1979-м г. и подтверждено «Вояджерами».

Уран – седьмая по удаленности от Солнца планета в Солнечной системе. Это третий по размерам из четырех газовых гигантов. Он был обнаружен в 1871 г. Фредериком Уильямом Гершелем. Немецкий астроном Иоганн Боде первым из учёных выдвинул предложение именовать планету Ураном в честь бога неба из греческого пантеона. Он мотивировал это тем, что так как Сатурн был отцом Юпитера, то новую планету следует назвать в честь отца Сатурна. Уран – единственная планета, название которой происходит не из римской, а из греческой мифологии.

Уран удивителен тем, что это единственная планета в Солнечной системе, которая имеет ось, лежащую в плоскости движения планет вокруг Солнца, и кольца, перпендикулярные к этой плоскости. Если это представить, то Уран вращается лёжа на боку. Планета является газовым гигантом, и у неё просто нет некой четко обозначенной поверхности. Сначала идет газ, далее ближе к центру планеты – жидкость или сжиженный газ. Стандартная модель Урана предполагает, что он состоит из трёх частей: в центре – каменное ядро, в середине – ледяная оболочка, снаружи – водородно-гелиевая атмосфера. Ядро относительно маленькое с массой приблизительно от 0,55 до 3,7 земных масс и радиусом в 20 % от радиуса всей планеты. Мантия (льды) составляет бóльшую часть планеты (60 % от общего радиуса, до 13,5 земных масс). Ледяная оболочка фактически не является ледяной в общепринятом смысле этого слова, так как состоит из горячей и плотной жидкости, являющейся смесью воды, аммиака и метана. Эту жидкость иногда называют «океаном водного аммиака». Состав Урана и Нептуна сильно отличается от состава Юпитера и Сатурна благодаря «льдам», преобладающим над газами, поэтому Уран и Нептун выделяют в отдельную категорию ледяных гигантов (табл. 7).

Атмосфера планеты состоит из водорода и гелия, есть следы метана и других углеводородов. Планета имеет голубой цвет – этот цвет планете придает метан, содержащийся в её атмосфере.

Уран – это самая холодная планета с самой низкой зарегистрированной температурой $-224\text{ }^{\circ}\text{C}$. Хотя Уран далёк от Солнца, это не единственная причина его низкой температуры. Все другие газовые гиганты в нашей Солнечной системе испускают из своих ядер больше тепла, чем они получают от Солнца. Уран имеет ядро с температурой приблизительно $4737\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является только одной пятой температуры ядра Юпитера.

Таблица 7

Общие характеристики планеты Уран	Показатель
Средняя орбитальная скорость, км/с	6,81
Масса, кг (Масса Земли = 1)	14,53
Экваториальный радиус (Земля = 1)	14,6
Средняя плотность, г/см ³	1,2
«Сутки» – период вращения	17 ч
	15 мин
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, лет	84,018
Температура, $^{\circ}\text{C}$	От $-224\text{ }^{\circ}\text{C}$
Количество спутников	27

По данным на начало 2013 г., Уран имеет 27 спутников. Все они получили названия в честь персонажей из произведений Уильяма Шекспира и Александра Поупа. У Урана есть слабо выраженная система колец, состоящая из очень тёмных частиц диаметром от микрометров до долей метра. Это вторая кольцевая система, обнаруженная в Солнечной системе (первой была система колец Сатурна). На данный момент у Урана известно 13 колец, самым ярким из которых является кольцо ϵ (эпсилон). Кольца Урана, вероятно, весьма молоды – на это указывают промежутки между ними, а также различия в их прозрачности. Это говорит о том, что кольца сформировались не вместе с планетой.

До начала исследований с помощью «Вояджера-2» никаких измерений магнитного поля Урана не проводилось. Сейчас выяснено, что по общему строению магнитосферы Уран схож с другими планетами Солнечной системы, но дипольный момент Урана превосходит земной в 50 раз. Одновременно зафиксирована весьма интересная особенность: магнитный диполь смещён от центра планеты к южному полюсу примерно на $1/3$ от радиуса планеты. Эта необычная геомет-

рия приводит к очень асимметричному магнитному полю, где напряжённость на поверхности в южном полушарии может составлять 0,1 Гс, тогда как в северном полушарии может достигать 1,1 Гс. В среднем по планете этот показатель равен 0,23 Гс.

Нептун – восьмая планета от Солнца. Относится к планетам-гигантам. Планета названа в честь римского бога морей и океанов. Нептун является четвертой планетой по диаметру, и третьей по массе. Открыт Нептун «на кончике пера» – путем вычислений. Уран – планета, следующая за Сатурном, который много веков считался самой далёкой планетой, была открыта В. Гершелем в конце XVIII века. Уран с трудом виден невооруженным глазом. К 40-м гг. XIX века точные наблюдения показали, что Уран едва заметно отклоняется от того пути, по которому он должен следовать с учётом возмущений со стороны всех известных планет. Таким образом, теория движения небесных тел (на основе закона Всемирного тяготения), строгая и точная, подверглась испытанию. Леверье (во Франции) и Адамс (в Англии) высказали предположение, что, если возмущения со стороны известных планет не объясняют отклонение в движении Урана, значит, на него действует притяжение ещё не известного тела. Они почти одновременно рассчитали, где за Ураном должно быть неизвестное тело, производящее своим притяжением эти отклонения. Они вычислили орбиту неизвестной планеты, её массу и указали место на небе, где в данное время должна была находиться неведомая планета. Эта планета и была найдена в телескоп на указанном ими месте в 1846 г. Её назвали Нептуном.

Находясь на расстоянии в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля, планете требуется почти 165 земных лет, чтобы совершить один полный оборот вокруг Солнца. В 2011 г. Нептун завершил свой первый оборот вокруг Солнца с момента его открытия в 1846 г.

Строение Нептуна по своему составу очень близко к Урану. Он тоже является газообразной планетой с твёрдым ядром, массой примерно с Землю и температурой, как на поверхности Солнца – до 7000 К. Ядро планеты окутывает мантия из воды, метанового льда и аммиака. Постепенно эта более тёмная и более горячая область уплотняется в перегретую жидкую мантию, где температуры достигают 2000 – 5000 К.

Масса мантии Нептуна превышает земную в 10 – 15 раз, по разным оценкам, богата водой, аммиаком, метаном и прочими соединениями. По общепринятой в планетологии терминологии эту материю

называют ледяной, даже при том, что это горячая, очень плотная жидкость. Эту жидкость, обладающую высокой электропроводимостью, иногда называют океаном водного аммиака. На глубине 7000 км условия таковы, что метан разлагается на алмазные кристаллы, которые «падают» на ядро. Согласно одной из гипотез, имеется целый океан «алмазной жидкости». Ядро Нептуна состоит из железа, никеля и силикатов и весит, как полагают, в 1,2 раза больше Земли. Давление в центре в миллионы раз больше, чем на поверхности Земли.

Далее идет атмосфера, она включает в себя 80 % водорода, 19 % гелия и около 1% метана. Из метана состоят и верхние облака планеты, которые поглощают спектр красного цвета солнечных лучей, поэтому в цвете планеты доминирует синий. Поскольку Нептун не имеет твердой поверхности, его атмосфера подвержена дифференциальному вращению. Широкая экваториальная зона вращается с периодом приблизительно 18 часов, что медленнее, чем 16,1-часовое вращение магнитного поля планеты. В противоположность экватору полярные области вращаются за 12 часов.

Температура верхних слоев составляет $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. В атмосфере Нептуна зафиксированы самые сильные ветра среди всех известных планет. Их скорость может достигать 2100 км/ч. В 1989 г. «Вояджер-2» обнаружил Большое темное пятно, огромных размеров антициклон (13 000 x 6 600 км). Через несколько лет пятно исчезло (табл. 8).

Нептун имеет дипольное магнитное поле. Магнитные полюсы Нептуна наклонены примерно на 47° по отношению к плоскости оси, по которой он вращается. Таким образом, магнитное поле планеты Нептун, которое в 27 раз мощнее, чем у Земли, совершает колебания в течение каждого поворота, описывая конус.

Таблица 8

Общие характеристики планеты Нептун	Показатель
Средняя орбитальная скорость, км/с	5,4
Масса, кг (Масса Земли = 1)	17,3
Экваториальный радиус (Земля = 1)	4
Средняя плотность, г/см ³	1,638
«Сутки» – период вращения, ч	15,8
«Год» – период обращения по орбите вокруг Солнца, лет.	164,79
Температура, $^{\circ}\text{C}$	$-218\text{ }^{\circ}\text{C}$
Количество спутников	13

Единственным космическим кораблем НАСА, направившимся к Нептуну, стал «Вояджер-2». Он приблизился к планете во время знаменитого Гранд турне по Солнечной системе. «Вояджер-2» совершил свой пролет над Нептуном 25 августа 1989 г., пролетев в трёх тысячах километров от Северного полюса. Это расстояние стало самым близким подходом. «Вояджер-2» исследовал атмосферу Нептуна, кольца планеты и магнитосферу. Также были сделаны наблюдения лун Нептуна.

Вопросы для контроля знаний

- Что такое планета?
- По какому критерию планеты разделены на две группы?
- Какая планета движется вокруг Солнца быстрее всех?
- Какая планета имеет сутки больше чем год?
- Какая планета движется вокруг Солнца против часовой стрелки?
- Почему на Венере не может быть органической жизни?
- Какая планета движется вокруг Солнца, лёжа на боку?
- Почему Уран и Нептун объединили в группу «ледяных планет»?
- Какая из планет самая холодная?

§ 5. Земля как планета Солнечной системы

Земля – третья по порядку от Солнца планета Солнечной системы. Пятая по размеру среди всех планет Солнечной системы, она является также крупнейшей по диаметру, массе и плотности среди планет земной группы.

Обращается Земля вокруг Солнца по орбите, близкой к круговой. Расстояние от Солнца 149,6 млн км. Если смотреть со стороны Северного полюса небесной сферы, то обращение Земли, как и других планет (кроме Венеры), вокруг Солнца происходит против часовой стрелки. Средняя скорость движения Земли по орбите равна 29,765 км/с, период обращения (продолжительность года) составляет 365,26 солнечных суток. Сутки на Земле равны 23 ч 56 мин 4,1 с. Средний диаметр Земли – 12756 км, масса – $5,98 \cdot 10^{24}$ кг, средняя плотность – $5,52 \text{ г/см}^3$, площадь поверхности – 510 млн км², объем – $1,083 \cdot 10^{12}$ км³.

Научные данные указывают на то, что Земля образовалась из солнечной туманности около 4,54 млрд лет назад и вскоре после этого приобрела свой единственный естественный спутник – Луну.

В начальный период своего существования, примерно до 3,8 млрд лет, Земля и другие планеты земной группы подвергались усиленной бомбардировке мелкими и крупными метеоритами. Следствием этой бомбардировки могло стать выделение летучих веществ, что привело к началу образования вторичной атмосферы, так как первичная, состоявшая из газов, захваченных при образовании Земли, скорее всего, быстро рассеялась в космическом пространстве. Несколько позже стала формироваться гидросфера. Сформировавшиеся таким образом атмосфера и гидросфера пополнялись в процессе дегазации мантии при вулканической деятельности.

Предположительно жизнь появилась на Земле примерно 3,9 млрд лет назад, то есть в течение первого миллиарда после её возникновения.

Строение и структура Земли

Земля состоит из нескольких основных геосфер: земной коры, литосферы, мантии и ядра, которое, в свою очередь, делится на внешнее и внутреннее. Иногда литосферу объединяют с внешней корой Земли (рис. 6). Вещество этих геосфер разное по физическим свойствам, состоянию и минералогическому составу.

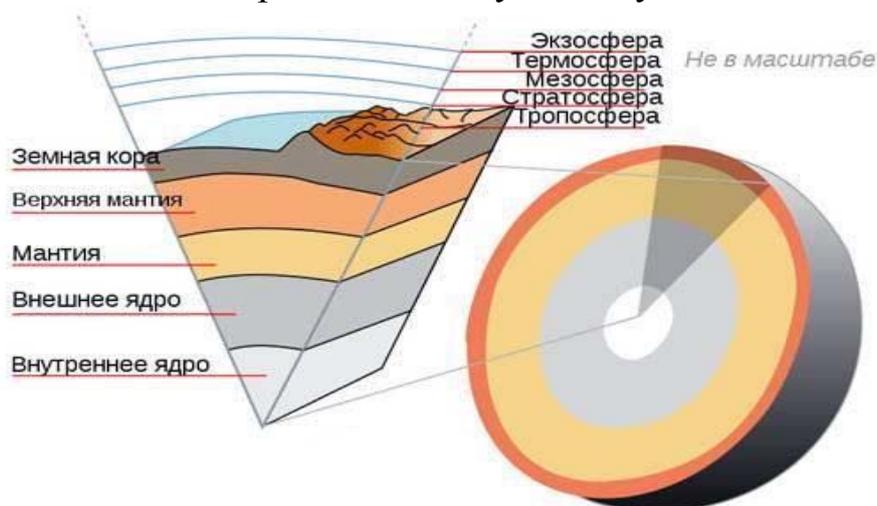


Рис. 6

Земная кора – твёрдая верхняя оболочка Земли. Её мощность изменяется от 5 – 10 км под океанами до 30 – 40 км в равнинных областях и достигает 50 – 75 км в горных районах (максимальные зна-

чения встречаются под Андами и Гималаями). Земная кора – это очень тонкий слой, который занимает только 1% массы Земного шара.

Литосфера (литос (греч.) – камень, сфера – шар). Это твёрдая оболочка Земли. Находится между земной корой и верхней частью мантии. Толщина литосферы – 50 – 250 км.

Мантия Земли распространяется ниже земной коры до глубины 2900 км от поверхности и подразделяется на две части: верхнюю мантию – до глубины 900 – 1000 км и нижнюю – от 900 – 1000 до 2900 км. Мантия – самая «толстая» составляющая часть Земли и занимает около 70 % земного шара. Температура около мантии от +2000 до +2500 °С.

Ядро Земли. Земное ядро было открыто в 1936 г. Ядро составляет около 17 % объёма Земли и 33 % её массы. Оно разделяется на внешнее ядро – до глубины около 5120 км и внутреннее – ниже 5120 км. Внутреннее ядро предположительно имеет диаметр 2600 км, внешнее ядро обладает толщиной 2250 км. О химическом составе ядра Земли существуют два мнения. Одни исследователи считают ядро железным, но состоящим из никеля и железа. Другие же считают, что оно сложено силикатами, которые находятся в «металлизированном» состоянии. Однако последнее предположение ставится под большое сомнение. Сейчас преобладает промежуточная точка зрения, согласно которой внутреннее ядро – железо-никелевое, а внешнее сложено сверхплотными силикатами, которым, однако, присуще высокое содержание железа и никеля.

Вопрос о состоянии ядра также до сих пор остаётся дискуссионным. Полагают, что оно находится в твёрдом состоянии по причине громадного давления. Расчёты показывают, что в ядре давление может достигать 3 млн атмосфер. При этом многие вещества переходят в металлизированное состояние.

Тесно связанными с этим вопросом являются вопросы о причинах разогрева ядра Земли и механизме остывания ядра.

Модели разогрева ядра Земли

В настоящее время говорят о двух значимых факторах разогрева ядра Земли. *Первый фактор* (причина) – внешний. Если в атмосферу Земли влетало очень крупное тело, то оно, упав на поверхность, углублялось в грунт достаточно глубоко. Падение таких тел на первичную Землю сопровождалось образованием кратеров с очагами повышенной температуры под ними. Вначале процесс разрастания Зем-

ли шёл очень бурно, и непрерывный дождь падающих тел должен был привести к её значительному разогреванию. Чем крупнее были падающие тела, тем сильнее они её разогревали. *Второй фактор – внутренний.* Нарастающая масса Земли с огромной силой давит на её центр, продуцируя феноменальное давление, в результате чего начал происходить распад радиоактивных долгоживущих элементов, содержащихся в ядре, что и сопровождалось колоссальными выбросами тепла. Дополнительным источником нагрева ядра Земли служит превращение кинетической энергии, которая возникает в результате трения между различными слоями жидкого ядра, в тепловую. Из теоретических прогнозов делается вывод, что температура в ядре составляет 4000 – 5000 °С. Для сравнения можно указать, что на поверхности Солнца температура чуть меньше 6000 °С.

Сейчас выделяют два источника тепла Земли – Солнце и недра Земли. Прогревание Солнцем распространяется на глубину, не превышающую 28 – 30 м. На некоторой глубине от поверхности располагается пояс постоянной температуры, равной среднегодовой температуре данной местности. Так, в Москве на глубине 20 м наблюдается постоянная температура, равная +4,2 °С, а в Париже +11,83 °С на глубине 28 м. Ниже пояса постоянной температуры наблюдениями в шахтах, рудниках, буровых скважинах установлено повышение температуры с глубиной, что обусловлено тепловым потоком, поступающим из недр Земли. Так, в Кольской скважине на глубине 11 км зарегистрирована температура около 200 °С.

Характеристика оболочек Земли

Гидросфера – водная оболочка Земли, включающая в себя всю химически не связанную воду. Вода занимает 3/4 поверхности Земли. Вода присутствует на Земле в трех фазовых состояниях: твердом, жидком и газообразном. Из почти 1,5 млрд км³ общего объема вод гидросферы около 94 % приходится на Мировой океан, 4 % – на подземные воды, 1,6 % – на ледники и постоянные снега, около 0,25 % – на поверхностные воды суши (реки, озера, болота). Вода присутствует в атмосфере и живых организмах. Важным элементом гидросферы является Мировой океан, средняя глубина которого 3700 м, наибольшая – 11022 м (Марианский желоб).

Атмосфера – это воздушная оболочка Земли, которая состоит из смеси газов (воздуха), водяного пара и примесей (аэрозолей). Воз-

дух у земной поверхности содержит (по объему) более 78 % азота, около 21 % кислорода и менее 1 % остальных газов.

В соответствии с изменением температуры с высотой выделяют: *тропосферу* (до 15 – 17 км в тропиках и до 8 – 9 км над полюсами), *стратосферу* (до 50 – 55 км), *мезосферу* (до 80 – 82 км) и *термосферу*, постепенно переходящую в межпланетное пространство. В тропосфере и мезосфере температура с высотой понижается, а в стратосфере и термосфере, наоборот, повышается. По степени ионизации в атмосфере выделяют *нейтросферу* (до высоты 80 – 100 км) и сильно ионизированный слой – *ионосферу* (выше 80 – 100 км). Атмосфера Земли защищает все живое от губительного воздействия космического излучения.

Средняя температура на Земле колеблется около 12 °С. Максимальная в западной Сахаре достигает +70 °С, минимальная в Антарктиде доходит до –85 °С.

Электрическое поле Земли. Его сравнивают со сферическим конденсатором, отрицательный заряд которого находится в верхних слоях Земли, а положительный – в верхних слоях атмосферы. Нижние слои атмосферы выступают в качестве изолятора. Электрическое поле непостоянно по времени года, в течение суток и зависит от активности Солнца, различных атмосферных явлений, от изменения магнитного поля Земли. Происхождение электрического поля Земли связывают с электрическими токами, происходящими из-за вращения оболочек Земли и конвекционного перемещения внутреннего вещества Земли, то есть Земля работает как обычная динамомашинка.

Магнитное поле Земли. Вывод о существовании магнитного поля Земли был сделан в средние века английским учёным У. Гильбертом (1540 – 1603 гг.). В настоящее время происхождение магнитного поля Земли чаще всего объясняют с помощью динамотеорической концепции Френкеля – Эльзассера, согласно которой это поле возникает в результате действия системы электрических токов, вызванных сложными конвективными движениями в жидком внешнем ядре при вращении Земли. На общий фон магнитного поля накладывается влияние горных пород, которые содержат ферромагнитные минералы, залегающие в верхней части земной коры, в результате чего на поверхности Земли образуются магнитные аномалии. Магнитное поле Земли в первом приближении представляет собой диполь, полюсы которого расположены рядом с географическими полюсами планеты. В совре-

менную эпоху магнитные полюса Земли расположены вблизи географических полюсов, но не совпадают с ними. Обнаружено, что в ходе геологической истории магнитные полюса неоднократно менялись местами: северный магнитный полюс становился южным, а южный – северным (явление магнитной инверсии). Среди всех планет земной группы Земля обладает аномально большим магнитным полем. Оно является своеобразным «магнитным щитом» Земли, предохраняя её от губительного космического излучения.

В начале нынешнего века был обнаружен дополнительный фактор значимости магнитного щита Земли. Наш соотечественник А. Л. Чижевский (1897 – 1964 гг.) пришёл к выводу, что жизнь человечества зависит от Солнца не только как от источника тепла и света. Процессы, происходящие на Солнце, существенно влияют, в частности, синхронизируют ход всемирной истории.

А. Л. Чижевский выяснил влияние солнечного пятнообразования на поведение людей, сопоставляя данные о солнечной активности с важнейшими историческими событиями за последние 300 лет. С этой целью Чижевский привлек данные инструментальных наблюдений за пятнами на Солнце начиная с 1749 г., которые систематизированы в виде индексов (чисел Вольфа). Коррелировались эти данные с более или менее значительными событиями – войны, революции, восстания, завоевательные походы, массовые переселения и т. д. Показатели общественной динамики сопоставлялись с эпохами максимумов и минимумов солнечной активности. Выяснилось, что концентрация исторических событий достигает наивысших значений при максимуме солнечной активности и существенно уменьшается в годы её минимума. Интенсивность длительных событий меняется синхронно с изменением солнечной активности.

Таким образом, была высказана гипотеза, что солнечная активность, проявляющая себя в пятнообразовании, служит синхронизатором исторических процессов на нашей планете. Поэтому схему фаз солнечной активности можно распространить на внутреннюю структуру историометрического цикла. Типизация исторических процессов и общественно-психологической атмосферы – один из самых привлекательных элементов теории, имеющий большую прогностическую значимость.

Однако Чижевский подчеркивал, что солнечная активность не управляет ходом истории, а только влияет на общественно-психо-

логический фон, причем массовое возбуждение не обязательно выливается в насилие. История знает немало примеров, когда такое возбуждение направлялось в мирное русло.

По его мнению, механизм обнаруженного феномена состоит в том, что процесс пятнообразования через возмущения электрического и магнитного полей Земли оказывает влияние на мозговые процессы, способствуя изменению психического поведения людей.

Установленные Чижевским закономерности можно объяснить с позиций недавно открытого фундаментального свойства синхронизации в окружающем мире – этой формы самоорганизации материи и упорядочения поведения взаимодействующих систем различной природы. Синхронизация солнечной деятельности массового поведения людей относится к частному случаю принудительной синхронизации в условиях внешнего периодического воздействия. «Ведущим» генератором-синхронизатором такой сложной земной системы, как человеческое сообщество, является Солнце. Оно непрерывно генерирует поток электронно-протонной плазмы – солнечный ветер, от которого зависит напряжённость электрического поля Земли, действующего непосредственно на нейроны головного мозга человека. При взаимодействии с магнитосферой Земли порывы солнечного ветра трансформируются в электромагнитные импульсы, влияющие на биоэлектрическую активность человеческого мозга, который является автогенератором биотоков различной частоты.

С этой точки зрения общность людей можно представить как систему действующих в синхронном режиме автогенераторов. Электромагнитные импульсы солнечного ветра стимулируют работу головного мозга и синхронизируют ритмы его основных биотоков. Таким образом, современная наука позволяет выявить фундамент историометрической теории Чижевского, её физическую основу. Солнечная активность считается сильнейшим экологическим фактором, значение которого пока недооценивается. Безусловно, историометрическая теория имеет право на дальнейшее развитие (Чижевский А. Л., *Физические факторы исторического процесса*. Калуга, 1924).

Земная поверхность. Тектоника плит – это основной процесс, который в значительной степени формирует облик Земли. Слово «тектоника» происходит от греческого «тектон» – «строитель» или «плотник», плитами же в тектонике называют куски литосферы. Согласно этой теории литосфера Земли образована гигантскими плита-

ми, которые придают нашей планете мозаичную структуру. По поверхности Земли движутся не континенты, а литосферные плиты. Медленно передвигаясь, они увлекают за собой континенты и океаническое дно. Плиты сталкиваются друг с другом, выдавливая земную твердь в виде горных хребтов и горных систем, или продавливаются вглубь, создавая сверхглубокие впадины в океане. Их могучая деятельность прерывается лишь краткими катастрофическими событиями – землетрясениями и извержениями вулканов. Почти вся геологическая активность сосредоточена вдоль границ плит.

Данные представления явились результатом достаточно длительных исследований ряда учёных и острых дискуссий до середины XX столетия.

Немецкий астроном, метеоролог и геофизик Альфред Вегенер в 1910 – 1912 гг. высказал предположение, что когда-то в далёком геологическом прошлом существовал единый крупный материк, названный им Пангеей, то есть Общей Землей. Этот суперматерик раскололся на континенты, и те стали дрейфовать, удаляясь друг от друга, но местами они, напротив, сталкиваясь, образовывали горные хребты. Данная гипотеза возникла у него при изучении вопроса о причинах глобального изменения климата на протяжении длительных геологических периодов. Он хотел разгадать многочисленные загадки, которые возникли при изучении ископаемых материалов. Например, под слоем снега и льда в Гренландии были найдены окаменелые остатки тропических растений. А образцы пород показывали, что ледниковые щиты в старину покрывали тропические зоны Южной Америки и юг Африки. Ответы на эти вопросы Вегенер дал в своей книге, которая называется «Происхождение континентов и океанов» (1915 г.). Он утверждал, что в те времена, когда в Гренландии росли тропические леса, она должна была располагаться неподалеку от экватора. А когда большие пространства Южной Америки и Африки были под слоем льда, то эти участки суши должны были группироваться вокруг Южного Полюса. Иными словами, должен был иметь место дрейф материков.

Дополнительным аргументом была схожесть очертаний земных материков. Следует заметить, что А. Вегенер не был первым, кто обратил внимание на поразительное сходство береговых очертаний Африки и Южной Америки, Европы и Северной Америки. Идею перемещения континентов высказывали А. Снидер-Пеллегрини в 1858 г.,

Ф. Сакко в 1895 г., Ф. Б. Тейлор в 1908 г. Но он первый обосновал эту идею разнообразными геологическими и геофизическими данными. Однако научные знания тех лет, особенно касавшиеся глубинного строения земной коры и мантии, были столь скудны, что не могли убедительно объяснить механизм движения континентов. И гениальная догадка была практически забыта. Реанимация гипотезы Вегенера произошла в 60-х гг. XX столетия благодаря развитию геологии и геофизики.

В настоящее время причиной движения плит считается влияние конвективного переноса вещества мантии. Тектоника литосферных плит, рассчитанные абсолютные и относительные движения литосферных плит с момента начала распада Пангеи-2 хорошо известны и отличаются большой точностью. Воссоздана картина раскрытия Атлантического и Индийского океанов, которое продолжается и в наши дни со скоростью около 2,0 см в год. Теория тектоники литосферных плит носит глобальный характер, так как касается всех районов Земного шара и позволяет объяснить их историю развития, геологическое и тектоническое строение. На сегодняшний день этой теории нет разумной альтернативы, и она вполне закономерно сменила господствовавшую до этого геосинклиналиную концепцию, вобрав все наиболее ценное.

Постоянство наклона земной оси и обращение Земли вокруг Солнца являются причиной смены времён года. Земная ось постоянно наклонена к плоскости орбиты, по которой происходит движение планеты, под углом $66^{\circ}33'22''$. Ось не меняет своего положения при движении Земли, поэтому в течение года разные участки земной поверхности получают неодинаковое количество света и тепла. На северном полушарии большая часть земной поверхности освещается и нагревается Солнцем именно при наибольшем расстоянии от него, именно поэтому в данное время на этом полушарии лето.

Земля является уникальной планетой среди всех планет Солнечной системы. Это единственное известное человеку на данный момент тело Солнечной системы, в частности, и Вселенной, вообще населённое живыми организмами.

Земля – единственная планета, движущаяся в околозвездной обитаемой зоне (ООЗ), параметры которой удовлетворяют всем требованиям жизни. Если бы орбита Земли (по расчетам астронома Харта) была ближе к Солнцу всего на 5 %, то первичная вода никогда бы

не сконденсировалась в моря и океаны. Наружная оболочка Земли перегрелась бы и стала схожа с поверхностью Венеры. Если бы, наоборот, расстояние от Солнца до Земли было больше всего на 1 %, то за счёт подавления парникового эффекта началось бы оледенение планеты. При расстоянии до Луны в 5 раз меньше приливная волна достигала бы нескольких километров и смывала бы прибрежные города. Оптимальны и размеры Земли: большая сила тяжести оказала бы отрицательное влияние на живые организмы. При меньшей силе тяжести водород улетел бы в космическое пространство – не было бы воды. Необычен и наклон оси Земли. При большем наклоне вся вода собралась бы у полюсов, образуя гигантские полярные шапки; при оси, перпендикулярной плоскости земной орбиты, Солнце было бы видно круглые сутки. При оси, лежащей в плоскости земной орбиты, день и ночь длились бы по полгода. Параметры атмосферы и её температура также являются оптимальными для сочетания газов, необходимых для дыхания и поддержания жизни. Как уже отмечалось, Земля обладает аномально большим магнитным полем. Меньшее магнитное поле не создало бы ионосферы и озонового слоя, предохраняющих флору и фауну от больших доз радиации. Весьма значима для Земли гравитационная ловушка Юпитера, защищающая Землю от бомбардировки метеоритами и астероидами. Список особых характеристик Земли можно продолжать и продолжать...

Вопросы для контроля знаний

- Назовите геосферные оболочки Земли и дайте их краткую характеристику (размер и состав).
- Каковы причины, согласно которым ядро Земли горячее?
- Что представляет собой модель дрейфа континентов, кем была создана?
- Каковы причины, согласно которым Земля обладает магнитным полем?
- В чём новизна гипотезы А. Л. Чижевского о влиянии деятельности Солнца на состояние электрического и магнитного поля Земли?

ГЛАВА IV. БИОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

§ 1. Биология как наука. Краткая характеристика содержания системы научного биологического знания

Подобно многим естественным наукам, биология относится к наукам, предметом изучения которых является природа. Но в отличие от всех других наук о природе биология изучает величайшую и до сих пор окончательно не решённую проблему – раскрытие сущности живого, происхождение и причины его разнообразия.

Биоло́гия (греч. βιολογία; от др. греч. βίος – жизнь + λόγος – учение, наука) – система наук, объектами изучения которой являются живые существа и их взаимодействие с окружающей средой. Биология изучает все аспекты жизни, в частности, структуру, функционирование, рост, происхождение, эволюцию и распределение живых организмов на Земле; классифицирует и описывает живые существа, происхождение их видов, взаимодействие между собой и с окружающей средой.

Как особая наука биология выделилась из естественных наук в XIX веке, когда учёные обнаружили, что живые организмы обладают некоторыми общими для всех характеристиками. Термин «биология» был введён независимо несколькими авторами: Ф. Бурдахом в 1800 г., Г. Р. Тревиранусом в 1802 г. и Жаном Батистом Ламарком.

В настоящее время условно можно выделить три направления в биологии:

- *классическая биология*. Её представляют учёные-натуралисты, изучающие многообразие живой природы;
- *эволюционная биология*. Автор эволюционной биологии – теории естественного отбора – Чарльз Дарвин, пытавшийся разработать теорию, объясняющую всё наблюдаемое органическое разнообразие. В настоящее время изучение эволюции живых организмов активно продолжается. Синтез генетики и эволюционной теории привёл к созданию так называемой синтетической теории эволюции. Но и сейчас ещё есть много нерешенных вопросов, ответы на которые ищут учёные-эволюционисты. Переход от животного мира к человеку и сейчас остается одной из самых больших загадок биологии;

- *физико-химическая биология*, исследующая строение живых объектов при помощи современных физических и химических методов. Это быстро развивающееся направление биологии, важное как в теоретическом, так и в практическом отношении.

Области внутри биологии далее делятся либо по масштабам исследования, либо по применяемым методам:

- *анатомия* – строение организма из отдельных органов;
- *физиология* – физические и химические функции органов и тканей;
- *биология развития* – развитие организма;
- *биохимия* – химические основы жизни;
- *молекулярная биология* – сложные взаимодействия между биологическими молекулами;
- *клеточная биология и цитология* – основные строительные блоки многоклеточных организмов, клетки;
- *генетика* – передача наследственной информации;
- *этология* – поведение живых существ;
- *палеобиология и эволюционная биология* – зарождение и историческое развитие живой природы.

