

А. А. Горелов

Концепции современного естествознания

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

2-е издание, переработанное и дополненное

Рекомендовано Научно-методическим советом Министерства образования и науки Российской Федерации по философии в качестве учебного пособия по дисциплине «Концепции современного естествознания» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по гуманитарным и социально-экономическим специальностям

МОСКВА • ЮРАЙТ • 2011

УДК 50(075.8)
ББК 20г.я73
Г68

Автор:

Горелов Анатолий Алексеевич — доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии РАН.

Горелов, А. А.

Г68 Концепции современного естествознания : учеб. пособие / А. А. Горелов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт ; ИД Юрайт, 2011. — 345 с. — (Основы наук).

ISBN 978-5-9916-0687-5 (Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-9692-0920-6 (ИД Юрайт)

Цель данного учебного пособия — помочь студенту ознакомиться с неотъемлемым компонентом единой культуры — естествознанием и сформировать целостный взгляд на окружающий мир. Рассматриваются специфика естественно-научного познания, его место и роль в развитии культуры. Рассказывается об основных идеях современной науки и главных теориях XX в. Помимо теоретического курса в конце каждой главы предлагаются вопросы для самоконтроля, призванные облегчить усвоение непростого для студентов-гуманитариев естественно-научного материала.

Для студентов высших учебных заведений, аспирантов и преподавателей.

УДК 50(075.8)
ББК 20г.я73

Покупайте наши книги:

Оптом в офисе книготорга «Юрайт»:

140004, Московская обл., г. Люберцы, 1-й Панковский проезд, д. 1,
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

В розницу в интернет-магазине: www.urait-book.ru,

e-mail: order@urait-book.ru, тел.: (495) 742-72-12

Для закупок у Единого поставщика в соответствии с Федеральным законом от 21.07.2005 № 94-ФЗ обращаться по тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, vuz@urait.ru

ISBN 978-5-9916-0687-5
(Издательство Юрайт)
ISBN 978-5-9692-0920-6
(ИД Юрайт)

© Горелов А. А., 2006
© Горелов А. А., 2011, с изменениями
© ООО «ИД Юрайт», 2011

Оглавление

Предисловие	9
-------------------	---

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Глава 1. Научно-техническая революция и современное естествознание	13
1.1. Связь науки и техники в современном мире.....	13
1.2. Определение научно-технической революции	14
1.3. Воздействие научно-технической революции на жизнь общества	16
1.4. Воздействие научно-технической революции на мировоззрение людей.....	18
1.5. Отрицательные последствия научно-технической революции.....	19
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	24
<i>Тестовые задания</i>	24
<i>Литература</i>	24
Глава 2. Особенности науки и ее место в культуре	25
2.1. Значение науки в эпоху НТР.....	25
2.2. Характерные черты науки	27
2.3. Отличие науки от других отраслей культуры	29
2.4. Наука и религия	30
2.5. Наука и философия	31
2.6. Противоречия современной науки.....	31
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	36
<i>Тестовые задания</i>	36
<i>Литература</i>	36
Глава 3. Предмет естествознания и его отличие от других циклов наук	37
3.1. Естественно-научная и гуманитарная культура	37
3.2. Естествознание в системе науки	38
3.3. Применение математических методов в естествознании.....	39
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	41
<i>Тестовые задания</i>	41
<i>Литература</i>	42
Глава 4. Структура естественно-научного познания	43
4.1. Уровни естественно-научного познания.....	43
4.2. Соотношение эмпирического и теоретического уровней исследования.....	52
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	54
<i>Тестовые задания</i>	54

<i>Литература</i>	54
Глава 5. Методы естественно-научного познания	55
5.1. Специфика методологии естественно-научного познания	55
5.2. Классификация методов	56
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	59
<i>Тестовые задания</i>	59
<i>Литература</i>	59
Глава 6. История развития естествознания и научные революции	60
6.1. Становление науки.....	60
6.2. Эволюция науки.....	63
6.3. Внутренняя логика и динамика развития естествознания	64
6.4. Естественно-научная картина мира.....	66
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	67
<i>Тестовые задания</i>	68
<i>Литература</i>	68
РАЗДЕЛ II. НАУКИ О НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ	
Глава 7. Современная космология	71
7.1. Проблема происхождения Вселенной.....	71
7.2. Модель расширяющейся Вселенной	73
7.3. Эволюция и строение галактик.....	80
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	82
<i>Тестовые задания</i>	83
<i>Литература</i>	83
Глава 8. Современная астрофизика	84
8.1. Астрономия и космонавтика	84
8.2. Строение и эволюция звезд	86
8.3. Солнечная система и ее происхождение.....	91
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	93
<i>Тестовые задания</i>	94
<i>Литература</i>	94
Глава 9. Современные науки о Земле	95
9.1. Эволюция и строение Земли.....	95
9.2. Тектоника литосферных плит.....	99
9.3. Геофизика, геохимия, география.....	101
9.4. Эволюция климата.....	102
9.5. Гея-гипотеза.....	103
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	104
<i>Тестовые задания</i>	104
<i>Литература</i>	105
Глава 10. Теория относительности и современные представления о пространстве и времени	106
10.1. Физика и редукционизм.....	106
10.2. Физика и наглядность	107
10.3. Специальная теория относительности	109
10.4. Современные представления о пространстве и времени.....	111
10.5. Общая теория относительности.....	113
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	117

<i>Тестовые задания</i>	117
<i>Литература</i>	118
Глава 11. Квантовая механика и основные физические взаимодействия	119
11.1. Механика микромира.....	119
11.2. Уровни организации неживой материи	124
11.3. Основные физические взаимодействия	125
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	130
<i>Тестовые задания</i>	130
<i>Литература</i>	131
Глава 12. Синергетика и происхождение материи	132
12.1. Понятие сложной системы	132
12.2. Неравновесные системы	133
12.3. Современное понимание эволюции и ее особенности.....	134
12.4. От термодинамики закрытых систем к синергетике.....	138
12.5. Гипотеза рождения материи.....	139
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	141
<i>Тестовые задания</i>	142
<i>Литература</i>	142
Глава 13. Современная химия	143
13.1. Предмет химии	143
13.2. Строение атома.....	145
13.3. Теоретические основы химии	146
13.4. Сложные системы в химии.....	147
13.5. Органический синтез и новые материалы	148
13.6. Биохимия и биогеохимия.....	149
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	150
<i>Тестовые задания</i>	151
<i>Литература</i>	151
РАЗДЕЛ III. НАУКИ О ЖИВОЙ ПРИРОДЕ	
Глава 14. Происхождение и эволюция жизни	155
14.1. Отличие живого от неживого	155
14.2. Концепции возникновения жизни	156
14.3. Вещественная основа жизни	156
14.4. Земля в период возникновения жизни	158
14.5. Начало жизни на Земле.....	160
14.6. Эволюция форм жизни	161
14.7. Теория эволюции.....	164
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	166
<i>Тестовые задания</i>	166
<i>Литература</i>	166
Глава 15. Генетика и воспроизводство жизни	167
15.1. Значение клетки	167
15.2. Воспроизводство жизни.....	169
15.3. Развитие генетики	172
15.4. Генетическая инженерия и генетика в XXI в.	175
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	176
<i>Тестовые задания</i>	176

<i>Литература</i>	177
Глава 16. Синтетическая теория эволюции и концепция коэволюции	178
16.1. Синтетическая теория эволюции	178
16.2. Концепция коэволюции	179
16.3. Типы взаимодействия.....	180
16.4. Значение коэволюции.....	183
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	187
<i>Тестовые задания</i>	187
<i>Литература</i>	187
Глава 17. Экология	188
17.1. Основные понятия экологии.....	188
17.2. Энергия в экологических системах	193
17.3. Биогеохимические круговороты	197
17.4. Организация на уровне сообщества	199
17.5. Организация на популяционном уровне	201
17.6. Закон минимума	204
17.7. Закон толерантности.....	205
17.8. Обобщающая концепция лимитирующих факторов	206
17.9. Закон конкурентного исключения	208
17.10. Основной закон экологии	209
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	213
<i>Тестовые задания</i>	213
<i>Литература</i>	214
Глава 18. Учение В. И. Вернадского о биосфере и концепция ноосферы	215
18.1. Основные положения учения	215
18.2. Эмпирические обобщения В. И. Вернадского.....	216
18.3. Эволюция биосферы	220
18.4. Отличия растений от животных	222
18.5. Социальная экология	224
18.6. Концепция ноосферы.....	226
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	228
<i>Тестовые задания</i>	228
<i>Литература</i>	228
Глава 19. Этология	229
19.1. Раздражимость и нервная система.....	229
19.2. Типы поведения	234
19.3. Рефлексы и бихевиоризм	236
19.4. Инстинкт и научение	237
19.5. Формы сообществ	242
19.6. Этология и человек.....	245
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	248
<i>Тестовые задания</i>	248
<i>Литература</i>	249
Глава 20. Социобиология и психобиология	250
20.1. Поведение и гены	250
20.2. Социобиология и человек	252
20.3. Биология и социум	253

20.4. Естественно-научное обоснование нравственности.....	254
20.5. Психобиология.....	256
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	257
<i>Тестовые задания</i>	257
<i>Литература</i>	258
Глава 21. Антропология и этнология.....	259
21.1. Человек как предмет естественно-научного познания.....	259
21.2. Проблема появления человека на Земле.....	260
21.3. Сходства и различия человека и животных.....	261
21.4. Антропология.....	263
21.5. Эволюция культуры.....	266
21.6. Этнология.....	267
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	269
<i>Тестовые задания</i>	269
<i>Литература</i>	270
Глава 22. Нейрофизиология и изучение сознания.....	271
22.1. Изучение мозга человека.....	271
22.2. Психоанализ.....	274
22.3. Аналитическая психология.....	277
22.4. Сознание и бессознательное.....	279
22.5. Парапсихология.....	280
22.6. Классическая и холотропная модели сознания.....	282
22.7. Биологические основы психических различий между мужчинами и женщинами.....	286
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	287
<i>Тестовые задания</i>	287
<i>Литература</i>	287
Глава 23. Кибернетика.....	288
23.1. Понятие обратной связи.....	288
23.2. Понятие целесообразности.....	289
23.3. Значение кибернетики.....	290
23.4. ЭВМ и персональные компьютеры.....	293
23.5. Модели мира.....	295
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	296
<i>Тестовые задания</i>	297
<i>Литература</i>	297

РАЗДЕЛ IV. ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА И ЭТИКА НАУКИ

Глава 24. Современная естественно-научная картина мира.....	301
24.1. Общие закономерности современного естествознания.....	301
24.2. Научные революции XX в.	304
24.3. Концепция структурных уровней организации материи.....	305
24.4. Понятие закона в современной науке.....	307
24.5. Трудности и парадоксы развития науки.....	308
24.6. Наука как эволюционный процесс.....	310
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	311
<i>Тестовые задания</i>	312
<i>Литература</i>	312

Глава 25. Личность ученого и этика науки	313
25.1. Значение личности в науке.....	313
25.2. Мотивы занятия наукой	314
25.3. Качества, необходимые ученому.....	315
25.4. Типы личности ученых	317
25.5. Наука и ценности	319
25.6. Наука и этика.....	320
25.7. Биоэтика	322
25.8. Проблема ответственности ученых.....	325
25.9. Нужны ли нравственные кодексы ученых?.....	326
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	<i>327</i>
<i>Тестовые задания</i>	<i>327</i>
<i>Литература.....</i>	<i>328</i>
Заключение	329
Ответы к тестовым заданиям	332
Словарь терминов	333
Персоналии.....	342
Список рекомендуемой литературы ко всему курсу	345

Предисловие

«Концепции современного естествознания» — новый предмет в системе высшего образования. Прежде чем приступить к изучению этой дисциплины, заметим, что в наши дни человек не может считаться образованным, если он не интересуется естественными науками. Дело в том, что наука — это не только собрание фактов о каком-либо предмете, а одно из наиболее важных духовных движений наших дней. Наука — это не только совокупность знаний. «Науке можно учить как увлекательнейшей части человеческой истории — как быстро развивающемуся росту смелых гипотез, контролируемых экспериментом и критикой. Преподаваемая таким образом, т.е. как часть истории “естественной философии” и истории проблем и идей, она могла бы стать основой нового свободного университетского образования, целью которого (там, где оно не может готовить специалистов) было бы готовить по крайней мере людей, которые могли бы отличить шарлатана от специалиста».¹

Итак, для чего же нужно изучать современное естествознание? Во-первых, для того чтобы стать культурным человеком, надо знать, что такое теория относительности, генетика, синергетика, социобиология, экология, этология и другие науки. Во-вторых, это важно потому, что многое в нашей жизни строится в соответствии с научной методологией. Хотя человечеству далеко до научной организации труда, тем не менее научные принципы лежат в основе многих видов деятельности, и их надо знать, чтобы использовать. В-третьих, потому, что знания, необходимые любому специалисту, так или иначе связаны и в какой-то степени основаны на научных данных. Этих причин достаточно для обоснования важности нового предмета.

Основная задача курса — формирование у студентов целостного систематизированного представления о концепциях современного естествознания как одном из наиболее важных разделов науки XX в.

¹ *Поппер К.* Открытое общество и его враги. М., 1992. С. 328.

Изучение данной дисциплины дает возможность понять, что такое современное естествознание; овладеть научным методом; стать всесторонне образованным, культурным человеком, разбирающимся в сущности глобальных, в том числе экологических, проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством.

Учитывая, что курс предлагается студентам гуманитарных высших учебных заведений, обычно мало знакомым с естествознанием и испытывающим известные трудности при подготовке к экзамену и зачету, следует обратить особое внимание на наиболее сложные моменты данного курса и в то же время сделать изложение простым и доступным.

Теперь разберемся в словах, которые составляют название предмета. Результатами научных исследований являются теории, законы, модели, гипотезы, эмпирические обобщения. Все эти понятия можно объединить одним словом — «концепции». *Естествознанием называется раздел науки, который изучает мир как он есть*, в его естественном состоянии, независимо от человека (в отличие от гуманитарных наук, которые изучают духовные продукты человеческой деятельности, и технических наук, которые изучают материальную культуру). *К современному естествознанию относятся концепции, возникшие в XX в.* Наука бурно прогрессирует, и научные открытия совершаются на наших глазах. Так, в 1990-е гг. был открыт последний, самый тяжелый из кварков — частиц, из которых состоят все тела Вселенной. На рубеже столетий расшифрован геном человека. Новую концепцию о глубочайшем уровне материи — теорию струн — ждет проверка на Большом адронном коллайдере.

Не только самые свежие научные данные можно считать современными, а все те, на которых основывается современная наука, поскольку наука состоит не из отдельных мало связанных между собой теорий, а представляет собой единое целое, включающее знания, ставшие достоянием человека в разное время его истории.