На границах со смежными науками возникают биомедицина, биофизика (изучение живых объектов физическими методами), биометрия и т. д. В связи с практическими потребностями человека возникают такие направления, как космическая биология, социобиология, физиология труда, бионика и др.

Биологические науки используют методы наблюдения, моделирования (в том числе компьютерного), описания, сравнения, экспериментов (опыта) и исторического сравнения.

Вопросы для контроля знаний

- Что такое биология?
- Что является предметом изучения биологии?
- Когда биология оформилась в отдельную науку и каковы причины её возникновения?
- Кем был введён термин «биология»?
- В каких направлениях развивается биология?
- Каковы критерии деления биологии на отдельные научные дисциплины?

§ 2. Становление и развитие биологии: от донаучной к научной

Периодизация становления биологического знания

Вопрос о периодизации истории развития биологии ещё окончательно не решён. В данном пособии становление биологии рассматривается в соответствии с мнением С. Т. Мелюхина. Согласно С. Т. Мелюхину история развития биологии разделяется на пять основных этапов. Каждый из этапов связан с доминированием определенных мировоззренческих установок, формированием основополагающих представлений, концепций, крупными обобщениями в изучении причин и закономерностей развития природного мира.

Первый этап (от античной натурфилософии до эпохи Нового времени, XVII век). Представляет предысторию возникновения научной биологии – это период донаучной биологии.

Второй период связан с переходом к систематизации накопленного в ботанике и зоологии материала и построению первых таксономических классификаций. Первая попытка построения целостной концепции развития органического мира была предпринята Ж.-Б. Ламарком. Основу его концепции составляли идеалистические положения об изначальной целесообразности живого, о внутренней цели и стремлении живого к совершенствованию как основных причинах органической эволюции.

Третий период, начавшийся с опубликования труда Ч. Дарвина «Происхождение видов» (1859) и завершившийся на рубеже XIX – XX веков, был временем революционного перелома в биологии. Утверждалась материалистическая идея развития всего органического и животного мира, сопровождавшаяся острой идейной борьбой как между различными эволюционными течениями, так и критикой этих течений с позиций креационизма.

Четвертый этап (с начала XX века до середины 30-х гг. двадцатого столетия) ознаменовался активным формированием материалистических эволюционных концепций, переходом к экспериментальному изучению отдельных факторов эволюции и попытками создания целостной эволюционной теории. Это же время ознаменовано широкой и аргументированной критикой теории естественного отбора, попытками противопоставить ей новые данные и обобщения генетики и экологии.

Пятый этап характеризуется формированием и развитием современного неodarвинизма на основе синтеза знаний о факторах, движущих силах и закономерностях эволюции, полученных в разных областях эволюционной биологии, и созданием «синтетической теории эволюции» (с конца 30-х до начала 40-х гг. XX века).

Донаучные биологические представления

Исторически, как и все дисциплины естествознания, биология зародилась в античном мире. Этот этап охватывает весь период античной натурфилософии до возникновения первых биологических дисциплин в науке Нового времени. Его можно охарактеризовать как период сбора, накопления и описания сведений об органическом мире, то есть биология представляла собой чисто описательную науку.

Самые первые сведения о живых существах человек стал собирать, вероятно, с тех пор, когда он осознал свое отличие от окружающего мира. В период рабовладельческого строя возникают ионийская, афинская, александрийская и римская школы в изучении животных и растений.

Ионийская школа возникла в Ионии (VII – IV вв. до н. э.). Не веря в сверхъестественное происхождение жизни, философы этой школы отыскивали «естественный закон», который управляет миром. В этот период проводится активное описание природного и животного мира. В частности, *Алкмеон* (конец VI – начало V в. до н. э.) описал зрительный нерв и развитие куриного эмбриона, признавал мозг в качестве центра ощущений и мышления. *Гиппократ* (460 – 377 гг. до н. э.) дал первое относительно подробное описание строения человека и животных, указал на роль среды и наследственности в возникновении болезней. Гиппократ считал, что в здоровом теле все органы работают слаженно и гармонично, чего нельзя сказать о больном органе. Задача врача состоит в том, чтобы внимательно следить за изменениями в организме и вовремя исправлять или устранять их вредные последствия. Его считают основоположником медицины. Традиции Гиппократа сохранились и до нашего времени. Долгие годы врачи считали за честь поставить его имя на своих работах, поэтому сейчас практически нельзя сказать, какие из дошедших до нас работ действительно принадлежат ему. «Клятва Гиппократа», которую и по сей день произносят выпускники медицинских институтов, вероятнее всего, была составлена спустя шесть столетий после его смерти.

Афинская школа сложилась в Афинах. Наиболее выдающийся представитель этой школы *Аристотель* (384 – 322 гг. до н. э.). Биологические знания древних греков, как и естествознание в целом, приобрели признаки науки именно при Аристотеле. Основой биологических знаний той эпохи можно считать написанную им «Историю животных», содержащую десять томов и ещё более поразительных семь анатомических атласов. Эти труды были созданы гениальным ученым на основе изучения огромного систематического материала.

Аристотелю принадлежит, вероятно, и самая первая классификация животных, которых он разделил на четвероногих, летающих, пернатых и рыб. Аристотелю были известны основные признаки млекопитающих. Он дал описание наружных и внутренних органов человека, половых различий у животных, способов размножения и образа жизни животных, происхождения пола, наследования отдельных признаков, уродств, многоплодия и т. д. Аристотеля по праву считают основоположником зоологии. При этом он анатомировал животных. Не удивительно, что капитальный труд философа, в котором описано 500 известных в то время видов, был основой науки еще долгие годы. Даже в XVIII веке Бюффон считал «Историю животных» едва ли не лучшим из произведений, существующих по этому вопросу. Кювье писал, что невозможно понять, каким образом один человек сумел собрать и сравнить множество частных фактов, предполагающих многочисленные общие правила.

В работах Аристотеля не приводится окончательной классификации в том виде, к какому мы привыкли, но всё же она представляется довольно чёткой. Его определения, чёткие и жёсткие в других науках, приобретают в биологии достаточную гибкость. Аристотель неоднократно писал, что в растительном и животном царствах нет резких границ, а значит, всякое деление будет искусственно. Он прекрасно помнил конфуз, который случился с Платоном, попавшим в ловушку собственной догматической классификации. Диоген, узнав, что Платон определяет человека как «животное двуногое и беспёрое», принес ему общипанного петуха со словами: «Вот человек Платона!» Аристотель считал критерием принадлежности к одному виду возможность давать потомство, но с некоторыми ограничениями. По этой причине он категорически отрицал реальность существования конеолена и сфинкса, в которых верили многие античные ученые. Всё

животное царство Аристотель вначале разделил на животных с кровью и без неё. Описанная система для своего времени была чрезвычайно стройной и передовой.

Аристотель дал первое определение жизни, понимая под ней «всякое питание, рост и упадок тела, имеющие основания в нём самом». Ученый впервые выдвинул принцип «лестницы существ», в соответствии с которым представители различных систематических групп животных выстроены в порядке возрастания сложности. На самой верхней ступени этой лестницы находится человек, несколько ниже – «живородящие» (то есть млекопитающие), а на самой нижней ступени находятся «черепокожие» (то есть брюхоногие и двустворчатые моллюски).

Другой представитель этой школы *Теофраст* (372 – 287 гг. до н.э.) описал строение и размножение многих растений, указал на различия между однодольными и двудольными растениями. Им описано более 500 видов растений, введены в употребление многие ботанические термины (плод, околоплодник, сердцевина). Его считают основоположником ботаники.

Александрийская школа вошла в историю биологии благодаря учёным, занимавшимся в основном изучением анатомии. *Герофил* (расцвет творчества на 300 гг. до н. э.) оставил сведения по сравнительной анатомии человека и животных. Он первым из учёных того времени обратил внимание на головной мозг как на орган мышления. Герофил установил различия между нервами чувствительными (воспринимающими ощущения) и двигательными (вызывающими мышечные сокращения), а также между артериями и венами, заметив, что первые пульсируют, а последние нет. Ему принадлежит описание печени и селезёнки, сетчатки глаз и первого отдела тонкой кишки (который теперь получил название двенадцатиперстной кишки), а также половых органов женщин и предстательной железы мужчин.

Эразистрат обнаружил, что головной мозг разделен на более крупные полушария и меньший по размеру мозжечок. Он дал описание мозговых извилин и обратил внимание на то, что они ярче выражены у человека, чем у животных. Это наблюдение позволило ему связать количество извилин мозга с умственными способностями.

Римская школа не дала самостоятельных разработок в изучении живых организмов, ограничившись коллекционированием сведений,

добытых греками. Так, греческий медик *Диоскорид* описывает шестьсот видов растений. Особое внимание им обращалось на целебные свойства растений, поэтому его можно считать основоположником фармакологии (учения о лекарствах). Одним из известнейших римских естествоиспытателей считается *Гай Плиний старший* (23 – 79 гг. н. э.). Им собраны известные к тому времени сведения о живых организмах. Сведя воедино все труды античных ученых по естественной истории, которые ему удалось отыскать, он написал 37 томов энциклопедии «Естественная история». Почти до средневековья эта энциклопедия была главным источником знаний о природе.

Клавдий Гален (130 – 200 гг. н. э.) римский врач, уроженец Малой Азии. Первые годы врачебной практики Гален провел на арене гладиаторов. Лечение перенесших травму людей позволило ему собрать богатый анатомический материал.

Он ввёл в практику биологического познания физиологический эксперимент на живых подопытных животных. Анатомические исследования Гален проводил в основном на собаках, овцах и других животных, широко проводя вскрытия млекопитающих. Как только представлялся случай, он вскрывал обезьян, находя в них большое сходство с человеком. Гален оставил большое научное наследство. Его тщательно разработанные теории о функции различных органов человеческого тела сыграли существенную роль в развитии медицины. Именно он впервые и достаточно убедительно для того времени доказал роль нервов как проводников неких сигналов, идущих к рабочим органам. В его исследованиях были установлены функции спинного и головного мозга.

Он был последним великим биологом древности, оказавшим исключительно большое влияние на дальнейшее развитие анатомии и физиологии.

Исследования Аристотеля, Гая Плиния старшего, Галена и многих других ученых античного этапа развития биологии легли в основу натурфилософских представлений, сущность которых можно изложить следующим образом:

- все живые и неживые тела построены в общем из одних и тех же элементов;
- живое отличается от неживого целесообразностью своего устройства, гармонией работы всех органов.

Биология в эпоху Средневековья

Подобно другим естественным наукам, биология в этот период еще не выделилась в самостоятельную область и существовала в общем русле религиозно-философских взглядов. И хотя накопление знаний о живых организмах продолжалось, о биологии как науке в тот период можно говорить лишь условно.

В этот период в основном поддерживались биологические знания, основанные на описаниях Аристотеля, Плиния, Галена. В частности, знания, добытые греками, были отражены в энциклопедии Альберта Великого (1206–1280 гг.).

На Руси сведения о животных и растениях были обобщены в древнем произведении, которое известно под названием «Поучение Владимира Мономаха» (XI в.).

Одним из выдающийся ученых и мыслителей средних веков является *Абу-Али ибн Сина* (980 – 1037 гг. н. э.), известный в Европе под именем Авиценны. Он известен как автор энциклопедии теоретической и клинической медицины «Канон врачебной науки», где обобщил опыт греческих, римских, индийских и среднеазиатских врачей (латинский перевод переиздавался в Европе 30 раз). Развивал материалистические взгляды о вечности и несотворённости мира, признавал естественные причинные закономерности в природе.

Биология в XVI – XVII веках (познание природы в эпоху Возрождения)

Эпоха Возрождения является переходной от культуры средних веков к культуре Нового времени. Как считают историки науки, начало биологии, как и всего естествознания, связано именно с эпохой Возрождения (Ренессанса).

Самый известный ученый этой эпохи *Леонардо да Винчи* (1452 – 1519 гг.). Мы знаем его как гениального художника, а его вклад в развитие естественных наук известен большинству людей в гораздо меньшей степени. Леонардо да Винчи впервые и с присущей ему гениальностью сделал точные изображения мускулов, костей, кровеносных сосудов человеческого тела. По существу, это был первый профессионально выполненный атлас анатомии человека. Продолжительное время после смерти Леонардо выполненные им иллюстрации частей человеческого тела с успехом использовались для обучения

врачей и даже в наше время они имеют не только чисто исторический интерес.

Удивительное многообразие и глубина интересов и склонностей Леонардо да Винчи позволили ему открыть явление гомологии у животных, перистальтику кишечника; достаточно глубоко для того времени исследовать функции отдельных частей нервной системы, правильно понять сущность обмена веществ в организме. Он изучал полёт птиц, описал многие растения, способы соединения костей в суставах, сходство костей человека и животных, деятельность сердца и зрительную функцию глаза.

Дальнейшее развитие естественнонаучных представлений данного периода связано с именем *Андреаса Везалия* (1514 – 1564 гг.), жившего в Брюсселе. Итогом его научного труда явился выход в 1543 г. семи книг под общим названием «О строении человеческого тела». Андреас Везалий получил фундаментальное медицинское образование в Париже. Длительное время он вопреки запретам тайно вскрывал и тщательно изучал человеческие трупы, принесённые с кладбищ. Именно он впервые обнаружил клапаны на стенках вен человека, а также исправил около 200 ошибок, в свое время допущенных Галеном. Признание заслуг Везалия коллегами пришло быстро: уже в возрасте 23 лет он был удостоен докторской степени и кафедры, читал лекции в качестве профессора хирургии. Свои лекции он сопровождал вскрытиями, гармонично сочетая при этом теоретические и практические аспекты медицины. Андреас Везалий создал таблицы по анатомии человека, а также впервые изготовил полный его скелет, скрепив кости проволокой. Выдающиеся заслуги Везалия позволяют признать его основоположником современной анатомии.

Английский врач *Уильям Гарвей* (1578 – 1657 гг.) выпустил книгу «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» (1628). Заслугой Гарвея, в частности, является то, что именно он экспериментально доказал наличие замкнутого круга кровообращения у человека, частями которого являются артерии и вены, а сердце – насосом. Уильям Гарвей впервые серьёзно применил математику в биологии. Он вычислил количество крови, проходящее через сердце за один час. Получилась величина, сравнимая с весом человека. В конце жизни Гарвей был признан всеми врачами, в том числе даже своими первоначальными критиками и врагами.

Д. Борелли (1608 – 1679 гг.) описал механизмы движения животных, что заложило научные основы физиологии. С того времени анатомия и физиология развивались вместе в течение многих десятков лет, после чего они разделились на самостоятельные науки, в пределах которых возникли более узкие науки (анатомия животных, анатомия человека, физиология животных и т. д.).

Этот период характеризуется развитием новых методов биологического исследования – развитием микроскопической техники. Первый, кто понял и оценил огромное значение микроскопа, был английский физик и ботаник *Роберт Гук* (1635 – 1703 гг.). Именно он впервые применил микроскоп для исследования растительных и животных тканей. Изучая срез, приготовленный из пробки и сердцевины бузины, Р. Гук заметил, что в их состав входит множество мелких образований, похожих по форме на ячейки пчелиных сот. Это были клетки растительного организма (точнее, оболочки растительных клеток). Гук ввел термин «клетка».

Микроскоп, усовершенствованный знаменитым голландским исследователем *Антони ван Левенгуком* (1632 – 1723 гг.), позволил увидеть живые клетки при увеличении в 270 раз. Левенгук впервые рассмотрел эритроциты и сперматозоиды, обнаружил в капле воды разнообразных простейших животных, многих из них он зарисовал с натуры. Были открыты невидимые для невооруженного глаза микроскопически малые живые организмы – бактерии и простейшие. С изобретением микроскопа в пределах ботаники возникла микроскопическая анатомия растений, закладываются основы физиологии растений.

Чрезвычайно быстрое накопление научных данных о живых организмах вело к дифференцировке биологических знаний, к разделению биологии на отдельные науки по объектам и задачам изучения. В XVI – XVII веках стали стремительно развиваться ботаника и зоология.

Биология в конце XVIII – первой половине XIX века

Огромный материал по описанию растений и животных, накопленный в предыдущих эпохах, и его дальнейший рост в XVIII веке поставил ботаников и зоологов перед необходимостью разработки системы классификации. Завершение систематизации накопленного материала осуществил *К. Линней* (1707 – 1778 гг.), труды которого спо-

способствовали окончательному оформлению бинарной номенклатуры и построению системы организмов. К. Линней изложил свои взгляды в работе «Система природы» (1735). В качестве единицы классификации им был принят «вид». Сходные виды Линней объединил в «роды», а «роды» – в «порядки» (впоследствии «семейства»), а затем в «классы». К. Линней создал систему терминологии, обозначил различные части растений точными названиями, ввёл в ботанику до 1000 терминов.

Животный мир был разделен на шесть классов с учётом наличия крови и её окраски, строения сердца: черви, насекомые, рыбы, земноводные, птицы и млекопитающие. Особой оригинальностью отличалась классификация царств растений с описанием 24 классов и более 60 порядков. Эта классификация устранила путаницу при описании растений. К концу XVIII века с использованием системы Линнея уже было описано более 20000 видов (самим же К. Линнеем 10000).

При всей новизне и удобстве системы К. Линнея она не гарантировала чёткое определение родства видов в силу ограниченности и произвольности используемых диагностических ключей. Линней искал только сходство, но не родство между видами, так как не верил в возможность эволюции. Объединёнными в одну группу нередко оказывались виды, далекие в систематическом отношении. Тем не менее, как подчёркивал К. А. Тимирязев, система К. Линнея была непревзойдённой «в своей изящной простоте».

Жизненный путь К. Линнея был необычен. Его отец был бедным сельским пастором. Возможно, под влиянием отца у Линнея началось формирование философских взглядов, соответствующих господствовавшим в то время метафизическим представлениям. Их суть сводилась к тому, что живая природа возникла в результате творческого акта, биологические виды неизменны, для всех живых существ характерна изначальная целесообразность.

В школе К. Линней считался одним из самых неспособных учеников, потому что мысли его были далеки от душевного класса. С раннего детства мальчика околдовал загадочный мир цветов, которым он посвящал очень много времени. Многие учителя и одноклассники относились к Карлу с иронией из-за его нелепого увлечения. К. Линней закончил гимназию с любопытной характеристикой, написанной в совершенно непривычном для нас стиле. Вот один из ее фрагментов.

«Гимназист подобен дереву. Случается иногда, хотя редко, что дикая природа дерева, несмотря ни на какие заботы, не поддается культуре. Но, пересаженное в другую почву, дерево облагораживается и приносит хорошие плоды. Только в этой надежде юноша отпускается в университет, где, может быть, он попадет в климат, благоприятный его развитию (Фаусек, В. А. Карл Линней. Его жизнь и научная деятельность . URL: aldebaran.ru/author/a_fausek_v/). Карл поступает в университет, но на обучение катастрофически не хватает денег. Вскоре умирает мать, тяжело болеет отец. Карл собирается бросить обучение, но ему помогает женитьба. Карл просит у будущего тестя денег взаймы и едет в Голландию, чтобы получить степень доктора наук. По возвращении на родину Линней опять испытывает безденежье. Он издаёт «Систему природы» на деньги друзей. В дальнейшем Линней был избран президентом Шведской академии, стал главой кафедры в родном университете, а впоследствии – ректором, получил орден Полярной Звезды и дворянский титул. До конца своей жизни Карл Линней работал с полной самоотдачей. В его завещании было несколько пунктов. Не выполнен был только один из них – не присылать соболезнований.

Исследования в области структурной и функциональной организации животных. XVIII век ознаменовался дальнейшим углублением представлений о структурной и функциональной организации животных. Немецкий ученый *Хр. Рейль* (1759 – 1813 гг.) основал журнал «Архив физиологии», где публиковались результаты исследований физико-химических основ жизненных явлений у животных. Он объяснял процессы жизнедеятельности, исходя из способности материи к изменениям. Швейцарский ученый *А. Галлер* (1708 – 1777 гг.) в работе «Элементы физиологии» впервые сокращение мышечных волокон рассматривал как проявление общего свойства – раздражимости. С раздражимостью он связывал движение мышц, сердца и внутренних органов.

Развитие исследований в области сравнительной анатомии выявило сходство организации разных животных. Так, была выявлена общность строения человека и других позвоночных. Выделяется новая наука – антропология. Французский ученый *Ф. Вик д'Азир* (1748 – 1794 гг.), сравнивая строение органов у разных животных и в пределах одного организма, пришёл к представлениям о единстве их строе-

ния и функций. Исследования в области сравнительной анатомии в дальнейшем были углублены. Их результаты имели значение для развития систематики и представлений о единстве происхождения животных.

Исследования в области эмбриологии и их значение для прогресса биологии. Эмбриональное развитие животных и растительных организмов привлекало внимание с древнейших времен. Однако до XVIII века эмбриология находилась в зачаточном состоянии. Развитие животных и растений в течение индивидуальной жизни (онтогенез) привлекало внимание при обсуждении вопросов, касающихся наследственности, старения, смерти, влияния внешних условий и т. д. Но многие вопросы эмбрионального развития ещё долгое время оставались тайной. К заметным успехам данного периода относится изучение оплодотворения и строения зародыша у растений, что послужило причиной для зарождения эмбриологии растений как самостоятельной науки. Было доказано существование пола у растений, решён вопрос о формировании зародыша семени. Наибольшего успеха достиг *И. Кельрейтер*, который, проведя гибридизацию с 50 видами, получил множество гибридов, промежуточных между исходными родительскими парами. И. Кельрейтер пришёл к выводу, что потомство у растений получается только при участии мужского и женского «семени».

Исследования полового процесса и оплодотворения у животных и растений привели к выделению эмбриологии как самостоятельной науки. Направления и достижения эмбриологии в XVIII веке имели не только теоретическое, но и принципиальное методологическое значение. В XVIII веке закладываются экспериментальные основы изучения индивидуального развития, роли мужского и женского зачатков, процесса оплодотворения.

Интенсивно развивались исследования по регенерации. *Р. Реомюр* (1683 – 1757 гг.) ввел термин «регенерация». *А. Трамбле* достиг успеха в опытах на трёх видах гидр по регенерации и трансплантации. *Ш. Бонне* достиг положительных результатов по восстановлению целого организма из изолированных отрезков гидры, различных червей, а также утраченных органов у морских звёзд, улиток, раков, саламандры. С учётом способности к регенерации у растений Ш. Бонне делает заключение о регенерации как общебиологическом

явлении, имеющем значение для выживания индивидуума. Он усматривал связь между явлением регенерации и бесполом размножением – путём деления и почкования.

Однако фундаментальная её основа оставалась неизменной – это центральная идея биологии XVIII века – *об абсолютной неизменяемости видов*. Господствующей оставалась идея о сотворении живой природы, подкреплённая словами К. Линнея о том, что видов столько, сколько «различных форм было создано вначале» (при акте Божественного творения). Подобный взгляд вытекал из метафизического мышления биологов того периода, которые рассматривали природу как нечто созданное и законченное.

Идея о сотворении живой природы развивалась в трех направлениях:

- признание неизменности видов. Возникающие изменения видов под влиянием условий среды и гибридизации рассматривались как случайные события, не меняющие специфику самого вида;
- признание наличия вложения зародышей («преформизм»);
- трактовка явления органической целесообразности как изначального свойства живой природы и результата творения.

И всё же XVIII век обогатил биологию не только новым фактическим разнообразным материалом в разных направлениях, но и идеями. В 1808 г. в работе «Философия зоологии» *Жан Батист Ламарк* поставил вопрос о существовании природных преобразований и изложил первую по времени теорию эволюции природы. На рубеже XVIII – XIX веков благодаря трудам *Ж. Кювье* выделяется палеонтология как самостоятельная наука о вымерших животных. Достижения биологии XVIII века поэтому следует рассматривать как предпосылку дальнейших её успехов.

Биология конца XIX и начала XX века

Карл Максимович Бэр (1792 – 1876 гг.) в своих работах сформулировал основные положения теории гомологичных органов и закона зародышевого сходства, заложившие научные основы эмбриологии. Им собран большой сравнительный материал по этому вопросу, отражённый в его фундаментальном труде «История развития животных. Наблюдения и размышления». Он детально описал этапы эмбриогенеза цыплёнка, обобщил их в плане познания закономерностей развития и строения животных. На основе сравнения развития зародышей

дышей разных животных К. Бэр сформулировал четыре закона: в каждой большой группе общее образуется раньше специального, специальное постепенно формируется из общего, эмбрионы одной животной формы не проходят через взрослые этапы других форм, сходство форм проявляется только в самих эмбрионах.

Клеточная теория. Началом изучения клетки можно считать 1665 г., когда английский учёный *Роберт Гук* впервые увидел в микроскоп на тонком срезе пробки мелкие ячейки. Он назвал их клетками. По мере усовершенствования микроскопов появлялись всё новые сведения о клеточном строении растительных и животных организмов. В становлении клеточной теории в сжатом виде можно выделить несколько этапов (табл. 9).

Таблица 9

I. Зарождение понятия о клетке	II. Возникновение клеточной теории	III. Развитие клеточной теории
1665 г. – Р. Гук Впервые рассмотрел под микроскопом срез пробки, ввёл термин «клетка» 1680 г. – А. Левенгук Открыл одноклеточные организмы	1838 г. – Т. Шванн, М. Шлейден Обобщили знания о клетке: сформулировали основное положение клеточной теории: все растительные и животные организмы состоят из клеток, сходных по строению	1858 г. – Р. Вирхов Утверждал, что каждая новая клетка происходит только от клетки в результате её деления. 1858 г. – К. Бэр Установил, что все организмы начинают свое развитие с одной клетки

С приходом в науку о клетке физических и химических методов исследования было выявлено удивительное единство в строении клеток разных организмов, доказана неразрывная связь между их структурой и функцией.

Были сформулированы основные положения клеточной теории:

- клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов;
- клетки всех одно- и многоклеточных организмов сходны по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ;
- размножаются клетки путём деления;

- в многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемым функциям и образуют ткани;
- из тканей состоят органы.

Усовершенствование конструкции микроскопа позволило описать оболочки клеток и ядра; ядро отнесено к обязательным элементам всякой клетки. К 40-м гг. XIX века завершилось становление клеточной теории строения организмов благодаря исследованиям *М. Шлейдена* (1804 – 1881 гг.) и *Т. Шванна* (1810 – 1882 гг.).

С возникновением клеточной теории стало очевидным единство происхождения всех живых организмов на Земле. В настоящее время клетка фактически представляет «атом» биологии. «Клетка – естественная крупинка жизни, как атом – естественная крупинка неорганизованной материи» (Шарден П. Т. Феномен человека. С. 5).

На основе клеточной теории в дальнейшем выделяются гистология и цитология как самостоятельные науки. В XIX веке благодаря работам *Луи Пастера* (1822 – 1895 гг.), *Роберта Коха* (1843 – 1910 гг.), *Ильи Ильича Мечникова* (1845 – 1916 гг.) в качестве самостоятельной науки оформилась микробиология. К концу XIX века как отдельные науки выделились паразитология и экология.

Наиболее заметным событием данного периода была публикация *Ч. Дарвиным* труда «О происхождении видов путём естественного отбора или сохранении благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В нём он сформулировал основные положения теории эволюции, предложил механизмы эволюции и пути эволюционных преобразований организмов.

XX век начался с переоткрытия законов Грегора Менделя, что ознаменовало собой начало развития генетики как науки. Обнаружившиеся с позиций генетики проблемы широко признаваемой в этот период эволюционной теории обусловили попытки синтеза генетики и эволюционной теории. Данный синтез стал причиной создания новой теории – синтетической теории эволюции. Синтетическая теория эволюции в настоящее время является доминирующей теорией материалистического направления.

В крайне сжатом виде историю развития биологической науки можно представить следующим образом (табл. 10).

Таблица 10

Период	Ученые-биологи	Изучаемые проблемы и достижения
Древние века (античность)	Аристотель, Гай Плиний старший, Клавдий Гален	Изучение видового разнообразия, внешнего облика, повадок, внутреннего строения животных. Первые представления о классификации организмов. Разработка методики физиологических опытов, изучение функций нервной системы
XV – XVII века	Л. да Винчи, А. Везалий, У. Гарвей	Изучение строения тела человека, развитие представлений о физиологии нервной системы и обмене веществ у человека и животных. Первые попытки использования математики для характеристики биологических явлений
XVII – XVIII века	Р. Гук, М. Мальпиги, А. Левенгук, Дж. Рей, К. Линней	Открытие и изучение клеточного строения растений, мира одноклеточных организмов, эритроцитов, сперматозоидов. Формирование представлений о биологическом виде, создание классификации органического мира
XVIII – XIX века	Ж. Б. Ламарк, Ж. Кювье, К. Ф. Вольф, Т. Шванн, М. Шлейден, Ч. Дарвин, К. М. Бэр, И. М. Сеченов, Л. Пастер, Г. Мендель	Зарождение эволюционных идей. Выдвижение в противовес эволюционной идее учения о катастрофах, основанного на данных сравнительной анатомии и палеонтологии. Создание и обоснование клеточной теории, приводящее к пониманию единства органического мира. Появление основ материалистического понимания процессов высшей нервной деятельности. Окончательное опровержение возможности самозарождения организмов. Создание эволюционного учения, раскрывающего механизмы исторического развития органического мира. Разработка проблем и методов эволюционной эмбриологии. Разработка идей эволюционной палеонтологии. Зарождение генетики

Период	Ученые-биологи	Изучаемые проблемы и достижения
XX век	Х. де Фриз, Т. Морган, Дж. Уотсон, Ф. Крик, И. П. Павлов, С. С. Четвериков, Р. Фишер, Дж. Хаксли, Э. Майр, И. И. Шмальгаузен, А. И. Опарин, В. И. Вернадский, В. Н. Сукачев, А. Тенсли, В. Шелфорд, Ч. Элтон и др.	Открытие закономерностей наследственности. Создание мутационной теории, явившейся одним из отправных пунктов развития генетики. Обоснование и развитие хромосомной теории наследственности. Установление структуры ДНК, раскрытие принципа генетического кода. Учение об условных рефлексах и высшей нервной деятельности. Разработка синтетической теории эволюции, развивающей и дополняющей дарвинизм. Разработка учения о биосфере. Заложение основ биогеоценологии, развитие идей экологии как науки о взаимосвязи организмов друг с другом и внешней средой

Вопросы для контроля знаний

- В чем состоит особенность становления биологии в донаучный период?
- Каковы основные достижения биологического знания в античный период? Назовите наиболее известных учёных этого периода и их основные открытия.
- Каковы основные достижения биологического знания в средние века? Назовите наиболее известных учёных этого периода и их основные открытия.
- Какие основные достижения биологического знания можно отметить в эпоху Возрождения? Назовите наиболее известных учёных этого периода и их основные открытия.
- Каковы основные достижения биологического знания в эпоху Нового времени? Назовите наиболее известных учёных этого периода и их основные открытия.
- Каковы основные достижения биологического знания в XVIII веке? Назовите наиболее известных учёных этого периода и их основные открытия.
- Какие основные достижения биологического знания в XIX веке вам известны? Назовите биологов этого периода и их основные открытия.

- Каковы основные достижения биологического знания в XX веке? Назовите наиболее известных учёных этого периода и их основные открытия.
- Когда зародилась эмбриология? Назовите положения теории К. Бэра.
- Кем была создана клеточная теория? Перечислите её основные положения.

§ 3. Теории происхождения жизни

Одним из наиболее интересных, сложных и в то же время актуальных в современном естествознании следует считать вопрос о происхождении жизни. По общему представлению, жизнь едва ли не самое сложное явление природы, происхождение которой до сих пор окончательно не выяснено. Ни одна из конкурирующих теорий в настоящее время не является общепризнанной. На поприще решения данной проблемы происходили и происходят ожесточённые мировоззренческие дискуссии. Именно от ответа на этот вопрос зависит морально-этическое поведение человека, весь его образ жизни, что подчёркивает его непреходящее значение для индивидуальной человеческой жизни и жизни человечества в целом.

«В любой культуре есть миф о сотворении мира, и имеются жрецы. Это эксперты, которые толкуют историю сотворения. Они могут быть церковными деятелями или же видными учеными – в любом случае они вправе требовать, чтобы монополия на истину принадлежала им. Кто владеет историей сотворения мира, тот во многом влияет на умы людей, принадлежащих к данной культуре» (Филипп Джонсон. Дарвин на испытательном стенде. 1991).

Естественнонаучный материализм считает возникновение жизни закономерным результатом действия сил природы, результатом её эволюции. Идеализм исходит из сотворённости мира и подчёркивает качественное отличие живого и неживого.