Данная книга соответствует программе курса «Концепции современного естествознания», но для более глубокого изучения предмета необходимо прочитать книги, список которых приведен в конце пособия.

Автор выражает глубокую признательность Т. А. Гореловой за подготовку тестовых заданий к каждой главе учебного пособия.

Раздел I

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Глава 1

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

1.1. Связь науки и техники в современном мире

Мы живем в эпоху научно-технической революции (НТР). Этим понятием подчеркивается огромное значение науки и техники в нашей жизни. Так было не всегда. Зачатки науки и техники появились еще в древнем мире, но развивались они обособленно друг от друга. Древние греки, например, создав одну из замечательных культур, старались познать природу, но тяжелую работу у них выполняли рабы, а не созданные на основе научного прогресса машины.

Только в Новое время в западной культуре «отношение человека к природе превращалось из созерцательного в практическое. Теперь уже интересовались не природой как она есть, а прежде всего задавались вопросом, что с ней можно сделать. Естествознание поэтому превратилось в технику. Точнее, оно соединялось с техникой в единое целое»¹.

Техника в целом — это совокупность усилий, направленных на то, чтобы справиться с природной, а также антропогенно преобразованной средой. Техника — не просто машины, а систематический, упорядоченный подход к объектам с применением математического аппарата и различных экспериментальных процедур.

В книге В. Феркиса «Технологический человек. Миф и реальность» утверждается, что современная физиология, психология, эволюционная биология и антропология, взятые вместе, доказывают, что нельзя проводить различие между «хомо сапиенс» и «хомо фабер», человеком-мысли-

¹ *Гейзенберг В.* Шаги за горизонт. М., 1987. С. 21.

телем и человеком-делателем. Сегодня мы осознали, что *человек не мог бы стать мыслителем, если бы он не был в то же самое время делателем*. Человек создал орудия, но орудия создали человека.

Тесная связь между наукой и техникой, отражающаяся в самом термине «научно-техническая революция», облегчается тем обстоятельством, что, как отметил Б. Рассел, «мир техники в широком смысле имеет ту же рациональную структуру, что и идеальный мир науки. Техника исходит из науки, а последняя руководствуется техникой».

Эта связь между наукой и техникой, постоянно усиливающаяся, особенно в западной культуре, привела в середине XX в. к созданию качественно новой системы, породившей принципиально новую ситуацию на всей нашей планете. Осознание этой реальности — процесс, который еще далек от своего завершения.

Итак, *современная наука имеет две основные функции: познавательную и практическую*. Люди развивают науки как для раскрытия тайн и загадок природы, так и для решения практических задач. Познавательная функция позволяет удовлетворить потребность в познании существенных связей окружающего мира. Практическая функция имеет самостоятельное значение, хотя и определяется зачастую особенностями и запросами практики в широком смысле слова.

1.2. Определение научно-технической революции

Современный этап научно-технического прогресса — *эпоха НТР* — это *коренное преобразование производительных сил общества на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства и всей жизни общества* (именно «коренное», почему и употребляется слово «революция»). Наука превращается в непосредственную производительную силу, тесно переплетается с техникой и производством (поэтому и называется не отдельно научная, техническая или промышленная, а научно-техническая революция), и это изменяет весь облик общественного производства, условия, характер и содержание труда, структуру производительных сил, оказывает воздействие на все стороны жизни.

В подготовке НТР, которая явилась закономерным следствием научно-технического прогресса (НТП) последних

веков, большое значение имело раскрытие сложной структуры атома, открытие явления радиоактивности, создание теории относительности, квантовой механики, генетики, кибернетики, широкое применение электричества, расщепление атомного ядра, развитие средств массовой информации и коммуникации, создание реактивной техники, механизация и автоматизация производства. Многое из того, что сейчас стало для нас обычным: автомобиль, самолет, радио, телевидение — все это продукты научно-технического прогресса, подготовившего в первой половине XX в. современную научно-техническую революцию.

Но собственно об НТР заговорили в середине XX в. в связи с созданием атомной бомбы. Использование атомной энергии имело огромный психологический эффект: люди убедились в колоссальных возможностях науки не только созидательных, но и разрушительных. Государства и частные инвесторы стали ассигновывать на науку огромные средства, начался стремительный рост числа научно-исследовательских институтов. Научная деятельность превратилась в массовую профессию.

Выход человека в космос стал следующей важной вехой НТР, знаменуя собой становление космической цивилизации.

Символом НТР признаны электронно-вычислительные машины, в том числе персональные компьютеры — принципиально новый вид техники, которому человек постепенно передает логические функции и в перспективе предполагает перейти к комплексной автоматизации производства и управления.

Эти выдающиеся технические достижения, а также следующие за ними вплоть до наших дней — результат развития современного естествознания, что можно представить в табл. 1.

Таблица 1

НТР и современное естествознание

Техническое достижение	Естественная наука
Создание атомного оружия	Ядерная физика
Освоение космоса	Космонавтика
Создание компьютеров	Кибернетика
Клонирование	Генетика

Можно также отметить широкое применение в эпоху НТР искусственных, прежде всего химических, материалов с заранее заданными свойствами, развитие электронного приборостроения, биотехнологии, так называемую «зеленую революцию» в сельском хозяйстве — повышение урожайности многих видов растений вследствие применения минеральных удобрений и пестицидов и т.п.

Главные направления НТР — комплексная автоматизация производства, его контроля и управления; открытие и использование новых видов энергии; создание и применение новых материалов. Однако сущность НТР не сводится ни к ее отдельным характерным чертам, ни, тем более, даже к самым крупным научным открытиям и направлениям научного и технического прогресса. НТР означает перестройку всего технологического базиса и способа производства, начиная с использования материалов и энергетических процессов и кончая системой машин и формами организации и управления, отношением человека к процессу производства. НТР создает предпосылки для возникновения единой системы важнейших сфер человеческой деятельности: теоретического познания закономерностей природы и общества, комплекса технических средств и опыта преобразования природы, процесса создания материальных благ и способов рациональной взаимосвязи практических действий в процессе производства.

1.3. Воздействие научно-технической революции на жизнь общества

Роль науки и техники в жизни современного общества трудно переоценить. НТР резко повысила благосостояние народов, которые в первую очередь воспользовались ее результатами (имеются в виду преимущественно развитые страны). В этих странах была существенно снижена детская смертность и одновременно возросла продолжительность жизни. Произошли кардинальные изменения в быту: обычными предметами обихода стали телевизоры, магнитофоны, видеотехника, персональные компьютеры. Жизнь стала более удобной и комфортной. О степени развития стран судят по тому, насколько в них используются достижения НТР. Могушество современных государств и их роль на мировой арене напрямую зависят от их научно-технической мощи

и ассигнований на научные исследования и технические разработки.

Технические средства увеличивают возможность выбора, и чем из большего количества вариантов можно выбирать, тем больше степень индивидуальной свободы. Человек в состоянии создавать и выбирать из альтернатив будущего ту, которая в большей степени соответствует его целям и потребностям. Возникает, впрочем, проблема психосоматической адаптации человеческого организма к создаваемой им искусственной среде, но, как известно, адаптационные возможности человека намного выше, чем у других видов жизни.

Конечно, было бы наивно думать, что НТР сама по себе, независимо от ее соотношения со структурой общества и личности, способна сделать человека счастливым, обеспечивая его все большим количеством материальных благ. НТР дала человеку в руки атомную энергию, но как он воспользуется ею — зависит от общества, в распоряжение которого данная сила поступает. Она может быть использована во благо человека, а может привести к уничтожению планеты в ядерной войне.

Еще один, бытовой, пример. НТР создала радио, телевизор и Интернет и тем самым облегчила доступ к информации о мире. Но если человек будет все свободное время сидеть у экрана, то в результате пассивного образа жизни он разучится общаться с другими людьми, с природой, станет некоммуникабельным, испортит зрение и т.п. Использовать достижения НТР нужно с умом.

НТР неразрывно связана с человеком, его желаниями и надеждами. С одной стороны, наука дает человеку желаемое, с другой — сама НТР влияет на него определенным образом, чего он может и не замечать. Человек эпохи НТР с ее ускоренным темпом жизни совсем не тот, что был прежде, хотя усложнение его бытия в психологическом смысле может сопровождаться уменьшением физической активности.

К тезису о том, что наука выполняет желания человека, следует сделать и одно серьезное дополнение. *Применяя какое-либо достижение науки и получая при этом определенный результат, часто вслед за ожидаемой пользой человек имеет нежелательные последствия.* Это можно проследить в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике. Много писали о том, что человек борется с природой, покоряет, побеждает ее. Результаты такой победы налицо: природа раз-

рушается, исчезают виды животных и растений или становятся редкими и заносятся в Красную книгу, загрязняются реки, моря, океаны, атмосфера, почва, литосфера. Выясняется, что победа человека над природой — это совсем не то, что победа в футбольном матче, после которой соперники могут разойтись до следующей встречи. Человек не может жить вне природы, он един с нею (хотя это единство и противоречиво, поскольку человек вынужден преобразовывать окружающую среду и не может жить иначе), и поэтому *то, что плохо для природы, в конечном счете отрицательно сказывается на человеке.*

1.4. Воздействие научно-технической революции на мировоззрение людей

Несомненно, наука имеет огромное мировоззренческое значение. Достаточно вспомнить тот переворот в умах, который произошел в результате отказа от геоцентрической модели мира и получил название «коперниканская революция». В прошлом веке большое влияние на сознание людей имела эволюционная теория Дарвина.

Роль науки в жизни общества неуклонно возрастала на протяжении последних столетий. Соответственно, можно говорить и о возрастании мировоззренческого значения науки. *Наука и НТР в целом продолжают и поныне оказывать огромное воздействие на формирование мировоззрения людей.* Причем как сами научные достижения, например экология и синергетика, так и их применение в традиционных направлениях научного поиска (кибернетика).

Научные достижения оказывают как положительное, так и отрицательное влияние, о чем свидетельствует современная экология. Мировоззренческое значение имеют и новые научно-методологические средства, как, например, системный подход. Есть все основания думать, что и в обозримом будущем мировоззренческое значение науки будет возрастать.

Существует воздействие и в обратном направлении. *Не только НТР влияет на мировоззрение, но и мировоззренческие сдвиги оказывают большое влияние на направление научных исследований.* Многих сейчас волнует вопрос о космических пришельцах. Посещают ли нас и посещали ли раньше разумные обитатели других планет? Несомненно,

наука должна давать аргументированный ответ на эти вопросы, поэтому появление таких новых направлений научного знания, как уфология и палеовизитология, которая изучает возможности контакта человека с представителями иных цивилизаций в прошлом, весьма характерно. Даже если никаких пришельцев не было и нет, наука должна изучать феномен небывалого интереса к этой проблеме хотя бы с точки зрения социальной психологии. То, что волнует широкие массы людей, достойно научного интереса. В свое время Ф. Энгельс писал о необходимом характере появления разумных существ на других планетах, даже если цивилизация на Земле погибнет. В этом нет ничего невероятного, хотя кому-то, может быть, хотелось бы чувствовать себя уникальным венцом творения во Вселенной.

Напомним сходный момент из истории. Когда обсуждались гелио- и геоцентрическая картины мира, то одним из аргументов противников Коперника был тот, что человек создан Богом по своему образу и подобию, и поэтому не может планета, на которой он находится, не занимать центрального положения во Вселенной, а быть лишь одной из планет, к тому же вращающейся вокруг Солнца. Как известно, этот аргумент не смог оказать в конечном счете противодействия научным данным. Возможна и убедительная трактовка проблемы наличия внеземных цивилизаций и контакта с ними. Научные данные также могут здесь оказаться решающими.

1.5. Отрицательные последствия научно-технической революции

Не все так гладко в развитии науки, как хотелось бы некоторым футурологам. Повышается благосостояние главным образом стран Запада, и в то же время миллионы людей во всем мире ежегодно умирают от голода. Слишком много сил наука тратит не на улучшение условий существования людей, а на подготовку новых средств их уничтожения. Будучи поставлена на службу милитаризму, наука способствует убийственной гонке вооружений, ведущей мир к бездне термоядерной катастрофы. Невозможно всерьез рассуждать о социально-этических проблемах современной науки, не учитывая, что сегодня в мире, по данным ООН, в военной сфере заняты более 25% общего числа научных

работников и на нее приходится 40% всех расходов на научные исследования и опытно-конструкторские разработки. *Это отрицательные последствия НТР социального плана.* Есть и другие, в частности *психологические.* Наука и техника — способ и средство становления человеческой сущности в природе, они не могут быть объяснены в узкопрагматическом духе как инструмент адаптации человека к окружающей среде с целью выживания в ней. Сам термин «техника» первоначально означал ремесло и искусство творения мира. Технику и следовало бы рассматривать как умение и искусство преобразования действительности, в конечном счете, как способ творения человеком самого себя и окружающего мира. Если мы посмотрим с этой стороны, то станет ясно, что накопление однообразной техники столь же нелепо, как и вывешивание в музеях копий одних и тех же картин.

Пагубные для человека и природной среды последствия возникают не только вследствие собственно НТР, но и при массовом тиражировании и распространении уже созданных технических новинок, что делает жизнь чрезмерно стандартизированной и однообразной. Автомобиль как техническое произведение — свидетельство торжества человеческого разума. Но миллиарды автомобилей — это уже экологическая опасность. Техника должна быть индивидуализированной в соответствии с творческим потенциалом, заложенным в ней, и конкретными характеристиками среды, в которой она используется.

Еще одно негативное психологическое последствие НТР связано с тем, что, способствуя росту знаний, наука приводит в то же время к отчуждению человека от природы и себе подобных. Массовое научное производство порождает такого же «частичного» (узкоспециализированного) работника, как и крупное промышленное производство. Зная все в своей узкой области деятельности, человек теряет способность к целостному осмыслению действительности.

В результате применения достижений современной науки в традиционных технологических рамках обостряется комплекс глобальных проблем, и прежде всего во взаимоотношениях между обществом и природой. Здесь сталкиваемся с разрывом между тем, что наука дает человечеству, и тем, что она могла бы дать, и эта проблема не научная или технологическая, а прежде всего социальная. Известно, что ученые давно высказывали опасения относительно ухудше-

ния экологической обстановки на нашей планете, но люди, ответственные за принятие административных решений, не прислушивались к их мнению. Начало НТР относят к середине XX в., а всего одним десятилетием позже экологическая проблема выступила на передний план. НТР и охрану природы недаром рассматривают вместе. *Когда мы говорим о благах, даруемых НТР, мы должны думать и о том, какой ценой это достигнуто.* «Ничто не дается даром» — так сформулировал один из своих законов экологии Б. Коммонер.

НТР приводит к усилению давления на природную среду, которому та уже неспособна противодействовать. К экологически негативным последствиям НТР следует отнести истощение природных ресурсов и рост капиталовложений в горнодобывающую промышленность, загрязнение природной среды, затопление территорий в результате строительства электростанций, обмеление и исчезновение рек, гибель не только отдельных представителей флоры и фауны, но и целых видов растений и животных и т.п.

Интенсивное промышленное и дорожное строительство ведет к сокращению площадей пахотных земель. По некоторым оценкам, на десятки миллионов легковых автомобилей, выпускаемых в год в мире, уходит половина мирового производства металлов. Транспорт потребляет от 15 до 33% всей расходуемой энергии и является одним из основных источников загрязнения атмосферы.

Парадокс состоит в том, что все согласны с основными требованиями разумного природопользования: чистота воздуха и воды, сокращение шума, забота о животном и растительном мире. Люди начали осознавать, в какой мере все это важно. И все-таки большинство мало задумывается о близких и отдаленных последствиях своих действий. В результате люди становятся биологическими жертвами экономического развития.

Существует статистика экологически обусловленных заболеваний. В первую очередь это бронхиты и различные легочные заболевания, вызванные загрязнением атмосферы. Появляются болезни, которые не существовали раньше, например болезнь Минамата (отравление ртутью), вызванная потреблением в пищу рыбы, выловленной в отравленных водах.

Большую опасность представляет развитие атомной энергетики. Последствия катастрофы в Чернобыле будут сказываться еще многие десятилетия. Страна первой в мире

атомной электростанции (далее — АЭС) стала и страной первой катастрофы на АЭС.

Экологической опасности подвергаются не только ныне живущие, но и следующие поколения. Освобождаясь от сил природы, человек становится все более зависимым от создаваемой им же техники и в целом даже более уязвимым, чем прежде.

С ростом научно-технических возможностей человека растут и риск отрицательных последствий его деятельности, и трудность адекватной оценки этого риска. Поэтому любые попытки улучшения природных процессов должны проводиться с величайшей осторожностью. Кажется бы, если в процессе фотосинтеза улавливается 1% солнечной энергии, то почему бы не увеличить его искусственно до 2; 3; 10%? Выясняется, однако, что и 99% солнечной энергии не пропадают даром. «Они поддерживают круговорот воды и минеральных веществ, удерживают температуру среды на определенном уровне, так что она меняется в сравнительно узком диапазоне, совместимом с жизнедеятельностью протоплазмы. Эти потоки энергии не менее важны для жизни, чем пища»¹.

Технологические новшества, вводимые для решения одной проблемы, стоящей перед обществом, создают новые проблемы, которые могут быть еще более трудными. Если человечество не осознает это парадоксальное положение и не научится управлять им, оно создаст очень неустойчивую, неравновесную систему.

Невозможность предвидения фундаментальных открытий в науке и всех вытекающих из них последствий лежит в самой их природе. Нужно быть готовыми к тому, чтобы постоянно оценивать пользу научно-технических нововведений и вовремя отказываться от них, если получаемый результат будет далек от возлагаемых надежд.

Благотворная роль науки, выступающей в качестве орудия социального прогресса, которая провозглашалась многими ее поборниками на заре эпохи Возрождения, сейчас подвергается серьезному сомнению. НТР может превратить человека в придаток созданной им машины и отдалить его от природы. В научно-фантастической литературе все явственнее звучат темы «бунта машин» против своих создате-

¹ *Одум Ю.* Основы экологии. М., 1975. С. 72.

лей. Некоторые футурологи считают, что в будущей «компьютерной цивилизации» человеку вообще не останется места. Как же все-таки добиться того, чтобы наука и техника делали жизнь человека более гуманной и приносящей ему истинное удовлетворение?

Свести к минимуму отрицательные последствия НТП можно при условии его сочетания с социальным прогрессом, духовно-душевным становлением личности. Если природа и человек будут разрушаться, то зачем нужен НТП? Каковы условия сочетания научно-технического, социального и духовного прогресса? Для этого преобразование природы должно носить творческий характер с учетом конкретной обстановки, в которой оно происходит, и сопровождаться развитием чувства любви к природе, теряемого под влиянием НТП. Внешние факторы в развитии науки и техники (цели общества, влияние государственных институтов, ценностные установки самих ученых и т.д.) должны находиться в гармонии с внутренней логикой научного исследования и технического преобразования природы.

Возможно ли сочетание НТП с духовным и душевным прогрессом общества и каждого индивидуума, с прогрессом природы? В принципе да, поскольку под влиянием НТП труд приобретает более творческий характер, точнее, способен приобретать, помогая тем самым саморазвитию личности. Но это не произойдет автоматически, а потребует усилий и понимания существа дела каждым человеком. Иначе НТР может привести к новому рабству: человек станет рабом созданной им техники. Известна отрицательная роль инерции мышления. Однако и необдуманные преобразования ни к чему хорошему не ведут: нужны постоянные и осмысленные действия каждого, на каком бы участке он ни находился.

Всемирный характер НТР настоятельно требует развития международного научно-технического сотрудничества. Это диктуется как тем обстоятельством, что современные глобальные научно-технические проекты требуют огромных финансовых затрат, так и тем, что целый ряд последствий НТР далеко выходит за национальные рамки. Международное научно-техническое сотрудничество вместе с создаваемым наукой единым для всех наций универсальным научным языком (научное эсперанто) создает основу для сближения народов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое концепции современного естествознания?
2. Что такое научно-техническая революция?
3. Каковы основные черты НТР?
4. Что дает НТР современному человеку?
5. Какие существуют противоречия в развитии НТР?
6. Каковы негативные последствия НТР и что нужно для их преодоления?

Тестовые задания

1. Естествознание изучает:
 - 1) физические, химические и т.п. явления;
 - 2) мир как он есть независимо от человека;
 - 3) вселенную;
 - 4) все сущее.
2. Какие концепции естествознания являются современными?
 - 1) концепции науки Нового времени;
 - 2) все;
 - 3) концепции физики;
 - 4) концепции XX в.
3. Что такое НТР?
 - 1) революция в науке;
 - 2) революция в технике;
 - 3) эпоха в развитии человечества;
 - 4) слияние науки и техники для улучшения жизни людей.
4. НТР происходит:
 - 1) во всем мире;
 - 2) в западных странах;
 - 3) в странах, совершающих экономический скачок;
 - 4) только в самих науке и технике.

Литература

1. Бердяев Н. А. Дух и машина // Судьба России. М., 1990.
2. Новая технократическая волна на Западе. М., 1986.
3. Бернал Д. Наука в истории общества. М., 1958.

Глава 2

ОСОБЕННОСТИ НАУКИ И ЕЕ МЕСТО В КУЛЬТУРЕ

2.1. Значение науки в эпоху НТР

НТР характеризуется, во-первых, сращиванием науки с техникой в единую систему (этим определяется сочетание научно-техническая — через дефис), в результате чего наука стала непосредственной производительной силой, а, во-вторых, небывалыми успехами в деле покорения природы и самого человека как части природы. Достижения НТР впечатляют. Она вывела человека в космос, дала ему новый источник энергии — атомную, принципиально новые вещества и технические средства (лазер), новые средства массовой коммуникации и информации и т.д. и т.п. Но сам термин «НТР» возник в середине XX в., когда человек создал атомную бомбу и стало ясно, что наука может уничтожить нашу планету.

В авангарде науки идут фундаментальные исследования. Внимание властей к ним резко возросло после того, как А. Эйнштейн сообщил в 1939 г. президенту США Ф. Рузвельту о том, что физиками выявлен новый источник энергии, который позволяет создать оружие массового уничтожения.

Современная наука — «дорогое удовольствие». Строительство синхрофазотрона, необходимого для проведения исследований в области физики элементарных частиц, требует миллиардов долларов. А космические исследования? В развитых странах на науку сегодня затрачивается 2—3% валового национального продукта, но без этого невозможно ни достаточная обороноспособность страны, ни ее производственное могущество.

Наука развивается по экспоненте: объем научной деятельности, в том числе мировой научной информации в XX в., удваивается каждые 10–15 лет. Растет число ученых и научных направлений. В 1900 г. в мире было 100 тыс. ученых, сейчас — 5 млн (один из тысячи человек, живущих на Земле). 90% всех ученых, когда-либо живших на планете, — наши современники. Процесс дифференциации научного знания привел к тому, что сейчас насчитывается более 15 тыс. научных дисциплин.

Наука не только изучает мир и его эволюцию, но и сама является продуктом эволюции, составляя вслед за природой и человеком особый, «третий» мир — мир знаний и навыков. В концепции трех миров — мира физических объектов, индивидуально-психического мира человека и мира intersubjectивного (общечеловеческого) знания — наука заменила «мир идей» Платона. Третий научный мир стал таким же эквивалентом философскому «миру идей», как «град божий» блаженного Августина в Средние века.

В современной философии существуют два взгляда на науку в ее связи с жизнью человека: наука — продукт, созданный человеком (К. Ясперс), и наука как продукт бытия, открываемый через человека (М. Хайдеггер). Последний взгляд еще ближе подводит к платоновско-августиновским представлениям, но и первый не отрицает фундаментального значения науки.

Наука не только приносит непосредственную пользу общественному производству и благосостоянию людей, но также учит думать, развивает ум, экономит умственную энергию. «С того момента как наука стала действительностью, истинность высказываний человека обусловлена их научностью. Поэтому наука — элемент человеческого достоинства, отсюда и ее чары, посредством которых она проникает в тайны мироздания»¹.

Эти же чары приводили и к преувеличенному представлению о возможностях науки, к попыткам поставить ее выше других отраслей культуры и перед ними. Создалось своеобразное научное «лобби», которое получило название сциентизма (от лат. «сциенция» — наука). Именно в наше время, когда роль науки поистине огромна, появился сциентизм с представлением о науке, особенно естествознании, как высшей, если не абсолютной ценности. Эта научная идеоло-

¹ Ясперс К. Смысл и назначение истории. М., 1994. С. 105.

гия заявила, что лишь наука способна решить все проблемы, стоящие перед человечеством, включая бессмертие.

Для сциентизма характерны абсолютизация стиля и методов «точных» наук, объявление их вершиной знания, часто сопровождающееся отрицанием социальнo-гуманитарной проблематики как не имеющей познавательного значения. На волне сциентизма возникло представление о никак не связанных друг с другом «двух культурах» — естественно-научной и гуманитарной (книга английского писателя Ч. Сноу об этом так и называлась — «Две культуры»).

В рамках сциентизма наука рассматривалась как единственная в будущем сфера духовной культуры, которая поглощает ее нерациональные области. В противоположность этому также громко заявившие о себе во второй половине XX в. антисциентистские высказывания обрекают ее либо на вымирание, либо на вечное противопоставление человеческой природе.

Антисциентизм исходит из положения о принципиальной ограниченности возможностей науки в решении коренных человеческих проблем, а в своих проявлениях оценивает науку как враждебную человеку силу, отказывая ей в положительном влиянии на культуру. Да, говорят критики, наука повышает благосостояние населения, но она же увеличивает опасность гибели человечества и Земли от атомного оружия и загрязнения природной среды.

2.2. Характерные черты науки

Рассматривая такое многогранное явление, как *наука*, можно выделить три его стороны: *отрасль культуры; способ познания мира; специальный институт* (в понятие института здесь входит не только высшее учебное заведение, но и научные общества, академии, лаборатории, журналы и т.п.).

Как и другим сферам человеческой деятельности, науке присущи специфические черты.

Универсальность — научные знания истинны для всего универсума при тех условиях, при которых они добыты человеком. Научные законы действуют во всей Вселенной, как, например, закон всемирного тяготения.

Фрагментарность — наука изучает не бытие в целом, а различные фрагменты реальности или ее параметры; сама

же делится на отдельные дисциплины. Понятие бытия как философское не применимо к науке, представляющей собой частное познание. Каждая наука как таковая — это определенная проекция на мир, как бы прожектор, высвечивающий области, представляющие интерес для ученых в данный момент.

Общезначимость — научные знания пригодны для всех людей; язык науки — однозначно фиксирующий термины, что способствует объединению людей.

Безличность — ни индивидуальные особенности ученого, ни его национальность или место проживания никак не представлены в конечных результатах научного познания. Например, в законе всемирного тяготения нет ничего от личности Ньютона.

Систематичность — наука имеет определенную структуру, а не является бессвязным набором частей.

Незавершенность — хотя научное знание безгранично растет, оно не может достичь абсолютной истины, после которой уже нечего будет исследовать.

Преимственность — новые знания определенным образом и по определенным правилам соотносятся со старыми знаниями.

Критичность — наука готова поставить под сомнение и пересмотреть свои (даже основополагающие) результаты. Внутринаучная критика не только возможна, но необходима.

Достоверность — научные выводы требуют, допускают и проходят в обязательном порядке проверку по определенным сформулированным правилам.

Внеморальность — научные истины нейтральны в морально-этическом плане, а нравственные оценки могут относиться либо к получению знания (этика ученого требует от него интеллектуальной честности и мужества в процессе поиска истины), либо к его применению.

Рациональность — наука получает знания на основе рациональных процедур. Составными частями научной рациональности выступают: понятийность, т.е. способность определять термины путем выявления наиболее важных свойств данного класса предметов; логичность — использование законов формальной логики; дискурсивность — способность раскладывать научные утверждения на составные части.

Чувственность — научные результаты требуют эмпирической проверки с использованием восприятия и только после этого признаются достоверными.

Эти свойства науки образуют шесть диалектических пар, соотносящихся друг с другом: универсальность — фрагментарность, общезначимость — безличность, систематичность — незавершенность, преемственность — критичность, достоверность — внёморальность, рациональность — чувственность.

Кроме того, для науки характерны свои, особые методы и структура исследований, язык, аппаратура. Всем этим и определяется специфика научного исследования и значение науки.

2.3. Отличие науки от других отраслей культуры

Отмеченные характерные черты науки позволяют отличить ее от всех других отраслей культуры.

Отличие науки от *мистики* заключается в стремлении не к слиянию с объектом исследования, а к его теоретическому пониманию и воспроизведению.

От *искусства* наука отличается рациональностью, не останавливающейся на уровне образов, а доведенной до уровня теорий.

В отличие от *мифологии* наука стремится не к объяснению мира в целом, а к формулированию законов развития природы, допускающих эмпирическую проверку.

От *философии* науку отличает то, что ее выводы допускают эмпирическую проверку и отвечают не на вопрос «почему?», а на вопросы «как?», «каким образом?».

Наука отличается от *религии* тем, что рациональность и опора на чувственную реальность имеют в ней большее значение, чем вера.

По сравнению с *идеологией* научные истины общезначимы и не зависят от интересов определенных слоев общества.

В отличие от *техники* наука нацелена не на использование полученных знаний о мире для его преобразования, а на познание мира.