Живое и неживое. Провести научно обоснованное различие между живым и неживым – задача широкого комплекса наук, из которых ведущее место принадлежит биологии. На основании положений современной науки отличие живого от неживого заключается в нескольких фундаментальных направлениях: вещественном, структурном и функциональном планах его изучения. *В вещественном*

плане в состав живого обязательно входят высокоупорядоченные макромолекулярные органические соединения, называемые биополимерами, – белки, нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). *В структурном плане* живое отличается от неживого клеточным строением. *В функциональном плане* для живых тел характерно самовоспроизводство.

Живые тела отличаются от неживых также наличием обмена веществ, способностью к росту и развитию, активной регуляцией своего состава и функций, способностью к движению, раздражимостью, приспособленностью к среде и т. д. Однако имеются переходные формы от не жизни к жизни. Например, вирусы вне клеток другого организма не обладают ни одним из атрибутов живого, хотя у них есть наследственный аппарат. Они могут расти и размножаться лишь в клетке организма-хозяина, используя его ферментные системы.

В современном естествознании существуют несколько основных концепций возникновения жизни: 1) креационизм, 2) концепция стационарного состояния, 3) самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества, 4) концепция панспермии, 5) биогенеза – «живое от живого», 6) теория абиогенеза (теория биохимической эволюции).

Теория стационарного существования жизни

Данная концепция – альтернатива религиозной картине мира. Суть теории состоит в утверждении, что Вселенная, природа и органическая жизнь никогда никем не создавались и существуют вечно. Эти взгляды высказывались отдельными философами и естественниками в самые разные периоды развития человеческой цивилизации. Согласно этой теории, виды также никогда не возникали, они существовали всегда и у каждого вида есть лишь две альтернативы: либо изменение численности, либо вымирание. Сторонники этой теории не признают, что наличие или отсутствие определённых ископаемых останков может указывать на время появления или вымирания того или иного вида. В качестве примера приводят представителя кистеперых рыб – латимерию, которая считалась вымершей, но недавно была обнаружена. Сторонники теории стационарного состояния утверждают, что только изучая ныне живущие виды и сравнивая их с ископаемыми останками, можно делать вывод о вымирании, да и в этом случае весьма вероятно, что он окажется неверным.

Концепция панспермии

Согласно данной теории жизнь была занесена на Землю извне. В 1865 г. немецкий врач *Г. Рихтер* выдвинул гипотезу космозоев (космических зачатков), в соответствии с которой жизнь в рамках всего Космоса является вечной. Согласно панспермии, в мировом пространстве рассеяны зародыши жизни (например, споры микроорганизмов), которые движутся под давлением световых лучей, а попадая в сферу притяжения планеты, оседают на её поверхности и закладывают на этой планете начало живому.

Сходную гипотезу в 1907 г. выдвинул известный шведский естествоиспытатель *С. Аррениус*. По его мнению, жизнь возникла не на Земле, а была занесена на неё из космоса. Наша планета была «заражена» микроорганизмами, прибывшими из глубин Вселенной.

В свое время эту гипотезу обсуждали очень бурно. Её сторонниками были выдающиеся умы своего времени. Но были и многочисленные противники, которые указывали на невозможность для микроорганизмов длительно путешествовать в космическом пространстве, не погибая от губительных излучений. Однако в конце XX века теория панспермии получила толчок для нового развития. Миссия по исследованию космоса «*Apollo*» нашла живые микроорганизмы, которые имеют земное происхождение. Их обнаружили на аппарате *Сервейер*, который спустился на Луну. Это лишний раз подтвердило гипотетическую возможность транспортировки спор между космическими объектами. В настоящее время идея панспермии достаточно активно возрождается. На международном симпозиуме «Поиски внеземной жизни», состоявшемся в Бостоне (США) в 1984 г., голландский ученый *М. Гринберг* сообщил, что в его экспериментах было показано, что в условиях вакуума и чрезвычайно низкой температуры, характерной для межзвездной среды, бактериальные споры могут противостоять радиации. Дополнительным аргументом является обнаружение при изучении метеоритов и комет «предшественников живого» – органических соединений, которые, возможно, сыграли роль «семян».

А. Ю. Розанов, член астробиологической комиссии РАН, утверждает, что вероятность самозарождения жизни на Земле ничтожно мала. Поэтому панспермия – одна из основных жизнеспособных теорий. Чтобы доказать или опровергнуть теорию транспортировки, в

2012 г. на исследовательский аппарат «Бион», который должен был отправиться в открытый космос, поместили несколько контейнеров со спорами грибов, термоустойчивыми микроорганизмами. Пробы организмов по плану исследования должны были располагаться в безвоздушном пространстве, чтобы максимально повторить условия, которые возникают при прохождении космическим телом твёрдых слоев атмосферы.

Тем не менее, фактически эта теория ничего не даёт. Даже если удастся доказать, что жизнь была занесена на нашу планету извне, то это не освобождает нас от необходимости объяснить, как же она возникла изначально. Теория панспермии позволяет разрешить лишь проблему происхождения земной жизни, одновременно увеличивая сложность основной проблемы во много раз.

Теория самопроизвольного (случайного) зарождения жизни (опыты Ван Гельмонта). Ее проблемы и противоречия

Гипотеза о самопроизвольном зарождении жизни зародилась в античные времена. Согласно учению *Аристотеля* о спонтанном зарождении, определённые «частицы» вещества содержат некое «активное начало», которое при подходящих условиях может создать живой организм. По его мнению, живое может возникать не только путем спаривания животных, но и разложением почвы. Растения также могут как бы самозарождаться под действием всей природы, возникая из разлагающейся земли или определенных частей растений.

Расцвет классического учения о самозарождении приходится на XVI век. Его очень активно развивали в это время врач и естествоиспытатель *Парацельс* (1493 – 1541 гг.) и его последователь *Ян Баптист ван Гельмонт* (1579 – 1644 гг.). Так, Парацельс пытался опытным путем доказать самозарождение лягушек, мышей, черепах, угрей из воды, воздуха, соломы, гниющего дерева и других неживых предметов. Ян Баптист ван Гельмонт описал эксперимент, в котором он за три недели якобы создал мышей. Для этого были нужны грязная рубашка, пропитанная потом, тёмный шкаф и горсть пшеницы. Активным началом в процессе зарождения мыши Гельмонт считал человеческий пот. На этот опыт многократно ссылались в дальнейшем.

Попыток доказательств самозарождения организмов было настолько много, что Французская Академия наук ещё в 1859 г. назначила специальную премию за обоснованные подтверждения этой концепции.

Эту премию в 1862 г. получил знаменитый французский ученый, основоположник современной микробиологии Луи Пастер, сторонник другой концепции – *биогенеза*. Своими опытами он доказал невозможность самозарождения микроорганизмов.

Опровержение теории самопроизвольного зарождения жизни было экспериментально обосновано опытами Франческо Реди, Ладзаро Спалланцани и Л. Пастера.

***Теория биогенеза («живое от живого», опыты Ф. Реди,
Л. Спалланцани, Л. Пастера)***

Биогенез – образование органических соединений живыми организмами. В общем смысле теория биогенеза – это утверждение: *всё живое может происходить только от живого* (лат. *omne vivum e vivo*).

Франческо Реди (1626 – 1698 гг.). В 1668 г. Ф. Реди проделал следующий опыт. Он помещал кусочки мёртвой змеи, рыбу и телятину в разные сосуды, причем одни сосуды накрыл кисеёй, а другие оставил открытыми. Налетевшие мухи отложили яйца в открытых сосудах; вскоре из яиц вывелись личинки. В накрытых сосудах личинок не оказалось. Таким образом, Реди стал утверждать, что белые черви, появляющиеся в мясе, – личинки флорентийской мухи и что если мясо закрыть и предотвратить доступ мух, то оно не «произведёт» червей. В своей работе «Эксперименты над зарождением насекомых» в 1668 г. он, обобщая свои наблюдения, высказал предположение, что «черви» появились в результате полового размножения мух на гниющем мясе, а у самого гнилого мяса нет другой функции, кроме как служить питанием для мух и быть местом откладки их яиц. Опровергнув концепцию самозарождения, Реди высказал мысль о том, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни. Подобных взглядов придерживался и голландский ученый *Антони ван Левенгук* (1632 – 1723 гг.), который, используя микроскоп, открыл мельчайшие организмы, невидимые невооруженным глазом. Это были бактерии и протисты. Левенгук высказал мысль, что эти крошечные организмы, или «анималькулы», как он их называл, происходят от себе подобных.

Мнение Левенгука разделял итальянский ученый *Ладзаро Спалланцани* (1729 – 1799 гг.), который решил доказать опытным путем, что микроорганизмы, часто обнаруживаемые в мясном бульоне, са-

мопроизвольно в нём не зарождаются. С этой целью он помещал мясной бульон в сосуд, кипятил эту жидкость на огне, после чего сосуды герметично запаивал. В итоге бульон в сосудах оставался чистым и свободным от микроорганизмов. Своими опытами Спалланцани также обосновывал невозможность самопроизвольного зарождения микроорганизмов.

Однако противники этой точки зрения утверждали, что длительное кипячение убивает зародыши жизни, что воздух в них во время кипячения портится, поэтому по-прежнему признавали гипотезу самозарождения. Тогда Спалланцани провёл целый ряд опытов, доказывающих, что сторонники самозарождения неправы. Он брал множество склянок с семенным отваром, некоторые из которых закрывал пробкой, другие же запаивал на огне горелки. Одни он кипятил по целому часу, другие же нагревал только несколько минут. По прошествии нескольких дней Спалланцани обнаружил, что в тех склянках, которые были плотно запаяны и хорошо нагреты, никаких маленьких животных нет. Они появились только в тех бутылках, которые были неплотно закрыты и недостаточно долго прокипячены, причём, вероятнее всего, проникли туда из воздуха или же сохранились после кипячения, а вовсе не зародились сами по себе. Таким образом, Спалланцани не только доказал несостоятельность концепции самозарождения, но также выявил существование мельчайших организмов, способных переносить непродолжительное – в течение нескольких минут – кипячение.

Сокрушительный удар по гипотезе самозарождения был нанесен в XIX веке французским ученым-микробиологом *Луи Пастером* (1822 – 1895 гг.) и английским биологом *Джоном Тиндалем* (1820 – 1893 гг.). Они показали, что бактерии распространяются по воздуху и что если в воздухе, попадающем в колбы с простерилизованным бульоном, их нет, то и в самом бульоне они не возникнут.

Пастер повторял опыты Спалланцани, но сторонники теории самозарождения настаивали на том, что для самозарождения микроскопических животных необходим натуральный, ненагретый воздух. К тому же для чистоты эксперимента необходимо, чтобы в сосуд, содержащий ненагретый воздух, не проникли дрожжевые грибки и вибрионы. Пастер сумел найти выход из этой затруднительной ситуации. Его помощниками были приготовлены весьма необычные колбы – их

горлышки были вытянуты и загнуты книзу наподобие буквы S. В эти колбы он наливал отвар, кипятил его, не закупоривая сосуд, и оставлял в таком виде на несколько дней. Несмотря на открытость сосудов, в отваре не оказывалось ни одного живого микроорганизма. Пастер объяснял это тем, что все микробы, содержащиеся в воздухе, просто-напросто оседают на стенках узкого горлышка и не добираются до питательной среды. Свои слова он подтверждал, отбивая горлышки или встряхивая их так, чтобы бульон ополоснул стенки изогнутого горлышка. В этом случае в капле отвара микроскопические животные обнаруживались. Всё научное общество вынуждено было согласиться с его доводами, окончательно закрыв вопрос о самозарождении.

Однако ситуация не прояснилась, а стала ещё более острой. Коль скоро для возникновения живого организма необходим другой живой организм, то откуда же взялся самый первый живой организм? Теория биогенеза принципиально противопоставляет живое неживому, но при этом фактически утверждает идею вечности жизни.

***Теория абиогенеза (биохимической эволюции). Модель
А. Опарина – Дж. Холдейна. Опыты С. Миллера. Проблемы
и противоречия теории***

Абиогенез – идея о происхождении живого из неживого – главенствующая материалистическая гипотеза современной теории происхождения жизни. Это модель Опарина – Холдейна – по имени учёных, выдвинувших сходные гипотезы независимо друг от друга. Общность развиваемых учёными взглядов состоит в принятии за исходные постулаты утверждения о том, что все необходимые для возникновения жизни биологически значимые органические соединения могут образоваться в абиогенных условиях, то есть без участия живого, лишь на основе физико-химических закономерностей превращения веществ.

В 1924 г. известный биохимик А. И. Опарин высказал предположение, что 4 – 4,5 млрд лет назад в первобытной атмосфере Земли, состоявшей из аммиака, метана, углекислого газа и паров воды, при мощных электрических разрядах могли возникнуть простейшие органические соединения, необходимые для возникновения жизни. В образовавшихся концентрированных растворах белков, нуклеиновых кислот могут возникать сгустки подобно водным растворам желатина.

А. И. Опарин назвал эти сгустки коацерватными каплями, или коацерватами.

Коацерваты – это обособленные от первичного бульона океана органические многомолекулярные структуры, обладающие некоторой своеобразной «прамембраной», отделяющей каплю от жидкой среды и не позволяющей ей раствориться. Несмотря на полужидкую гелеобразную консистенцию, каждая капелька обладает определённой элементарной структурностью. Коллоидные частицы в коацерватной капле расположены определённым образом по отношению друг к другу. Эта структура имеет большое значение. Капелька может абсорбировать те или иные органические и неорганические вещества из окружающей среды и расти за счёт этого поступления веществ. Одновременно внутри капельки происходят и процессы распада. Это ещё не живые существа. Их возникновение рассматривают как стадию развития преджизни.

Наиболее важным этапом в этой модели-гипотезе является вопрос о возникновении механизма воспроизведения себе подобных и наследования свойств предыдущих поколений. В теории коацерватов схема образования коацерватной капли следующая: молекула белка в растворе – сближение молекул белка с потерей воды – образование коацерватной капли. Обладавшие метаболизмом капельки включали в себя из окружающей среды новые соединения и увеличивались в объёме. Когда коацерваты достигали размера, максимально допустимого в данных физических условиях, они распадались на более мелкие капельки, например, под действием волн, как это происходит при встряхивании сосуда с эмульсией масла в воде. Мелкие капельки вновь продолжали расти и затем образовывали новые поколения коацерватов. Постепенное усложнение протобионтов осуществлялось отбором таких коацерватных капель, которые обладали преимуществом в лучшем использовании вещества и энергии среды. Отбор как основная причина совершенствования коацерватов до первичных живых существ – центральное положение в гипотезе Опарина.

Сложную химическую эволюцию обычно выражают следующей обобщенной схемой: атомы – простые соединения – простые биорганические соединения – макромолекулы – организованные системы. Следующим этапом после химической эволюции элементов является биохимическая эволюция. В рамках этой концепции предбиологиче-

ская эволюция имеет три фазы: первая – фаза элементарных полимеров, когда происходит абиогенный синтез простейших органических соединений; вторая фаза – полимеризация, ведущая к образованию предшественников нынешних живых клеток; третья – биохимическая фаза, в которой совершается возникновение генетического кода, биосинтез закодированных белков и переход к биологической эволюции.

По мнению сторонников академика Опарина, эта гипотетическая теория оправдалась. В 1954 г. (1953?) американский исследователь С. Миллер, пропуская электрические заряды через смесь газов и паров, получил четыре вида аминокислот из двадцати, являющихся составными элементами белка (протеина). А белки, как известно, – неотъемлемый компонент клеток, из которых состоят любые организмы. Тем самым стало утверждаться, что в середине XX века был экспериментально осуществлен абиогенный синтез белковоподобных и других органических веществ в условиях, воспроизводящих условия первобытной Земли, и что тем самым доказан механизм биохимической эволюции.

Однако противники теории абиогенеза указывают на существенные проблемные места данного опыта.

В результате опыта Миллером в изолированной осадке были получены не только составляющие протеина (белка). Основными продуктами химической реакции стали формальдегиды, различные кислоты (включая синильную, уксусную, муравьиную) и мазутообразные вещества, а аминокислоты составили всего лишь около 2 % этого месива. Невозможно себе представить, что в такой едкой смеси мог образоваться белок, а затем там же начала зарождаться «живая» клетка, так как эта среда отравит любую биохимическую реакцию. К тому же полученные продукты реакции учёный сразу же подвергал изоляции (технология «холодного капкана»), оберегая их от дальнейшего воздействия электричества, так как знал, что разряды разорвут полученные связи. Химик Ричард Блисс подчёркивает, что если бы не было «холодного капкана», химические вещества были бы разрушены под воздействием электрической энергии.

Первичная атмосфера в опыте Миллера, как теперь выяснилось, была фиктивной. Миллер и Ури, смешав метан и аммиак, пытались воспроизвести первичную атмосферу Земли. Между тем последние исследования показали, что начальный климат Земли характеризовал-

ся высокой температурой, и Земля состояла из сплава никеля и железа. Это означало, что атмосфера должна была состоять, скорее всего, из азота, двуокиси углерода и водяного пара, которые не столь благоприятны для образования органических молекул, сколько аммиак и метан. Американские ученые Феррис и Чен повторили опыт Миллера, используя двуокись углерода, водород, азот и водяной пар, и в результате не смогли получить ни одной аминокислоты.

Наиболее серьёзный контраргумент касается так называемой киральной (хиральной) чистоты полученных продуктов. Термин «хиральность» происходит от греческого слова «хирос» – рука. Именно киральность молекул определяет биохимическую границу между живым и неживым. Выявлено, что ДНК обладает только правовращающей формой, глюкоза, вырабатываемая в организме – правовращающая форма, фруктоза – левовращающая. Одновременно киральность молекул пищи согласуется с киральностью молекул человеческого организма подобно тому, как правые гайки согласуются с правыми болтами, а левые – с левыми. Если киральность пищи другая, то она оказывается для человека биологически ядовитой.

В опыте же Миллера получены аминокислоты с разным поворотом (ориентацией) от воображаемой оси, что делает практически невозможным их соединение в протеин (белок). В 1998 г. была опубликована статья под заголовком «Life's Crucible» («Испытание жизнью»), в которой говорится о том, что сегодня к сценарию Миллера относятся с сомнением. Даже если допустить возникновение представленной Миллером атмосферы, то остаётся непонятным, каким образом могли произойти химические реакции, способные превратить такие простые молекулы, как аминокислоты, в гораздо более сложные соединения – полимеры, такие как белок. Даже Миллер соглашается с наличием этой проблемы.

Ури, учитель С. Миллера, замечает: «Все мы, исследовавшие возникновение жизни, сколько бы исследований ни проводили, всегда приходили к выводу: жизнь настолько комплексна, что не могла эволюционировать на каком-либо этапе своего развития. Но, следуя своим убеждениям, мы верим в то, что жизнь произошла из неживого. Однако эта комплексность настолько велика, что даже представить эволюцию для нас очень сложно» (W. R. Bird, *The Origin of Species Revisited*, Nashville: Thomas Nelson Co. 1991. С. 325). Как видим,

именно мировоззренческие установки становятся для многих учёных решающим аргументом в следовании той или иной научной модели.

Подвергается критике теория биохимической эволюции и с точки зрения теории вероятности в отношении условий получения белка. Для образования белка необходимо выполнение сразу трёх условий. Первое – неперемutable наличие всех разновидностей аминокислот, упорядоченных в определенной пропорции. Второе – все аминокислоты в цепи должны быть L-аминокислотами. Третье – все аминокислоты должны быть соединены друг с другом только особой химической формулой – пептидной связью. Вероятность случайного образования белка равна произведению вероятностей всех трёх условий, то есть одна вероятность против 10^{150} . Следует обратить внимание, что в математике вероятность, равная 10^{-50} считается неосуществимой, эта вероятность возможна только на бумаге. Шансов же на случайное образование белка, содержащего 500 аминокислот – практически нулевая.

Гарольд Моровиц подсчитал, что вероятность самоорганизации биополимеров с образованием кишечной палочки (*Escherichia coli*) равна одному шансу из 10^{-110} , для микоплазмы – один шанс из 10^{-450} . Профессор химии Нью-Йоркского университета и специалист по ДНК Роберт Шапиро подсчитал вероятность образования 2000 видов белков, содержащихся в простой бактерии. В результате была получена одна вероятность против $10^{40.000}$ (это непостижимое число имеет 40 тысяч нулей после единицы).

Как показывает содержательный анализ, в опыте Миллера обнаружены многочисленные проблемные моменты, тем не менее, теория абиогенеза представлена в настоящий период обширным корпусом исследователей и сторонников. Итак, согласно концепции абиогенеза, жизнь возникла на Земле абиогенным путём. Однако в настоящее время живое происходит только от живого (биогенное происхождение). Возможность повторного абиогенного возникновения жизни на Земле исключена, что признаётся даже сторонниками абиогенеза.

Креационная теория

Религиозные представления о возникновении жизни не являются предметом научного анализа. Однако в богословии есть отдельная

отрасль, называемая «естественнонаучной апологетикой», предметом которой считается защита религиозного мировоззрения на основе привлечения научных фактов. В настоящее время активно развивается так называемый научный креационизм, задачей которого считается поиск научных фактов, свидетельствующих о сотворённости Мира. Основывается эта концепция на отрицании возможности объяснить генезис жизни естественными причинами и проблематичности всех материалистических теорий. Согласно данному направлению, жизнь представляет собой акт преднамеренного Творения, что вполне, по мнению сторонников креационной теории, соответствует современным космологическим представлениям о возникновении Вселенной и человека.

Мысли о созданности мира придерживались в своих научных трудах многие великие биологи: Кювье, Ламарк, Линней, Пастер, Шлейден, Броун, Оуэн, Мендель, Бэр, а среди современных ученых – академики Алтухов, Рычков, Корочкин и многие другие биологи. Идеи созданности основных биологических форм придерживался и сам Чарльз Дарвин. В его основном научном труде «Происхождение видов путём естественного отбора» отмечается: «Жизнь, с её различными проявлениями, Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; ... из такого простого начала возникло и продолжает возникать бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм» (Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. М. : Тайдекс Ко, 2003. С. 489). «Я полагаю, что животные происходят самое большое от четырех или пяти родоначальных форм, а растения – от такого же или еще меньшего числа» (Там же. С. 485).

Эволюцию сотворённых биологических форм Дарвин мыслил как реализацию плана сотворения: «Наши классификации превратятся, насколько это возможно, в родословные, и тогда в действительности они представят нам то, что по праву можно будет назвать планом творения» (Там же. С. 487). В сущности Дарвина можно было бы назвать креационистом, вернее деистом, если бы он не писал о сотворённости лишь небольшого числа базовых форм, а признал бы созданность всех основных биологических видов.

Однако современный креационизм – отнюдь не однородное идейное течение. Изложенная в Книге Бытия временная и иерархиче-

ская последовательность событий показывает неодномоментность возникновения неживой и живой природы. Поэтому, по мнению одного из направлений – теологического эволюционизма, – в ней содержится исходное представление об эволюции. Первый день – появление света; второй день – звезд; третий день – создание Земли; четвертый день – Солнца и Луны; пятый день – рыб и птиц; шестой день – создание человека. По убеждениям сторонников этой концепции «день» в данном случае должен пониматься как долговременный промежуток времени, то есть как сотни или тысячи лет.

Другое направление – шестодневники – понимают Книгу Бытия буквально и считают, что мир возник в шесть обычных суток, состоящих из двадцати четырёх часов. Для подтверждения своей концепции привлекаются как библейские аргументы, так и научные факты. Главное острие критики в отношении эволюционистских представлений направлено на доказательство сомнительности радиоизотопных методов, с помощью которых определяется хронологический возраст Вселенной.

Хронологическая датировка основана на постулате о независимости скорости радиоактивного распада от каких-либо внешних факторов. Однако в рамках проекта RATE были замечены весьма существенные отклонения. Солнечные нейтрино могут ускорять процесс радиоактивного распада. Кавитация также может влиять на ядро атома в сильно резонирующих растворах. В исследованиях итальянских ученых в ходе 90-минутного эксперимента кавитация ускорила распад тория в 10 000 раз (кавитация – это образование в жидкости полостей или пузырьков при очень быстром движении воды).

Приводятся многочисленные примеры некорректной научной датировки. Так, только что убитый тюлень датируется в 1300 лет, раковина живого моллюска в 2300 лет, зелёные прутья, растущие вдоль автострад, в 500 лет, льняная скатерть, не более 50 лет, в 350 лет и т. п. М. Винтер (специалист в области радиоуглеродного датирования) признаётся, что если метод радиоуглеродного датирования подтверждает эволюционные теории, он освещается в полном свете; если противоречит, но не совсем, и тогда статья располагается где-то с краю, если полностью противоречит, она не публикуется.

Особенно популярна в последние десятилетия идея «разумного замысла» (a fine-tuning argument). Её приверженцы признают, что

Земля возникла более четырёх миллиардов лет назад, что одни виды животных вымирали, другие возникали, но все эти события протекали по заранее намеченному Творцом плану. Один из значимых аргументов сторонников идеи сотворённости основывается на выявленном современной наукой «антропном принципе». Напомним, что суть антропного принципа заключается в следующем: Вселенная такова, какой мы её видим, поскольку в ней существуем мы, то есть наблюдатели, способные задаться вопросом о свойствах Вселенной. При других параметрах во Вселенной невозможны сложные структуры и жизнь в известных нам формах.

В любом случае возможность согласованного набора всех физических констант, параметров Вселенной (а в принципе и физических законов), чтобы были выполнены необходимые условия для возникновения сложных органических структур и жизни, представляет большой научный интерес с точки зрения ответа на вопросы происхождения, развития и эволюции окружающего мира. Конечно, такая задача в полном объеме пока неразрешима.

Одновременно креационисты опираются и на методологические принципы современной науки и ставят под сомнение достоверность научного знания, недоступного прямой экспериментальной проверке. Именно к таким неverified областям знаний относится большая часть эволюционной биологии и палеонтологии, а также значительная часть геологии и астрономии.

«Если говорить о чисто научном подходе к решению вопроса о происхождении жизни, то любому должно быть ясно: необходимо рассматривать, по крайней мере, обе гипотезы – эволюционную и творения – и искать, какая из них лучше описывает наблюдаемые факты» (Вертьянов С. Ю. Биология в школе, наука и идеология. Портал «Слово», 21.12.2010).

Вопросы для контроля знаний

- Какие теории происхождения жизни вы знаете?
- Какова аргументация сторонников стационарной модели? В чём заключаются её проблемы?
- Какова аргументация сторонников случайного зарождения жизни? В чём заключаются её проблемы?
- Какова аргументация сторонников теории биогенеза? В чём заключаются её проблемы?

- Какова аргументация сторонников биохимической эволюции? В чём заключаются её проблемы?
- Какова аргументация сторонников креационной модели? В чём заключаются её проблемы?

§ 4. Идея развития природы и становление эволюционных представлений

Понятие эволюции. Модель Ж. Бюффона. Теория катастроф Ж. Кювье. Теории преформизма и эпигенеза

Идея эволюции живой природы возникла в Новое время как противопоставление креационизму (от лат. «созидание») – учению о сотворении мира Богом «из ничего» и неизменности созданного Творцом мира. Согласно теологическим воззрениям всё в природе устроено целесообразно, и всякое развитие является осуществлением заранее predetermined целей. Теология приписывает процессам и явлениям природы целевую причинность, которые или устанавливаются Богом (Х. Вольф), или являются внутренними причинами природы (Аристотель, Лейбниц).

Позже, в период становления науки Нового времени, для преодоления идей религиозной картины мира была разработана концепция ограниченной изменчивости видов в пределах относительно узких подразделений (от одного единого предка) под влиянием среды – трансформизм. Эту концепцию в развёрнутой форме сформулировал выдающийся естествоиспытатель XVIII века Жорж Бюффон в своём 36-томном труде «Естественная история». Основой трансформизма являются представления об изменении и превращении органических форм, происхождении одних организмов от других. Среди естествоиспытателей и философов-трансформистов XVII и XVIII веков наиболее известны также Р. Гук, Ж. Ламетри, Д. Дидро, Э. Дарвин, И. Гете, Э. Сент-Илер. Все трансформисты признавали изменимость видов организмов под действием изменений окружающей среды.

Идея трансформации органического мира опровергалась в теории катастроф. *Жорж Кювье* (1769 – 1832 гг.), французский естествоиспытатель, – автор теории катастроф. Родился 24 августа 1769 г. в городке Монбельяр (Эльзас; ныне на востоке Франции) в семье протестантов; отец – офицер французской армии. В 1784 г. поступил в

Каролинскую академию в Штутгарте (Германия), где избрал факультет камеральных (естественных) наук, чтобы заняться естествознанием, склонность к которому обнаруживал с детства. В 1788 г. стал домашним учителем у графа д'Эриси в замке Фикенвилль в Нормандии, где, пользуясь близостью моря, занимался исследованиями морских организмов. В 1795 г. Кювье приехал в Париж и получил место профессора естественной истории в центральной школе Пантеона. С приходом Наполеона I к власти был назначен на несколько государственных постов, включая должности генерального инспектора общественного образования и государственного канцлера. На этом посту Кювье оставался в период правления трёх французских королей. Несмотря на пост при дворе, учёный продолжал читать лекции в Национальном музее в Париже, поражая коллег своей энергией и увлечённостью. К концу жизни Кювье был посвящён в рыцари и стал бароном и пэром Франции. Ж. Кювье являлся самым выдающимся зоологом конца XVIII – начала XIX века. Исследовав строение животных, он вывел закон соотношения органов, в силу которого изменение в одном из органов сопровождается рядом изменений в других. Учёный установил понятие типов, внёс уточнения и дополнения в классификацию животного царства. Ж. Кювье являлся главным противником теории эволюции Ж. Б. Ламарка. Разгромив эволюционистов в публичной научной дискуссии, он на долгое время закрепил взгляды о неизменности вида.

Исследования ископаемых животных Франции привели учёного к созданию теории катастроф, согласно которой каждый геологический период имел свою фауну и флору и заканчивался громадным переворотом, или катастрофой, при которой на Земле гибло всё живое, и новый органический мир возникал путём нового Творческого акта.

Большую роль в становлении и развитии идеи эволюции живой природы сыграли теории преформизма и эпигенеза. *Преформизм* – от лат. «предобразую» – учение о наличии в половых клетках материальных структур, предопределяющих развитие зародыша и признаки развивающегося из него организма. Преформизм возник на базе господствовавшего в XVII – XVIII веках представления о преформации, согласно которому сформировавшийся организм якобы «предобразован» в яйце (овисты) или сперматозоиде (анималькулисты). Преформисты (Ш. Бонне, А. Галлер и др.) считали, что проблема эмбрио-

нального развития должна получить своё разрешение с позиций всеобщих принципов бытия, постигаемых исключительно разумом, без эмпирических исследований. *Эпигенез* как учение сложился в XVII – XVIII веках в борьбе с преформизмом. Эпигенез – это учение, согласно которому в процессе зародышевого развития происходит постепенное и последовательное новообразование органов и частей зародыша из бесструктурной субстанции оплодотворенного яйца под влиянием изменений в окружающей среде. Эпигенетические представления развивали У. Гарвей, Ж. Бюффон, К. Ф. Вольф. Таким образом, в XVII – XVIII веках возникла идея исторических изменений наследственных признаков организмов, необратимого исторического развития живой природы – идея эволюции органического мира.

Идеи эволюционного учения Ж. Б. Ламарка и Ч. Дарвина

Эволюция – от лат. «развертывание» – историческое развитие природы. Эволюционная теория утверждает ряд положений:

- разнообразие форм организмов непостоянно, в ходе развития возникают новые виды;
- организмы адаптируются, то есть приспосабливаются к изменённым условиям внешней среды;
- в результате эволюции постепенно повышается общий уровень организации живых существ – они усложняются и совершенствуются.

Переход от представлений о трансформации видов к идее эволюции, исторического развития видов, в свою очередь, предполагал необходимость рассмотрения процесса образования видов в его истории, учёт конструктивной роли фактора времени в историческом развитии организмов и развитие идей о возникновении качественно нового в этом историческом процессе.

Первые эволюционные теории были разработаны Ж. Б. Ламарком и Ч. Дарвиным. Жан Батист Ламарк (1744 – 1829 гг.) – французский академик, выдающийся представитель биологии конца XVIII и первой половины XIX века, автор мемуаров по метеорологии и флоры Франции и ботанического словаря. В семитомной «Естественной истории беспозвоночных животных» упорядочил характеристику и классификацию беспозвоночных, выделил эту группу в самостоятельный раздел зоологии. Именно Ж. Б. Ламарком был поставлен в качестве самостоятельного вопрос об эволюционном развитии всего

органического мира. Учение Ж. Б. Ламарка – первое эволюционное учение, которое заключалось в том, что все организмы в процессе исторического развития претерпевают прогрессивное усложнение – градации. Ж. Б. Ламарк пытается построить естественную классификацию организмов с учётом морфологических, физиологических и психических их особенностей, где получил бы отражение порядок, в котором природа производила животных, как последовательный ряд градаций. В 1802 г. в книге «Гидрология» Ж. Б. Ламарк отмечает, что поверхность Земли менялась постепенно на протяжении веков под влиянием ныне действующих сил природы, приводя к изменчивости видов. Никто до него идеи о происхождении одних видов из других, а также о прогрессе растений и животных так чётко не выражал. Ступени лестницы органических существ, по его мнению, уловимы исключительно в главных группах общего ряда, а не в видах, ни даже родах.