Теоретическим освоением действительности наука отличается от *обыденного сознания*.

2.4. Наука и религия

Остановимся более подробно на соотношении науки и религии, тем более что существуют различные точки зрения по данному вопросу. В атеистической литературе пропагандировалось мнение, что научное знание и религиозная вера несовместимы, и каждое новое знание уменьшает область веры вплоть до утверждений, что поскольку космонавты не увидели Бога, то, стало быть, его нет.

Разделение между наукой и религией проходит в соответствии с соотношением в этих отраслях культуры разума и веры. В науке преобладает рациональность, но и в ней имеет место вера, без которой познание невозможно: вера в чувственную реальность, которая дается человеку в ощущениях, вера в познавательные возможности разума и в способность научного знания отражать действительность. Без такой веры ученому трудно было бы приступить к научному исследованию. Наука не исключительно рациональна, в ней есть место и интуиции, особенно на стадии формулирования гипотез. С другой стороны, и разум, особенно в теологических исследованиях, привлекался для обоснования веры, и далеко не все церковные деятели соглашались с афоризмом Тертуллиана: «Верую, потому что абсурдно».

Итак, области разума и веры не разделены абсолютной преградой. Наука может сосуществовать с религией, поскольку внимание этих отраслей культуры устремлено на разные вещи: в науке — на эмпирическую реальность, в религии — преимущественно на вневещное. Научная картина мира, ограничиваясь сферой опыта, не имеет прямого отношения к религиозным откровениям, и ученый может быть как атеистом, так и верующим. Другое дело, что в истории культуры известны случаи резких конфронтаций между наукой и религией, особенно в те времена, когда наука обретала свою независимость, как это было в период создания гелиоцентрической модели строения мира Коперником. Но так не обязательно должно быть всегда.

Существует еще и область суеверий, которая не имеет отношения ни к религиозной вере, ни к науке, а связана с остатками мистических и мифологических представлений, а также с различными сектантскими ответвлениями от официальной религии и бытовыми предрассудками. Суеверия, как правило, далеки и от подлинной веры, и от рационального знания.

2.5. Наука и философия

Важно правильно понимать взаимоотношение науки с философией, поскольку неоднократно, в том числе и в недавней истории, различные философские системы претендовали на научность и даже на ранг «высшей науки», а ученые не всегда проводили границу между своими собственно научными и философскими высказываниями.

Специфика науки не только в том, что она не берется за изучение мира в целом, подобно философии, а представляет собой частное познание, но также и в том, что результаты науки требуют эмпирической проверки. В отличие от философских утверждений они не только подтверждаемы с помощью специальных практических процедур или отвержены строгой логической выводимости, как в математике, но и допускают принципиальную возможность их эмпирического опровержения. Все это позволяет провести демаркационную линию между философией и наукой.

Ученых порой представляли в качестве так называемых «стихийных материалистов» в том плане, что им присуща изначальная вера в материальность мира. Это не обязательно. Можно верить, что Некто или Нечто передает людям чувственную информацию, а ученые считывают, группируют, классифицируют и перерабатывают ее. Эту информацию наука рационализирует и выдает в виде законов и формул вне отношения к тому, что лежит за пределами эмпирического мира. Поэтому ученый может вполне быть как стихийным материалистом или идеалистом, так и сознательным последователем какой-либо философской концепции. Такие ученые, как Декарт и Лейбниц, были также выдающимися философами своего времени.

2.6. Противоречия современной науки

Миг наибольшего торжества науки, свидетельствовавшей о ее мощи, был в то же время началом ее кризиса, потому что создание и применение атомного оружия вело к разрушению и уничтожению. Затем возникла экологическая проблема. Виновна в ней не столько сама наука, сколько цели, которые перед ней ставились, а также нормы, методы и средства, в соответствии с которыми она развивалась.

Характерные свойства науки, о которых мы говорили ранее, определяют ее противоречия и ограничения. Так, фрагментарность науки означает, что это проекция на определенную часть мира. «Желать, чтобы наука охватывала природу, значило бы заставить целое войти в состав своей части», — предостерегал великий французский математик А. Пуанкаре¹. *Наука решает частные проблемы и дает относительные ответы на частные вопросы, которые (ответы) подтверждаются опытом.* Наука не отвечает на вопросы: откуда произошло первовещество; что было до космоса; что за пределами расширяющейся Вселенной; конечно или бесконечно пространство и время? Желающим получить ответы на эти вопросы следует обращаться к отраслям культуры, которые претендуют на абсолютную истину.

Еще древние философы делили все утверждения на знание и мнение. Знание, или наука (по Аристотелю), может быть двух родов — либо демонстративным, либо интуитивным. Демонстративное знание представляет собой знание причин. Оно состоит из утверждений, которые могут быть доказательствами, т.е. демонстративное знание — это заключения вместе с их силлогистическими доказательствами, или демонстрациями. Интуитивное знание состоит в мгновенном постижении «неделимой формы», сущности вещи. Интуитивное знание — первоначальный источник всей науки, поскольку оно формирует «базисные посылки» для всех доказательств (демонстраций). «Для всего без исключения доказательства быть не может, ведь иначе приходилось бы идти в бесконечность», — писал Аристотель в книге «Метафизика».

Современные методологии науки принимают это положение и соглашаются идти в бесконечность. «Другими словами, мы знаем, что наши научные теории навсегда должны остаться только гипотезами, но во многих важных случаях мы можем выяснить, новая гипотеза лучше старой или нет. Дело в том, что если они различны, то они должны вести к различным предсказаниям, которые, как правило, можно проверить экспериментально. На основе такого решающего эксперимента иногда можно обнаружить, что новая теория приводит к удовлетворительным результатам там, где старая оказалась несостоятельной. В итоге можно сказать, что в поиске истины мы заменили научную достоверность

¹ Пуанкаре А. О науке. М., 1983. С. 288.

научным прогрессом. Дело в том, что наука развивается не путем постепенного накопления энциклопедической информации, как думал Аристотель, а движется значительно более революционным путем. Она прогрессирует благодаря смелым идеям, выдвижению новых, все более странных теорий (таких как теория, по которой Земля не плоская и “метрическое пространство” не является плоским) и ниспровержению прежних теорий. Однако такой подход к научному методу означает, что в науке нет знания в том смысле, в котором понимали это слово Платон и Аристотель, т.е. в том смысле, в котором оно влечет за собой окончательность. В науке мы никогда не имеем достаточных оснований для уверенности в том, что мы уже достигли истины. То, что мы называем “научным знанием”, как правило, не является знанием в платоновско-аристотелевском смысле, а, скорее, представляет собой информацию, касающуюся различных соперничающих гипотез и способа, при помощи которого они выдерживают разнообразные проверки. Это, если использовать язык Платона и Аристотеля, информация, касающаяся самого последнего и наилучшим образом проверенного научного мнения. Такое воззрение означает также, что в науке не существует доказательств (за исключением, конечно, чистой математики и логики). В эмпирических науках (а только они и могут снабжать нас информацией о мире, в котором мы живем) вообще нет доказательств, если под “доказательством” имеется в виду аргументация, которая раз и навсегда устанавливает истинность теории, а вот что здесь есть, так это опровержения научных теорий»¹.

К этому добавляются еще и противоречия, присущие самому процессу познания. *Природа едина, а науки разделены на отдельные дисциплины.* В природе все связано со всем; каждая наука занимает свою нишу. «Существуют отдельные науки, а не наука вообще как наука о действительном, однако каждая из них входит в мир беспредельный, но все-таки единый в калейдоскопе связей»².

Объекты действительности функционируют как целостные образования, а наука развивается путем абстрагирования некоторых свойств этих объектов, принимаемых за наиболее важные. *Основа структуры научного познания* (что особенно характерно для наиболее развитых отраслей есте-

¹ Поттер К. Открытое общество и его враги. Т. 2. М., 1992. С. 20–21.

² Ясперс К. Смысл и назначение истории. С. 102–103.

ствознания) — анализ предмета исследования, т.е. выделение абстрактных элементарных объектов и последующий синтез из этих абстрактных элементов единого целого в форме теоретической системы. По мнению Б. Рассела, «научный прогресс осуществляется благодаря анализу и искусственной изоляции. Возможно, как считает квантовая теория, что существуют границы правомерности этого процесса, но, если бы он не был обычно правильным, хотя бы приблизительно, научное познание было бы невозможно»¹.

Ситуация в области исследования экологической проблемы в практическом плане, как и ситуация в квантовой механике — в теоретическом, ставит под сомнение правомерность абсолютизации процесса искусственной изоляции и анализа, и многие ученые именно эти черты науки считают ответственными за экологические трудности.

С критикой аналитической направленности науки последнее время приходится сталкиваться все чаще. Эта ее черта признана фундаментальной и оценивалась по большей части положительно в истории науки, хотя известна и другая ее оценка. Критиковали аналитическую направленность науки Гете, Монтень и другие писатели, ученые, философы. С аналитического расчленения универсума начинается наука. Как пишет В. Вайскопф, «наука стала развиваться, когда люди начали удерживать себя от общих вопросов, таких как: из чего состоит материя; как возникла Вселенная; в чем сущность жизни? Они стали задавать вопросы частного характера, например: как падает камень; как вода течет по трубе и т.д.»².

В областях, которые наиболее доступны аналитическому расчленению, как, например, физика, наука достигает наибольшего успеха, и эти области становятся как бы эталонами знания. Мечтой Т. Гоббса было свести все науки к физике, а Ф. Бэкон называл физику «матерью наук». В XX в. эти мечты воплотились в методологической концепции «единой науки», которая возникла бы на базе физики (физикализм).

Программа сведения всего научного познания к физическому, получившая название «редукционизм», не могла быть воплощена в жизнь, поскольку каждая область реальности обладает своей спецификой и не может быть сведена ни к какой другой.

¹ Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. М., 1957. С. 71.

² Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М., 1977. С. 256.

Здесь уместно отметить, что аналитизм, лежащий в самом фундаменте научного подхода к действительности, отвечает стремлению человека практически овладеть предметным миром, поскольку сама преобразовательная деятельность в своей сущности также преимущественно аналитична. С этой точки зрения вполне понятно восхищение аналитическим методом (и физикой, в которой этот метод наиболее полно воплотился), которое испытывал Ф. Бэкон.

Конечно, делать отсюда вывод, что с помощью науки нельзя познать действительность или что наука ничего не дает для решения фундаментальных проблем человеческого существования, — значит впадать в крайность. *Выигрыш в четкости познания деталей в общем случае не обязательно должен вести к проигрышу в точности познания целостной картины мира.* Но не следует забывать об относительном характере научных истин, находящем свое выражение в следующем парадоксе познания: знание в наиболее четкой и логичной форме достигается через науку и, в более общем плане, через рациональное мышление, но оно в определенной мере и ответственно за разрушение (по крайней мере идеальное) мира.

Итак, один из гносеологических корней экологического кризиса — чрезмерный аналитизм научного мышления, который в стремлении все дальше проникнуть в глубь вещей таит в себе опасность отхода от реальности, от целостного взгляда на природу. Искусственная изоляция какого-либо фрагмента реальности дает возможность его углубленного изучения, однако при этом не учитываются связи этого фрагмента с его средой. *Фундаментальная особенность структуры научной деятельности, вытекающая из ее преимущественно аналитического характера, — разделенность науки на обособленные друг от друга дисциплины.* Это имеет положительные стороны, поскольку дает возможность изучать отдельные фрагменты реальности, но при этом упускаются из виду связи между отдельными фрагментами, а в природе, как известно, «все связано со всем», и каждый акт изменения человеком природной среды не ограничивается какой-либо одной ее областью, а имеет, как правило, широкие отдаленные последствия.

Разобщенность наук особенно мешает сейчас, когда в эпоху быстро текущей дифференциации научного знания выявилась необходимость комплексных интегративных исследований. Чрезмерная специализация так же может мешать эволюции науки, как и чрезмерная специализация животных приводит к созданию тупиковых направлений в биологической эволюции.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково значение науки в эпоху НТР?
2. Каковы характерные черты науки?
3. Чем наука отличается от религии?
4. Чем наука отличается от философии?
5. Чем наука отличается от мистики, искусства, мифологии, идеологии?
6. Каковы главные противоречия в развитии науки?

Тестовые задания

1. Из диалектически связанных черт науки какая пара наиболее выражает суть науки:
 - 1) универсальность и фрагментарность;
 - 2) систематичность и незавершенность;
 - 3) преемственность и критичность;
 - 4) рациональность и чувственность.
2. Афоризм К. Гаусса “Вот мой результат, но я пока не знаю, как его получить” означает:
 - 1) разрыв между практикой и теорией в математике;
 - 2) результат должен быть обоснован;
 - 3) это шутка;
 - 4) мысль обгоняет деятельность.
3. Каково основное содержание следующей фразы: “Искусство — это я, наука — это мы” (К. Бернар):
 - 1) люди искусства эгоистичны;
 - 2) ученые в большей степени преданы науке, чем люди искусства последнему;
 - 3) искусство субъективно, а наука объективна;
 - 4) произведения искусства создаются одиночками, а научные теории — коллективами.
4. Причины тесной связи современной науки и техники:
 - 1) сообща оказывают влияние на мировоззрение человека;
 - 2) срослись в единую систему в результате изменения воздействия человека на природу;
 - 3) вместе разрушают природную среду;
 - 4) произошло случайное соединение науки и техники.

Литература

1. Бернал Дж. Роль науки в жизни общества. М., 1957.
2. Полани М. Личностное знание. М., 1985.
3. Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. М., 1957.

Глава 3

ПРЕДМЕТ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ЕГО ОТЛИЧИЕ ОТ ДРУГИХ ЦИКЛОВ НАУК

3.1. Естественно-научная и гуманитарная культура

Человек обладает знанием об окружающей его природе (Вселенной), о самом себе и собственных произведениях. Это делит всю имеющуюся у него информацию на два больших раздела: естественно-научное (естественное в том смысле, что изучается то, что существует независимо от человека, в противоположность искусственному — созданному человеком) и гуманитарное (от «хомо» — человек) знание, знание о человеке.

Как следует из определения, *различия между естественно-научными и гуманитарными знаниями заключаются в том, что первые основаны на разделении субъекта (человека) и объекта (природы, которую познает человек — субъект), при преимущественном внимании, уделяемом объекту, а вторые имеют отношение прежде всего к самому субъекту.*

Английский писатель Ч. Сноу сформулировал альтернативу «двух культур» — научно-технической и художественно-гуманитарной. По его мнению, они настолько разделены в современном мире, что представители каждой из них не понимают друг друга. В нашей печати в 1960-х гг. велись очень интенсивные дискуссии между «физиками» и «лириками». Они показали как несостоятельность неумеренных притязаний тех и других на монопольное обладание истиной, так и необходимость более целостного развития культуры как таковой, взаимодействия науки и искусства, развития естественной науки о человеке (антропологии) в его индивидуальном и социальном измерениях. О некоторых положительных тенденциях в этом направлении речь пойдет дальше.