Условия внешней среды и время – первопричины эволюции. На растения и низшие животные среда действует непосредственно, их изменения всегда соответствуют направлению изменения среды, то есть происходит прямое приспособление. На высшие животные среда действует опосредованно через перестройку потребностей. Полученные при непосредственном и косвенном влиянии среды изменения передаются в ряду поколений по наследству. Эти положения он сформулировал в виде законов:

- упражнение (развитие) и неупражнение (редукция) органов;
- всё, что природа заставила индивидов приобрести или потерять, всё это сохраняется путём размножения у новых особей.

Однако Ж. Б. Ламарк не мог объяснить упражнением или неупражнением появление совершенно новых или сохранение маловажных органов. Появление нового органа связывал с накоплением флюидов на определенных участках. Например, накопление флюидов ярости на костях головы способствует, по его мнению, формированию рогов, что было на уровне фантазии. Своеобразным было объяснение Ламарком причин усложнения организации в живой природе «внутренним их стремлением» к повышению своей организации на основе «силы воли». Ж. Б. Ламарк пытался объяснить и отличие человека от четвероруких обезьян длительным использованием передних и задних конечностей в разных целях. Использование задних конечностей для ходьбы якобы превратило обезьян в двуногие существа.

При всех недостатках рассуждений Ж. Б. Ламарка его заслугой остается первое обоснование наиболее стройного учения эволюции органического мира, пронизанное принципами историзма и развития. Тем не менее, учение Ж. Б. Ламарка эволюционного процесса полностью не раскрывало, оно держалось на слабой фактической основе и страдало отсутствием строгих фактов, что приводило к признанию идей катастрофизма.

Позиции теории катастроф пошатнулись лишь в середине XIX века. Немалую роль в этом сыграл принцип актуализма Ч. Лайеля (1797 – 1875 гг.). Он исходил из того, что для познания прошлого Земли нужно изучить её настоящее. Лайель пришёл к выводу, что медленные, ничтожные изменения на Земле могут привести к поразительным результатам, если будут долго идти в одном направлении. Так был сделан ещё один шаг к эволюционной теории, создателем которой стал Ч. Р. Дарвин (1809 – 1882 гг.).

В общем, развитие биологии в первой половине XIX века характеризуется следующими особенностями:

- получены данные, свидетельствующие о последовательности смены форм жизни в истории Земли;
- трансформацию форм жизни в геологическом прошлом связывали с ныне действующими на поверхности Земли факторами;
- предприняты попытки объяснить органическую целесообразность (гармонию) с учетом плодовитости и борьбы за существование;
- высказывалась идея отбора в природе;
- предложена первая научная концепция эволюции, опирающаяся на принципы историзма и развития.

Биология постепенно стала превращаться в теоретическую и обобщающую науку. *Новый шаг в теории эволюционного учения был сделан Ч. Дарвиным.* 1 июля 1858 г. на заседании Лондонского Линнеевского общества была рассмотрена небольшая записка, касавшаяся вопроса о происхождении биологических видов. Учёного, подавшего её, звали Чарльз-Роберт Дарвин. Изложенные на её страницах мысли за два года облетели весь мир. Высказанная гипотеза приобрела неожиданный успех и популярность, все тысяча двести экземпляров книги «О происхождении видов путём естественного отбора» были раскуплены в один день. Имя Дарвина, до тех пор известное лишь

среди специалистов, стало передаваться из уст в уста в широчайших кругах общественности.

Чарльз Дарвин в своем труде, используя результаты собственных наблюдений во время кругосветного плавания на корабле «Бигль» и обобщив эмпирический материал современной ему биологии и селекционной практики, наиболее системно вводит эволюционные идеи и раскрывает основные факторы эволюции органического мира. В основе теории Дарвина лежат следующие основные принципы эволюционной теории:

- первый принцип постулирует, что изменчивость является неотъемлемым свойством живого;
- второй принцип раскрывает внутренние противоречия в развитии живой природы и утверждает, что, с одной стороны, все виды организмов имеют тенденцию к размножению в геометрической прогрессии, а с другой – выживает и достигает зрелости лишь небольшая часть потомства;
- третий принцип обычно называют принципом естественного отбора, который играет фундаментальную роль в теории эволюции не только Дарвина, но и всех теорий, появившихся позднее. Естественный отбор постоянно распространяет по всему свету мельчайшие изменения, отбрасывая неприспособленные, сохраняя и слагая устойчивые, работая неслышно и невидимо над усовершенствованием каждого органического существа в связи с условиями его жизни, органическими и неорганическими.

Для своего времени учение об отборе представляло грандиозное обобщение фактического материала биологии. Теория естественного отбора удовлетворительно объясняла следующие факты:

- возникновение многообразия органических форм на основе единства их происхождения – принцип монофилии;
- приспособленность видов к окружающим условиям – принцип целесообразности;
- доминирующую роль естественных процессов и законов в постепенном историческом развитии живой природы – принцип историчности развития;
- соотношение между изменчивостью и реальностью видов в природе.

Влияние теории Ч. Дарвина на последующее развитие биологии огромно и общепризнано. По убеждениям сторонников эволюционного учения, теорию Ч. Дарвина необходимо рассматривать как начало новой эры не только в биологии, но и мышлении человечества. Одна из общепризнанных заслуг дарвинизма – введение в биологию исторического метода, как метода познания.

Современные представления о доказательствах справедливости эволюционного учения

По мнению приверженцев теории эволюционного развития, теория Дарвина бесспорна и обоснована многочисленной системой естественнонаучных доказательств. Данные в поддержку гипотезы Дарвина дают, по их мнению, различные науки. В научную систему подтверждений теории эволюции включают:

- доказательства единства происхождения органического мира;
- эмбриологические доказательства эволюции;
- морфологические доказательства эволюции;
- палеонтологические доказательства;
- биогеографические доказательства эволюции;
- островные фауна и флора.

К доказательствам единства происхождения органического мира относят следующие аргументы:

- все организмы, будь то вирусы, бактерии, растения, животные или грибы, имеют удивительно близкий элементарный химический состав;
- у всех у них особо важную роль в жизненных явлениях играют белки и нуклеиновые кислоты, которые построены всегда по единому принципу и из сходных компонентов. Принципы генетического кодирования, биосинтеза белков и нуклеиновых кислот едины для всего живого;
- у подавляющего большинства организмов в качестве молекул – аккумуляторов энергии используется АТФ; одинаковы также механизмы расщепления сахаров и основной энергетический цикл клетки;
- большинство организмов имеют клеточное строение.

К эмбриологическим доказательствам эволюции относят сходство эмбриональных стадий в пределах отдельных типов или классов.

Например, у всех наземных позвоночных, так же и у рыб, обнаруживается закладка жаберных дуг, хотя эти образования не имеют функционального значения у взрослых организмов. Подобное сходство эмбриональных стадий объясняется единством происхождения всех живых организмов.

Морфологические доказательства эволюции:

- особую ценность для доказательства единства происхождения органического мира представляют формы, сочетающие в себе признаки нескольких крупных систематических единиц. Наглядным примером этого может служить одноклеточный организм эвглена зелёная. Она одновременно имеет признаки, типичные для растений и для простейших животных;
- строение передних конечностей некоторых позвоночных, несмотря на выполнение этими органами совершенно разных функций, в принципиальных чертах строения сходны. Некоторые кости в скелете конечностей могут отсутствовать, другие – срастаться, относительные размеры костей могут меняться, но их гомология совершенно очевидна (гомологичными называются такие органы, которые развиваются из одинаковых эмбриональных зачатков сходным образом);
- наличие рудиментов тоже свидетельство общности происхождения.

Палеонтологические доказательства эволюции. В этом отношении приводится модель эволюции лошадей. Изменение климата на Земле повлекло за собой изменение конечностей лошади. Параллельно изменению конечностей происходило преобразование всего организма: увеличение размеров тела, изменение формы черепа и усложнение строения зубов, возникновение свойственного травоядным млекопитающим пищеварительного тракта и многое другое. В результате изменения внешних условий под влиянием естественного отбора произошло постепенное превращение мелких пятипалых всеядных животных в крупных травоядных.

Биогеографические доказательства эволюции. По мнению неodarвинистов, ярким свидетельством происшедших и происходящих эволюционных изменений является распространение животных и растений по поверхности нашей планеты. Сравнение животного и растительного мира разных зон даёт богатейший научный материал для доказательства эволюционного процесса. Фауна и флора палео-

арктической и неоарктической областей имеют много общего. Это объясняется тем, что в прошлом между названными областями существовал сухопутный мост – Берингов перешеек. Другие области имеют мало общих черт. Таким образом, распределение видов животных и растений по поверхности планеты и их группировка в биогеографические зоны отражают процесс исторического развития Земли и эволюции живого.

Островные фауна и флора. Для понимания эволюционного процесса интерес представляют флора и фауна островов, которые полностью зависят от истории происхождения островов. Огромное количество разнообразных биогеографических фактов указывает на то, что особенности распределения живых существ на планете тесно связаны с преобразованием земной коры и с эволюционными изменениями видов.

В то же время теорию дарвинизма, несмотря на утверждения сторонников этой теории, нельзя считать абсолютно достоверной и безупречной. К настоящему времени обнаружены и широко дискутируются *проблемы и противоречия эволюционного учения.*

Проблемы эволюционного учения

Гипотетичность своей теории, в отличие от его убеждённых последователей, понимал уже сам Дарвин. Он указывал, что для подтверждения его эволюционной модели необходим поиск многочисленных переходных эволюционных форм растительного и животного мира. Недра Земли должны быть практически «нашпигованы» подобными останками. Но при этом он выражал надежду, что поскольку такую задачу никто преднамеренно до сих пор не ставил, то предпринятые целенаправленные поиски этот пробел быстро заполнят. Однако подобная «нашпигованность» пока не подтверждается.

Он же отмечал те факты, которые необъяснимы с точки зрения эволюционного изменения организмов. К таким необъяснимым проблемам относится строение глаза. Дарвин признавал: «Предположение, чтобы глаз... мог быть выработан естественным отбором, может показаться, сознаюсь в том откровенно, в высшей степени нелепым» (Дарвин Ч. Происхождение видов. М. : Изд-во с.-х. лит. 1952. С. 208). Даже в настоящее время эксперты по вычислительной технике зашли в тупик в попытке воспроизвести человеческое зрение. Они вынуждены были признать, что невозможно искусственным путём воспроиз-

вести человеческий глаз, в особенности сетчатку с её 100 миллионами палочек и колбочек, а также нейронные слои, выполняющие, по меньшей мере, 10 миллиардов вычислительных операций в секунду. К тому глаз – это фактически «мозг, вынесенный наружу». На сетчатке глаза выводятся проекции всех внутренних органов, то есть изменение любого органа должно было отразиться на глазе.

Однако первые контраргументы против теории эволюции были выдвинуты уже современниками Дарвина. Во времена Дарвина наследственность представляли как некое общее свойство организма, присущее ему как целому, то есть индивидуальной особи. В связи с этим шотландский инженер Флеминг Дженкин вошёл в историю биологии, выдвинув возражения против теории Дарвина. Он указывал, что новые полезные признаки некоторых особей данного вида должны быстро исчезнуть при скрещивании с другими, более многочисленными особями. Возражения Дженкина сам Дарвин считал очень серьёзным аргументом, окрестив «кошмаром Дженкина». Чрезвычайная научная серьёзность «кошмара Дженкина» подтверждается и тем историческим фактом, что одна из причин разработки синтетической теории эволюции также связана с попытками выхода из обозначенного тупика и решения вышеназванной проблемы.

Указанная проблема усугубилась в связи с возникновением генетики и открытыми законами Г. Менделя. Именно из-за несоответствия законов Менделя положениям эволюционной модели его работы по идеологическим и мировоззренческим причинам в течение достаточно долгого времени не признавались.

Так, уже многие известные ученые, современники Дарвина (Р. Вирхов, Л. Агасис, К. Бэр, Р. Оуэн, Г. Мендель, Л. Пастер), доказывали, что идеи Дарвина ложны и противоречат фактическим данным. Зато Маркс и Энгельс приветствовали новое учение. Маркс неоднократно говорил, что труд Дарвина – «естественно-научная основа понимания исторической борьбы классов» (видимо, подразумевая выживание самых «приспособленных»), и даже хотел посвятить Дарвину свой «Капитал», но тот отказался.

Наш знаменитый соотечественник Н. Я. Данилевский писал, что «теория эволюции не столько биологическое, сколько философское учение, купол на здании материализма, чем только и можно объяснить её фантастический успех, научными достоинствами никак не

объяснимый» (Вертьянов С. Ю. Биология в школе, наука и идеология. Портал «Слово», 21.12.2010).

В настоящее время выдвигаются и другие аргументы, позволяющие усомниться в бесспорной истинности положений эволюционного учения (см. антропный принцип).

Таким образом, вот уже более 100 лет дарвиновская теория находится в эпицентре борьбы разных типов идеологий и мировоззрений, исторический путь её не прост. М. Гусейханов, О. Раджабов указывают, что «наибольший вклад Дарвина в науку заключается не в том, что он доказал существование эволюции, а в том, что он объяснил, как она может происходить» [3].

И всё же дарвиновская революция была справедливо названа величайшей из всех научных революций. Она не просто привела к замене одной научной революции (теории неизменных видов) на другую, но потребовала коренного изменения представления человека о природе и о себе, вызвав острейшие мировоззренческие дискуссии. В отличие от революций в физических науках (Коперник, Ньютон, Эйнштейн, Гейзенберг) дарвиновская революция подняла вопросы, касающиеся этики человека и его глубочайших убеждений, включая и религиозные. В этом отношении нельзя не согласиться с Гейне: *«Тот, кто предупреждает нас о бесплодных путях, оказывает не меньшую услугу, чем тот, кто указывает правильный путь»* [3].

Новая парадигма Дарвина представляет новое мировоззрение, являющееся по сути идеологической платформой материалистически настроенных учёных. Однако бесспорно и то, что в теории эволюции Дарвина содержится несколько научных компонентов. Это представление об эволюции как реальности, что означает определение жизни как динамической структуры естественного мира, а не статической системы. Виды не только изменяются во времени, но и связаны друг с другом происхождением от общих предков. Эволюция рассматривается как постоянный процесс. Считается, что с течением времени в результате постепенных малых изменений возникают новые формы, совершенно отличные от родительского вида.

И тем не менее теория Дарвина нуждалась в дальнейшей разработке и обосновании с учётом последующих достижений всех биологических дисциплин.

Подводя итог результатам развития биологии во второй половине XIX века, следует отметить внедрение учения Ч. Дарвина во

многие его разделы, что привело к формированию эволюционных направлений в систематике, палеонтологии, эмбриологии, сравнительной морфологии и анатомии, физиологии растений, а также представлений о живой природе как планетарного и целостного явления. Таким образом начинают складываться эволюционная биология и новые научные направления.

Вопросы для контроля знаний

- Как расшифровывается термин «эволюция»?
- Какие ученые впервые разрабатывали эволюционные представления?
- Какова заслуга Ламарка?
- Что такое теория катастроф, кто является создателем теории?
- В чем суть теорий преформизма и эпигенеза?
- Каковы основные идеи эволюционного учения Ч. Дарвина?
- Перечислите современные представления о доказательствах справедливости эволюционного учения.
- Что такое «кошмар Дженкина»? Перечислите проблемы эволюционного учения.

§ 5. Эволюционное учение о человеке

Человек как предмет естественнонаучного познания

Как когда-то сказал Жак Моно, известный французский биохимик и лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине, «биологическая эволюция как естественный процесс развития всего живого на планете занимает лучшие умы человечества уже несколько столетий. Это одна из наиболее вдохновляющих областей современной биологии – ведь это настоящий шанс раскрыть секреты наших метафизических чувств, страданий, любви, эмоций и мышления» (Newtonew. Лекции: генетика, эволюция и строение человека).

Проблема эволюционного возникновения (антропогенеза) человека, как и эволюционного учения в целом, вызывает жаркие споры среди учёных. Причина этому, с одной стороны, огромное методологическое значение материалистического решения вопроса о происхождении человека, а с другой – возможность проследить, как зако-

номерности органической эволюции, действующие на уровне биологической формы движения материи, уступают место иным, связанным с возникновением социальной формы движения материи.

Как и в вопросе происхождения Вселенной и жизни, существует представление о Божественном творении человека. «И сказал Бог: сотворим человека по образу и подобию нашему... И сотворил Бог человека по образу своему».

В то же время мысли о естественном происхождении людей из ила высказывались уже в античности (*Анаксимандр*). Тогда же заговорили о сходстве человека и обезьяны (*Ганнон* из Карфагена). В середине XVIII века *К. Линней* положил начало природному представлению о происхождении человека. В своей «Системе природы» (1735 г.) он отнёс человека к животному миру, помещая его в своей классификации рядом с человекообразными обезьянами. В XVIII веке зарождается и научная приматология: в 1766 г. появилась научная работа *Ж. Бюффона* об орангутанге. Голландский анатом *П. Кампер* показал глубокое сходство в строении основных органов человека и животных.

Ч. Дарвин и эволюционное учение о происхождении человека. Этапы развития человека в рамках эволюционного учения

Проблема материалистического происхождения человека стала наиболее актуальной в естествознании XIX века в связи с разработкой эволюционной теории. Системно развивает эту идею Ч. Дарвин в книге «Происхождение человека и половой отбор» (1871). Он выдвигает гипотезу происхождения человека от обезьяноподобного предка. Это была именно гипотеза, поскольку долгое время отсутствовали эмпирические данные о предках человека. Дарвин знал только дриопитеков (найденных в 1856 г. во Франции) и именно о них писал как о далёких предках человека. Его ярый последователь, по характеристике современников «цепной пёс дарвинизма», Э. Геккель выдвинул гипотезу о существовании в прошлом промежуточного между обезьяной и человеком вида, который он назвал питекантропом (букв. «обезьяночеловек»). Он предположил, что не современные обезьяны были предками человека, а дриопитеки, существовавшие на Земле около 70 млн лет назад. От них одна линия эволюции пошла к шимпанзе и гориллам, другая – к человеку. По предложению Э. Геккеля питекан-

тропом были названы останки, обнаруженные в 1891 г. на острове Ява.

В сжатом виде ступени эволюционного развития человека современная антропология представляет следующим образом (рис. 7).

В 1891 г. голландский исследователь Эжен Дюбуа на о. Ява впервые нашел окаменелости древнейшего человека – первого питекантропа, или человека прямоходящего. В XX веке на Яве найдены еще несколько питекантропов, в Китае – близкие к ним синантропы и т. д. Все они представляют собой различные географические варианты человека прямоходящего, существовавшего приблизительно 0,5 – 2 млн лет назад. Наряду с добыванием растительной пищи у питекантропов большую роль играла охота. Они умели пользоваться огнём, сохраняли его от поколения к поколению.



Рис. 7

Древнейших людей – питекантропов – сменили древние люди, которых называют неандертальцами (по месту первой находки в долине реки Неандр, Германия). Их скелетные останки открыты в Европе, Азии и Африке. Время существования около 200 – 35 тыс. лет назад. Они могли не только поддерживать, но и добывать огонь. Шло развитие речи. С помощью изготовленных орудий древние люди охотились на животных, сдирали с них шкуры, разделывали туши, строили жилища. У неандертальцев впервые встречаются захоронения.

В гроте Кро-Маньон во Франции было обнаружено сразу несколько ископаемых людей современного типа. По месту находки их называют кроманьонцами. Самые ранние их костные останки датируются в 40 тыс. лет. Разнообразие типов орудий из камня и кости говорит о сложной трудовой деятельности. Человек уже умел сшивать шкуры животных и изготавливать из них одежду, жилье. На стенах пещер обнаружены мастерские рисунки.

В настоящее время большинство специалистов считает, что ближайшим предшественником человека являются австралопитеки – прямоходящие млекопитающие. Их костные останки, возраст которых составляет от 5 до 2,5 млн лет, впервые были обнаружены в 1924 г. в Южной Африке. К настоящему времени найдены костные останки около 400 австралопитековых особей. Австралопитеки были связующим звеном между животным миром и первыми людьми.

В современной антропологии наиболее распространённой является точка зрения, по которой «эволюция человеческой линии заняла не свыше 10 млн лет, а обезьяний предок гоминид имел черты сходства с шимпанзе, был по существу «шимпанзеподобен...». В качестве «модельного предка» человеческой и шимпанзоидной линий некоторые антропологи рассматривают карликового шимпанзе – бонобо – из джунглей экваториальной Африки» (Хрисанова Е. Н., Перевозчиков И. В. Антропология. М., 1991. С. 37 – 38).

Однако объяснить происхождение человека чисто биологическими причинами (на основе закона естественного отбора) до сих пор не удаётся: непонятно, как возникают социальные организации, индивидуальные различия, наконец, сама культура.

В современной науке общепризнанным считается мнение, что очеловечивались не отдельные особи, а более или менее значительные популяции. Человек и общество возникли одновременно. Биологическая организация сменялась социальной. Главные отличия человека от животных – понятийное мышление, речь, труд – стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

По современным представлениям, *стадии становления человека не являются последовательной цепью переходов из одной в другую*. Имеются свидетельства, что некоторые из этих стадий существовали одновременно. Это установлено для «человека умелого» и питекантропа, неоантропа и палеоантропа. Одновременно каждая стадия была представлена несколькими формами.

Таким образом, наиболее общепринятая линия эволюции человека выстраивается следующим образом: «человек умелый» (австралопитек) – «человек прямоходящий» (питекантроп, синантроп) – «человек неандертальский» – «человек разумный» (кроманьонец). После кроманьонца человек не изменялся генетически, тогда как его социальная эволюция продолжалась.

Так ли это, сказать пока абсолютно достоверно невозможно, так как палеонтологическая летопись неполна и промежуточные виды между человеком и обезьянами до сих пор в полном объеме неизвестны.

Современные представления о доказательствах справедливости эволюционного учения о человеке

Как уже указывалось, в науке материалистического направления господствует вытекающая из теории эволюции Дарвина концепция происхождения человека от высокоразвитых предков современных обезьян. Согласно убеждениям сторонников эволюционного происхождения человека, эволюционная теория антропогенеза имеет обширный набор разнообразных доказательств – палеонтологических, археологических, биологических, генетических, культурных, психологических и других.

Так, в пользу данной теории свидетельствует сходство человека с животными. Оно определяется:

- вещественным составом, строением и поведением организмов. Человек состоит из тех же белков и нуклеиновых кислот, что и животное, и многие структуры и функции нашего тела такие же, как и у животных;
- человеческий зародыш в своем развитии проходит те же стадии, которые прошла эволюция животного (биогенетический закон Геккеля);
- наличием у человека рудиментарных органов, которые выполняли важные функции у животных и сохранились у человека, хотя сейчас не нужны ему (например, аппендикс, копчик и др.).

Полагается, что эволюционная теория получила в XX веке и генетическое подтверждение. У человека и понгид большое сходство в количестве и строении хромосом: у человека – 23 пары, у человекообразных обезьян – 24 пары хромосом; при этом считается, что гены недостающей обезьяньей пары локализованы на 2-й паре хромосом человека. Из всех животных по генетическому аппарату ближе всего к человеку, как уже указывалось, оказались шимпанзе. Гомология ДНК

человека и шимпанзе составляет 91 – 92 %. Отсюда сходство между строением генов и строением белков. К важным доказательствам относят то, что гемоглобин человека и шимпанзе не имеет отличий.

Однако, как уже упоминалось, вопрос о происхождении человека – один из самых дискуссионных и неоднозначных.

Проблемы и научные фальсификации эволюционного учения о человеке

К одному из свидетельств эволюционного антропогенеза относят биогенетический закон, сформулированный в 1864 г. немецкими зоологами Ф. Мюллером и Э. Геккелем, который гласит: каждая особь в своем индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида (филогенез), то есть онтогенез есть краткое повторение филогенеза. Проще говоря, внутриутробное развитие человеческого эмбриона является «прокруткой» шагов в человеческом эволюционном восхождении из примитивного создания к человеческому. Идея не только преподносилась в качестве научного факта поколениям студентов биологии и медицины, но также долгие годы использовалась для мотивированного оправдания аборт. Абортонисты заявляли, что убиваемое нерожденное дитя это всего-навсего стадия рыбы или обезьяны и пока еще не стало человеческим существом.

Такое мнимое сходство эмбрионов долгие годы зиждилось на подборке из 24 рисунков Геккеля, впервые опубликованной им в 1866 г. в его «Generelle Morphologie der Organismen». Она претендует на показ эмбрионов рыбы, саламандры, черепахи, цыпленка, свиньи, коровы, кролика и человека на трех стадиях развития. Ниже представлена укороченная система эмбрионов (рис. 8).



Рис. 8

Обличительные статьи по поводу фальшивых эмбрионов были опубликованы уже К. М. Бэр, известным эмбриологом того периода (см. законы Бэра). Рисунки Э. Геккеля были объявлены подделкой профессором Хизом в 1874 г. Уже наш современник Джонатан Уэльс

пишет о своих впечатлениях от этих эмбрионов: «Но позже, изучив эмбрионы, разглядывая их под микроскопом, увидел, что рисунки в учебнике были совершенно неправильными. Я перепроверил все имеющиеся у меня учебные пособия. В них были подобного рода рисунки, содержавшие ошибки. Они не только искажали изображения эмбрионов, но и опускали ранние стадии развития, на которых зародыши сильно отличались друг от друга. Я решил узнать, смогу ли найти другие ошибки в разделах учебников по биологии. И в результате обнаружил поразительную закономерность. Эти вопиющие искажения были, скорее, правилом, чем исключением. В одной из моих последних книг я называю их «иконами эволюции»,...слишком хорошо послужили ... воспитательной цели: надёжно закрепить в сознании человечества ложную информацию об эволюционной теории» (Новый взгляд. № 8. 2008. URL: scienceandapologetics.org/pdf/newvzg8.pdf).

Майкл Ричардсон, лектор и эмбриолог Медицинской школы больницы св. Георгия в Лондоне ещё раз разоблачает эту фальшивку в статье, опубликованной в журнале «Анатомия и эмбриология» (№ 196(2), 1997 г.). Ричардсон говорит, что он всегда чувствовал, что с рисунками Геккеля что-то не так, «потому что они не соответствуют его (Ричардсона) пониманию размеров, при которых рыбы, рептилии, птицы и млекопитающие развивают свои отличительные черты». Он пишет: «Ключевой научный момент остается неизменным: рисунки Геккеля 1874 года по большей части подделка. В подтверждение этой точки зрения отмечу, что одна из первых его картинок – «рыба» – состоит из «кусочков» разных животных, в том числе и мифических. Иначе как «мошенничеством» это назвать трудно... *Как это ни печально, эти рисунки 1874 года, несмотря на свою позорную репутацию, до сих пор появляются во многих английских и американских учебниках по биологии*». (Richardson M. K. Haeckel's embryos, continued. letter to Science 281(5381):1289, August 28, 1998). «Это один из самых худших примеров научного обмана. Ужасно обнаружить, что известный учёный умышленно ввёл всех в заблуждение. Я возмущён этим... Геккель просто взял человеческий эмбрион и перерисовал его, создав видимость того, что эмбрионы саламандры, свиньи и всех других животных выглядят одинаково на одной стадии развития. На самом деле они совсем не похожи... Его эмбрионы – подделки» (Там же).

Ричардсон не обнаружил ни одной записи о том, что кто-либо действительно сравнивал эмбрионы одного существа с другим, так что никто не ссылался на какие-либо сравнительные данные, которые бы поддерживали эту идею. Поэтому он собрал международную команду для того, чтобы изучить и сфотографировать «внешние формы эмбрионов из широкого круга позвоночных существ на стадии, сопоставимой с той, что изображена Геккелем (1997 г.).

Группа собрала эмбрионы 39 различных существ. Они выяснили, что эмбрионы различных существ очень отличаются друг от друга. Действительно, они настолько разные, что рисунки, созданные Геккелем, было невозможно сделать с реальных существ. Ниже представлены реальные эмбрионы в сопоставлении с эмбрионами Геккеля, свидетельствующие о сомнительности одного из аргументов, обосновывающих эволюционную родословную человека (рис. 9).



Рис. 9

Известна ещё одна попытка обоснования происхождения человека от обезьяны. Это попытка нашего соотечественника И. И. Иванова скрестить человека с обезьяной. «Гений, слетевший с тормозов», одна из его характеристик. В августе 1927 г. «Красная газета» в статье «Будущий обезьянник в Сухуме» писала: предполагается поставить здесь искусственное обсеменение обезьян разных видов между собой и с человеком. В виде опытов будет поставлено искусственное оплодотворение женщины от обезьяны и обезьяны от мужчины по способу проф. Иванова. Аналогичные опыты проводились и фашистами над заключенными.

Напомним, что потомство может быть только у близкородственных групп. Поскольку о положительных результатах научный мир не знает, то вывод достаточно очевиден.

Ещё один класс подделок и фальсификаций связан с палеонтологией. Джерри Бергман (государственный колледж Норсвеста, США)

пишет, что данная дисциплина намного менее объективна по сравнению с физикой, химией или даже биологией. В этой сфере науки процветают противоречия и фальсификации, а иногда даже и откровенные подделки. К классическим примерам можно отнести «пилтдаунского человека» и «небрасского гесперопитека».

В 1891 г. на острове Ява молодой ученый Эжен Дюбуа нашёл часть обезьяноподобного черепа и неподалеку человеческую бедренную кость. Отсюда он сделал вывод, что наконец обнаружен прямоходящий промежуточный вид между обезьяной и человеком. Научное сообщество уже давно ждало подтверждения теории Дарвина, поэтому находку Дюбуа многие охотно приняли за переходную форму. Это существо получило название питекантроп эректус. Однако перед смертью сам Дюбуа признался, что питекантроп эректус был лишь черепом большого гиббона.

В далеком 1908 г. газеты Англии обошла сенсационная новость: при раскопках в имении адвоката Ричарда Доусона близ города Пилтдауна найден череп доисторического человека, который дополняет цепь эволюции, пройденной разумным существом от обезьяны до человека, или как его ещё называли пилтдаунский человек. Находка стала долгожданной сенсацией, ведь она подтверждала эволюцию человека. В течение 40 лет этот череп считался промежуточным звеном между человеком и обезьяной, пока сотрудники британского музея в 1953 г. не заметили подделку. Череп действительно был относительно древним (времен средневековья), но челюсть современной, принадлежавшей орангутану, подкрашенной специальным составом под цвет черепа. После рентгенологического и химического анализов, проведенных в лабораториях Скотланд-Ярда, была подтверждена версия ученых-скептиков о фальсификации. По мнению экспертов, её произвел специалист очень высокой квалификации. Он искусно соединил верхнюю часть черепа человека с челюстью орангутана.

В 1922 г. знаменитым ученым Генри Осборном в штате Небраска (США) найден коренной зуб, имеющий общие характерные черты для обезьяны и человека. Пять лет о человеке Небраска вещали средства массовой информации. Закончилась это история в 1927 г. после грандиозного опровержения мнимого открытия. После проведения дополнительных исследований оказалось, что найденный зуб не принадлежал ни обезьяне, ни человеку, а вымершему виду кабана.

«Череп 1470» найден Ричардом Лики в 1972 г. В свое время «Череп 1470» наделал много шума и принёс Р. Лики международную

известность, не найдено ли, наконец, настоящее «недостающее звено» между австралопитеками и *Homo erectus*? Правда о «Черепе 1470» была раскрыта лишь 25 лет спустя после этого «открытия». Доктор Бромейдж осудил известного палеоантрополога, считая, что доктор Лики создал необъективную реконструкцию черепа, основываясь на ложных предвзятых предположениях. В новой реконструкции, сделанной с помощью компьютерной программы, размер черепа оказался меньше половины размера мозга современного человека и имеет отчётливо выступающую челюсть – анатомические особенности, свойственные обезьянам семейства высших приматов.

Обширные фальсификации связаны с работами профессора фон Зитена. Томас Тербергер, раскрывший обман, заявил, что в результате этих мистификаций «антропологической науке придётся полностью пересмотреть свое представление о современном человеке» (Хординг, 2005). Его обман настолько серьезен, что «огромную часть истории развития человека придётся полностью переписывать» (Там же).

Одним из подтверждений животного происхождения человека в результате эволюционного развития считается наличие у него рудиментарных органов. В XIX веке медицина насчитывала у человека около 130 рудиментарных органов. Сейчас рудиментарных органов насчитывают меньше десятка. То, что медицина действительно раньше считала ненужным, оказывается важным и нужным. К примеру, считалось, что гланды и аппендикс – рудиментарные органы. При каждом удобном случае их старались удалить. Сейчас выявлено, что они играют огромную роль в работе иммунной системы. Начинает складываться мнение, что доказательство эволюционного развития человека от общего с обезьяной предка с помощью рудиментарных органов не оправдывается.

Весьма интересны факты сопоставления количества хромосом у человека и различных других органических форм, на основе которого также пытаются обосновать родственность человека с приматами. У нас их 46, а у обезьяны 48. По числу хромосом мы действительно близки к шимпанзе. Но как объяснить, что таракан имеет 48 хромосом, как и обезьяны, а дерево ясень, также как и человек, 46 хромосом? Шимпанзе схожа с нами физиологически, но при этом состав самих хромосом у нас и обезьян качественно отличается. Кроме того, за последние годы результаты многих генетических исследований показали, что процент сходства ДНК был сильно преувеличен. Каким

же образом появилась эта ошибочная цифра? По всей вероятности, сравнивались лишь те области ДНК, которые кодируют белки, а это лишь крошечная часть (около 3 %) всего ДНК. Другими словами, при сравнении генома человека и шимпанзе 97 % объёма ДНК просто не принимались во внимание по причине того, что некодирующие участки ДНК считались первоначально «мусорными». Однако за последние годы наука открыла важную роль некодирующей ДНК: она регулирует работу генов, кодирующих белки, «включая» и «выключая» их. Теперь известно, что различия в регулировании генов не менее важный фактор, определяющий разницу между людьми и обезьянами, чем сама последовательность нуклеотидов в генах. Кроме того, последние исследования обнаружили, что Y хромосома человека сильно отличается от Y хромосомы шимпанзе: один класс последовательностей хромосомы шимпанзе отличался более чем на 90 % от аналогичного класса последовательностей в Y хромосоме человека и наоборот. В хромосомах человека есть такие гены, которые полностью отсутствуют у шимпанзе. Человеческий ген FOXP2 (играющий важную роль в способности говорить) и обезьяний не только отличаются внешне, но и выполняют разные функции. Дополнительно выявлено, что у шимпанзе и человека гены копируются и воспроизводятся различными путями.

Поскольку геном человека включает около 3 млрд нуклеотидов, даже минимальное различие в 5 % представляет собой 150 млн различных нуклеотидов, что приблизительно соответствует 15 млн слов или 50 огромным книгам с информацией. Отличия представляют, по меньшей мере, 50 млн отдельных событий мутаций, что для эволюции невозможно достигнуть даже при эволюционной временной шкале в 250 тыс. поколений – это так называемая дилемма Холдейна. Другими словами, даже если бы мутации могли увеличивать генетическую информацию, у обезьяноподобного существа просто не могло быть достаточно времени для превращения в человека. (URL: [Link:http://www.origins.org.ua/page.php?id_story=1217#ixzz3uPc84mni](http://www.origins.org.ua/page.php?id_story=1217#ixzz3uPc84mni)).

В настоящее время становится всё более очевидным, что количественной разницей ДНК не объяснить всех наблюдаемых различий между человеком и обезьяной – не менее важную роль играет различие в том, как гены экспрессируются и как генная информация активируется и «считывается». Как сказал генетик Стив Джоунс, 50 % ДНК человека похожа на ДНК бананов, но это вовсе не означает, что мы

наполовину бананы. А исследования 2002 г. доказали, что с точки зрения строения генома по хромосомным наборам и комбинациям генов к нам гораздо ближе мыши, чем обезьяны. Как быть с данными фактами? Насколько адекватен используемый приём или здесь что-то не учитывается? Ответ пока под вопросом. В настоящее время выявлено 101 существенное, принципиальное отличие человека от обезьяны, что является серьёзными контраргументами против эволюционной теории антропогенеза человека.

Вопросы для контроля знаний

- Какие гипотезы происхождения человека вам известны?
- Каковы гипотезы Ч. Дарвина и Э. Геккеля о происхождении человека?
- Какие антропологические данные подтверждают естественную эволюцию человека?
- Какие сходства и отличия человека и животных вы знаете?
- Что способствовало появлению у человека речи и абстрактного мышления?
- Как вы думаете, продолжается ли в настоящее время эволюция человека? Обоснуйте свой ответ.
- Какие существуют аргументы противников эволюционной теории?

§ 6. Генетика и синтетическая теория эволюции

«Человека больше всего на свете интересует он сам. Всё, что имеет к нему отношение, – предмет наивысшего внимания. Со временем пришло понимание того, что всё упирается в биологию человека, а вся биология человека упирается в геном. Козьма Прутков говорил: зри в корень. В организме человека главный «корень» – это и есть геном».

В. З. Тарантул

XX век – век генетики. Генетика (греч. Genesis – происхождение) – наука о наследственности и изменчивости организмов, то есть генетика изучает два фундаментальных неразрывных свойства живых

организмов: наследственность и изменчивость. Генетика признаётся одной из самых важных областей современной биологии.

Истоки становления генетики. Работы Г. Менделя и переоткрытие законов Менделя

Историю генетики условно делят на три этапа. *Первый этап классической генетики* (1880 – 1930 гг.), связанный с созданием теории дискретной наследственности (менделизм) и хромосомной теории наследственности (работы Моргана и его школы). *Второй этап* (1930 – 1953 гг.) – углубление принципов классической генетики и пересмотр ряда её положений, исследования по мутационной изменчивости, доказательства сложного строения гена и генетической роли молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) как материальной основы наследственности в клетке. *Третий этап* начинается с 1953 г., когда были описаны строение ДНК и её свойства, начаты и продолжаются работы по выделению ДНК и РНК и расшифровка генетического кода.

Различные умоглядные представления о наследственности и изменчивости высказывались еще античными философами и врачами. Первые идеи о механизмах наследственности высказывали древние греки уже к V веку до н. э., в первую очередь *Гиппократ*. По его мнению, половые задатки, участвующие в оплодотворении, формируются при участии всех частей организма (теория прямого наследования признаков). *Аристотель* (IV в. до н. э.) высказывал несколько иную точку зрения: он полагал, что половые задатки образуются из питательных веществ, необходимых для этих органов (теория непрямого наследования). В большинстве своем эти представления были ошибочными, но иногда среди них появлялись и гениальные догадки.

Много лет спустя, на рубеже XVIII – XIX веков, автор теории эволюции *Ж. Б. Ламарк* использовал представления Гиппократа для построения своей теории передачи потомству новых признаков, приобретённых в течение жизни. Теория пангенезиса, выдвинутая *Ч. Дарвином* в 1868 г., также базируется на идее Гиппократа. По мнению Дарвина, от всех клеток организма отделяются мельчайшие частицы – «геммулы», которые, циркулируя с током крови по сосудистой системе организма, достигают половых клеток. Затем после слияния этих клеток в ходе развития организма следующего поколения геммулы превращаются в клетки того типа, из которого произошли,

со всеми особенностями, приобретенными в течение жизни родителей. Отражением представлений о передаче наследственности через «кровь» является существование во многих языках выражений: «голубая кровь», «аристократическая кровь», «полукровка» и т. д.

В 1871 г. английский врач *Ф. Гальтон*, двоюродный брат Ч. Дарвина, опроверг своего великого родственника. Он переливал кровь черных кроликов белым, а затем скрещивал белых между собой. В трёх поколениях он «не нашел ни малейшего следа какого-либо нарушения чистоты серебристо-белой породы». В 80-е гг. XIX века *Август Вейсман* выдвинул гипотезу, согласно которой в организме существуют два типа клеток: соматические и особая наследственная субстанция, названная им «зародышевой плазмой», которая в полном объеме присутствует только в половых клетках.

Первый действительно научный шаг вперед в изучении наследственности был сделан австрийским монахом Грегором Менделем. *Грегор Мендель* (1822 – 1884 гг.) – австрийский естествоиспытатель, монах, основоположник учения о наследственности:

- создал научные принципы описания и исследования гибридов и их потомства;
- разработал и применил алгебраическую систему символов и обозначений признаков;
- сформулировал основные законы наследования признаков в ряду поколений, позволяющие делать предсказания;
- высказал идею существования наследственных задатков (или генов, как их потом стали называть).

В 1865 г. Г. Менделем на заседании общества естествоиспытателей г. Брюнн (Брно) доложены результаты исследований «Опыты над растительными гибридами». Объектом исследования был выбран горох. Опыты по скрещиванию разных сортов гороха Мендель проводил в течение восьми лет начиная с 1854 г. Опыты Менделя были тщательно продуманы. Если его предшественники пытались изучить закономерности наследования сразу многих признаков, то Мендель свои исследования начал с изучения наследования всего лишь одной пары альтернативных признаков. Результаты наблюдений сформулированы в виде законов. Первый закон Г. Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения. Второй закон – закон расщепления признаков. Третий закон – закон независимого комбинирования признаков.

Им было выявлено, что в результате скрещивания различных сортов гороха друг с другом гибриды первого поколения обладают одинаковым фенотипом, а у гибридов второго поколения имеет место расщепление признаков в определенных соотношениях. Для объяснения этого явления Мендель сделал ряд предположений, которые получили название «гипотезы чистоты гамет», или «закона чистоты гамет». Мендель предположил:

- что за формирование признаков отвечают какие-то дискретные наследственные факторы;
- организмы содержат два фактора, определяющих развитие признака;
- при образовании гамет в каждую из них попадает только один из пары факторов;
- при слиянии мужской и женской гамет эти наследственные факторы не смешиваются (остаются чистыми).

В 1909 г. В. Иогансен назовёт эти наследственные факторы генами, а в 1912 г. Т. Морган покажет, что они находятся в хромосомах.

Таким образом, Мендель показал, что наследственные задатки не смешиваются, а передаются от родителей потомкам в виде дискретных (обособленных) единиц. Эти единицы, представленные у особей парами, остаются дискретными и передаются последующим поколениям в мужских и женских гаметах, каждая из которых содержит по одной единице из каждой пары.

Однако работа Г. Менделя не была оценена современниками и, оставаясь фактически сознательно не замечаемой 35 лет, не повлияла на распространенные в XIX веке представления о наследственности и изменчивости. Как уже указывалось, результаты исследований не согласовывались с основными эволюционными идеями и положениями широко признаваемой в то время дарвиновской теории.

Датой рождения генетики принято считать 1900 г., когда три ботаника – Г. де Фриз (Голландия), К. Корренс (Германия) и Э. Чермак (Австрия), проводившие опыты по гибридизации растений, натолкнулись независимо друг от друга на забытую работу Г. Менделя. Они были поражены сходством его результатов с полученными ими, оценили глубину, точность и значение сделанных им выводов и опубликовали свои данные, показав, что полностью подтверждают заключения Менделя.

Название «генетика» развивающейся науке дал в 1906 г. английский ученый У. Бэтсон, а вскоре сложились и такие важные генетические понятия, как ген, генотип, фенотип, которые были предложены в 1909 г. датским генетиком В. Иогансенем.

С 1910 г. начинаются эксперименты группы *Томаса Ханта Морган* (Т. Н. Morgan). Вместе со своими учениками он к середине 20-х гг. сформулировал хромосомную теорию наследственности. В 1933 г. им получена Нобелевская премия по физиологии и медицине за экспериментальное обоснование хромосомной теории наследственности.

С тех пор генетика достигла больших успехов в объяснении природы наследственности и на уровне организма, и на уровне гена. Быстрое развитие генетики в этот период за рубежом, особенно молекулярной генетики во 2-й половине XX века, позволило раскрыть структуру генетического материала, понять механизм его работы.

Исторический экскурс

Вторично открытая в 1900 г. классическая работа Г. Менделя, составившая основу генетики, была встречена враждебно многими выдающимися учёными разных стран. Наибольшее сопротивление работа Менделя встретила на родине дарвинизма в Англии, поскольку основные положения учения Менделя о корпускулярном, дискретном характере наследственных факторов с единичным и случайным характером изменения противоречили представлениям ортодоксальных дарвинистов о слитном характере явления наследственности и о том, что лишь непрерывные мелкие и массовые изменения могут использоваться естественным отбором.

Среди небольшой группы биологов, кто с энтузиазмом воспринял в 1900 г. работу Г. Менделя, Уильям Бэтсон был наиболее последовательным. Он сразу осознал значимость и перспективу применения законов Менделя и стал разрабатывать, развивать и распространять новую науку. У. Бэтсон первым показал, что законы Менделя имеют универсальный характер, и подвергся из-за этого жесточайшим нападкам со стороны ортодоксальных дарвинистов.

В нашей стране судьба менделизма и генетики оказалась сложнее и значительно драматичнее и трагичнее, чем в Англии. Работа Г. Менделя в России получила высокую оценку ботаника И. Ф. Шмальгаузена ещё в 1874 г., а затем в 1903 г. академика И. П. Бородин и в 1907 г. П. Н. Кулешова. Российские селекционеры открытые Г. Мен-

делем законы стали использовать в научной селекции. В середине 1930-х гг., по мнению многих современных учёных, советская генетика, несомненно, стояла на втором месте в мире после США.

Ситуация начала ухудшаться в конце 1920-х гг., когда некоторые неоламаркисты стали активно защищать теорию наследования приобретенных в ходе жизни свойств организма. Они получили существенную поддержку от группы философов-марксистов, таких как М. Б. Митин и П. Ф. Юдин, заявивших, что теория Ламарка соответствует основным постулатам диалектического материализма. Их оппоненты обвинялись в «идеализме» в том смысле, что они отрицают возможность влияния внешней среды на наследственность. Советское правительство оказывало серьёзную поддержку данному научному направлению, пригласив известного австрийского ламаркиста Пауля Камерера занять высокий пост в советской биологической науке. Многие генетики протестовали против данных П. Камерера (Н. К. Кольцов, А. С. Серебровский, Ю. А. Филипченко, М. Л. Левин, С. Г. Левит, С. С. Четвериков). В свою очередь, правительство критиковало учёных-генетиков. В 1929 г. после самоубийства П. Камерера, узнавшего о разоблачении его научной подделки, С.С. Четвериков и его аспирант П. Ф. Рокицкий были арестованы. Четвериков был сослан на Урал, затем смог переехать во Владимир, потом в Горький, но в Москву путь ему был закрыт. В середине 1930-х гг. дискуссии вновь возобновились, но уже с участием быстро набирающего силу Т. Д. Лысенко. Т. Д. Лысенко базировался на следующих постулатах:

1) отрицал существование генов, объявляя их выдумкой буржуазных идеалистических учёных. Хромосомы, по его мнению, не имели никакого отношения к наследственности. Он отрицал законы Менделя, считая их «выдумкой католического монаха»;

2) безусловно принимал идею наследования приобретённых признаков и отрицал роль отбора в эволюции, который считал «ошибкой Дарвина»;

3) считал, что один вид внезапно, в результате скачка, может превратиться в другой, например, береза в ольху, овёс – в пшеницу, кукушка – в пеночку.

В результате менделизм воспринимался в первую очередь как антидарвиновское учение. Это сыграло крайне отрицательную роль в судьбе менделизма и генетики в России. Многократно переиздаваемая критика Тимирязевым менделизма и генетики и введение дарвинизма

в непреложный идеологический догмат привели к печальному и трагическому факту репрессий против генетики в нашей стране.

Таким образом, история развития генетики в нашей стране была полна драматических событий. Репрессии, которые обрушились на науку и генетиков в конце 1930-х гг. и продолжались вплоть до конца 1950-х гг., на много лет задержали развитие генетики в нашей стране и лишили генетического образования целое поколение врачей. Ученые с мировым именем Н. И. Вавилов, Н. К. Кольцов и другие были репрессированы, а многие из них погибли.

В кратком виде основные вехи в становлении и развитии генетики как науки представлены ниже:

- 1865 г. – Г. Мендель открыл закономерности наследования признаков и опубликовал их на немецком языке в трудах общества естествоиспытателей под названием «Опыты над растительными гибридами»;
- 1900 г. – начало бурного развития генетики как науки – вторичное открытие законов Менделя тремя учеными независимо друг от друга: де Фриз (Голландия), Корренс (Германия), Чермак (Австрия);
- 1935 г. – экспериментальное определение размеров гена;
- 1953 г. – Уотсон и Крик расшифровали структуру молекулы ДНК;
- 1961 г. – расшифровка генетического кода;
- 1962 г. – первое клонирование лягушки;
- 1969 г. – химическим путем синтезирован первый ген;
- 1972 г. – рождение генной инженерии;
- 1977 г. – расшифрован геном бактериофага X 174, секвенирован первый ген человека;
- 1980 г. – получена первая трансгенная мышь;
- 1988 г. – создан проект «Геном человека»;
- 1995 г. – становление геномики как раздела генетики, секвенирован геном бактерии;
- 1997 г. – клонировали овцу Долли;
- 1999 г. – клонировали мышь и корову;
- 2000 г. – полностью расшифрован генетический код человека – он полностью может быть записан с помощью химических формул;
- после 2000 г. – современный этап – основное направление: структурно-системное познание глубинной сущности гена.

Современная генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов – в настоящее время проходит качественно новый этап своего развития, связанный с изучением молекулярных основ строения и функционирования генов и геномов, проблем генетической инженерии и её использования в медицине, биологической промышленности, сельском хозяйстве и других направлениях науки и практики.

Основные понятия и идеи генетики

Основой, матрицей всех основных понятий генетики является понятие гена. Становление данного фундаментального генетического понятия можно сравнить с этапами и эволюцией представлений об атоме в физике. Этапы формирования представлений о гене практически повторяют содержательные вехи открытия атомарно-молекулярного состава вещества в физике, выяснения его сложного строения и структуры атомов: от представлений об атоме как мельчайшей и неделимой частичке к выявлению его сложной структуры. Как все превращения вещества так или иначе связаны с изменением и превращением атома или его ядра, так и все изменения органического мира обусловлены процессами, происходящими или не происходящими с генами.

Проблема дробимости гена. К началу 30-х гг. XX века сложились основы теории гена. Уже первые достижения гибридологического анализа поставили проблему дискретности наследственного материала. Считалось, что ген отвечает за развитие одного признака и передаётся при скрещиваниях как неделимое целое. Открытие мутации и кроссинговера (нарушения сцепления генов в результате обмена участками между хромосомами, названное так Морганом) подтверждали неделимость генов. В результате обобщения всех данных определение гена получило следующую формулировку: ген – это элементарная единица наследственности, характеризующаяся вполне определенной функцией, мутирующая во время кроссинговера как целое. Иначе говоря, ген – единица генетической функции, мутации и кроссинговера.

Однако вскоре последовали события, поставившие под сомнение данное представление. В 1928 г. в лаборатории А. С. Серебровского в Биологическом институте им. К. А. Тимирязева *Н. П. Дубинин* начал исследовать действие рентгеновских лучей на дрозофил и обнаружил необычную мутацию. Образование щетинок на теле мухи контролируется особым геном *scute*. Мутация гена *scute*, впервые об-

наруженная американским генетиком *Пейном* (1920 г.), не раз возникала в экспериментах, и при её появлении подавлялось развитие девяти щетинок. Выявленная *Дубининым* мутация подавляла развитие всего четырех щетинок. После дальнейших экспериментов стало ясно, что *ген не является неделимой* генетической структурой и представляет собой область хромосомы, отдельные участки которой могут мутировать независимо друг от друга. Это явление названо *А. С. Серебровским* ступенчатым аллеломорфизмом.

Окончательное решение вопроса, делим ли ген не только мутационно, но и механически, было достигнуто в работах *М. Грина* (1949 г.), *Э. Льюиса* (1951 г.) и *Г. Понтекорво* (1952 г.). Было окончательно установлено, что считать ген неделимым неправильно. Далее требовалось разработать новую теорию гена, определив конкретные физические структуры, ответственные за реализацию различных генетических функций.

Одно из наиболее существенных достижений молекулярной генетики заключается в установлении минимальных размеров участка гена, передающихся при кроссинговере. Оценки этих величин были получены в 1950-е гг. *С. Бензером*. Оказалось, что эта величина составляет не более нескольких нуклеотидов. Бензер назвал эту величину реконом.

Выяснение основной функции гена как хранителя информации о строении определенной полипептидной цепи поставило перед молекулярной генетикой вопрос: каким образом осуществляется перенос информации от генетических структур (ДНК) к морфологическим структурам, другими словами, каким образом записана генетическая информация и как она реализуется в клетке. Согласно модели *Уотсона – Крика*, генетическую информацию в ДНК несёт последовательность расположения оснований. Таким образом, в ДНК заключены четыре элемента генетической информации. В то же время в белках было обнаружено 20 основных аминокислот. Необходимо было выяснить, как язык четырехбуквенной записи в ДНК может быть переведён на язык двадцатибуквенной записи в беках. Решающий вклад в разработку этого механизма был внесен *Г. Гамовым* (1954, 1957 гг.). Он предположил, что для кодирования одной аминокислоты используется сочетание из трех нуклеотидов ДНК (нуклеотидом называют соединение, состоящее из сахара {дизоксорибоза}, фосфата и основания и образующее элементарный мономер ДНК). Эта элементарная

единица наследственного материала, кодирующая одну аминокислоту, получила название кодона.

Репликация ДНК. Уотсон и Крик предложили гипотезу строения ДНК, согласно которой последовательность оснований в одной нити ДНК однозначно задавала последовательность оснований другой нити. Далее они предположили, что две нити ДНК раскручиваются и на каждой из них в соответствии с правилами комплементарности синтезируются дочерние нити. Таким образом, каждая новая молекула ДНК должна содержать одну родительскую и одну дочернюю. Этот тип (полуконсервативный) репликации к концу 1950-х гг. был экспериментально обоснован в опытах на бактериях.

В 30-х гг. XX века было установлено, что в клетках наряду с ДНК содержится второй класс нуклеиновых кислот – рибонуклеиновые кислоты (РНК). В отличие от ДНК в РНК вместо сахара дезоксирибозы содержится также пятичленный углевод – рибоза, а одно из пиримидиновых оснований – тимин – заменено на урацил. Кроме того, было показано, что РНК, как правило, не двуспиральная, а однонитчатая.

В краткой форме эволюцию классических представлений о гене можно представить следующим образом (табл. 11).

Таблица 11

Классические идеи о природе гена	Ген в свете молекулярной генетики
1. Ген – морфологический объект, участок хромосомы	1. Ген – физико-химический объект, участок молекулы ДНК
2. Ген – единица мутации, функции и рекомбинации	2. Ген – единица функции, мутации и рекомбинации; последней подвергаются и более мелкие единицы
3. Ген – неделимая единица	3. Ген делим, обладает сложной структурой
4. Ген осуществляет свою функцию автономно, изолированно от других генов	4. Гены взаимодействуют, и их действие зависит от положения в хромосомах
5. Ген – устойчивая структура, способная мутировать под влиянием преимущественно внутренних факторов	5. Мутации происходят под влиянием как внешних, так и внутренних факторов
6. Гены расположены исключительно в хромосомах	6. Кроме хромосомных генов, есть внехромосомные, находящиеся в хлоропластах и митохондриях (у эукариотов) и плаزمиде (у прокариотов)

Ниже представлены основные понятия и представления современной генетики.

Фенотип – совокупность всех признаков организма (является результатом взаимодействия генотипа особи и окружающей среды).

Генотип – совокупность всех генов особи.

Ген – участок молекулы ДНК (или участок хромосомы), содержащий информацию о белке.

Аллельные гены – это гены, располагающиеся в гомологичных хромосомах.

Локус – место расположения гена в хромосомах.

Доминантный ген – это преобладающий Аа, АА (аллель, который обеспечивает проявление признака как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состояниях).

Рецессивный ген – подавляемый аа (это аллель, который обеспечивает проявление признака только в гомозиготном состоянии).

Гомозиготы – это организмы, которые при скрещивании не дают расщепления признаков в следующем поколении (образуют один сорт гамет (АА или аа); имеют одинаковые гены).

Гетерозиготы – это организмы, которые при скрещивании дают расщепления признаков в следующем поколении (образуют два сорта гамет (Аа), имеют разные аллельные гены).

В основе всех жизненных проявлений лежат явления наследственности и изменчивости. Наследственность обеспечивает сходство морфологических характеристик, механизмов развития и жизнедеятельности, а структурно-функциональное разнообразие особей любого вида зависит от другого фундаментального свойства живых организмов – изменчивости.

Наследственность – это способность живых организмов сохранять и передавать из поколения в поколение признаки и свойства организма.

Изменчивость – это способность живых организмов в процессе онтогенеза утрачивать старые и приобретать новые признаки.

Различают два вида изменчивости: наследственную и ненаследственную. Первая имеет отношение к изменениям в наследственном материале, вторая – результат реагирования организма на условия окружающей среды. Наследственную изменчивость подразделяют на мутационную и комбинативную. Первопричиной мутационной изменчивости являются мутации. Их можно определить как наследуе-

мые изменения генетического материала. Изменчивость, вызываемая расщеплением и рекомбинацией мутаций и обусловленная тем, что гены существуют в разных аллельных состояниях, называется комбинативной. С эволюционной точки зрения различают два вида биологической изменчивости: *групповую изменчивость*, под которой понимают различия между популяциями, этносами или расами, и *индивидуальную изменчивость*, то есть различия между особями одной популяции. Примерами групповой изменчивости могут служить различия в окраске кожных покровов у африканцев и европейцев, характер оволошения и структуры волос, разрез глаз и многие другие признаки, различающие представителей различных рас. Индивидуальная изменчивость гораздо шире групповой. Она включает все различия между конкретными индивидами по характеру, темпераменту, цвету глаз, наличию определенной группы крови, особенностям внешнего облика, росту, телосложению и т. д. Процессы, определяющие изменчивость, неоднородны. Одни из них могут проявляться только в виде вариации признаков, то есть только как изменение признака; другие затрагивают генетический аппарат. Соответственно этому выделяют фенотипическую (ненаследственную) и генотипическую (наследственную) изменчивость.

Ненаследственная изменчивость. При фенотипической изменчивости наследственный материал в изменения не вовлекается. Они касаются только признаков индивида и происходят под действием факторов внешней и внутренней среды. Подобные изменения не передаются по наследству, даже если они обусловлены постоянным воздействием на протяжении исторически длительного времени. Например, у некоторых народов известны ритуалы, связанные с нанесением специфических повреждений: протыкание носовой перегородки или губ, удаление зубов (клыков), уродование ступней или костей черепа. Подобные изменения, как известно, не наследуются. Если изменения признака являются реакцией на действие определенного фактора и по выраженности не выходят за пределы нормы реакции, то такие изменения называют модификационными. Наиболее четко модификационная изменчивость проявляется как реакция организма на изменения факторов среды: например, географических условий проживания, интенсивности солнечной радиации, характера питания и т. д. Модификационная изменчивость имеет адаптивное (приспособительное) значение. В тех случаях, когда изменения появляются в

результате действия большого количества факторов, их называют случайными.

Одним из проявлений модификационной изменчивости считается феномен фенотипирования. Термин «фенотипирование» был предложен для обозначения признаков, болезней или пороков развития, возникающих под воздействием определенных условий среды, но фенотипически (клинически) похожих на такие же состояния, обусловленные генетическими факторами – мутациями. Таким образом, фенотипирование – это признак, развивающийся под действием средовых факторов, но лишь копирующий наследственно обусловленный признак. Окраска кожных покровов африканцев характеризуется выраженной пигментацией, даже если человек не подвергается воздействию солнечных лучей. Кожа европейцев, как правило, пигментирована лишь в слабой степени, но становится смуглой под действием солнечного света. Таким образом, загорелые, но наследственно светлокожие индивиды представляют собой как бы «копии» генетически темнокожих людей. Известно большое число клинических примеров, иллюстрирующих ситуации, когда определенный фенотип может являться продуктом конкретного генотипа, а может быть фенотипированием, то есть развиваться под действием факторов среды. Например, слепота, обусловленная помутнением хрусталика глаза (катаракта), может быть вызвана механическими повреждениями, или действием ионизирующего излучения, или в результате внутриутробного поражения вирусом краснухи. Но развитие катаракты может вызвать специфический ген без какого-либо дополнительного внешнего воздействия на организм.

Наследственная изменчивость. Сформировавшиеся новые признаки могут служить основой для эволюции вида при условии их наследования. Если бы все члены вида были идентичны по какому-либо признаку, то отбор отсутствовал, поскольку не было бы точки приложения его действия. Явление изменчивости, таким образом, обеспечивает возможность естественного отбора. Однако для эволюции требуется не просто изменчивость, а наследуемая изменчивость, для того чтобы имелась возможность распространить полезные или удалить вредные для вида возникшие изменения. При этом для эволюционных преобразований генетической структуры вида самым важным является то, что различающиеся по генетической конституции особи оставляют различное число потомков. Этим определяется основной механизм эволюции.

Мутационная изменчивость обусловлена мутациями (от лат. mutatio – изменение, перемена) – устойчивым изменением генетического материала и как следствие наследуемого признака. Переходных форм изменчивости по сравнению с исходным состоянием не наблюдается.

Генетика в настоящее время представляет широко разрабатываемую научную дисциплину, в которой, как и везде, имеются проблемные и дискуссионные направления исследования. Современные дискуссионные вопросы генетики связаны с ответами на вопросы: «как появились гены?» и «противостоит ли генетика, как и во времена Менделя, эволюционной теории?». Генетик из Института дендрологии Польской академии наук Мачей Гиертих указывает на тот факт, как много информации содержится в генах. По его мнению, наука не в состоянии объяснить, как эта информация могла возникнуть самопроизвольно. Для этого необходим разум, поскольку информация не может возникнуть случайно. Простой набор букв не создает слов. Он же подчёркивает, что сложнейшая система воспроизведения ДНК, РНК и белков в клетке должна была быть совершенной с самого начала. В противном случае живые организмы не могли бы существовать. Единственное логичное объяснение заключается в том, что источником всего неисчерпаемого объема информации был Разум. Нобелевский лауреат биохимик Христиан де Дюв писал: «Попытки создать при тщательной разработке и технической поддержке, которой не мог похвастаться первичный мир, молекулу РНК, способную катализировать самовоспроизведение, пока не увенчались успехом» (De Duve С. The beginning of life on earth. 1995, American Scientist 83 : 428 – 437).

Крупный российский биохимик Александр Спириин глубоко убеждён, что «перебором», путём эволюции невозможно получить сложный прибор. Это таинственное, по его словам, «божественное» соединение – РНК, центральное звено живой материи, не могло появиться в результате эволюции. Она либо есть, либо её нет. Она настолько совершенна, что должна была быть создана некоей системой, способной изобретать.

Современные открытия генетика академика РАН Ю. П. Алтухова свидетельствуют о наличии весьма серьёзных проблем эволюционных теорий: 2/3 генов каждого вида (мономорфные гены) вовсе не могут изменяться по причине своей крайней важности для организма,

мутации в них смертельны. Каждый вид имеет характерный только для него набор мономорфных генов, вариации которых отсутствуют среди особей вида. Лишь 1/3 генов (полиморфные) могут варьировать, обеспечивая организмам адаптационную изменчивость (возможность приспособиться к условиям среды).

Как видим, генетика и в настоящее время является полем исследований многочисленных научных школ на основе различных мировоззренческих подходов.

Причины возникновения и становления синтетической теории эволюции: основные понятия и идеи. Современные проблемы синтетической теории эволюции (макро- и микроэволюция)

Преодоление противоречий между эволюционной теорией и генетикой стало возможным на основе синтетической теории эволюции, которая выступает основанием всей системы современной эволюционной биологии. Синтез генетики и эволюционного учения был качественным скачком в развитии как генетики, так и эволюционной теории. Он означал создание качественно нового ядра системы биологического познания, свидетельствовал о переходе биологии с классического на современный, неклассический уровень развития, начале формирования методологических установок неклассической биологии.