3.2. Естествознание в системе науки

Естествознание — это раздел науки, основанный на воспроизводимой эмпирической проверке гипотез и создании теорий или эмпирических обобщений, описывающих природные явления.

Предмет естествознания — факты и явления, которые воспринимаются нашими органами чувств. Задача ученого — обобщить эти факты и создать теоретическую модель, включающую законы, управляющие явлениями природы. Следует различать факты опыта, эмпирические обобщения и теории, которые формулируют законы науки. Явления, например тяготение, непосредственно даны в опыте; законы науки, например закон всемирного тяготения, — варианты объяснения явлений. Факты науки, будучи установленными, сохраняют свое постоянное значение; законы могут быть изменены в ходе развития науки, как, скажем, закон всемирного тяготения был скорректирован после создания теории относительности.

Значение чувств и разума в процессе нахождения истины — сложный философский вопрос. В науке признается истинной то положение, которое подтверждается воспроизводимым опытом. *Основной принцип естествознания гласит: знания о природе должны допускать эмпирическую проверку.* Не в том смысле, что каждое частное утверждение должно обязательно эмпирически проверяться, а в том, что опыт в конечном счете выступает решающим аргументом принятия данной теории.

Естествознание в полном смысле слова общезначимо и дает «родовую» истину, т.е. истину, пригодную и принимаемую всеми людьми, поэтому оно традиционно рассматривалось в качестве эталона научной объективности. Другой крупный комплекс наук — гуманитарных, — напротив, всегда был связан с групповыми ценностями и интересами, имеющимися как у самого ученого, так и в предмете исследования. Поэтому в методологии гуманитарных наук наряду с объективными методами исследования приобретает большое значение переживание изучаемого события, субъективное отношение к нему и т.п.

От технических наук естествознание отличается направленностью на познание, а не на помощь в преобразовании мира, а от математики — тем, что исследует природные, а не знаковые системы.

Следует учитывать различие между естественными и техническими науками, с одной стороны, и фундаментальными и прикладными — с другой. Фундаментальные науки — физика, химия, астрономия — изучают базисные структуры мира, а прикладные занимаются применением результатов фундаментальных исследований для решения как познавательных, так и социально-практических задач. В этом смысле все технические науки являются прикладными, но далеко не все прикладные науки относятся к техническим. Такие науки, как физика металлов, физика полупроводников, являются естественными прикладными дисциплинами, а металловедение, полупроводниковая технология — техническими прикладными науками.

Итак, основные различия между естественными, гуманитарными и техническими науками заключаются в том, что *естествознание изучает мир как он существует независимо от человека*, гуманитарные науки изучают духовные продукты человеческой деятельности, а технические — материальные продукты человеческой деятельности.

Однако провести четкую грань между естественными, гуманитарными и техническими науками в принципе нельзя, поскольку имеется целый ряд дисциплин, занимающих промежуточное положение или являющихся комплексными по своей сути. Так, на стыке естественных и общественных наук находится экономическая география, на стыке естественных и технических — бионика, а комплексной дисциплиной, которая включает и естественные, и общественные, и технические разделы, является социальная экология.

Отдельно от трех циклов наук существует математика, которая также подразделяется на отдельные дисциплины. Из трех циклов математика ближе всего к естествознанию, и связь эта проявляется в том, что математические методы широко используются в естественных науках, особенно в физике.

3.3. Применение математических методов в естествознании

После триумфа классической механики И. Ньютона количественные методы стали применяться и в других науках. Так, А. Лавуазье, систематически используя весы в своих опытах, заложил основы количественного химического ана-

лиза. Разработка И. Ньютоном и Г. Лейбницем (независимо друг от друга) дифференциального и интегрального исчисления, развитие статистических методов анализа, связанных с познанием вероятностного характера протекания многих природных процессов, способствовали проникновению математических методов в другие естественные науки.

«Все законы выводятся из опыта. Но для выражения их нужен специальный язык. Обиходный язык слишком беден, кроме того, он слишком неопределен для выражения столь богатых содержанием точных и тонких соотношений. Таково первое основание, по которому физик не может обойтись без математики; она дает ему единственный язык, на котором он в состоянии изъясняться»¹.

Дифференциальное и интегральное исчисление хорошо подходит для описания изменения скоростей движений, а вероятностные методы — для необратимости и создания нового. Все можно описать количественно, и тем не менее остается проблемой отношение математики к реальности. По мнению одних методологов, чистая математика и логика используют доказательства, но не дают нам никакой информации о мире (почему А. Пуанкаре и считал, что законы природы конвенциальны), а только разрабатывают средства его описания. Однако еще Аристотель писал, что число есть промежуточное между частным предметом и идеей, а Г. Галилей полагал, что Книга Природы написана языком математики.

Не имея непосредственного отношения к реальности, математика не только описывает эту реальность, но и позволяет, как в уравнениях Дж. Максвелла, делать новые интересные и неожиданные выводы о реальности из теории, которая представлена в математической форме. Как же объяснить истинность математики и ее пригодность для естествознания? Может, все дело в том, что «механизм математического творчества, например, не отличается существенно от механизма какого бы то ни было иного творчества»² или более пригодны сложные, системные объяснения?

По мнению некоторых методологов, законы природы не сводятся к написанным на бумаге математическим соотношениям. Их надо понимать как любой вид организованности идеальных прообразов вещей, или пси-функций.

¹ Пуанкаре А. О науке. С. 220.

² Пуанкаре А. О науке. С. 285.

Есть три вида организованности: простейший — числовые соотношения; более сложный — ритмика первого порядка, изучаемая математической теорией групп; самый сложный — ритмика второго порядка — слово. Два первых вида организованности наполняют Вселенную мерой и гармонией, третий — смыслом. В рамках этого объяснения математика занимает свое, особое место в познании.

Так или иначе, подобные методологические разработки тесно связаны с дискуссиями по основаниям математики и перспективам ее развития, сводящимся к следующим основным темам: как математика соотносится с миром и дает возможность познавать его; какой способ познания преобладает в математике — дискурсивный или интуитивный; как устанавливаются математические истины — путем конвенции или с помощью более объективных критериев.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные особенности «двух культур»?
2. Чем отличаются естественные науки от гуманитарных?
3. Чем отличаются естественные науки от технических?
4. Каково соотношение естествознания и математики?
5. Какие математические методы применяются в естествознании?
6. Какое значение имеет измерение и количественная оценка природных явлений?

Тестовые задания

1. «Две культуры» в книге Ч. Сноу — это:
 - 1) научная и техническая культуры;
 - 2) научная и художественная культуры;
 - 3) естественно-научная и гуманитарная культуры;
 - 4) гуманитарная и техническая культуры.
2. Наука была «служанкой богословия»:
 - 1) в античности;
 - 2) в средневековой Европе;
 - 3) в исламском мире;
 - 4) в Европе XIX в.
3. «Книга Природы написана языком математики» (Галилей), потому что:
 - 1) математика — это самая краткая форма записи законов;
 - 2) это единственный язык, который понимают все ученые;
 - 3) математические формулы отражают реальные природные закономерности;
 - 4) это многоплановый символический язык.

4. К. Поппер назвал науку «третьим миром», потому что:
- 1) она возникла третьей после философии и религии;
 - 2) по аналогии с миром природы и миром человека;
 - 3) по важности среди других отраслей культуры;
 - 4) по важности в сравнении с миром природы и миром человека.

Литература

1. Сноу Ч. Две культуры. М., 1973.
2. Клайн М. Математика. Утрата определенности. М., 1984.
3. Структура и развитие науки. М., 1978.

Глава 4

СТРУКТУРА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

Человек стремится каким-то адекватным способом создать в себе простую и ясную картину мира для того, чтобы оторваться от мира ощущений, чтобы в известной степени попытаться заменить этот мир созданной таким образом картиной.

А. Эйнштейн

4.1. Уровни естественно-научного познания

Изучение естествознания нужно культурному человеку не только затем, чтобы обладать определенным объемом знаний, но и для понимания принципов мышления. Итак, мы отправляемся в безбрежное море познания. Предположим, что вместе с Ньютоном мы лежим под деревом и наблюдаем падение яблока, которое, по преданию, натолкнуло его на открытие закона всемирного тяготения. Яблоки падали на голову не только Ньютона, но почему именно он сформулировал закон всемирного тяготения? Что помогло ему в этом: любопытство, удивление (с которого, по Аристотелю, начинается научное исследование) или, быть может, он и до этого изучал тяготение и падение яблока было не начальным, а завершающим моментом его раздумий? Как бы то ни было, мы можем согласиться с легендой в том, что именно обычный эмпирический факт падения яблока был отправной точкой для открытия закона всемирного тяготения. Будем считать эмпирические факты, т.е. факты нашего чувственного опыта, исходным пунктом развития естествознания.

Итак, мы начали наше научное исследование, точнее, оно началось с нами. Мы зафиксировали первый *эмпирический факт*, который, коль скоро он — отправная точка научного исследования, стал тем самым *научным фактом*.

Что дальше? Выдающийся французский математик начала века А. Пуанкаре, описывая в книге «Наука и метод» работу ученого, писал: «Наиболее интересными являются те факты, которые могут служить свою службу многократно, которые могут повторяться»¹. Да, действительно так, потому что ученый хочет вывести законы развития природы, т.е. сформулировать некие положения, которые были бы верны во всех случаях жизни для однотипного класса явлений. Для этого ученому нужно множество одинаковых фактов, которые потом он мог бы единообразно объяснить. Ученые, продолжает Пуанкаре, «должны предпочитать те факты, которые нам представляются простыми, всем тем, в которых наш грубый глаз различает несходные составные части»².

Итак, мы должны ждать падения новых яблок, чтобы определить, действительно ли они падают всегда. Это уже можно назвать способом, или *методом, исследования*. Он называется *наблюдением* и в некоторых областях естествознания остается единственным и главным эмпирическим методом исследования, например в астрономии. Правда, чтобы наблюдать «большой мир» (мегамир) нужны мощные телескопы и радиотелескопы, которые улавливают космические излучения. Это тоже наблюдение, хотя и более сложное.

Однако в нашем случае нет нужды ждать падения яблок. Мы можем потрясти яблоню и посмотреть, как будут вести себя яблоки, т.е. провести *эксперимент*, испытать объект исследований. Эксперимент — это «вопрос», который мы задаем природе и ждем от нее ясного ответа. «Эйнштейн говорил, что природа отвечает “нет” на большинство задаваемых ей вопросов и лишь изредка от нее можно услышать более обнадеживающее “может быть”. Каков бы ни был ответ природы — “да” или “нет”, — он будет выражен на том же теоретическом языке, на котором был задан вопрос»³. Отличительная особенность научного эксперимента — то, что его должен быть способен воспроизвести каждый исследователь в любое время.

¹ Пуанкаре А. О науке. С. 289.

² Там же. С. 290.

³ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. С. 88.

Трясение яблоки как простейший из возможных экспериментов убеждает нас, что все яблоки ведут себя одинаково. Однако, чтобы вывести физический закон, мало одних яблок. Нужно рассмотреть и другие тела, причем чем меньше они похожи друг на друга, тем лучше. Здесь вступает в силу второе правило, противоположное первому: «Таким образом, интерес представляет лишь исключение»¹.

Оказывается, многие тела тоже падают на Землю, как будто на них действует некая сила. Можно предположить, что это одна и та же сила во всех случаях. Но на Землю падают не все тела. Это не относится к Луне, Солнцу и другим небесным телам, имеющим большую массу или удаленным от Земли на значительное расстояние. Налицо различие в поведении тел, над которым тоже стоит задуматься. Есть ли что-либо общее в поведении тел, которые на первый взгляд ведут себя совершенно различно? «Однако мы должны сосредоточить свое внимание главным образом не столько на сходствах и различиях, сколько на тех аналогиях, которые часто скрываются в кажущихся различиях»². Найти аналогии в различиях — необходимый этап научного исследования.

Не над всеми телами можно провести эксперимент. Например, небесные светила можно только наблюдать. Но мы можем объяснить их поведение действием тех же самых сил, направленных не только в сторону Земли, но и от нее. Различие в поведении, таким образом, можно объяснить количеством силы, определяющей взаимодействие двух или нескольких тел.

Если же мы все-таки считаем эксперимент необходимым, то можем провести его на моделях, т.е. на телах, размеры и масса которых пропорционально уменьшены по сравнению с реальными телами. Результаты *модельных экспериментов* можно считать пропорциональными результатам взаимодействия реальных тел.

Помимо модельного эксперимента возможен *мысленный эксперимент*. Для этого понадобится представить себе тела, которых вообще не существует в реальности, и провести над ними эксперимент в уме. Значение *представления*, связанного с проведением мысленного, или идеального, эксперимента, хорошо объясняют в своей книге «Эволюция физики» А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Дело в том, что все понятия, т.е. слова, имеющие определенное значение,

¹ Пуанкаре А. О науке. С. 291.

² Там же. С. 292.

которыми пользуются ученые, не эмпирические, а рациональные, т.е. они не берутся нами из чувственного опыта, а являются творческими произведениями человеческого разума. Для того чтобы ввести их в расчеты, необходимы идеальные представления, например, представления об идеально гладкой поверхности, идеально круглом шаре и т.п. Такие представления называются *идеализациями*.

В современной науке надо быть готовым к идеализированным экспериментам, т.е. мысленным экспериментам с применением идеализаций, с которых (а именно, экспериментов Г. Галилея) и началась физика Нового времени. Представление и воображение (создание и использование образов) имеет в науке большое значение, но в отличие от искусства это не конечная, а промежуточная цель исследования. Главная *цель науки* — *выдвижение гипотез* и теория как эмпирически подтвержденная гипотеза.

Понятия играют в науке особую роль. Еще Аристотель считал, что, описывая сущность, на которую указывает термин, мы объясняем его значение. А его имя — знак вещи. Таким образом, объяснение термина (а это и представляет собой определение понятия) позволяет нам понять данную вещь в ее глубочайшей сущности («понятие» и «понять» — однокоренные слова). По мнению К. Поппера, если в обычном словоупотреблении мы сначала ставим термин, а затем определяем его (например: «щенок — это молодой пес»), то в науке имеет место обратный процесс. Научную запись следует читать справа налево, отвечая на вопрос: «Как мы будем называть молодого пса?», а не «Что такое щенок?». Вопросы типа «Что такое жизнь?» не играют в науке никакой роли, и вообще определения как таковые не играют в науке заметной роли, в отличие, скажем, от философии. Научные термины и знаки не что иное, как условные сокращения записей, которые иначе заняли бы гораздо больше места.