Первые исследования структуры популяций были проведены еще в 1903 г. В. Иогансенем. Вслед за этим началось интенсивное изучение генетических процессов в популяциях. В то время эволюционисты всего мира враждебно относились к менделизму. Их представления о наследственности и изменчивости носили расплывчатый характер, а основную роль в эволюционном процессе они отводили изменениям отдельных особей. В 1926 г. была опубликована работа С. С. Четверикова «О некоторых моментах эволюционного учения с точки зрения современной генетики», в которой была сделана попытка связать эволюционное учение с генетикой. Четвериков стремился показать, что эволюционный процесс надо изучать не на уровне отдельных особей, так как это уводит к ламаркизму, а на уровне популяций. Интенсивное исследование генетической структуры популяций началось в 40 – 60-е гг. XX века и продолжается в настоящее время. Теорию популяций развили глубже и предложили математиче-

ские методы для изучения её структуры С. Райт, Р. Фишер, Дж. Холдейн, Н. В. Тимофеев – Ресовский, Н. П. Дубинин и др.

Непосредственными предпосылками для синтеза генетики и теории эволюции выступали хромосомная теория наследственности Т. Моргана, биометрические и математические подходы к анализу эволюции, закон Харди – Вейберга для идеальной популяции (гласящий, что такая популяция стремится сохранить равновесие концентрации генов при отсутствии факторов, изменяющих его), результаты эмпирического исследования изменчивости в природных популяциях и др.

Генетика привела к новым представлениям об эволюции, получившим название *неодарвинизма*. Другое общепринятое название – синтетическая, или общая, теория эволюции. Синтетическая теория эволюции представляет собой синтез основных эволюционных идей Дарвина, прежде всего идеи естественного отбора, с новыми результатами биологических исследований в области наследственности и изменчивости.

Современная теория органической эволюции (неодарвинизм) отличается от дарвиновской по ряду важнейших пунктов:

- элементарной структурой, с которой начинается эволюция, считается популяция, а не отдельная особь или вид (который включает в свой состав несколько популяций). Формирование синтетической теории эволюции ознаменовало собой переход к популяционному стилю мышления, который пришёл на смену организмоцентрическому;
- в качестве элементарного явления или процесса эволюции современная теория рассматривает устойчивое изменение генотипа популяции.

Синтетическая теория эволюции шире и глубже истолковывает факторы и движущие силы эволюции, выделяя среди них факторы основные и неосновные. Ч. Дарвин и последующие теоретики к основным факторам эволюции относили изменчивость, наследственность и борьбу за существование. В настоящее время к ним добавляют множество других дополнительных, неосновных факторов, которые, тем не менее, оказывают влияние на эволюционный процесс. В неодарвинизме процессы изменения и наследственности опираются на три основных фактора.

Первый фактор – мутационный процесс, который исходит из признания того неоспоримого теперь положения, что основную массу

эволюционного материала составляют различные формы мутаций, то есть изменений наследственных свойств организмов, возникающих естественным путем или вызванных искусственными средствами.

Вторым основным фактором эволюции служат популяционные волны, которые часто называют «волнами жизни». Они определяют количественные флуктуации, или отклонения, от среднего значения численности организмов в популяции, а также области её расположения (ареала).

К третьему основному фактору эволюции относится условие обособленности группы организмов. Обособление и изоляция определенной группы организмов необходимы для того, чтобы она не могла скрещиваться с другими видами и тем самым не получать от них генетическую информацию. Различают три типа изоляции: географическую, экологическую, биологическую.

Географическая изоляция появляется благодаря географическим условиям (горы, реки, болота), которые не позволяют индивидам других популяций перейти эти барьеры для воспроизводства. Экологическая изоляция появляется как результат климатических факторов. К примеру, популяции рыб, которые возвращаются из моря в реки для нереста, специфичны для каждой реки. Биологическая изоляция подразделяется на генетическую и физиологическую. Когда происходит нарушение в мейозе, мутационная полиплодия и другое, происходит генетическая изоляция с генетическим признаком. При физиологической изоляции происходят различные изменения в условных рефлексах, структуре и физиологии половых органов, охоты и т. д.

Весьма важным считается то обстоятельство, что все перечисленные основные и неосновные факторы выступают не изолированно, а во взаимосвязи и взаимодействии друг с другом.

Механизм эволюционного процесса и его движущая сила заключаются в действии естественного отбора, который является результатом взаимодействия популяций и окружающей их среды. Естественный отбор характеризуется как процесс выживания наиболее приспособленных и уничтожения неприспособленных организмов. Современная теория эволюции раскрывает конкретные типы механизмов естественного отбора.

Согласно неодарвинизму в настоящее время прослеживаются микроэволюционные изменения. *Микроэволюция* – совокупность эволюционных изменений, происходящих в генофондах популяций за

сравнительно небольшой период времени и приводящих к образованию новых видов. В отличие от этого *макроэволюция* связана с эволюционными преобразованиями за длительный исторический период времени, которые приводят к возникновению надвидовых форм организации живого. Изменения, которые изучаются в рамках микроэволюции, доступны непосредственному наблюдателю, тогда как макроэволюция происходит на протяжении длительного исторического периода времени. Макроэволюция, как и микроэволюция, происходит в конечном итоге под воздействием изменений в окружающей среде.

Общепризнанно (включая последователей неodarвинизма), что макроэволюция в настоящее время не наблюдаема. Мы наблюдаем лишь адаптационные процессы с достаточно узким диапазоном изменений. Тем не менее, современная эволюционная теория исходит из идеи существования эволюционного прогресса в живой природе. Однако и в настоящее время не существует пока общепризнанных критериев прогресса, хотя в последние годы его связывают со степенью упорядоченности и сложностью организации биологических систем и их адаптаций к условиям окружающей среды.

Критика дарвинизма и неodarвинизма велась с дней их возникновения. В качестве альтернативы наиболее популярен *катастрофизм*, или сальтационистское объяснение природных процессов изменчивости. Главным в этих моделях является отрицание естественного отбора. Адаптации видов возникают *сальтационно*, то есть скачкообразно (от итал. *salto* – прыжок). Новые уровни организмов возникают не в результате конкуренции, а по причине случившегося массового вымирания. По уровню приспособленности новые группы организмов ничуть не совершеннее старых. Одни авторы связывают катастрофы с геологическими процессами – вулканической деятельностью, приведшей к глобальному похолоданию и выбросу в атмосферу большого объема токсических веществ, геомагнитными процессами биосферы, сопряженными с повышением ионизирующей радиации, с процессами горообразования и изменения климата. Другие авторы – сторонники космических причин массовых вымираний – чаще всего говорят о повышении радиации в результате вспышки сверхновых звезд и колебаний солнечной активности. К катастрофическим последствиям могут приводить и бомбардировка Земли кометами и гигантскими астероидами, что ведет к изменению положения Солнеч-

ной системы относительно плоскости галактики, или о прохождении крупного небесного тела через Солнечную систему.

Выдвигаются и другие альтернативные модели. Интересна *концепция номогенеза*, предложенная П. Н. Кропоткиным. Он придерживался точки зрения, в соответствии с которой взаимопомощь является более важным фактором эволюции, чем борьба. Наблюдая перемещения больших масс животных в Восточной Сибири, спасающихся от стихийных бедствий, он выделил взаимопомощь и кооперацию в животном мире как факторы эволюции.

В концепции коэволюции биологическая эволюция рассматривается как результат взаимодействия организмов. Случайно образовавшиеся более сложные формы увеличивают разнообразие и устойчивость экосистем. Удивительная согласованность всех видов жизни есть следствие коэволюции. На основе учения о биосфере, экологии и концепции коэволюции возникла *гипотеза Геи* (в греч. мифологии – богиня Земли). Суть гипотезы Геи следующая: Земля является саморегулирующейся системой, созданной биотой и окружающей средой, способной сохранять химический состав атмосферы и тем самым поддерживать благоприятное для жизни постоянство климата.

Вопросы для контроля знаний

- Каковы основные принципы учения Ч. Дарвина об эволюции?
- Чем отличается синтетическая теория эволюции от дарвиновской?
- Перечислите основные факторы и движущие силы эволюции.
- Чем отличается макроэволюция от микроэволюции?
- Какую роль играет наследственность в развитии живой природы?
- Как влияет изменчивость на живые организмы?
- В чем проявляется синтез классического дарвинизма с новейшими достижениями генетики?
- Чем отличается молекулярная структура живых систем от неживых?
- Какую роль играют молекулы ДНК в передаче наследственности и как был расшифрован генетический код?
- Какой уровень организации называется популяционным и чем он отличается от онтогенетического?

§ 7. Концепция биосферы в современной научной картине мира

В. И. Вернадский – основоположник учения о биосфере

Пространство, включающее околоземную атмосферу и наружную оболочку Земли, освоенное живыми организмами и находящееся под влиянием их жизнедеятельности, называется *биосферой*. Она представляет собой область активной жизни, охватывающую нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. В биосфере живые организмы и среда их обитания органически связаны и взаимодействуют друг с другом, образуя целостную динамическую систему.

Термин «биосфера» введен в 1875 г. Э. Зюссом, который понимал под этим область обитания живых организмов планеты Земля. Первые представления о биосфере как «области жизни» и наружной оболочке Земли были высказаны в начале XIX века Ж. Б. Ламарком. Согласно Ламарку, вся поверхность Земли, водные массы и атмосфера – это огромное поле деятельности природы, а один из наиболее очевидных результатов этой деятельности – постоянно происходящее разрушение разнообразных сложных веществ. Следующим шагом была мысль французского врача Вик-д'Азир Феликса (1748 – 1794 гг.), который утверждал, что жизнь охватывает внешнюю оболочку Земли и находится во взаимодействии с природной средой. Развитие этой мысли прослеживается в трудах многих естествоиспытателей XIX века (А. Гумбольдт, Ж. Кювье, Ч. Дарвин, А. Уоллес), которые обосновали идею взаимодействия живой и неживой материи и подвели к необходимости выделения специфической оболочки Земли, в которой сосредоточена жизнь.

Заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В. И. Вернадскому. По его мысли, *биосфера – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.*

Родился В. И. Вернадский в Петербурге в 1863 г. 12 марта (28 февраля по старому стилю), в дворянской семье. Отец его был профессором экономики. Его родители имели украинское происхождение, поэтому соотечественником Вернадского считают и россияне, и жители Украины. Об уровне его образования говорит тот факт, что он читал

научные труды на 15 языках, сам иногда писал на английском, немецком и французском. Закончил физико-математический факультет Петербургского университета. Именно тогда он заинтересовался минералогией и кристаллографией *под влиянием Сеченова, Менделеева, Бутлерова*. В 1888 г. под руководством своего научного руководителя *В. В. Докучаева* Вернадский написал свой первый самостоятельный научный труд «О фосфоритах Смоленской губернии».

С 1885 г. В. Вернадский был хранителем кабинета минералогии в Петербургском университете. Благодаря ему коллекция минералов приобрела музейную ценность, и именно в том самом кабинете берёт свое начало школа Вернадского. Готовя научную диссертацию, он совершает многочисленные поездки по России и Европе, изучая различные геологические, метеоритные, минералогические коллекции.

Именно тогда, исследуя образцы почв российских губерний, он заметил удивительный факт присутствия следов органики в любых почвенных образцах, что и послужило в дальнейшем одной из причин создания им учения о биосфере, возникновению убеждения о важнейшей роли и функциях живого вещества планеты.

В 1898 г. Вернадский становится профессором Московского университета. Он поддерживает связи с мировыми учеными, и в 1906 г. становится адъюнктом в Императорской академии наук, заведует минералогическим отделом в Геологическом музее. С 1908 г. он проводит активную организацию экспедиций для изучения радиоактивных материалов.

Принципиально новым утверждением в учении о биосфере как об активной оболочке Земли было утверждение, что именно совокупная деятельность живых организмов (в том числе человека) проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба и значения (1926 г.).

Учёный, мыслитель, вероятно, один из представителей космического мышления, стал одним из тех, кто задумался над переходом из одного периода человеческой эры в другой. Исследователь предполагал, что рассматривать природные явления и процессы следует с разных сторон и точек зрения. Исследования Вернадского в области биологии, химии, геологии стали отправной точкой для зарождения новых наук: радиогеологии, геохимии, биогеохимии и других. Самым известным является учение о биосфере и ноосфере, в котором В. И. Вернадский от-

разил основные процессы нового геологического явления. В результате его работ учение о биосфере оформилось как новое научное направление.

Учёный впервые показал, что живая и неживая природа Земли тесно взаимодействуют и составляют единую систему. До Вернадского главными причинами, под влиянием которых формируется облик Земли, считались природные стихии и катаклизмы: солнечная радиация, ураганы, землетрясения, горообразование и т. п. Лейтмотив его учения: именно живое – главная сила, преобразующая поверхность планеты, основа формирования и существования самой биосферы. Во все геологические эпохи живое вещество, преобразуя и аккумулируя солнечную энергию, влияло на химический состав земной коры, было мощной геохимической силой, формирующей лик Земли.

Учение о биосфере и современная биосферология

Биосфера находится на стыке литосферы, гидросферы и атмосферы, располагаясь в диапазоне от 11 км вглубь Земли и до 33 км над Землей. Вещество биосферы представлено различными видами, такими как:

- живое вещество;
- косное вещество;
- биогенное вещество;
- биокосное вещество;
- космическое вещество;
- радиоактивное вещество;
- рассеянное вещество.

Живым веществом В. И. Вернадский назвал *совокупность живых организмов, населяющих нашу планету*. Масса живого вещества составляет всего 0,01 – 0,02 % от косного вещества биосферы, однако она играет ведущую роль в геохимических процессах, формируя облик планеты Земля. Кроме растений и животных, В. И. Вернадский включает в понятие «живое вещество» и человечество. Под *косным веществом* В. И. Вернадский понимал такие вещества биосферы, в создании которых живые организмы не участвуют. Это, например, газы, твёрдые частицы и водяные пары, выбрасываемые вулканами, гейзерами. *Биогенное вещество* то, которое образовано живым веществом современной и прошлых геологических эпох (ископаемые останки организмов, нефть, уголь, газы атмосферы, озерный ил, оса-

дочные породы, например, известняки). *Биокосное вещество* создавалось одновременно и живыми организмами, и косным веществом (например, почва, вода обитаемых водоёмов, глинистые минералы). *Космическое вещество* – это вещество, поступающее на Землю из космоса (метеориты, космическая пыль). *Радиоактивное вещество* – это вещество, которое претерпело радиоактивный распад и приобрело новую форму. *Рассеянное вещество* такое, которое на Земле находится в чрезвычайно малых количествах и рассеяно в разных оболочках биосферы.

Вещество биосферы выполняет ряд важнейших функций, посредством которых и обеспечивается важная роль биосферы как главной биологической силы, формирующей облик планеты:

- энергетическая;
- газовая;
- концентрационная;
- деструктивная;
- средообразующая.

Энергетическая функция выполняется за счет аккумуляции солнечной энергии зелеными растениями в процессе фотосинтеза. Одна часть этой энергии перераспределяется между остальными компонентами биосферы, другая накапливается в отмершей органике, образуя залежи биогенного вещества (торфа, угля, нефти), а третья часть рассеивается. *Газовая функция* обеспечивает газовый состав биосферы в процессах миграции и превращения газов, большая часть которых имеет биогенное происхождение. *Концентрационная функция* заключается в избирательном извлечении и накоплении живыми организмами биогенных элементов из окружающей среды. Благодаря этой функции живые организмы могут служить для человека источником как полезных (витаминов, аминокислот), так и опасных для здоровья веществ (тяжелых металлов, радиоактивных элементов, ядохимикатов). *Деструктивная функция* основана на процессах, связанных с разложением мертвой органики, с химическим разрушением горных пород и вовлечением образовавшихся веществ в биотический круговорот. В результате этого образуются биокосные и биогенные вещества, происходит минерализация органики, т. е. превращение ее в косное вещество. *Средообразующая функция* состоит в трансформации химических параметров среды в условия, благоприятные для существования организмов. Она обеспечивает газовый состав атмосферы.

ры, состав осадочных пород литосферы и химический состав гидросферы, баланс веществ и энергии в биосфере, восстановление нарушенных человеком условий обитания.

В состав биосферы входят атмосфера, гидросфера и литосфера. *Атмосфера* – наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством; через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом. *Гидросфера* – водная оболочка Земли. Вследствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования, даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мг/л растворимых веществ. *Литосфера* – внешняя твёрдая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. В настоящее время земной корой принято считать верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше сейсмической границы Мохоровичича. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы.

Основные положения и идеи учения Вернадского о биосфере сводятся к следующему:

- *принцип целостности* утверждает, что биосфера, жизнь существуют как единое целое. Жизнь является необходимой и закономерной частью стройного космического механизма;
- *принцип гармонии* биосферы заключается в её организованности, стройности, неразрывной связи в ней живых и неживых компонентов;
- *принцип значительности роли живого* в эволюции Земли утверждает, что на земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей и более могущественной по своим конечным последствиям, чем организмы, взятые в целом. Облик Земли как небесного тела фактически сформирован жизнью;
- *правило инерции* заключается в распространении жизни по земной поверхности из-за проявления её геохимической энергии. Мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные;

- *закон бережливости* в использовании живым веществом простых химических тел утверждает, что вошедший в организм элемент проходит длинный ряд состояний и при этом организм вводит в себя только необходимое количество элементов;
- *пределы жизни* определяются физико-химическими свойствами соединений, строящих организм, их неразрушимостью в определенных условиях среды. Максимальное поле жизни определяется крайними пределами выживания организмов. Верхний предел жизни обуславливается лучистой энергией, присутствие которой исключает жизнь и от которой предохраняет озоновый щит. Нижний предел связан с достижением высокой температуры. Например, интервал температуры жизни в 430° (от -250°C до $+180^{\circ}\text{C}$) является предельным тепловым полем.

Биосфера – не просто одна из существующих оболочек Земли, подобно литосфере, гидросфере или атмосфере. Основное отличие биосферы состоит в том, что она – организованная оболочка. Быть живым – значит быть организованным, отмечал В. И. Вернадский, и в этом состоит суть понятия биосферы как организованной оболочки Земли.

Хотя границы биосферы довольно узки, живые организмы в их пределах распределены очень неравномерно. На большой высоте и в глубинах гидросферы и литосферы организмы встречаются относительно редко. Жизнь сосредоточена главным образом на поверхности Земли, в почве и в приповерхностном слое океана. Общую массу живых организмов оценивают в $2,43 \cdot 10^{12}$ т. Биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2 % представлена зелёными растениями и на 0,8 % – животными и микроорганизмами. Напротив, в океане на долю растений приходится 6,3 %, а на долю животных и микроорганизмов – 93,7 % всей биомассы. Жизнь сосредоточена главным образом на суше.

Все живые организмы, так или иначе используя друг друга, образуют гигантский биологический круговорот биосферы. Этот круговорот не полностью замкнут. Кроме энергетического входа (солнечная энергия), он имеет и выход – часть отмирающего органического вещества после разложения микроорганизмами-минерализаторами может попадать в водные растворы и откладываться в виде осадочных пород. Другая часть образует отложения таких биогенных пород, как каменный уголь, торф и т. п. В этом большом биогеохимическом кру-

говороте вещества и энергии выделяется целый ряд более частных круговоротов веществ – воды, углерода, кислорода, азота, серы, фосфора и других, в ходе которых происходит обмен химических элементов между живыми организмами и неорганической средой. Существование этих биогеохимических круговоротов определяет облик современных экосистем, устойчивость и саморегуляцию биосферы в целом. Поэтому как бы сложны и многообразны ни были проявления жизни на Земле все формы жизни связаны между собой через круговорот вещества и энергии.

Можно выделить *три этапа в эволюционном развитии биосферы*. *Первый этап* – возникновение биотического круговорота, означавшего формирование биосферы. *Второй этап* – усложнение жизни на планете, обусловленное появлением многоклеточных организмов. *Третий этап* – формирование человеческого общества, оказывающего своей хозяйственно-экономической деятельностью все большее влияние на эволюцию биосферы (ноосфера).

В 20-е гг. XX века в Париже на семинаре А. Бергсона В. И. Вернадский заинтересовался идеей П. Тейяра де Шардена, французского палеонтолога и философа, рассматривавшего феномен человечества с точки зрения глобальной эволюционной перспективы. Он полагал, что следующей эволюционно-критической точкой станет появление коллективного человеческого сознания, которое будет контролировать направление будущей эволюции биосферы. Он называл эту новую эволюционную фазу *ноосферой*. Переход к ноосфере был движением от биологической к психологической и духовной эволюции.

Для Вернадского процесс преобразования биосферы путем вмешательства человека был процессом ноогенезиса. Он был убеждён, что переход к ноосфере происходит под влиянием научных достижений, и ждал, когда человечество, наконец, осознает это. Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. *В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой, преобразующей облик планеты Земля.*

Для осознания этого удивительного и чрезвычайного факта достаточно сопоставить всё существующее живое вещество планеты с долей человечества. Живое вещество по весу составляет ничтожную часть планеты. Оно сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной плёнке на поверхности суши в тропосфере – в лесах и полях – и пронизывает весь океан. Количество его исчисляется долями, не пре-

вышающими десятыми долей процента биосферы по весу, порядка, близкого к 0,25 %, то есть это фактически «плёнка жизни». Однако доля человечества ещё меньше.

Известен яркий образ экономиста Л. Brentано, который в начале XX столетия проиллюстрировал планетарную значимость деятельности человека. Он подсчитал, что, если бы каждому человеку дать один квадратный метр и поставить всех людей рядом, они не заняли бы даже всей площади маленького Боденского озера на границе Баварии и Швейцарии. Остальная поверхность Земли осталась бы пустой от человека. Таким образом, всё человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. *Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом трудом.*

Таким образом, эволюцию представлений о факторах развития и преобразованиях лика Земли можно представить в виде следующих этапов (рис. 10).



Рис. 10

В задачу человека эпохи ноосферы входит правильное, рациональное использование ресурсов Земли, не нарушая его экологического равновесия во всех направлениях. Основоположники учения о ноосфере верили, что человеческий разум, превращаясь в планетарную геологическую силу, приведёт к упорядочению природной и социальной действительности, к более совершенным формам бытия. По мысли Вернадского, ноосфера – это гармоническое соединение природы и общества, торжество разума и гуманизма. Это мир без оружия, войн и экологических проблем, это мечта, цель, стоящая перед людьми доброй воли, это вера в великую миссию науки и человечества, вооружённого наукой.

Современные тенденции развития, к сожалению, не свидетельствуют о приближении к ноосферному идеалу, они быстро ведут (в ряде случаев уже привели) к серьёзным нарушениям (если не к полному уничтожению) природных экосистем. Наши нынешние отношения с окружающей средой весьма далеки от устойчивости.

Вопросы для контроля знаний

- Что включает В. И. Вернадский в понятие биосферы?
- На каких принципах основывается учение Вернадского о биосфере?
- Как осуществляется переход от биосферы к ноосфере?
- Почему В. И. Вернадский сравнивает деятельность разума человека с геологической силой?
- Каковы основные этапы в развитии биосферы?
- Что является вершиной развития биосферы?

ГЛАВА V. ХИМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

«Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие... Куда не посмотрим, куда не оглянемся, везде обращаются пред очами нашими успехи её прилежания»

М. В. Ломоносов

§ 1. Предмет химии. История и этапы становления химии

Для человека одной из важнейших естественных наук является *химия* – наука о составе, внутреннем строении и превращении вещества, а также о механизмах этих превращений. Она изучает природу и свойства различных химических связей, энергетику химических реакций, реакционную способность веществ, свойства катализаторов и т. д.

Процесс зарождения и формирования химии как науки был длительным во времени, сложным и противоречивым по содержанию. Это наука, которая, включая её предысторию, существовала уже за несколько тысяч лет до нашей эры. Уже в Древнем Египте люди научились выплавлять и использовать для практических целей золото,

медь, серебро, олово, свинец и ртуть. В стране священного Нила развивалось производство керамики и глазурей, стекла и фаянса. Древние египтяне умели изготавливать различные краски как минеральные (охра, сурик, белила), так и органические (индиго, пурпур, ализарин).

Химические ремёсла были развиты в IV – II тысячелетиях до н. э. и в странах Междуречья на Ближнем Востоке (долины рек Тигра и Евфрата). Народы этих стран знали металлы (из свинца, например, отливали статуэтки, культовые фигурки), широко использовали минеральные и органические красители, умели изготавливать глазурь, фаянс.

Происхождение названия «химия» не выяснено до сих пор, и по этому вопросу существует несколько версий. Согласно одной из них это название произошло от египетского слова «хеми», что означало Египет, а также «чёрный». Историки науки переводят этот термин также как «египетское искусство». Эта трактовка исходит из того факта, что истоки химических знаний лежат в глубокой древности. В их основе лежит потребность человека производить из одних веществ другие с заданными свойствами, то есть потребность осуществлять качественные превращения веществ для получения таких, которые необходимы для жизнедеятельности.

Однако в настоящее время широкую популярность приобрело другое объяснение. Термин «химия» произошёл от греческого термина «химос», который означает «сок растений». Поэтому, согласно данному мнению, «химия» означает «искусство получения соков». При этом сок, о котором идёт речь, можно понимать и как расплавленный металл. Так что химия может означать и «искусство металлургии».

Таким образом, уже трактовка самого термина «химия» показывает её специфику как науки. Как никакая другая наука, она является одновременно и наукой, и производством.

Все химические знания, приобретённые за многие столетия и представленные в виде теорий, законов, методов, технологий, объединяет непреходящая, главная задача химии: получение веществ с необходимыми свойствами, то есть задача качественных превращений вещества. А поскольку качество – это совокупность свойств вещества, то надо знать, от чего зависят свойства. Иначе говоря, чтобы решить данную практическую задачу, химия должна решить теоретическую задачу происхождения (генезиса) свойств вещества.

Таким образом, основанием химии выступает двуединая проблема – получение веществ с заданными свойствами и выявление способов управления свойствами вещества.

История химии показывает, что её развитие происходило неравномерно: периоды накопления и систематизации данных эмпирических опытов и наблюдений сменялись периодами открытия и бурного обсуждения фундаментальных законов и теорий. Последовательное чередование таких периодов позволяет разделить историю химической науки на несколько этапов. Одни авторы выделяют три этапа эволюции химического знания (рис. 11).

Другие авторы данный процесс представляют более детально и выделяют четыре этапа:

1-й этап донаучный – период алхимии. Он характеризуется поисками философского камня, эликсира долголетия, алкагеста (универсального растворителя). Кроме того, в алхимический период почти во всех культурах практиковалось «превращение» неблагородных металлов в золото или серебро.

Основные этапы эволюции химического знания



Рис. 11

2-й период – зарождение научной химии, который продолжался в течение XVI – XVIII веков. На этом этапе были созданы теории Парацельса, газов Бойля, Кавендиша и др., теория флогистона Г. Штала и, наконец, теория химических элементов Лавуазье.

В течение этого периода совершенствовалась прикладная химия, связанная с развитием металлургии, производством стекла и фарфора, искусством перегонки жидкостей и т. д. К концу XVIII века произошло упрочение химии как науки, независимой от других естественных наук.

3-й период – открытие основных законов химии, который охватывает первые шестьдесят лет XIX века и характеризуется возникновением и развитием атомной теории Дальтона, атомно-молекулярной теории Авогадро, установлением Берцелиусом атомных весов элементов и формированием основных понятий химии: атом, молекула и др.

4-й период – современный этап. Современный период длится с 60-х гг. XIX века до наших дней. Это наиболее плодотворный период развития химии, так как в течение немногим более 100 лет были разработаны периодическая классификация элементов, теории валентности, ароматических соединений и стереохимия, теория электролитической диссоциации Аррениуса, электронная теория материи и т. д.

Этот период значительно расширил диапазон химических исследований. Возникли такие составные части химии, как неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, фармацевтическая химия, химия пищевых продуктов, агрохимия, геохимия, биохимия и т. д., приобретшие статус самостоятельных наук и собственную теоретическую базу.

Вопросы для контроля знаний

- Что явилось основанием становления химии как науки?
- Какова периодизация становления химии?
- Как можно охарактеризовать содержание донаучного периода?
- Кратко охарактеризуйте содержание периода зарождения научной химии.
- Какие основные химические законы открыты в данный период?
- В чем суть современного периода развития химии?

§ 2. Донаучный этап – алхимический (с древности до XVI в. н. э.)

Традиционно алхимия считалась и считается псевдонаукой, или эзотерическим знанием, полным мистики и тайн. Главной целью алхимических поисков были поиски философского камня, создание эликсира долголетия и открытие способов превращения металлов в золото и серебро (трансмутация элементов). Тем не менее, только такая оценка алхимии является несколько односторонней.

В течение своей многовековой истории алхимики в процессе проводимых ими исследований решали многие практически важные задачи: были получены сведения о многих реакциях и процессах, открыты различные методы производства продуктов, пользовавшихся большим спросом. Именно алхимики в поисках философского камня заложили практический фундамент для создания химии.

Выделяют три типа алхимии: греко-египетская, арабская, западно-европейская.

Греко-египетская алхимия

Наибольший вклад в становление алхимии внесли египтяне. К 300 г. н. э. египтянин *Зосима* написал энциклопедию, которая охватывала все собранные к тому времени знания по химии. Но химия, представленная в этом труде, еще не была наукой в полном смысле слова, а оставалась тесно связанной с древнеегипетской религией и не выходила в своем развитии за пределы формирования феноменологического уровня. В алхимии выявлялись свойства веществ, устанавливались закономерности между ними, сущность же явлений подменялась их мистической интерпретацией.

В Египте были известны способы производства металлов, приемы получения сплавов для монет и драгоценных изделий, которые держались в секрете и были достоянием очень ограниченного круга жрецов. Постоянно увеличивающийся спрос на благородные металлы, вызванный ростом населения, расширение торгового обмена, снижение продуктивности старых золотоносных месторождений подтолкнули представителей практической металлургии к поискам возможности превращения одного металла в другой и, в частности, превращения свинца или железа в золото (трансмутация).

Важнейшей проблемой алхимии считался поиск философского камня. Но в тщетной погоне за ним углублялись и расширялись зна-

ния алхимиков о химических процессах. В это время греко-египетские алхимики улучшили процесс очистки золота путём купелиции (нагревая богатую золотом руду со свинцом и селитрой). Было также широко распространено выделение серебра путем сплавления руды со свинцом. Получила развитие и металлургия обыкновенных металлов. Широко применялась и ртуть для извлечения золота и серебра, был известен и сам процесс получения ртути. Итоги начального периода алхимии были зафиксированы в «Изумрудной скрижали», приписываемой *Гермесу Трисмегисту* и ставшей классическим алхимическим сочинением (примерно III век).

Однако в период правления императора Диоклетиана в Древнем Риме алхимия стала преследоваться, так как Диоклетиан боялся, что получение дешёвого золота окончательно подорвёт шаткую экономику империи. Он приказал уничтожить все труды по алхимии.

Арабская алхимия

В VII веке на мировой арене появились арабы с их достаточно значимыми исследованиями. Арабы преобразовали египетское слово «хеми» в «аль-химия». Европейцы позднее заимствовали это слово у арабов и в результате в европейских языках появились термины «алхимия» и «алхимик». Самым талантливым и прославленным арабским алхимиком был *Джабир ибн Хайям*, ставший известным в Европе позднее под именем *Гебер*. После себя он оставил многочисленные труды, в которых описал нашатырный спирт, технологию приготовления свинцовых белил, способ перегонки уксуса для получения уксусной кислоты. Однако основным предметом его исследований стало изучение возможности трансмутации металлов, и эти его исследования оказали сильнейшее влияние на последующие поколения арабских алхимиков.

Основополагающая идея теории Джабира заключалась в том, что семь основных металлов образуются из смеси ртути и серы. Труднее всего образуется золото – наиболее совершенный металл. Чтобы осуществить превращение одного металла в другой, необходимо было согласно этой теории иметь некое «лекарство», которое вызывает превращение неблагородных металлов в благородные, ускоряет «созревание» золота. В старинных рукописях говорилось, что это вещество представляет собой сухой порошок, камень, великий

«магистерий». Греки называли его ксерион, а арабы изменили это название на «аль-иксир» и в конце концов в европейских языках появилось слово «эликсир». В Европе это удивительное вещество получило название философского камня. Эликсир должен был обладать многими чудесными свойствами: излечивать от всех болезней, давать бессмертие, а самое главное – превращать неблагородные металлы в серебро и золото.

Все последующее развитие арабской алхимии шло двумя параллельными путями: одни занимались трансмутацией золота, другие искали эликсир жизни, дававший бессмертие.

Западноевропейская алхимия

Появление алхимии на Западе стало возможным благодаря крестовым походам. Тогда европейцы позаимствовали у арабов многие научно-практические знания и среди них алхимию, которая получила быстрое распространение и способствовала расширению знаний о препаратах, необходимых в медицине. Главным предметом всех алхимических изысканий была трансмутация. Трансмутация – это процесс превращения неблагородных металлов (ртути, цинка, свинца) в благородные – золото и серебро при помощи философского камня, который пытались безуспешно обнаружить алхимики. *В основе идеи взаимного превращения металлов лежало убеждение в единой природе всех существующих веществ, что давало возможность при определенных условиях превращать их по желанию человека в любые другие.* Сама идея трансмутаций на фоне открытий в области ядерной физики не кажется уже такой абсурдной. В современных атомных реакторах происходит процесс преобразования химических элементов. Это «трансмутации» на уровне атомного ядра. Уже Эрнест Резерфорд подтвердил возможность превращения неблагородных металлов в благородные с небольшой оговоркой: «Я знаю способ превратить ртуть в золото, но он будет настолько дорогим, что в нём просто не будет смысла» (URL: rudocs.exdat.com/docs/index-29185.html).

Исследуя и отыскивая нужный механизм трансмутации в ходе манипуляций с различными веществами, алхимики сделали ряд практически важных наблюдений и открытий:

- были подробно изучены и описаны цинк, свинец, ртуть, сурьма, железо и медь – наиболее известные химические элементы того времени;

- произведено разделение всех веществ на металлы и неметаллы по принципу ковкости;
- введено понятие «газы» и изучены их свойства, в частности, свойства углекислоты;
- было высказано предположение, что все химические реакции завершаются образованием свинца. Эта гипотеза алхимиков получила некоторое подтверждение в XX веке, когда были созданы ядерные реакторы и можно было наблюдать процесс последовательного преобразования радиоактивного урана вначале в радий, затем в полоний, а в конце возникал свинец.

Таким образом, эпоха алхимии не прошла бесследно для становления химии как науки. Алхимиками были открыты серная, соляная и азотная кислоты, многие соли, этиловый спирт, изучены многие реакции (взаимодействие металлов с серой, обжиг, окисление и т. д.).

Заслугой западных алхимиков является также значительное расширение знаний в области практической и прикладной химии. В этот период были созданы аппараты, применяемые при различных операциях, связанных с нагреванием на прямом огне, на песчаной бане, водяной бане, применяемые при перегонке, выпаривании, фильтровании, кристаллизации, настаивании и возгонке.

Таким образом, поиски философского камня, эликсира бессмертия и механизма трансмутации неблагородных металлов в благородные подготовили соответствующие условия для исследований химических соединений, их применения в медицине и практической науке, став тем самым фактором становления научной химии. Фактически алхимия – это предыстория научной химии.

Вопросы для контроля знаний

- В чём отличие алхимии от химии?
- Что дала греко-египетская алхимия для становления химии?
- Что дала арабская алхимия для становления химии?
- Какой вклад внесла западноевропейская алхимия в развитие химии?
- Назовите выдающихся алхимиков и кратко охарактеризуйте их вклад в становление химии как науки.

§ 3. Зарождение и становление научной химии

Зарождение ятрохимии

Зарождение и становление научной химии охватывает три столетия, на протяжении которых отмечаются попытки придать химии единое теоретическое содержание, что отражено на схеме рис. 12.

Основные этапы становления научной химии (XVI – XVIII)

Первая половина XVI века:

- работы по пиротехнике В. Бирингуччо
- работы по металлургии Г. Агрикола

Вторая половина XVII века: постепенный уход от алхимии

Развитие технической химии и химических производств:

металлургия, стеклоделие, производство керамики, бумаги, спиртных напитков, взрывчатых веществ

Открытие новых веществ:

висмут, платина, фосфор

Развитие атомарно-молекулярного учения:

Понятие «молекулы», П. Гассенди

Разработка основ аналитической химии, Р. Бойль:

- обоснование метода химического эксперимента;
- качественный анализ;
- применение индикаторов для распознавания веществ;
- Постановка задачи поиска реальных химических элементов 1697 – 1703 гг.; Теория флогистона, И. Бехер, Г. Шталь

М. Ломоносов

1741 г. – определение атома, молекулы, вещества

1744 г. – молекулярно-кинетическая теория теплоты

1745 г. – закон сохранения материи и движения, М. Ломоносов, А. Лавуазье

Изучение продуктов горения, газов – **пневматическая химия**

Дж. Блэк, Д. Резерфорд, Г. Кавендиш, Дж. Пристли, К. В. Шееле

Рис. 12

В данном пособии рассмотрены лишь те вопросы, которые оказали наибольшее влияние на мировоззрение последующих эпох и являются основой современных инновационных изысканий.

В XVI веке в европейских странах алхимия утратила то свое назначение, которое она имела в предшествующие века. На смену ал-

химии пришло совершенно новое понимание задач химии. Её назначение состояло не в получении золота, а в приготовлении лекарств. Это направление в химической науке получило название ятрохимии (иатрохимии). Алхимики XVI – XVII веков. Парацельс и Ван Гельмонт предположили, что все биологические и физиологические процессы в человеческом теле протекают в соответствии с химическими законами. На основе этой гипотезы возникла идея лекарства. Лекарство – это химическое вещество, которое способно воздействовать на процессы, происходящие в организме человека.

Основателем ятрохимии стал швейцарец *Геофраст Бомбаст фон Гогенгейм*, который вошёл в историю науки под выбранным им самим именем *Парацельс*, то есть «превосходящий Цельса». Цельс был древнеримским учёным, писавшим труды по медицине и естествознанию. Парацельс родился в конце 1493 г. в г. Эйнзидельн, кантон Швиц, умер 24 сентября 1541 г. в Зальцбурге. Он был известным медиком XVI века, а не только алхимиком. Парацельс был убежден, что телесный недуг, болезнь – результат нарушения химического баланса в организме человека, который можно восстановить, используя специальные химические препараты.

Ятрохимия выражала стремление соединить медицину с химией, приписывая определенным химическим соединениям способность устранять в организме нарушения равновесия. Парацельс исходил из идеи, что если человеческое тело состоит из особых веществ, то происходящие в них изменения должны вызывать болезни, которые могут быть излечены лишь путём применения лекарств, восстанавливающих нормальное химическое равновесие. До Парацельса в качестве лекарств использовались преимущественно растительные препараты, но он полагался только на эффективность лекарственных средств, изготовленных из минералов, и поэтому стремился создавать лекарства нового типа.

Ян Ван Гельмонт (12 января 1579 г. – 30 декабря 1644 г.) – швейцарский ятрохимик и медик XVII века. Он первый в истории химик-экспериментатор. В своих опытах он активно использовал весы для измерения массы реагирующих веществ и фактически пришёл к выводу о сохранении вещества в природе. Он открыл углекислый газ, который назвал «лесным газом», ввёл само понятие «газы» от греческого «хаос», описав их свойства. Тем не менее, подлинно науч-

ные прозрения Ван Гельмонта не мешали его вере во всемогущество «философского камня» и в трансмутации. Превращение ртути в золото он считал вполне возможным.

Ятрохимия принесла значительную пользу химии, так как способствовала освобождению её от влияния алхимии и существенно расширила знания о жизненно важных соединениях, оказав тем самым благотворное влияние и на фармацевтику. Но одновременно ятрохимия была и помехой для развития химии, потому что сужала поле её исследований. По этой причине в XVII и XVIII века целый ряд исследователей отказались от принципов ятрохимии, избрав иной путь своих исследований, внедряя химию в жизнь и ставя её на службу человеку. Именно эти исследователи своими открытиями способствовали созданию первых научных химических теорий.

Теория флогистона и закон сохранения массы

Центральная проблема химии вплоть до конца XVIII века – проблема горения. В семнадцатом столетии развитие механики привело к созданию паровой машины; и использование огня в паровой машине возродило у химиков интерес к процессу горения. Почему одни предметы горят, а другие не горят? Что представляет собой процесс горения?

Задолго до XVIII века греческие и западные алхимики пытались ответить на эти вопросы. По представлениям древних греков всё, что способно гореть, содержит в себе элемент огня, который в соответствующих условиях может высвободиться. Алхимики же считали, что способные к горению вещества содержат в себе элемент «сульфур». В 1669 г. немецкий химик *Иоганн Бехер* попытался дать рациональное объяснение явлению горючести. Он предположил, что твёрдые вещества состоят из трёх видов «земли», и один из этих видов, названный им «жирная земля», служит горючим веществом. Все эти объяснения не отвечали на вопрос о сущности процесса горения, но они стали отправной точкой для создания единой теории, известной под названием теории флогистона. Основоположником теории флогистона считается немецкий врач и химик *Георг Шталь*, который постарался последовательно развить идеи Бехера, но в отличие от Бехера Шталь вместо понятия «жирная земля» ввёл понятие «флогистона». «Флогистон» – от греческого «флогистос» – горючий, воспламеняющийся.

Георг Шталь (22 октября 1659 г. – 14 мая 1734 г.) полагал, что во всех способных гореть веществах содержится этот загадочный элемент. Под флогистонем понималась некоторая невесомая субстанция, которую содержат все горючие тела и которую они утрачивают при горении. При нагревании флогистон выделяется, и тело меняет свои свойства. Шталь был убежден, что дерево – это флогистон плюс зола, металлы – флогистон плюс окислы.

Однако один вопрос ни Шталь, ни его последователи разрешить не смогли. Дело в том, что большинство горючих веществ (дерево, бумага, жир) при горении в значительной степени исчезали. Оставшиеся зола и сажа были намного легче, чем исходное вещество. Но химикам XVIII века эта проблема не казалась существенной, они ещё не сознавали важность точных измерений и изменением в весе пренебрегали. Теория флогистона объясняла причины изменения внешнего вида и свойств веществ, а изменения веса считались неважными.

Закон сохранения массы Лавуазье. К концу XVIII века в химии был накоплен большой объём экспериментальных данных, которые необходимо было систематизировать в рамках единой теории. Создателем такой теории стал французский химик Антуан-Лоран Лавуазье. С его именем связана подлинная революция в химии. Его многочисленные опыты по нагреванию различных веществ в закрытых сосудах позволили установить, что независимо от характера химических процессов и их продуктов общий вес всех участвующих в реакции веществ остается без изменений.

Обдумывая результаты проведенных им опытов, Лавуазье пришёл к мысли, что если учитывать все вещества, участвующие в химической реакции, и все образующиеся продукты, то изменений в весе никогда не будет. Другими словами, Лавуазье пришёл к выводу, что масса никогда не создается и не уничтожается, а лишь переходит от одного вещества к другому. Этот вывод, известный сегодня как закон сохранения массы, стал основой для всего процесса развития химии XIX века. Данный закон сохранения массы фактически ознаменовал превращение химии в подлинную науку.

Было окончательно покончено со всеми таинственными элементами. С того времени химики стали интересоваться только теми веществами, которые можно было взвесить или измерить каким-либо другим способом.

В «Начальном курсе химии» (1789 г.) Лавуазье, опираясь на новые теории и применяя разработанную им (совместно с другими учеными) номенклатуру химических элементов, систематизировал накопленные к тому времени химические знания. Лавуазье даёт определение элемента и приводит таблицу и классификацию простых веществ. Он отмечает, что представление о трёх или четырёх элементах, из которых якобы состоят все тела природы, перешедшего к нам от греческих философов, является неверным. Сам же Лавуазье под элементами понимал вещества, которые не разлагаются «никаким образом».

Таким образом, Лавуазье осуществил научную революцию в химии: он превратил химию из совокупности множества не связанных друг с другом рецептов в общую теорию, опираясь на которую можно было не только объяснить все известные явления, но и предсказывать новые.

Необыкновенно талантливый, Лавуазье известен как жертва якобинского террора: он погиб на плахе, несмотря на обращение учёных о его помиловании или хотя бы об отсрочке казни. Однако высокомерный ответ был таков: «Республика не нуждается в химиках!». Математик Пьер Лагранж горестно воскликнул, узнав о его смерти: «Всего мгновение потребовалось им, чтобы срубить эту голову, а и сто лет не будет такой другой».

В России данный вопрос исследовался М. Ломоносовым. Перечень его заслуг в естествознании чрезвычайно широк. Он создал первый университет. «Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом» (А. С. Пушкин). Им также в результате химических и физических опытов был сформулирован закон сохранения массы: «масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе веществ, получившихся в результате её».

Вопросы для контроля знаний

- Благодаря какому учёному произошло зарождение ятрохимии?
- В чём суть теории флогистона Г. Штала?
- Охарактеризуйте исследования Лавуазье при открытии закона сохранения массы.
- Каковы заслуги М. Ломоносова в развитии химии?

§ 4. Атомно-молекулярное учение как концептуальное основание химии

Концепция химического элемента

Концепция появилась в химической науке в результате стремления человека обнаружить первоэлемент природы, из которого образованы все окружающие тела. На интуитивном уровне химики понимали, что свойства простых веществ и химических соединений зависят от тех неизменных начал, которые впоследствии стали называть элементами. Очевидна поразительная аналогия со становлением концепции атомизма в физике. Химики, как и физики, искали ту первоначальную основу, которая могла бы объяснить все свойства простых и сложных веществ.

Выявление и анализ этих элементов, раскрытие связей между ними и свойствами веществ охватывают значительный период в истории химии.

Новому пониманию предмета химического познания способствовало возрождение античного атомизма. Здесь важную роль сыграли труды французского мыслителя *П. Гассенди*. Он не только воскресил атомистическую теорию, но, по мнению Дж. Бернала, превратил её в учение, куда вошло всё то новое в физике, что было найдено в эпоху Возрождения. Для обнаружения частиц, не видимых простым глазом, Гассенди использовал энгиоскоп (микроскоп), и из этого он сделал вывод, что если можно обнаружить столь мелкие частицы, то могут существовать и совсем мельчайшие, которые удастся увидеть впоследствии.

Гассенди считал, что Бог создал определённое число атомов, отличающихся друг от друга формой, величиной и весом и всё в мире состоит из них. Как из кирпича, брёвен и досок можно построить огромное число разнообразных зданий, так и из нескольких десятков видов атомов природа создаёт великое множество тел. Соединяясь, атомы дают более крупные образования – «молекулы». Молекулы, объединяясь друг с другом, становятся более крупными и «доступными для ощущения». Тем самым Гассенди первым ввёл в химию понятие «молекула» (от лат. *moles* и *cula* – «масса» в уменьшительном значении).

Корпускулярное учение нашло свое завершение в трудах знаменитого английского учёного *Роберта Бойля*. Ему от отца досталось в наследство два имения, в одном из которых он и поселился. Там Бойль собрал богатую библиотеку и оборудовал прекрасную лабораторию, где работал со своими помощниками.

Его по праву считают отцом химии. Р. Бойль (25 января 1627 г. – 30 декабря 1692 г.) первым дал определение химическому элементу, положив тем самым начало современному представлению о химическом элементе. Химический элемент он понимал как наиболее «простое тело», предел химического разложения, переходящий из одного сложного состояния вещества в другое.

В известной книге «Химик-скептик» им изложены взгляды по поводу химии, где он *полагал химию самостоятельной наукой, а не подспорьем алхимии и медицины*. «Все тела, – пишет он, – состоят из движущихся частиц, обладающих разной величиной и формой». Этими частицами (или элементами), подчёркивал Бойль, не могут быть ни «начала» Аристотеля, ни «начала» алхимиков.

Элементы, по Бойлю, это вещества, которые нельзя разложить (т. е. простые вещества). Они состоят из однородных корпускул. Такими являются золото, серебро, олово, свинец. Другие, например киноварь, разлагающаяся на ртуть и серу, он относил к сложным веществам. А сколько в природе элементов, на этот трудный вопрос ответить мог только опыт. Бойль пришел к выводу о том, что свойства веществ зависят от состава химических элементов. Таким образом, была решена проблема происхождения свойств вещества. Его исследования показали, что качества и свойства тела не имеют абсолютного характера и зависят от того, из каких химических элементов эти тела составлены. С этого момента стали считать, что наименьшей частицей простого тела является молекула.

Важным моментом его исследований считается утверждение о важности экспериментального метода исследования в химии. По его мысли, эксперимент призван заставить природу выдать свои тайны, а не подтверждать те или иные теоретические гипотезы.

Тем не менее, ещё целый век химики делали ошибки в выделении химических элементов. Дело в том, что, сформулировав понятие химического элемента, химики ещё не знали ни одного из них. Стремясь получить элементы в чистом виде, они пользовались считавшимся тогда универсальным методом прокаливания – окалину при-

нимали за элемент. Так что известные тогда металлы – железо, медь, свинец – принимали за сложные тела, состоявшие из соответствующего элемента и универсального тела – флогистона. Тем не менее, именно флогистонная теория, ложная по сути, оказалась двигателем многих исследований, приведших в конечном итоге к правильным выводам.

В самом общем виде система становления химического знания в последующий период представлена на схеме рис. 13.

Основные этапы становления научной химии (XVIII – середина XIX)

1777 г. Теория кислородного горения А. П. Лавуазье
1789 г. Разработка научной химической номенклатуры А. П. Лавуазье,
К. Л. Бертолле

Стехиометрические законы

1791 – 1798 гг. Закон эквивалентов, И. В. Рихтер
1799 – 1806 гг. Закон постоянства состава, Ж. Л. Пруст
1803 г. Закон кратных отношений, Дж. Дальтон
1808 г. Закон соединения газов (объёмных отношений),
Ж.Л. Гей-Люссак
1811 г. Закон Авогадро, А. Авогадро
1819 г. Закон удельных теплоёмкостей, П. Л. Дюлонг, А. Т. Пти
1830 г. Законы электролиза М. Фарадея, М. Фарадей

Химическая атомистика

1808 г. Атомная теория, Дж. Дальтон
1811 – 1818 гг. Электрохимическая теория сродства
первая концепция химического взаимодействия,
И. Я. Берцелиус
1860 г. Определение атомных масс химических элементов,
Ж. С. Стас

Рис. 13

Первая попытка классифицировать химические элементы принадлежит уже упоминавшемуся Антуану Лавуазье. Возвращаясь к Лавуазье, необходимо уточнить его исследования, послужившие открытию закона сохранения массы и основой развития представлений о химическом элементе. Он не был удовлетворен полученными результатами, так как не понимал, почему при соединении воздуха с металлом образовывалась окалина, а при соединении с деревом – газы и почему при этих взаимодействиях участвовал не весь воздух, а только примерно пятая

часть его? Вновь в результате многочисленных опытов и экспериментов Лавуазье пришёл к выводу, что воздух является не простым веществом, а смесью двух газов. Им была утверждена кислородная теория горения и расширен список химических элементов: были введены газы, входящие в состав воздуха (кислород и азот). Он же ввёл новую номенклатуру химических соединений, введя в химию кислоты, основания и соли.

Химическая атомистика

Наиболее значимыми в мировоззренческом плане являются исследования Дж. Дальтона и И. Я. Берцеллиуса.

Англичанин *Джон Дальтон* (6 сентября 1766 г. – 27 июля 1844 г.) подобно древним атомистам исходил из положения о корпускулярном строении материи. Основываясь на сформулированном Лавуазье понятии химического элемента, полагал, что все атомы каждого отдельного элемента одинаковы и характеризуются тем, что обладают определенным весом, который он назвал атомным весом. Таким образом, каждый элемент обладает своим атомным весом, но этот вес относителен, так как абсолютный вес атомов определить невозможно. В качестве условной единицы атомного веса элементов Дальтон принимает атомный вес самого лёгкого из всех элементов – водорода и сопоставляет с ним вес других элементов.

Рассуждая таким образом, Дальтон составил первую таблицу атомных весов. Эта таблица и была самой важной работой Дальтона, но в ряде аспектов она оказалась ошибочной. Основное заблуждение Дальтона состояло в убеждении, что при образовании молекулы атомы одного элемента соединяются с атомами другого элемента попарно, хотя уже в то время было накоплено достаточно данных, свидетельствующих о том, что подобное сочетание атомов «один к одному» не является общим правилом.

Для того чтобы атомная теория Дальтона могла получить свой научный статус в химии, надо было объединить её с молекулярной теорией, которая предполагала существование частиц (молекул), образованных из двух или более атомов и способных в химических реакциях расщепляться на составные атомы.

Химики получили веское доказательство существования атомов и молекул после того, как самим Дальтоном в 1807 г. был открыт закон кратных весовых отношений. «Если два каких-либо элемента об-

разуют друг с другом несколько химических соединений, то количества одного из элементов, приходящиеся в этих соединениях на одинаковое количество другого элемента, находятся между собой в простых кратных отношениях, т. е. относятся друг к другу как небольшие целые числа». При этом два элемента могут соединяться друг с другом в разных соотношениях, но каждая новая комбинация элементов представляет собой новое соединение.

Дальтон строго разграничивал понятия «атом» и «молекула». Молекулу он и назвал «сложным», или «составным атомом», но этим только подчёркивал, что эти частицы являются пределом химической делимости соответствующих веществ. При этом он считал:

- атомы неделимы и неизменны;
- атомы одного и того же вещества абсолютно одинаковы по форме, весу и другим свойствам;
- различные атомы соединяются между собой в различных отношениях;
- атомы разных веществ имеют неодинаковый атомный вес.

Он же пришел к выводу, что любое вещество – это различные комбинации определённых атомов, поэтому химический состав может быть один и тот же, но вещества оказываются разными, так как атомы по-разному располагаются. Различал Дальтон химические соединения и смеси: в смесях отсутствуют тесные взаимодействия между атомами. Составил первую таблицу атомных весов химических элементов, предложил удобную систему записи химических элементов. Но природа химической связи осталась необъяснимой. Это удалось выявить только на основе квантовых представлений в XX веке.

Таким образом, Джона Дальтона можно по праву считать создателем научной химической атомистики. Он впервые, используя представления об атомах, объяснил состав различных химических веществ и определил их относительные и молекулярные веса.

И тем не менее в начале XIX века атомно-молекулярное учение в химии с трудом пробивало себе дорогу. Понадобилось ещё полстолетия для его окончательной победы. На этом пути был сформулирован ряд количественных законов (закон постоянных отношений *Пруста*, закон объёмных отношений *Гей-Люссака*, закон *Авогадро*, согласно которому при одинаковых условиях одинаковые объёмы всех газов содержат одно и то же число молекул), которые получали объяснения с позиций атомно-молекулярных представлений.

Дополнительной проблемой, решавшейся многими поколениями химиков, была проблема химических соединений. Долгое время химики эмпирическим путем определяли, что относится к химическим соединениям, а что – к простым телам или смесям. В начале XIX века Ж. Пруст сформулировал закон постоянства состава, в соответствии с которым любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом и тем самым отличается от смесей. Теоретическое обоснование закона Пруста было дано Дж. Дальтоном в уже упоминавшемся законе кратных отношений. Согласно этому закону состав любого вещества можно было представить как простую формулу, а эквивалентные составные части молекулы – атомы, обозначавшиеся соответствующими символами, могли замещаться на другие атомы.

Химическое соединение – понятие более широкое, чем «сложное вещество», которое должно состоять из двух и более разных химических элементов. Химическое соединение может состоять и из одного элемента. Это кислород, графит, алмаз и другие кристаллы без посторонних включений в их решетку в идеальном случае.

Дальнейшее развитие химии и изучение всё большего числа соединений приводили химиков к мысли, что наряду с веществами, имеющими определённый состав, существуют еще и соединения переменного состава – бертоллиды. В результате были переосмыслены представления о молекуле в целом. Молекулой, как и прежде, продолжали называть наименьшую частичку вещества, способную определять его свойства и существовать самостоятельно. Но в XX веке была понята сущность химической связи, которая стала пониматься как вид взаимодействия между атомами и атомно-молекулярными частицами, обусловленный совместным использованием их электронов.

На этой концептуальной основе была разработана стройная атомно-молекулярная теория того времени, но которая впоследствии оказалась не в состоянии объяснить многие экспериментальные факты конца XIX – начала XX веков. Картина прояснилась с открытием сложного строения атома, когда стали ясны причины связи атомов, взаимодействующих друг с другом. В частности, химические связи указывают на взаимодействие атомных электрических зарядов, носителями которых оказываются электроны и ядра атомов. Существуют ковалентные, полярные, ионные и ионно-ковалентные химические

связи, отличающиеся характером физического взаимодействия частиц между собой. Поэтому теперь под химическим соединением понимают определенное вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счёт взаимодействия друг с другом объединены в частицу, обладающую устойчивой структурой: молекулу, комплекс, монокристалл или иной агрегат.

Поворотный этап в развитии химической атомистики связан с именем шведского химика *Йенса Якоба Берцелиуса*, который вслед за Дальтоном внёс особенно большой вклад в создание атомной теории. Когда Дальтон предложил свою атомную теорию и установил закон кратных отношений, молодой шведский химик Берцелиус, руководимый стремлением найти закон образования химических соединений, тщательно изучил вопрос об их составе. Проведя не одну сотню анализов, он представил столько доказательств, подтверждающих закон постоянства состава, что химики были вынуждены признать справедливость этого закона, а следовательно, и принять атомистическую теорию, которая непосредственно вытекала из закона постоянства состава.

Именно благодаря работам Берцелиуса к 1850 г. атомно-молекулярная теория стала господствующей и в химии, и в физике. *Под молекулой в настоящее время понимается наименьшая частица химического вещества, обладающая всеми его химическими свойствами, состоящая из двух или более атомов, которые образуют определённую структуру.*

После этого Берцелиус обратился к проблеме определения атомных весов элементов, разрабатывая более сложные и точные методы экспериментов, чем те, которые были доступны Дальтону. В результате длительной и тщательной аналитической работы Берцелиус пришёл к выводу, что в солях существуют простые и постоянные отношения между атомами кислорода основания и атомами кислорода кислоты. На основании своих исследований и расчётов в 1826 г. Берцелиус опубликовал первую таблицу атомных весов, отличающуюся высокой точностью, причем атомные веса были соотнесены им с кислородом, атомный вес которого был принят за сто. Приведённые в составленной им таблице числовые значения атомных весов в основном совпадают с принятыми в настоящее время.

Существенное различие между таблицами Берцелиуса и Дальтона состоит в том, что величины, полученные Берцелиусом, в своём

большинстве не были целыми числами. Эти расчёты потом были подтверждены и уточнены другими учеными.

С работами Берцелиуса по атомистике тесно связано введение в употребление символов, предложенных им в 1814 г. для обозначения не только элементов, но и химических реакций. В качестве символа элемента принимается первая буква его латинского или греческого названия. В тех случаях, когда названия двух или более элементов начинаются с одних и тех же букв, к ним добавляется вторая буква названия. Так появились химические символы элементов, которые используются во всём мире и по настоящее время. Его система химической символики дала значительный импульс развитию химии.

Весьма значима ещё одна его заслуга. Ещё в начале своей научной деятельности он предложил все вещества разделить на органические и неорганические. Издавна со времени открытия огня человек стал делить все вещества на две группы: горючие и негорючие. К горючим относились, в частности, дерево и жир, которые в основном служили топливом. Дерево – продукт растительного происхождения, а жир или масло – продукты как животного, так и растительного происхождения. В отличие от них вода, песок, горные породы и большинство других веществ минерального происхождения не горят и даже гасят огонь. Таким образом, между способностью вещества к горению и его принадлежностью к живому или неживому миру просматривалась определенная связь. Однако накопленные в течение восемнадцатого столетия знания позволили химикам сделать вывод, что судить о природе веществ, исходя только из их горючести или негорючести, ошибочно. Вещества неживой природы могли выдерживать жесткую обработку, и именно их Берцелиус назвал неорганическими. А вещества живой или некогда живой материи такой обработки не выдерживали, и их он назвал органическими.

Работы Берцелиуса касались и ещё одной химической проблемы. Учение об элементном и молекулярном составе веществ является первым уровнем химических знаний. До 1820 – 1830-х гг. вся химия не выходила за пределы этого подхода. Но постепенно стало выявляться существенное значение структуры (расположения) атомов в молекулах – структурная химия.

В XIX веке структурная химия развивалась во многом благодаря работам француза Шарля Жерара и шведа Йенса Берцелиуса. Они вы-

сказали гипотезу о том, что элементарной структурной единицей химического вещества является молекула, которая состоит из атомов. Атомы влияют на химические свойства вещества. В то же время Берцелиус утверждал, что молекула, её химические свойства – результат взаимодействия разноименно заряженных атомов. Жерар полагал, что при образовании молекул атомы не просто взаимодействуют, но взаимно преобразуют друг друга. В результате возникает особая химическая система с новыми свойствами. Тем самым структурная химия XVIII столетия нанесла сокрушительный удар главным идеям алхимии. Стало известно, что у всех веществ и химических элементов своя уникальная атомная структура. Поскольку их природа различна, алхимические трансмутации невозможны.

Основные вехи в дальнейшем эволюционном процессе развития химии и становления химической картины мира связаны с проблемами уточнения химических понятий «атомный вес», «молекулярный вес» и проблемами структурного расположения атомов в молекулах.

Вопросы для контроля знаний

- Каковы причины создания концепции химического элемента?
- Назовите выдающихся учёных, благодаря которым было выяснено понятие химического элемента.
- Почему Р. Бойля называют «отцом химии»?
- Дайте определение химического элемента.
- Какой вклад в развитие химии внес А. Лавуазье?
- Кратко охарактеризуйте вклад Дж. Дальтона в развитие химии.
- Каков вклад Й. Я. Берцелиуса в развитие химии?
- Что понимается в настоящее время под молекулой?

§ 5. Становление классической химии

Периодический закон химических элементов Д. И. Менделеева

История химии свидетельствует, что до середины XIX века её развитие происходило беспорядочно и хаотически. Химики открывали всё новые и новые химические элементы, описывали их свойства, способность вступать в различные реакции и благодаря этому постепенно накопили огромный эмпирический материал, который необходимо было привести в определенную систему. Однако в этот период

ещё не существовало объединяющей концепции, с помощью которой можно было бы объяснить весь накопленный материал, а следовательно, невозможно было представить всё наличное знание как систему теоретической химии. В этом отношении главную роль сыграл первый международный химический конгресс, который состоялся в сентябре 1860 г. в немецком городе Карлсруэ. На конгрессе присутствовали самые знаменитые химики того времени.

Проведение конгресса в Карлсруэ имело большое значение для развития химии. На нём были сформулированы и приняты основополагающие принципы, теории и законы химии, которые не вызывали никаких сомнений у участников. Тем самым химия заявила о себе де факто как о самостоятельной науке.

Однако гораздо большее значение имели научные результаты и последствия конгресса. К 60-м гг. прошлого столетия в химии ещё сохранилась путаница с атомными и молекулярными весами, что не позволяло точно решить вопрос о системе элементов и отрицательно сказывалось на развитии самой химии. Разногласия по поводу относительных атомных весов, приписываемых атомам различных элементов, привели к разногласиям в отношении числа атомов отдельных элементов, входящих в данную молекулу. Учёные неоднократно предпринимали попытки придать этим проблемам системный вид, но их предложения были весьма несовершенными, потому что в качестве структурообразующих факторов брались чаще всего несущественные, второстепенные и даже чисто внешние признаки элементов.

Инициатором обсуждения и решения данной проблемы стал итальянский химик *Станислав Канниццаро*, который предложил разграничить понятия «атомный вес», «молекулярный вес» и «эквивалентный вес». На конгрессе Канниццаро удалось убедить участников в правильности предлагаемых им идей. С этого момента в вопрос об атомных весах была внесена ясность, и было по достоинству оценено значение таблицы атомных весов, составленной Берцелиусом.

Применительно ко всей химии это решение означало возможность договориться об эмпирических формулах соединений и продолжить изучение строения молекул, уточняя расположение атомов сначала в плоскости, а затем в пространстве. Кроме того, решения конгресса по сути дела подготовили условия для создания периодической системы элементов.

Основоположником системного подхода в химии стал русский химик *Дмитрий Иванович Менделеев* (27 января 1824 г. – 20 января 1907 г.), который был участником конгресса и слышал выступление Канницаро, где тот чётко изложил свою точку зрения на проблему атомного веса. Вернувшись в Россию, Менделеев приступил к изучению элементов и обратил особое внимание на периодичность изменения валентности у элементов, расположенных в порядке возрастания атомных весов. Менделеев считал, что любое точное знание составляет систему, в основе которой должен быть единый систематизирующий фактор. В качестве такого фактора он выбрал атомный вес, полагая, что последний является главной характеристикой всех химических элементов. Это обобщение стало научным инструментом объяснения и прогнозирования свойств элементов. Но в силу того что ещё не было известно строение атомов, физический смысл его был недоступен.

Менделеев разделил элементы на периоды (отсюда название «Периодическая система элементов»). Расположение химических элементов в порядке возрастания атомного веса привело к выявлению периодической зависимости: стало ясно, что химические свойства повторяются через каждые семь элементов на восьмой. Такая периодическая система элементов была яснее и нагляднее, чем график. Благодаря форме таблицы мировое сообщество ученых отдало приоритет открытия периодической системы именно Менделееву, а не другим ученым, которые к тому времени также систематизировали элементы, но в других формах.