Формирование понятий относится к следующему уровню исследований, который называется *теоретическим*. Но прежде мы должны записать результаты эмпирических исследований, с тем чтобы каждый желающий мог их проверить и убедиться в их правильности.

А. Эйнштейн и Л. Инфельд писали, что ученые должны собирать неупорядоченные факты и своим творческим мышлением делать их связанными и понятными. В этом их можно сравнить с детективами. Но в отличие от детектива, который только расследует дело, «ученый должен, по край-

ней мере отчасти, сам совершить преступление, затем довести до конца исследование. Более того, его задача состоит в том, чтобы объяснить не один только данный случай, а все связанные с ним явления, которые происходили или могут еще произойти»¹.

На основании эмпирических исследований могут быть сделаны эмпирические обобщения, которые имеют значение сами по себе. В науках, которые называют эмпирическими, или описательными, как, скажем, геология, эмпирические обобщения завершают исследование, в экспериментальных, теоретических науках это только начало. Чтобы двинуться дальше, нужно придумать удовлетворительную гипотезу, объясняющую (в нашем примере) падение тел. Самих по себе эмпирических фактов для этого недостаточно. Необходимо все предшествующее знание, касающееся данной проблемы, в нашем случае — знание принципов механики, например представление о связи движения тела с приложением к нему силы, действующей в направлении движения (в данном случае, к Земле), т.е. знание трех законов механики, которые сформулировал тот же И. Ньютон до закона всемирного тяготения.

На теоретическом уровне помимо эмпирических фактов требуются понятия, которые создаются заново или берутся из других (преимущественно ближайших) разделов науки. В данном случае это понятия массы и силы, которые были для И. Ньютона основными при выведении законов механики. Эти понятия должны быть определены и представлены в краткой форме в виде слов (называемых в науке терминами) или знаков (в том числе математических), которые имеют каждый строго фиксированное значение.

«Эмпирическое обобщение опирается на факты, индуктивным путем собранные, не выходя за их пределы и не заботясь о согласии или несогласии полученного вывода с другими существующими представлениями о природе... При гипотезе принимается во внимание какой-нибудь один или несколько важных признаков явления и на основании только их строится представление о явлении, без внимания к другим его сторонам. Научная гипотеза всегда выходит за пределы фактов, послуживших основой для ее построения»².

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М., 1965. С. 64.

² Вернадский В.И. Биосфера. Избранные сочинения. Т. 5. М., 1960. С. 19.

При выдвижении какой-либо гипотезы принимается во внимание не только ее соответствие эмпирическим данным, но и некоторые методологические принципы, получившие название критериев простоты, красоты, экономии мышления и т.п. «Я считаю, как и Вы, — говорил В. Гейзенберг А. Эйнштейну, — что простота природных законов носит объективный характер, что дело не только в экономии мышления. Когда сама природа подсказывает математические формы большой красоты и простоты, — под формами я подразумеваю здесь замкнутые системы основополагающих постулатов, аксиом и т.п., — формы, о существовании которых никто еще не подозревал, то поневоле начинаешь верить, что они “истинны”, т.е. что они выражают реальные черты природы»¹.

После выдвижения определенной гипотезы (научного предположения, объясняющего причины данной совокупности явлений) исследование опять возвращается на эмпирический уровень для ее проверки. Надо иметь в виду, что проверяется не гипотеза в целом (проверка в целом невозможна именно потому, что гипотеза выходит за рамки эмпирического уровня), а следствия, дедуктивно извлекаемые из нее. Эти следствия должны обладать двумя особенностями: быть новыми, полученными из данной, претендующей на статус теории гипотезы, и быть доступными эмпирической проверке. По отношению к закону всемирного тяготения это будет вывод о существовании неизвестной прежде планеты, а, скажем, по отношению к периодической системе элементов Д. И. Менделеева — вывод о существовании неизвестных прежде химических элементов. На вопрос, как смог Д. И. Менделеев предсказать на основе периодической системы эти элементы и их свойства, каждый студент сможет ответить сам, немного подумав. При проверке научной гипотезы должны проводиться новые эксперименты, задающие природе новые вопросы, исходя из сформулированной гипотезы. Цель — проверка следствий из этой гипотезы, о которых ничего не было известно до ее выдвижения.

Если гипотеза выдерживает эмпирическую проверку, то она приобретает статус закона (или, в более слабой форме, закономерности) природы. Такое подтверждение носит название *верификации*. Если нет — считается опровергнутой,

¹ Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989. С. 196.

и поиски иной, более приемлемой, продолжаются. Научное предположение остается, таким образом, гипотезой до тех пор, пока еще не ясно, подтверждается она эмпирически или нет. Стадия гипотезы не может быть в науке окончательной, поскольку все научные положения в принципе эмпирически опровергаемы, и гипотеза рано или поздно или становится законом, или отвергается.

Принцип фальсифицируемости научных положений, т.е. их свойство быть опровергаемыми на практике, остается в науке непререкаемым. «В той степени, в которой научное высказывание говорит о реальности, оно должно быть фальсифицируемо, а в той степени, в которой оно не фальсифицируемо, оно не говорит о реальности»¹. Отсюда можно сделать вывод, что главное в науке — сам процесс духовного роста, а не результат его, который более важен в технике.

«Нам следует привыкнуть понимать науку не как “совокупность знаний”, а как систему гипотез, т.е. догадок и предвосхищений, которые в принципе не могут быть обоснованы, но которые мы используем до тех пор, пока они выдерживают проверки и о которых мы никогда не можем с полной уверенностью говорить, что они “истинны”, “более или менее достоверны” или даже “вероятны”»². Последнее утверждение относится к попытке Р. Карнапа разработать способы определения вероятности истинности гипотезы по степени ее подтверждения.

Проверочные эксперименты ставятся таким образом, чтобы не столько подтвердить, сколько опровергнуть данную гипотезу. «Итак, если установлено какое-нибудь правило, то прежде всего мы должны исследовать те случаи, в которых это правило имеет больше всего шансов оказаться неверным»³. *Эксперимент, который направлен на опровержение данной гипотезы, носит название решающего эксперимента*. Именно он наиболее важен для принятия или отклонения гипотезы, так как одного его достаточно для признания гипотезы ложной.

Вопрос об объективном статусе научного закона до сих пор один из наиболее дискуссионных в методологии естествознания. Еще Аристотель (благодаря философскому разделению явления и сущности) выдвинул положение,

¹ *Поппер К.* Открытое общество и его враги. Т. 2. С. 21.

² Там же. С. 335.

³ *Пуанкаре А.* О науке. С. 291.

что наука изучает роды сущего. В современном понимании это и есть то, что называют законом природы. Существуют естественные законы, или законы природы, и нормативные законы, или нормы, запреты и заповеди, т.е. правила, которые требуют определенного образа поведения. Нормативный закон может быть хорошим или плохим, но не «истинным» или «ложным». Если этот закон имеет значение, то он может быть нарушен, а если его невозможно нарушить, то он поверхностен и не имеет смысла. В противоположность нормативным, естественные законы описывают неизменные регулярности, которые либо есть, либо нет. Их свойства — периодичность и всеобщность какого-либо класса явлений, т.е. необходимость их возникновения при определенных точно формулируемых условиях.

Закон природы, по А. Пуанкаре, — наилучшее выражение гармонии мира. «...Закон есть одно из самых недавних завоеваний человеческого ума; существуют еще народы, которые живут среди непрерывного чуда и которые не удивляются этому. Напротив, мы должны были бы удивляться закономерности природы. Люди просят своих богов доказать их существование чудесами; но вечное чудо — в том, что чудеса не совершаются беспрестанно. Потому мир и божествен, что он полон гармонии. Если бы он управлялся произволом, то что доказывало бы нам, что он не управляется случаем? Этим завоеванием закона мы обязаны астрономии, и оно-то и создает величие этой науки, еще большее, чем материальное величие изучаемых ею предметов»¹.

Итак, естествознание изучает мир с целью творения законов его функционирования, как продуктов человеческой деятельности, отражающих периодически повторяющиеся факты действительности.

О практическом значении познания законов природы А. Пуанкаре пишет так: «...завоевания промышленности, обогатившие столько практических людей, никогда не увидели бы света, если бы существовали только люди практики!.. Необходимо, следовательно, чтобы кто-то думал за тех, кто не любит думать; а так как последних чрезвычайно много, то необходимо, чтобы каждая из наших мыслей приносила пользу столь часто, сколь это возможно, и именно поэтому всякий закон будет тем более ценным, чем более он будет общим»².

Совокупность нескольких законов, относящихся к одной области познания, называется теорией. В случае, если

¹ Пуанкаре А. О науке. С. 157.

² Пуанкаре А. О науке. С. 289.

теория в целом не получает убедительного эмпирического подтверждения, она может быть дополнена новыми гипотезами, которых, однако, не должно быть слишком много, так как это подрывает доверие к теории.

Подтвержденная на практике теория считается истинной вплоть до того момента, когда будет предложена новая теория, лучше объясняющая известные эмпирические факты, а также новые эмпирические факты, которые стали известны уже после принятия данной теории и оказались противоречащими ей.

Итак, наука строится из наблюдений, экспериментов, гипотез, теорий и аргументации. Наука в содержатель-

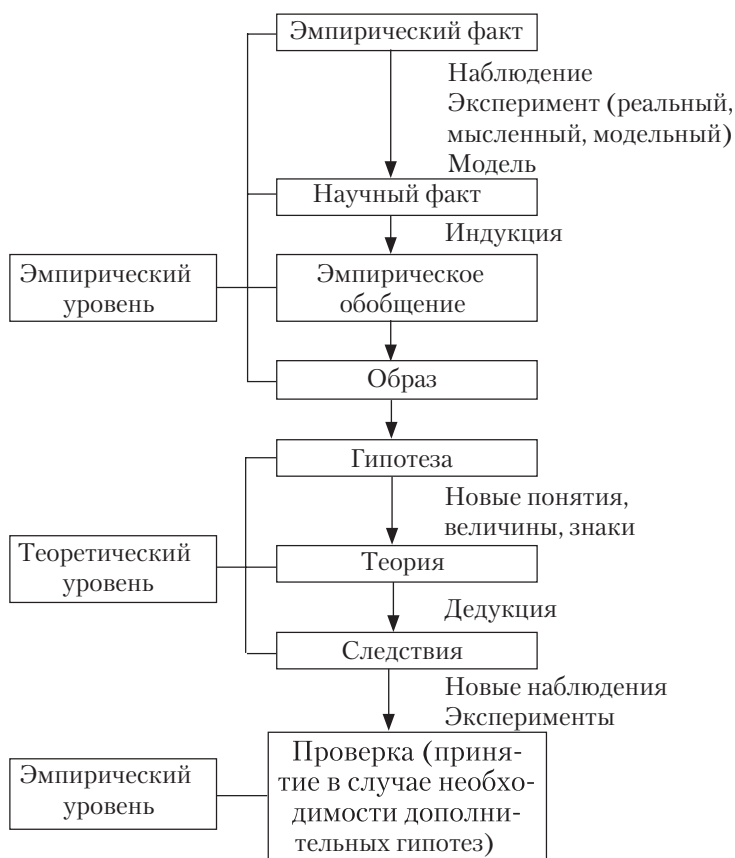


Рис. 1. Структура естественно-научного познания

ном плане — это совокупность эмпирических обобщений и теорий, подтверждаемых наблюдением и экспериментом. Творческий процесс создания теорий и аргументации в их поддержку играет в науке не меньшую роль, чем наблюдение и эксперимент.

Схематично структуру научного познания можно проследить на рис. 1.

Итак, чудес не бывает, если не в самой природе, то по крайней мере в формулировании законов ее развития, и от падения яблока на голову И. Ньютона до открытия им закона всемирного тяготения — дистанция огромного размера, даже если в голове самого И. Ньютона она может быть пройдена мгновенно.

В целом данная структура исследований получила название гипотетико-дедуктивного метода, в отличие от эмпирического метода, при котором имеет место только эмпирический уровень исследования, и аксиоматического, при котором присутствует только теоретический уровень.

4.2. Соотношение эмпирического и теоретического уровней исследования

Эмпирический и теоретический уровни знания различаются по предмету (во втором случае он может иметь свойства, которых нет у эмпирического объекта), средствам (во втором случае это мыслительный эксперимент, аксиоматический метод и т.д.) и результатам исследования (в первом случае эмпирическое обобщение, во втором — гипотеза и теория).

Различие между эмпирическим и теоретическим уровнями исследований не совпадает с различием между чувственным и рациональным познанием, хотя эмпирический уровень преимущественно чувствен, а теоретический преимущественно рационален. Эмпирический уровень в науке не только чувствен, но и рационален потому, что используются приборы, сконструированные на основе какой-либо теории. Теоретический уровень в науке не совпадает с рациональным, поскольку понятие рационального шире и существует не только научная рациональность, но и рациональность иных типов. Теоретическое отличается от рационального также тем, что в состав теоретического уровня входят представления (наглядные образы), которые служат формами чувственного восприятия.

Процесс научного поиска даже на теоретическом уровне не строго рационален. Непосредственно перед стадией научного открытия важно воображение, создание образов, а на самой стадии открытия важна интуиция. Поэтому открытие нельзя логически вывести, как теорему в математике. О значении интуиции в науке свидетельствуют слова выдающегося математика К. Ф. Гаусса: «Вот мой результат, но я пока не знаю, как получить его». Результат интуитивен, но нет аргументации в его защиту. Интуиция присутствует в науке (так называемое «чувство объекта»), но она ничего не значит в смысле обоснования результатов. Нужны еще объективные рациональные методы, которые все люди могут оценить.

Логика действует на стадии так называемой «нормальной науки» в рамках определенной парадигмы для обоснования выдвинутой гипотезы или теории. Однако следует помнить, имея в виду значение логики, что рассуждения в естествознании не доказательства, а только выводы. Вывод свидетельствует об истинности рассуждения, если посылки верны, но не говорит об истинности посылок. Определение также сдвигает проблему значения к определяющим терминам, истинность которых гарантирует опыт. Термины и утверждения, которые можно непосредственно эмпирически проверить, получили название базисных.

Несмотря на методологическую ценность выделения эмпирического и теоретического, разделить эти два уровня в целостном процессе познания полностью невозможно, что показали неудачные попытки в рамках неопозитивизма. Вопросу соотношения эмпирического и теоретического уровней исследования посвящено замечание А. Эйнштейна: «...но с принципиальной точки зрения желание строить теорию только на наблюдаемых величинах совершенно нелепо. Потому что в действительности все ведь обстоит как раз наоборот. Только теория решает, что именно можно наблюдать. Видите ли, наблюдение, вообще говоря, есть очень сложная система. Подлежащий наблюдению процесс вызывает определенные изменения в нашей измерительной аппаратуре. Как следствие, в этой аппаратуре разворачиваются дальнейшие процессы, которые в конце концов косвенным путем воздействуют на чувственное восприятие и на фиксацию результата в нашем сознании»¹. Сложное перепле-

¹ *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. С. 191–192.