Во времена Менделеева было известно всего 62 химических элемента. Поэтому в таблице оказались пустые клетки. Наличие этих пустых клеток он объяснил не несовершенством самой таблицы, а тем, что соответствующие элементы пока еще не открыты. Впоследствии эти элементы были действительно открыты химиками и их свойства оказались именно такими, как предсказал Менделеев. Таким образом Менделееву удалось предсказать открытие скандия – он был открыт в 1875 г., галлия – открыт в 1879 г., германия – открыт в 1886 г. Это стало практическим подтверждением верности исходной гипотезы, лежащей в основе классификации.

Точно известен день открытия периодической системы химических элементов – это 17 февраля 1869 г. Это событие зафиксировал сам Менделеев в своём дневнике. Идея периодической системы была достойна Нобелевской премии, но русское химическое общество не

подало соответствующую заявку в Нобелевский комитет. Время было упущено, и Менделеев остался без заслуженной награды.

Более поздние открытия ядерной физики XX столетия обусловили выбор иного критерия расположения атомов в таблице – заряд атомного ядра. Тем не менее, таблица осталась без изменений. Блестящая интуиция Менделеева подсказала почти верный критерий систематизации. Заряд ядра атома оказался соответствующим порядковому номеру таблицы. Когда Менделеев умер, впереди траурной процессии несли его таблицу, обессмертившую своего творца.

Структурная химия

Во второй половине XIX века главенствующую роль в химии постепенно приобрело понятие «структура», особенно значимое при изучении органических веществ и химических соединений. Структура – это устойчивая упорядоченность качественно неизменной системы (молекулы).

В данном отношении наиболее значимы работы *Александра Михайловича Бутлерова* (3 сентября 1828 г. – 5 августа 1886 г.). Ситуацию, сложившуюся в органической химии того периода, образно описал Фридрих Вёлер: «Органическая химия в настоящее время может кого хочешь свести с ума. Она представляется мне дремучим лесом, полным чудесных вещей, огромной чашей без выхода, без конца – куда не осмелишься проникнуть – царство хаоса» ([URL: chem.msu.su/rus/teaching/mendeleeva/lesson3.html](http://chem.msu.su/rus/teaching/mendeleeva/lesson3.html)).

Однако такой она была до работ Александра Михайловича Бутлерова, которому удалось классифицировать мир органических веществ, основываясь на оригинальной теории их строения. Один из историков науки, итальянский профессор Микеле Джуа в своей работе «История химии» замечает, что период около 1860 г. был для химии поистине вулканическим. Он изобиловал молодыми химиками, одаренными критическим умом и относившимися с энтузиазмом к исследовательской работе. К списку выдающихся химиков по праву следует добавить и Бутлерова, который понял важность определения строения соединений, ввёл термин «структура» для обозначения взаимной связи между атомами и утверждал, что структура вместе с составом определяет физические и химические свойства соединений.

Свойства органических веществ зависят не только от состава молекул, но и от их пространственного расположения. А. М. Бутлеров

предположил, что атомы в молекулах расположены в определенном порядке в соответствии с их валентностью – способностью удерживать атомы другого химического элемента.

Таким образом, важнейший шаг в развитии структурной химии был связан с появлением теории химического строения органических соединений, разработанной русским химиком А. М. Бутлеровым, который считал, что образование молекул из атомов происходит за счет замыкания свободных единиц сродства. При этом он обращал внимание на то, с какой энергией (большей или меньшей) это сродство связывает вещества между собой. Иными словами, Бутлеров впервые в истории химии обратил внимание на энергетическую неравноценность разных химических связей. Эта теория позволила строить структурные формулы любого химического соединения, так как показывала взаимное влияние атомов в структуре молекулы, а через это объясняла химическую активность одних веществ и пассивность других.

Дальнейшее развитие системы химических знаний обусловлено зарождением новых отраслей химии, новых химических наук физической и органической химии (рис. 14).

Этапы развития классической химии (вторая половина XIX века)

Физическая химия: химическая кинетика,
теория электролитической диссоциации, химическая термодинамика

- 1840 г. Основной закон термохимии, Г. И. Гесс
- 1860 г. Принцип максимальной работы, М. Бергло, Ю. Томсен
Изучение состояния химического равновесия
- 1867 г. Закон действующих масс, К. М. Гумбольдт, П. Вааге
- 1874 – 1884 гг. Теоретическое рассмотрение химического равновесия,
Дж. Гибс, Я. Г. Ван-Гофф
Принцип подвижного равновесия
Основы формальной кинетики

Органическая химия

- 1828 г. Синтез мочевины (первый синтез органического соединения), Ф. Вёлер
- 1845 г. Синтез уксусной кислоты из углерода, водорода и кислорода,
А. Кольбе
- 1850 г. Систематический синтез органических соединений, П. Бергло
- 1865 г. Структурная формула бензола, Ф. А. Кекуле
- 1875 г. Тетраэдрическая модель атома углерода, Ле Бель, Я. Г. Ван-Гофф

Рис. 14

Становление и развитие органической химии

Начиная с XIX столетия можно говорить о возникновении и становлении новой отрасли химии – органической химии, которая изучает сложные соединения, содержащие углерод. Неорганическая химия исследует свойства химических элементов и их соединений. *Органическая химия изучает только соединения*, и эти соединения могут быть созданы искусственно.

Началом органической химии можно считать счастливую случайность: в 1824 г. немецкий химик *Фридрих Вёлер* совершенно случайно синтезировал мочевины – природное органическое соединение. Вторым шагом явилось создание искусственных материалов с необходимыми свойствами. В XIX веке были синтезированы первые искусственные органические вещества – анилиновые красители. Затем возникла идея создать материалы, которые должны были заменить дорогостоящие шеллак и гуттаперчу. Шеллак был продуктом жизнедеятельности червеца – насекомого, проживающего исключительно в Индии и Юго-Восточной Азии. Для производства фунта шеллака требовалась шестимесячная деятельность 15 тыс. червецов. Весьма длительная процедура. Гуттаперча – застывший сок каучукового дерева из Южной Америки, что также не делало изделия из него дешёвыми. Так возникла идея пластика – самого популярного, дешёвого и распространённого ныне искусственного материала на основе углеводов. Уже в 1869 г. англичанин *Александр Паркес* синтезирует так называемый парксин. В том же году американец *Джон Хаятт* создает целлулоид.

Немецкий химик *Фридрих Кекуле* (7 сентября 1829 г. – 13 июля 1896 г.) синтезировал несколько органических кислот, исследовал свойства бензола, открыл его структуру. Он предположил, что бензол похож на правильный шестиугольник, образованный атомарными связями углерода и водорода. Эта идея была взята на вооружение при анализе структуры всех циклических, или ароматических соединений. Заслуга Кекуле для развития структурной химии состоит в создании теории валентности. Кекуле разделил все элементы на одноосновные (одноатомные), двухосновные (двухатомные), трёхосновные (трехатомные). В 1857 г. он вводит термин «валентность», заменяя термины насыщения и основности. Во многом благодаря работам Кекуле в 60-е гг. XIX века появляется термин «органический синтез». На его основе были синтезированы анилиновые красители, лекарственные препараты, взрывчатые вещества.

Во второй половине XIX и начале XX века совершенствуется учение о химических процессах. Этот раздел химической науки исследует условия и механизм протекания химических реакций. Химия преобразуется в науку об изменении и создании заданного вещества. В этот период были открыты самые простые зависимости хода химических реакций от различных условий:

- от строения исходных веществ;
- их концентрации;
- наличия катализаторов – веществ, ускоряющих химические реакции, и ингибиторов – веществ, замедляющих их;
- от температуры и давления.

Этапы развития современного химического знания представлены на схеме рис. 15.

Этапы развития современного химического знания (XX в.)

1896 г. Открытие радиоактивности, А. Беккерель

1897 г. Открытие электрона, Дж. Томсон

Модели строения атома

1901 – 1916 гг. «Кексовая модель», планетарная модель,

«динамическая», ядерная, модели атома Бора и Зоммерфельда

Теории химической связи

1904 г. Концепция электровалентности, Р. Аберг

1915 г. Представления о валентных электронах, И. Штарк

1916 г. Теория ионной (гетерополярной) связи, В. Коссель

1927 г. Квантовомеханическая теория химической связи, В. Г. Гейтлер, Ф. Лондон

Расчёт молекулы воды

1928 г. Метод валентных связей, Л. Полинг, Дж. К. Слэтер

Теория резонанса и идея гибридизации атомных орбиталей, Л. Полинг

1929 г. Основы метода атомных орбиталей, Ф. Хунд, Р. С. Малликен,

1931 г. Современная классификация химических связей, Ф. Хунд

1932 г. Количественное понятие электроотрицательности, Л. Полинг

Развитие
физики

Развитие новых аналитических методов:

- Рентгеноструктурный анализ
- Электронная и колебательная спектроскопия
- Магнетохимия и масс-спектрометрия
- Спектроскопия ЭПР и ЯМР
- хроматография

Взаимодействие с другими науками, дифференциация химии

Рис. 15

В рамках развития химического знания, оформлявшегося в целостную химическую картину мира, были разработаны специфические химические теории, ставшие основой создания новых отраслей химического знания (рис. 16).

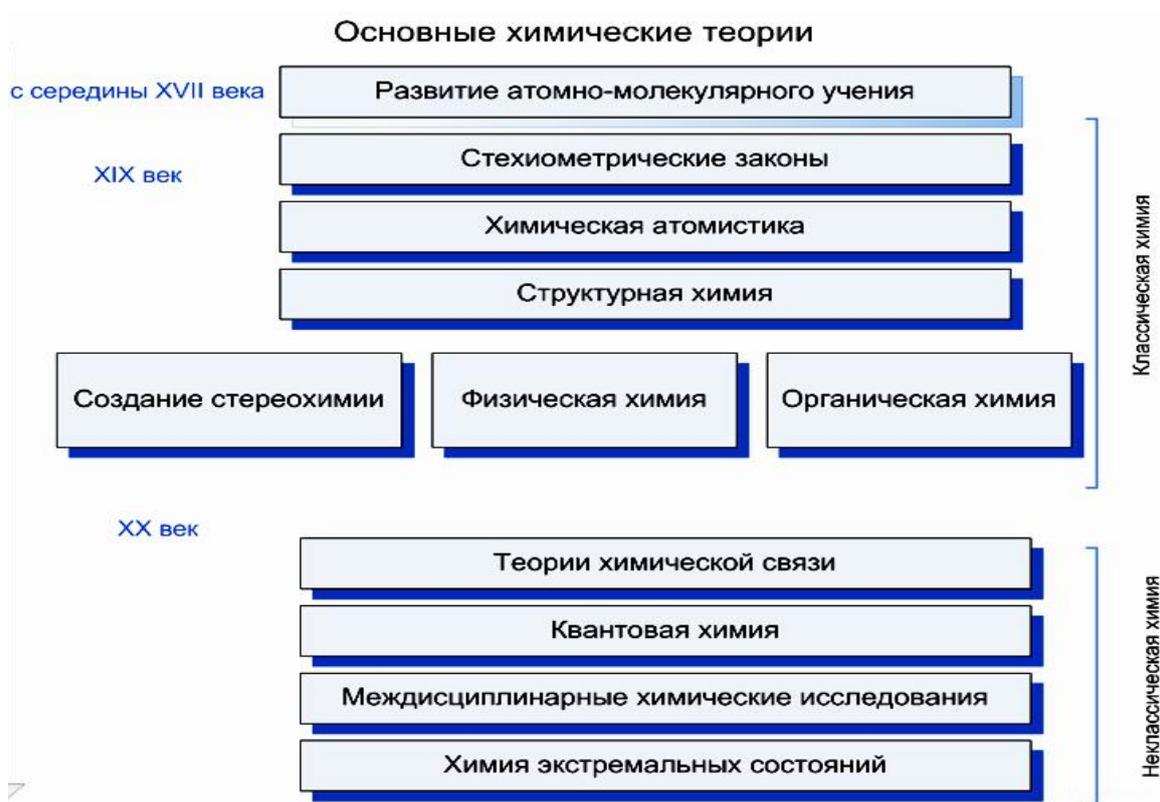


Рис. 16

Вопросы для контроля знаний

- Каковы причины создания периодического закона химических элементов?
- Какая концептуальная идея была положена Д. И. Менделеевым в разработку периодического закона химических элементов?
- Охарактеризуйте становление и развитие органической химии.
- Каковы заслуги А. М. Бутлерова в создании структурной химии?
- Каковы заслуги Ф. Кекуле в создании структурной химии?
- Какие химические теории классической химии вы можете назвать?
- Перечислите химические теории неклассической химии.
- Что является предметом изучения теории о химических процессах?

§ 6. Модель современной системы химических знаний и химическая картина мира

Как показывает ретроспективный анализ, в развитии химии происходит последовательное появление и развитие нескольких концептуальных систем химического знания, отражающих синтез наиболее фундаментальных идей того или иного этапа эволюции химической картины мира. При этом вновь появляющаяся система опирается на предыдущую и включает её в себя в преобразованном виде. Именно таким образом появляется единая целостная система всех химических знаний. Концептуальные системы химического знания появляются и существуют не отдельно друг от друга, а в тесной взаимосвязи, дополняя друг друга, находясь между собой в отношениях иерархии и образуя конкретные уровни химического знания.

В настоящее время современную картину химических знаний объясняют с позиций четырех концептуальных систем, которые схематично представлены на рис. 17.



Рис. 17

Концептуальные уровни химического знания

Первый концептуальный уровень – учение о составе вещества был выражен в химической картине мира эволюцией представлений о первоэлементах и в настоящее время представлен различными уров-

нями химической организации вещества, являющимися предметами исследования различных химических дисциплин.

Второй концептуальный уровень – структурная химия. Учение о структуре стало более высоким уровнем по отношению к учению о составе вещества, включив его в себя. При этом химия из преимущественно аналитической науки превратилась в синтетическую. Главным достижением этого этапа развития химии стало установление связи между структурой молекул и реакционной способностью веществ (рис. 18).

Уровни организации в химической картине мира

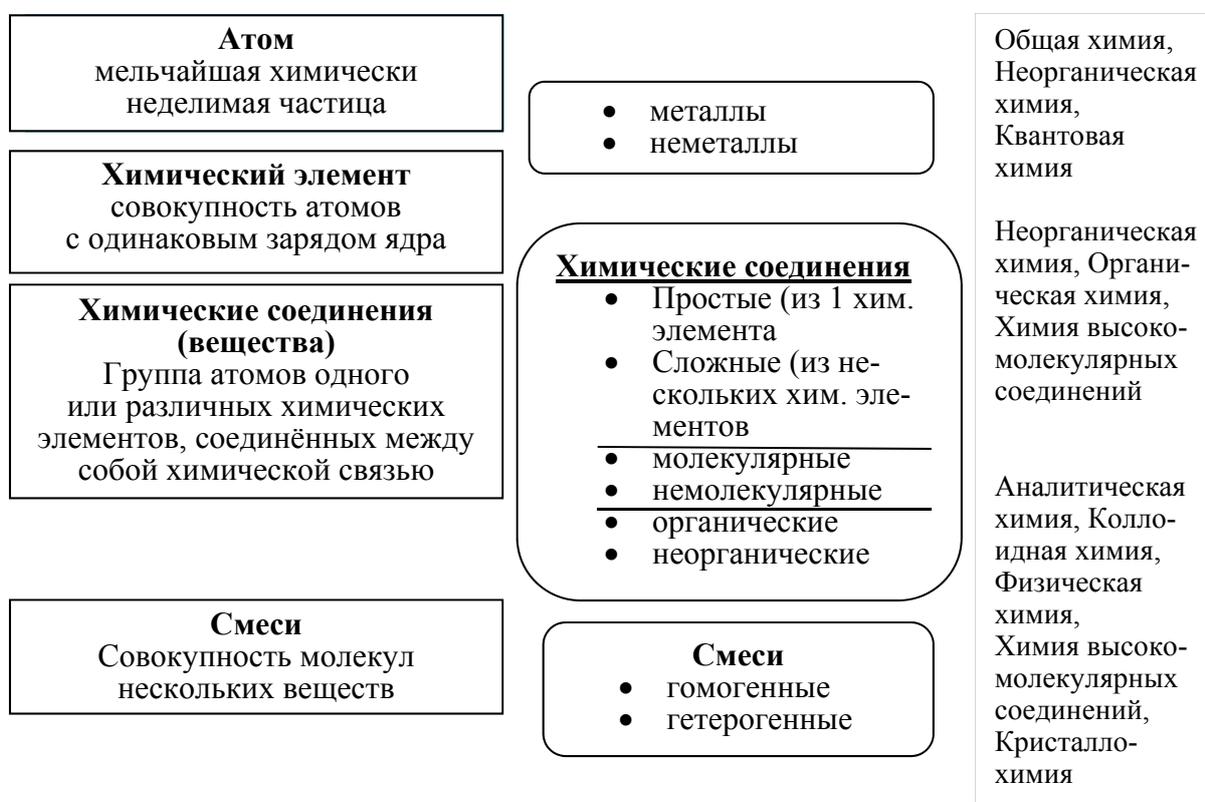


Рис. 18

Структурная химия исходит из того, что, комбинируя атомы различных химических элементов, можно создать структурные формулы любого химического соединения. Возникновение новой отрасли химического знания означало, что появилась возможность для целенаправленного качественного преобразования веществ, для создания схемы синтеза любых химических соединений, в том числе и ранее неизвестных.

Структурная химия, зародившись в XIX веке, получила дальнейшее развитие в веке XX. В частности, было уточнено понятие структуры, под которой стали понимать устойчивую упорядоченность качественно неизменной системы. Также было введено понятие атомной структуры – устойчивой совокупности ядра и окружающих его электронов, находящихся в электромагнитном взаимодействии друг с другом, и молекулярной структуры – сочетания ограниченного числа атомов, имеющих закономерное расположение в пространстве и связанных друг с другом химической связью с помощью валентных электронов.

Однако дальнейшее развитие химической науки, основанной на её достижениях, показали и пределы структурной химии. Например, многие реакции органического синтеза на основе структурной химии давали очень низкие выходы необходимого продукта и большие отходы в виде побочных продуктов. Вследствие этого их нельзя было использовать в промышленном масштабе.

Третий уровень химического знания. Учение о химических процессах. Химические процессы представляют собой сложнейшее явление как в неживой, так и в живой природе. Перед химической наукой стоит принципиальная задача – научиться управлять химическими процессами. Дело в том, что некоторые процессы не удастся осуществить, хотя в принципе, в теоретическом плане они осуществимы, другие трудно остановить (реакции горения, взрывы), а часть из них трудноуправляема, поскольку они самопроизвольно создают массу побочных продуктов.

Учение о химических процессах – область науки, в которой осуществлена наиболее глубокая интеграция физики, химии и биологии. В основе этого учения находятся химическая термодинамика и кинетика, поэтому оно в равной степени принадлежит физике и химии. Одним из основоположников этого научного направления стал русский химик *Н. Н. Семёнов*, основатель химической физики.

Учение о химических процессах базируется на идее, что способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется, кроме всего прочего, и условиями протекания химических реакций, которые могут оказывать воздействие на характер и результаты этих реакций. Важнейшей задачей химиков становится умение управлять химическими процессами, добиваясь нужных результатов. В самом общем виде методы управления химическими процессами можно

подразделить на термодинамические (влияют на смещение химического равновесия реакции) и кинетические (влияют на скорость протекания химической реакции).

Четвертый уровень химического знания. Эволюционная химия.

До последней трети XX века об эволюционной химии никаких упоминаний не встречалось. В отличие от биологов, которые использовали эволюционную теорию Дарвина для объяснения происхождения многочисленных видов растений и животных, химики не интересовались вопросом происхождения вещества, потому что получение любого нового химического соединения всегда было делом рук и разума человека.

Эволюционная химия зародилась в 1950 – 1960 гг. прошлого столетия. Под химическими эволюционными проблемами понимают проблемы самопроизвольного синтеза новых химических соединений (без участия человека). Эти соединения являются более сложными и более высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами. Поэтому эволюционную химию заслуженно считают предбиологией, наукой о самоорганизации и саморазвитии химических систем.

В этот период стал осмысливаться процесс происхождения живой материи (жизни) из материи косной, то есть были предприняты попытки выяснить механизм зарождения органической материи, а затем живого вещества из неорганических химических элементов. Как и в биологии, стали строиться модели эволюции химических элементов, способные привести к возникновению органической жизни.

Ядро современной эволюционной химии – это теория саморазвития открытых каталитических систем *А. П. Руденко* и термодинамика необратимых процессов *И. Р. Пригожина*. Основанием включения обеих концепций в эволюционную химию можно назвать то, что объектом их выступают самоорганизующиеся химические системы, эволюционирующие в направлении возникновения жизни. Сущность теории *А. П. Руденко* состоит в утверждении, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие открытых каталитических систем, и, следовательно, эволюционирующим веществом следует считать не молекулы, а катализаторы. В ходе реакций происходит естественный отбор тех каталитических центров, которые обладают наибольшей активностью. *Руденко* сформулировал основной закон химической эволюции, согласно которому с наибольшей скоростью и

вероятностью образуются те пути эволюционных изменений катализатора, на которых происходит максимальное увеличение его абсолютной активности. Следует отметить, что эволюционный процесс предполагает дифференцированный отбор лишь тех химических элементов и соединений, которые служат основным строительным материалом для образования биологических систем.

В настоящее время предпринимаются попытки прямого моделирования биокатализаторов. Уже удалось создать модели многих ферментов, которые извлекаются из живой клетки и используются в химических реакциях. Но проблема осложняется тем, что ферменты, устойчивые внутри клетки, вне её быстро разрушаются. Соответственно начинает развиваться химия иммобилизованных систем, благодаря которой биокатализаторы стали бы стабильными, устойчивыми в химических реакциях и появилась бы возможность их многократного использования.

Теория саморазвития каталитических систем пытается создать модель этапов химической эволюции и механизм перехода от химогенеза (химического становления) к биогенезу.

Концепции эволюционной химии о самоорганизации и самосовершенствовании химических процессов, о переходе от химической эволюции к биогенезу, по мнению сторонников этой концепции, являются убедительным аргументом, подтверждающим научное понимание происхождения жизни во Вселенной. По их представлениям, именно химическая эволюция на Земле создала все предпосылки для появления живого из неживой природы. Данная концепция исходит из материалистических представлений о том, что жизнь во всем её многообразии возникла на Земле самопроизвольно из неживой материи благодаря свойству самоорганизации систем. Однако при таком моделировании возникновения жизни на Земле остаются без решения все проблемы, упомянутые при рассмотрении опытов С. Миллера.

Особенности современной химии и содержание современной химической картины мира

Важнейшие особенности современной химии таковы:

- в химии (прежде всего в физической химии) появляются многочисленные самостоятельные научные дисциплины (химическая термодинамика, химическая кинетика, электрохимия, термохимия, радиационная химия, фотохимия, плазмохимия, лазерная химия);

- химия активно интегрируется с остальными науками, результатом чего было появление биохимии, молекулярной биологии, космохимии, геохимии, биогеохимии. Первые изучают химические процессы в живых организмах, геохимия – закономерности поведения химических элементов в земной коре. Биогеохимия – это наука о процессах перемещения, распределения, рассеяния и концентрации химических элементов в биосфере при участии организмов. Основоположителем биогеохимии является В. И. Вернадский. Космохимия изучает химический состав вещества во Вселенной, его распространенность и распределение по отдельным космическим телам;
- в химии появляются принципиально новые методы исследования (рентгеноструктурный анализ, масс-спектрометрия, радиоспектрометрия и др.);
- химия способствовала интенсивному развитию некоторых направлений человеческой деятельности. Например, хирургии химия дала три главных средства, благодаря которым современные операции стали безболезненными и вообще возможными: введение в практику эфирного наркоза, а затем и других наркотических веществ, использование антисептических средств для предупреждения инфекции, получение новых, не имеющих в природе аллопластических материалов – полимеров.

На основе системы химических наук складывается химическая картина мира – специфическая теоретическая модель природного мира, которая является результатом интегративных процессов в науке, протекающих по трём основным направлениям:

- синтез наиболее существенных теоретических знаний из различных разделов химии (внутрихимическая интеграция);
- синтез научных знаний различных наук (межнаучная интеграция). Для химии наиболее важными в этом отношении являются результаты «пограничных наук» – физики и биологии;
- сближение частнонаучного химического знания с философским.

С этой точки зрения очень важно понимать, что химическая картина природы шире химии как науки, ибо включает в себя, кроме химических знаний, знания некоторых пограничных естественных наук

и философии. Объектом химической картины природы становится весь окружающий мир – природные и созданные человеком вещества, которые рассматриваются как бы через призму химических представлений, законов. То есть химическая картина природы – это максимально обобщенный «химический образ» окружающего мира. Это предельно общее знание современной химической науки, которое выполняет роль мировоззренческой и методологической основы для выделения наиболее существенных вопросов химии для их теоретического целостного объединения.

Содержанием химической картины мира являются:

- обобщенное знание данной эпохи о том, что представляют собой объекты живой и неживой природы со стороны их химического содержания. Сюда входит учение о многообразии частиц вещества, о его химической организации;
- зависимость химических свойств природных объектов от их структуры;
- общие закономерности природных процессов как процессов химического движения (взаимодействие реагирующих веществ друг с другом и с окружающей средой);
- знание о специфических объектах, синтезируемых в практической деятельности химика.

Основными направлениями развития химии в XXI веке считаются:

- компьютерная химия, компьютерное моделирование молекул (молекулярный дизайн) и химических реакций;
- спиновая химия;
- синтез и исследование наноструктур, развитие и применение нанотехнологий;
- синтез полимерных полупроводников;
- химия чрезвычайно быстротекущих реакций (фемтохимия);
- синтез фуллеренов и нанотрубок;
- развитие химии одиночной молекулы;
- развитие электроники на молекулярном уровне;
- создание «молекулярных машин»;
- электровзрывная активация пульпы и растворов;
- создание и развитие «химической медицины», решение проблемы «химического бессмертия».

Вопросы для контроля знаний

- Какие четыре концептуальные системы химии вы знаете?
- Кратко охарактеризуйте первый уровень химического знания.
- Чем характеризуется второй уровень химического знания?
- Чем характеризуется третий уровень химического знания?
- Какие особенности четвёртого уровня химического знания вы можете охарактеризовать?
- Каково содержание теории А. П. Руденко о химической эволюции?
- Чем отличается химическая картина мира от химии как науки?
- Что входит в содержание современной химической картины мира?
- Перечислите основные направления развития химии в XXI веке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование естественнонаучного мировоззрения студентов вузов – одна из составляющих современной реформы высшего образования. Федеральные целевые программы развития образования последнего периода рассматривают формирование у молодёжи целостного миропонимания и современного естественнонаучного мировоззрения как одну из приоритетных задач современного высшего образования.

Как показывают исследования, студенты не владеют знаниями, соответствующими современной научной парадигме, не имеют представления о целостности, системности окружающего мира и о системном анализе, не владеют естественнонаучным мышлением, способным обеспечить бесконфликтный, сбалансированный характер в системе Человек – Природа – Общество. В современных условиях императив гуманизации является очевидным, однако вопрос о естественнонаучном мировоззрении остаётся открытым, хотя мировоззрение формируется не только гуманитарной культурой, но и наукой.

На становление и формирование естественнонаучного мировоззрения и направлена учебная дисциплина «Естественнонаучная картина мира». Задача книги состоит в том, чтобы дать студентам представление о естественнонаучной картине мира как целостной и связанной системе представлений о фундаментальных положениях современного естествознания.

Данная дисциплина является продуктом междисциплинарного синтеза и её эффективное преподавание возможно на основе применения единой эволюционно-синергетической парадигмы, которая способна объединить две составляющие культуры – гуманитарную и естественнонаучную.

В истории естествознания наукой были разработаны различные частные картины мира: натурфилософская, физическая, астрономическая, биологическая, химическая и т. п. Для каждого времени существует своя естественнонаучная картина мира, объединяющая и систематизирующая концептуальные положения указанных конкретно-научных картин мира, поскольку знания о мире углубляются и расширяются. По мере развития науки и практики в картину мира будут вноситься изменения, исправления и улучшения, но эта картина никогда не обретёт характера окончательной, абсолютной истины.

Учебное пособие призвано помочь студентам выработать правильный с научной точки зрения взгляд на природный окружающий мир, представить его во всём многообразии и сложности. В результате изучения студенты должны приобрести свою мировоззренческую позицию в области естествознания и научиться применять полученные знания при решении профессиональных задач.

Содержание пособия даёт целостное мировоззрение на основе формирования естественнонаучной картины мира, стратегически ориентирует и дает возможность любому специалисту избавиться от узкого практицизма, профессиональной ограниченности, помогает выработать систему ценностей, на которые он будет опираться в своей деятельности.

Социально-гуманитарный аспект курса, отражённый в книге, способствует становлению аксиологически ценностной сферы личности студента, повышает культуру мышления, формирует умение выделять главное, расширяет общий кругозор, способствует осмыслению основ естественных наук, является важным источником социально-политической активности личности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Архипкин, В. Г. Естественнонаучная картина мира : учеб. пособие / В. Г. Архипкин, В. П. Тимофеев. – Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 2002. – 320 с. – ISBN 5-7638-03-45-0.
2. Бондарев, В. П. Концепции современного естествознания : учеб. пособие для студентов вузов / В. П. Бондарев. – М. : Альфа-М, 2003. – 464 с. – ISBN 5-98281-002-9.
3. Вонсоский, С. В. Современная естественнонаучная картина мира / С. В. Вонсоский. – Екатеринбург : Изд-во Гуманитар. ун-та, 2005. – 680 с. – ISBN 5-901527-39-9.
4. Гусейханов, М. К. Концепции современного естествознания : учебник. / М. К. Гусейханов, О. Р. Раджабов. 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Дашков и К°, 2007. – 540 с. – ISBN 978-5-91131-306-7.
5. Горелов, А. А. Концепции современного естествознания : учеб. пособие / А. А. Горелов. – М. : Юрайт-Издат, 2009. – 335 с. – ISBN 978-5-9916-3280-5.
6. Карпенков, С. Х. Концепции современного естествознания : учебник / С. Х. Карпенков. – М. : КноРус, 2009. – 672 с. – ISBN 978-5-390-00316-9.
7. Концепции современного естествознания / под ред. проф. С. И. Самыгина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 448 с. – ISBN 5-222-03034-2.
8. Концепции современного естествознания : материалы к семин. занятиям. Ч. 2 / сост.: Р. А. Браже, Р. М. Мефтахутдинов. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2003. – 126 с.
9. Осипов, А. И. Путь разума в поисках истины – Данилов мужской монастырь / А. И. Осипов. – М. : Даниловский Благовестник, 2010. – 432 с. – ISBN 978-5-89101-404-6.
10. Садохин, А. П. Концепции современного естествознания : учеб. пособие / А. П. Садохин. – М. : Омега-Л, 2012. – 239 с. – ISBN 978-5-370-02196-1.
11. Схемы. Химическая картина мира: Уровни [Электронный ресурс]. – URL: dl.bsu.by/mod/book/view.php?id=9681копия (дата обращения: 07.10.2015).

12. Вертьянов, С. Ю. Биология как наука. Портал «Слово» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.portal-slovo.ru/impressionism/43799.php> (дата обращения: 18.11.2015).
13. *Он же*. Биология в школе, наука и идеология. Портал «Слово» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.f-mx.ru/biologiya/zarozhdenie_biologii_kak_nauki.html <http://www.bioinside.ru/conibs-371-1.html> (дата обращения: 22.11. 2015).

Дополнительная литература

1. Вертьянов, С. Ю. Общая биология / С. Ю. Вертьянов. – 3-е изд., доп. – М. : Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2012. – 352 с. – ISBN 978-5-903102-01-8.
2. *Он же*. Происхождение жизни: факты, гипотезы, доказательства / С. Ю. Вертьянов. – Сергиев-Посад : Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2009. – 144 с. – ISBN 978-5-903102-03-4.
3. Неделько, В. И. Основы современного естествознания. Православный взгляд / В. И. Неделько, А. Г. Хунджуа. – М. : Паломник, 2008 – 400 с. – ISBN 978-5-91362-033-0.
4. Теория эволюции: наука или миф. – Смоленск : Фонд «Наука и природа», 2014. – 272 с.

Учебное издание

ГУБЕРНАТОРОВА Лариса Ивановна

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

Учебное пособие

Редактор А. П. Володина

Технический редактор С. Ш. Абдуллаева

Корректор В. С. Теверовский

Компьютерная верстка Е. А. Кузьминой

Подписано в печать 15.03.16.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 13,25. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.