тение эмпирического и теоретического уровней познания особенно характерно для наиболее продвинутых областей экспериментальной и теоретической физики.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова структура научного познания?
2. Как соотносятся эмпирический и теоретический уровни познания?
3. Чем отличается гипотеза от теории?
4. Какова роль научных понятий и терминов?
5. Что такое эмпирическое обобщение, гипотеза, теория, следствие?
6. Что такое верификация и фальсификация?

Тестовые задания

1. Фальсификация в науке означает:
 - 1) ложные направления и теории;
 - 2) метод опровержения теорий;
 - 3) заведомый обман научной общественности;
 - 4) подтасовку научных данных.
2. Научный факт отличается от эмпирического тем, что:
 - 1) он воспроизводим в любом месте в любое время любым человеком;
 - 2) он нуждается в повторении;
 - 3) эмпирический факт есть результат непосредственных ощущений органов чувств, а научный может быть получен только с помощью приборов;
 - 4) научный факт получают в результате экспериментов.
3. Верификация — это:
 - 1) сравнение;
 - 2) опровержение;
 - 3) подтверждение;
 - 4) замена теории.
4. Эмпирическое обобщение — это:
 - 1) несколько фактов;
 - 2) все, что входит в практику науки;
 - 3) обобщение научных фактов;
 - 4) все главные эксперименты данной науки.

Литература

1. Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983.
2. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989.
3. Структура и развитие науки. М., 1978.

Глава 5

МЕТОДЫ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

5.1. Специфика методологии естественно-научного познания

Структура научного исследования, описанная выше, представляет собой в широком смысле способ научного познания, или научный метод как таковой. *Метод* — это совокупность действий, призванных помочь достижению желаемого результата. Первым на значение метода в Новое время указал французский математик и философ Р. Декарт в работе «Рассуждения о методе». Но еще ранее один из основателей эмпирической науки Ф. Бэкон сравнил метод познания с циркулем. Способности людей различны, и для того чтобы всегда добиваться успеха, требуется инструмент, который уравнивал бы шансы и давал возможность каждому получить нужный результат. Таким инструментом и служит научный метод.

А. Пуанкаре справедливо подчеркивал, что ученый должен уметь делать выбор фактов. «Метод — это, собственно, и есть выбор фактов; и прежде всего, следовательно, нужно озаботиться изобретением метода»¹. Метод не только уравнивает способности людей, но также делает их деятельность единообразной, что служит предпосылкой для получения единообразных результатов всеми исследователями.

Современная наука основывается на определенной методологии — совокупности используемых методов и учений о методе — и обязана ей очень многим. В то же время каждая наука имеет не только свой особый предмет исследования, но и специфический метод, имманентный предмету.

¹ Пуанкаре А. О науке. С. 291.

Единство предмета и метода познания обосновал немецкий философ Г. Гегель.

Следует четко представлять различия между методологиями естественно-научного и гуманитарного познания, вытекающими из различия их предмета. В методологии естественных наук обычно не учитывают индивидуальность предмета, поскольку его становление произошло давно и находится вне внимания исследователя. Замечают только изменение. В истории же наблюдают самое становление предмета в его индивидуальной полноте.

Социальное познание дает саморазрушающийся результат в том смысле, что познание изменяет саму социальную реальность («Знание законов биржи разрушает эти законы», — говорил основатель кибернетики Н. Винер). Если в естественно-научном познании все единичные факторы равнозначны, то в социальном познании это не так. Поэтому методология гуманитарного познания должна не только обобщать факты, но и принимать во внимание индивидуальные факты большого значения. Именно из них проистекает и ими объясняется объективный процесс.

«В гуманитарно-научном методе заключается постоянное взаимодействие переживания и понятия», — утверждал В. Дильтей в статье «Сущность философии». Переживание столь важно в гуманитарном познании именно потому, что сами понятия и общие закономерности исторического процесса производны от первоначального индивидуального переживания ситуации. Исходный пункт гуманитарного исследования индивидуален (у каждого человека свое бытие), стало быть, метод тоже должен быть индивидуален, что не противоречит, конечно, целесообразности частичного пользования в гуманитарном познании приемами, выработанными другими учеными (метод как циркуль в понимании Ф. Бэкона). В последующих главах мы покажем, что в современной науке намечается тенденция к сближению естественно-научной и гуманитарной методологии, но все же различия, причем принципиальные, пока остаются.

5.2. Классификация методов

Научный метод как таковой подразделяется на методы, используемые на каждом уровне исследований. Выделяются, таким образом, эмпирические и теоретические методы.

К эмпирическим методам относятся:

- ✓ наблюдение — целенаправленное восприятие явлений объективной действительности;
- ✓ описание — фиксация средствами естественного или искусственного языка сведений об объектах;
- ✓ измерение — количественная характеристика свойств объектов;
- ✓ сравнение — сопоставление объектов по каким-либо сходным свойствам или сторонам;
- ✓ эксперимент — исследование в специально создаваемых и контролируемых условиях, что позволяет восстановить ход явления при повторении условий.

К теоретическим методам относятся:

- ✓ формализация — построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности;
- ✓ аксиоматизация — построение теорий на основе аксиом (утверждений, доказательства истинности которых не требуется);
- ✓ гипотетико-дедуктивный метод — создание системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах.

Другой принцип классификации — сфера использования метода: применение во всех отраслях человеческой деятельности; применение во всех областях науки; применение в отдельных разделах науки. Соответственно получаем *всеобщие, общенаучные* и *конкретно-научные* методы.

Ко всеобщим методам относятся:

- ✓ анализ — расчленение целостного предмета на составные части (стороны, признаки, свойства или отношения) с целью их всестороннего изучения;
- ✓ синтез — соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое;
- ✓ абстрагирование — отвлечение от несущественных для данного исследования свойств и отношений изучаемого явления с одновременным выделением интересующих свойств и отношений;
- ✓ обобщение — прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов;
- ✓ индукция — метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок;

✓ дедукция — способ рассуждения, посредством которого из общих посылок следует заключение частного характера;

✓ аналогия — прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках делают заключения об их сходстве в других признаках;

✓ моделирование — изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (модели), замещающей оригинал с определенных сторон, интересующих исследователя;

✓ классификация — разделение всех изучаемых предметов на отдельные группы в соответствии с каким-либо важным для исследователя признаком (особенно часто используется в описательных науках: многих разделах биологии, геологии, географии, кристаллографии и т.п.).

Примером общенаучных методов служат научные наблюдения и научный эксперимент, о которых шла речь в предыдущей главе, а конкретно-научных, которых множество в каждой науке, — известная всем из школьного курса химии «лакмусовая бумажка».

Большое значение в современной науке приобрели статистические методы, позволяющие определять средние значения, характеризующие всю совокупность изучаемых предметов. «Применяя статистический метод, мы не можем предсказать поведение отдельного индивидуума совокупности. Мы можем только предсказать вероятность того, что он будет вести себя некоторым определенным образом... Статистические законы можно применять только к большим совокупностям, но не к отдельным индивидуумам, образующим эти совокупности»¹.

Статистические методы назвали так потому, что они впервые стали применяться в статистике. В противоположность им все другие методы получили название динамических.

Характерной особенностью современного естествознания является также то, что методы исследования все в большей степени влияют на его результат (так называемая «проблема прибора» в квантовой механике).

Следует различать методологию науки как учение о методах и методику как описание применения конкретных методов исследования.

¹ *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. С. 231.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается методология естественно-научного познания от методологии гуманитарного познания?
2. Чем отличаются эмпирические методы от теоретических?
3. Чем отличается наблюдение от эксперимента?
4. Что такое модель и модельный эксперимент?
5. Что такое мысленный эксперимент и зачем он нужен в науке?
6. Что является критерием разделения методов на всеобщие, общенаучные и конкретно-научные?

Тестовые задания

1. Эксперимент как метод науки впервые появился:
 - 1) в Древней Греции;
 - 2) в Китае в VII в.;
 - 3) в Персии в X в.;
 - 4) в Западной Европе XVI–XVII вв.
2. Афоризмом «Метод — это циркуль» Ф. Бэкон хотел сказать, что:
 - 1) метод ограничивает возможность выбора объектов;
 - 2) он уравнивает возможности исследователей;
 - 3) он направляет работу ученого;
 - 4) он защищает от неправильного выбора.
3. Что означает фраза Н. Винера: «Знание законов биржи разрушает биржу»?
 - 1) субъективность гуманитарных законов;
 - 2) плохую работу биржи;
 - 3) гуманитарное познание может изменять мир;
 - 4) зависимость законов от времени.
4. Как вы понимаете фразу А. Пуанкаре, что «в науке интерес представляют лишь исключения»?
 - 1) исключения становятся основой новых гипотез и теорий;
 - 2) ученых к новым необычным фактам толкает любопытство;
 - 3) ученые — оригиналы, поэтому и ценят все новое;
 - 4) они расширяют сферу познавательных возможностей науки.

Литература

1. Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983.
2. Пуанкаре А. О науке. М., 1983.
3. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М., 1965.

Глава 6

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И НАУЧНЫЕ РЕВОЛЮЦИИ

6.1. Становление науки

Наука в ее современном понимании — принципиально новый фактор в истории человечества, возникший в недрах новоевропейской цивилизации в XVI—XVII вв.

Немецкий философ К. Ясперс говорит о двух этапах становления науки. Этап первый: «становление логически и методически осознанной науки — греческая наука и параллельно зачатки научного познания мира в Китае и Индии»; этап второй: «возникновение современной науки, вырастающей с конца Средневековья, решительно утверждающейся с XVII в.» и развертывающейся во всей своей широте с XIX в.¹

Именно в XVII в. произошло то, что дало основания говорить о научной революции: радикальная смена основных компонентов содержательной структуры науки, выдвижение новых принципов познания, категорий и методов.

Социальным стимулом развития науки стало растущее капиталистическое производство, которое требовало новых природных ресурсов и машин. Для осуществления этих потребностей и понадобилась наука в качестве производительной силы общества. Тогда же были сформулированы и новые цели науки, которые существенно отличались от тех, на которые ориентировались ученые древности.

Греческая наука была умозрительным исследованием (само слово «теория» буквально в переводе с греческого означает «углубленное видение»), мало связанным с практическими задачами. В этом Древняя Греция и не нуждалась,

¹ Ясперс К. Смысл и назначение истории. С. 100.

поскольку все тяжелые работы выполняли рабы. Ориентация на практическое использование научных результатов считалась не только излишней, но даже неприличной, и такая наука признавалась низменной.

Только в XVII в. наука стала рассматриваться в качестве способа увеличения благосостояния населения и обеспечения господства человека над природой. Р. Декарт писал: «Возможно вместо спекулятивной философии, которая лишь задним числом понятийно расчленяет заранее данную истину, найти такую, которая непосредственно приступает к сущему и наступает на него, с тем, чтобы мы добыли познания о силе и действиях огня, воды, воздуха, звезд, небесного свода и всех прочих окружающих нас тел, причем это познание (элементов, стихий) будет таким же точным, как наше знание разнообразных видов деятельности наших ремесленников. Затем мы таким же путем сможем реализовать и применить эти познания для всех целей, для которых они пригодны, и таким образом эти познания (эти новые способы представления) сделают нас хозяевами и обладателями природы»¹.

Современник Р. Декарта Ф. Бэкон, также много сил потративший для обоснования необходимости развития науки как средства покорения природы, выдвинул знаменитый афоризм: «Знание — сила». Ф. Бэкон пропагандировал эксперимент как главный метод научного исследования, нацеленный на то, чтобы пытаться мать-природу. Именно пытаться. Определяя задачи экспериментального исследования, Ф. Бэкон использовал слово «inquisition», имеющее вполне определенный ряд значений — от «расследование», «следствие» до «пытка», «мучение». С помощью такой научной инквизиции раскрывались тайны природы (сравните русское слово «естествоиспытатель»).

Стиль мышления в науке с тех пор характеризуется следующими двумя чертами: опорой на эксперимент, поставивший и проверяющий результаты; господство аналитического подхода, направляющего мышление на поиск простейших, далее неразложимых первоэлементов реальности (редукционизм).

Благодаря соединению этих двух основ возникло причудливое сочетание рационализма и эмпиризма, предопределившее грандиозный успех науки. Отметим как далеко

¹ Декарт Р. Рассуждения о методе. Избр. произв. М., 1950. С. 305.

не случайное обстоятельство, что наука возникла не только в определенное время, но и в определенном месте — в Европе XVI в.

Причина возникновения науки — своеобразный тип новоевропейской культуры, соединившей в себе чувственность с рациональностью; чувственность, не дошедшую, как, скажем, в китайской культуре, до чувствительности, и рациональность, не дошедшую до духовности (как у древних греков). Никогда ранее в истории культуры не встречавшееся причудливое *сочетание особой чувственности с особой рациональностью и породило науку как феномен западной культуры.*

Западную культуру не зря называли рациональной, и ее не похожая на греческую рациональность оказалась очень хорошо увязана с капиталистическим строем. Она позволила все богатство мира свести в однозначно детерминированную систему, обеспечивающую за счет разделения труда и технических нововведений (тоже следствия рационализма) максимальную прибыль. Но у выдающегося социолога XX в. П. Сорокина были основания и для того, чтобы назвать западную культуру чувственной, поскольку она старалась прочно опираться на опыт. Обе черты западной культуры понадобились для развития науки вместе с еще одной, также для нее характерной. «В греческом мышлении ответ на поставленный вопрос дается в результате убеждения в его приемлемости, в современном — посредством опытов и прогрессирующего наблюдения. В мышлении древних уже простое размышление называется исследованием, в современном — исследование должно быть деятельностью»¹.

В науке нашла свое выражение еще одна специфическая черта западной культуры — ее деятельностная направленность. Деятельностной направленности ума благоприятствовал умеренно-континентальный климат данного региона. Таким образом, объединилось влияние природных, социальных и духовных факторов.

Итак, если теперь попытаться дать общее определение науки, то оно будет выглядеть так: **наука — это особый рациональный способ познания мира, основанный на эмпирической проверке или математическом доказательстве.** Возникнув после философии и религии, наука в определенной степени синтез этих двух предшествовавших ей отраслей культуры, результат «существовавшей в средние века

¹ Ясперс К. Смысл и назначение истории. С. 104.

непререкаемой веры в рациональность Бога, сочетающего личную энергию Иеговы с рациональностью греческого философа»¹.

6.2. Эволюция науки

Взаимоотношения науки с другими отраслями культуры не были безоблачными. Борьба за духовное лидерство принимала довольно жесткие, порой жестокие формы. В Средние века политическая и с нею духовная власть принадлежала религии, и это накладывало отпечаток на развитие науки. Вот что писал русский историк и философ Н. И. Кареев о взаимоотношении науки и религии в то время: «На человеческую мысль была наложена церковью самая строгая опека: занятие наукой и ее преподавание поручалось только церковникам, за которыми, однако, власти бдительно следили... Церковь считала себя вправе силою приводить человека к истине и предавать его светской власти для казни “без пролития крови”, если он упорствовал... Крайний аскетический взгляд на знание приводил даже к отрицанию какой бы то ни было науки как суетного знания, ведущего к гибели»².

Наука в основном должна была служить иллюстрацией и доказательством теологических истин. Как писал Дж. Бернал, «вплоть до XVIII в. наука продолжала интересоваться главным образом небом»³. Первой наукой стала астрономия. Но именно изучение неба и привело к последующему могуществу науки. Начиная с Коперника стало ясно, что наука не то, что теология и обыденное знание. Борьба между наукой и религией вступила в решающую стадию. За торжество научного мировоззрения отдал жизнь Джордано Бруно, так когда-то за торжество философии и религии пожертвовали собой Сократ и Христос.

И вот парадокс. В начале IV в. до н.э. приговорили к смерти и заставили выпить чашу с ядом Сократа, и в том же веке философия победила, появились школы учеников Сократа и платоновская академия. В I в. распяли Христа, и в том же веке его ученики создали церковь, которая через два века победила философию. В 1600 г. сожгли Дж. Бруно,

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. С. 92.

² Кареев Н. И. Философия культуры и социальной истории нового времени. СПб., 1893. С. 65.

³ Бернал Дж. Роль науки в жизни общества. М., 1957.

и в том же веке наука победила религию. Торжество смерти оборачивалось торжеством духа, который оказывался сильнее смерти. Физическая власть утверждается насилем, духовная — жертвой.

Итак, культура развивается не только эволюционным путем накопления отдельных достижений, но и революционным путем смены значения ее отраслей. Программа Сократа достичь всеобщего блага посредством философского знания оказалась нереализованной и пала под давлением античного скептицизма. Люди поверили Христу и полтора тысячелетия ждали второго пришествия, но дождались индугенций для богатых и костров инквизиции.

В эпоху Возрождения господство религиозного мышления и церкви было подорвано как изнутри, так и снаружи. Философские и религиозные усилия по созданию общезначимых знания и веры, приносящих людям счастье, не оправдались, но потребность в систематизации и единстве знаний и счастье осталась, и теперь наука дала надежды на ее реализацию.

Произошел великий поворот в развитии культуры: наука поднялась на ее высшую ступень. В современном виде наука сформировалась в XVI—XVII вв. и тогда же ей удалось одержать победу над другими отраслями культуры, и прежде всего над господствовавшей в то время религией. Наука победила в XVII в. все другие отрасли культуры и сохраняла доминирующую роль до XX в. Своей победой она обязана прежде всего естествознанию, которое лежит в фундаменте научного знания.

С тех пор значение науки неуклонно возрастало вплоть до XX в., и вера в науку поддерживалась ее огромными достижениями. В середине XX в. в результате растущей связи науки с техникой произошло событие, равное по масштабу научной революции XVII в., получившее название научно-технической революции и знаменовавшее новый, третий этап в развитии научного знания.

6.3. Внутренняя логика и динамика развития естествознания

Развитие науки определяется внешними и внутренними факторами. К первым относится влияние государства, экономических, культурных, национальных параметров, цен-

ностных установок ученых. Вторые определяют и определяются внутренней логикой и динамикой развития науки. Не всегда первые можно четко отделить от вторых, и тем не менее данное разделение полезно.

Внутренняя динамика развития науки имеет свои особенности на каждом из уровней исследования. *Эмпирическому уровню присущ кумулятивный характер* (кумулятировать значит суммировать, накапливать; в русском языке есть слова «аккумулятор», «аккумулятор»), поскольку даже отрицательный результат наблюдения или эксперимента вносит свой вклад в накопление знаний. *Теоретический уровень отличается более скачкообразным характером*, так как каждая новая теория представляет собой качественное преобразование системы знания. Новая теория, пришедшая на смену старой, не отрицает ее полностью (хотя в истории науки имели место случаи, когда приходилось отказываться от ложных концепций теплорода, электрической жидкости и т.п.), но чаще ограничивает сферу ее применимости, что позволяет говорить о соответствии в развитии теоретического знания. Это выражается в принципе соответствия, по которому старое знание соотносится с новым.

Вопрос о смене научных концепций — один из наиболее злободневных в современной методологии науки. В первой половине XX в. основной структурной единицей исследования признавалась теория, и вопрос о ее смене ставился в зависимости от ее верификации (эмпирического подтверждения) или фальсификации (эмпирического опровержения). Главной методологической проблемой считалась проблема сведения теоретического уровня исследований к эмпирическому, что в конечном счете оказалось невозможным.

В начале 1960-х гг. американский ученый Т. Кун выдвинул концепцию, в соответствии с которой теория до тех пор остается принятой научным сообществом, пока не подвергается сомнению основная парадигма (установка, образ) научного исследования в данной области. Динамика науки была представлена Т. Куном следующим образом: старая парадигма ® нормальная стадия развития науки ® революция в науке ® новая парадигма.

Итак, пока совокупность основных теоретических представлений в данной науке не меняется, мы имеем дело с нормальной наукой. Если они изменились, то значит произошла *научная революция* в данной отрасли знания. Следует отличать научную революцию от научно-технической

революции. Научных революций может быть несколько в каждой из наук, и научная революция предполагает кардинальное изменение только внутри науки как отрасли культуры.

Парадигмальная концепция развития научного знания затем была конкретизирована с помощью понятия «исследовательская программа» как структурной единицы более высокого порядка, чем отдельная теория. *В рамках исследовательской программы и обсуждается вопрос об истинности научных теорий.*

Еще более высокая структурная единица — естественно-научная картина мира, которая объединяет в себе наиболее существенные естественно-научные представления эпохи.

6.4. Естественно-научная картина мира

«Первый шаг — создание из обыденной жизни картины мира — дело чистой науки», — писал выдающийся физик XX в. М. Планк. Исторически первой естественно-научной картиной мира Нового времени была механистическая картина, которая напоминала часы: любое событие однозначно определяется начальными условиями, задаваемыми (по крайней мере в принципе) абсолютно точно. В таком мире нет места случайности. В нем возможен «демон Лапласа» — существо, способное охватить всю совокупность данных о состоянии Вселенной в любой момент времени, могло бы не только точно предсказать будущее, но и до мельчайших подробностей восстановить прошлое.

Представление о Вселенной как о гигантской заводной игрушке преобладало в XVII—XVIII вв. Оно имело религиозную основу, поскольку сама наука вышла из недр христианства. Бог как рациональное существо создал рациональный в своей основе мир. И человек как рациональное существо, созданное Богом по своему образу и подобию, способен познать мир. Такова основа веры классической науки в себя и людей в науку. Ограничив значение религии, человек эпохи Возрождения продолжал мыслить религиозно. Механистическая картина мира предполагала Бога как часовщика и строителя Вселенной.

Механистическая картина мира основывалась на следующих принципах: связь теории с практикой; использование математики; эксперимент реальный и мысленный; крити-

ческий анализ и проверка данных; главный вопрос: «как?», а не «почему?»; нет «стрелы времени» (регулярность, детерминированность и обратимость траекторий).

Но в XIX в. термодинамика провозгласила парадоксальный вывод: «Если бы мир был гигантской машиной, то такая машина неизбежно должна была бы остановиться, так как запас полезной энергии рано или поздно был бы исчерпан». Затем теория эволюции Ч. Дарвина сдвинула интерес от физики в сторону биологии.

Главный результат современного естествознания, по В. Гейзенбергу, в том, что оно разрушило неподвижную систему понятий XIX в. и усилило интерес к античной предшественнице науки — философской рациональности Аристотеля. «Одним из главных источников аристотелевского мышления явилось наблюдение эмбрионального развития — высокоорганизованного процесса, в котором взаимосвязанные, хотя и внешне независимые события происходят, как бы подчиняясь единому глобальному плану. Подобно развивающемуся зародышу, вся аристотелевская природа построена на конечных причинах. Цель всякого изменения, если оно сообразно природе вещей, состоит в том, чтобы реализовать в каждом организме идеал его рациональной сущности. В этой сущности, которая в применении к живому есть в одно и то же время его окончательная, формальная и действующая причина, — ключ к пониманию природы... рождение современной науки — столкновение между последователями Аристотеля и Галилея — есть столкновение между двумя формами рациональности»¹.

Итак, можно выделить три картины мира: *сущностную, преднаучную, механистическую, эволюционную*. Современная естественно-научная картина мира основывается на принципе саморазвития. В этой картине присутствует человек и его мысль. Она эволюционна и необратима. В ней естественно-научное знание неразрывно связано с гуманитарным. Об этом мы будем подробно говорить в дальнейших разделах.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы этапы развития естествознания?
2. Как влияют на развитие науки внешние и внутренние факторы?

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. С. 83, 84.

3. Что такое «парадигма»?
4. В чем смысл понятия «научная революция»?
5. Что такое кумулятивность и преемственность в применении к научному знанию?
6. Что такое естественно-научная картина мира?

Тестовые задания

1. Причины возникновения науки в Западной Европе в Новое время заключаются в том, что:
 - 1) европейская культура соединяет в себе рациональность и чувственность;
 - 2) христианство стимулировало развитие определенного типа мышления;
 - 3) быстрое увеличение численности европейцев подталкивало развитие промышленной техники, а следом и науки;
 - 4) произошла случайность, наука могла возникнуть и на Востоке.
2. Когда могло возникнуть такое высказывание: «Книга природы написана языком математики»?
 - 1) в античности;
 - 2) в Новое время;
 - 3) в XX в.;
 - 4) в Средневековье.
3. Когда могла быть произнесена следующая фраза: ученый-астроном в ответ на вопрос великого человека: «Почему в Вашей концепции нет места для Бога?», сказал: «Я не нуждаюсь в этой гипотезе»?
 - 1) в античности;
 - 2) в Новое время;
 - 3) в XX в.;
 - 4) в Средневековье.
4. Динамика развития науки — это:
 - 1) накопление знаний;
 - 2) логика развития науки;
 - 3) чередование гипотез и теорий;
 - 4) нормальное развитие науки.

Литература

1. Кун Т. Структура научных революций. М., 1975.
2. Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. М., 1986.
3. Ясперс К. Смысл и назначение истории. М., 1994.

Раздел II
НАУКИ О НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Глава 7

СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ

Всякий, кто способен чувствовать, глядя на небо в ясную ночь, не может не спрашивать себя, откуда берутся звезды, куда они исчезают и что поддерживает порядок во Вселенной. Такого же рода вопросы мы задаем, изучая самоорганизующийся бесконечный мир человеческого организма и заглядывая в восприимчивые и испытующие человеческие глаза, постоянно стремящиеся преодолеть разрыв между двумя этими мирами.

Г. Селье

7.1. Проблема происхождения Вселенной

Во все времена люди хотели знать, как возник наш мир. Когда в культуре господствовали мифологические представления, происхождение мира объяснялось, как, скажем, в «Ведах», распадом первочеловека Пуруши. То, что это была общая мифологическая схема, подтверждается и русскими апокрифами, например, «Голубиной книгой». Победа христианства утвердила представления о сотворении Богом мира из «ничего».

С появлением науки в ее современном понимании на смену мифологическим и религиозным приходят научные представления о происхождении Вселенной. Следует разделять три близких термина: «бытие», «универсум» и «Вселенная». Первый философский и обозначает все существующее, (бытующее). Вторым употребляется и в философии, и в науке, (не имея специфической философской нагрузки в плане противопоставления бытия и сознания) и обозначает все как таковое. Значение термина «Вселенная» уже при-

обрело специфически научное звучание. Вселенная — место вселения человека, доступное эмпирическому наблюдению. Постепенное сужение научного значения термина «Вселенная» вполне понятно, так как естественное, в отличие от философии, имеет дело только с тем, что эмпирически проверяемо современными научными методами.

Вселенную в целом изучает космология, т.е. наука о космосе. Слово это тоже не случайно. Хотя сейчас космосом называют все, находящееся за пределами атмосферы Земли, не так было в Древней Греции. Космос тогда воспринимался как «порядок», «гармония», в противоположность хаосу — «беспорядку». Таким образом, космология, в основе своей, как и подобает науке, открывает упорядоченность нашего мира и нацелена на поиск законов его функционирования. Открытие этих законов и представляет собой цель изучения Вселенной как единого упорядоченного целого.

Это изучение зиждется на нескольких предпосылках. Во-первых, формулируемые физикой универсальные законы функционирования мира считаются действующими во всей Вселенной. Во-вторых, производимые астрономами наблюдения тоже признаются распространяемыми на всю Вселенную. И, в-третьих, истинными признаются только те выводы, которые не противоречат возможности существования самого наблюдателя, т.е. человека (так называемый *антропный принцип*).

Выводы космологии называются моделями происхождения и развития Вселенной. Почему моделями? Дело в том, что одним из основных принципов современного естествознания является представление о возможности проведения в любое время управляемого и воспроизводимого эксперимента над изучаемым объектом. Только если можно провести бесконечное в принципе количество экспериментов и все они приводят к одному результату, на основе этих экспериментов делают заключение о наличии закона, которому подчиняется функционирование данного объекта. Лишь в этом случае результат считается вполне достоверным с научной точки зрения.

Ко Вселенной в целом это методологическое правило остается неприменимым. Наука формулирует универсальные законы, а Вселенная уникальна. Это противоречие, которое требует считать все заключения о происхождении и развитии Вселенной не законами, а лишь моделями, т.е. возможными вариантами объяснения. Строго говоря, все

законы и научные теории являются моделями, поскольку они могут быть заменены в процессе развития науки другими концепциями, но модели Вселенной в большей степени модели, чем многие иные научные утверждения.

7.2. Модель расширяющейся Вселенной

Модель однородной изотропной нестационарной горячей расширяющейся Вселенной, построенная на основе общей теории относительности и релятивистской теории тяготения, созданной А. Эйнштейном в 1916 г., принята в настоящее время в космологии в качестве основной. В основе этой модели лежат два предположения: свойства Вселенной одинаковы во всех ее точках (однородность) и направлениях (изотропность); наилучшее известное описание гравитационного поля — уравнения Эйнштейна. Из этого следует так называемая кривизна пространства и связь кривизны с плотностью массы (энергии). Космология, основанная на этих постулатах, — *релятивистская*.

Важный признак данной модели — ее нестационарность. Это определяется двумя постулатами теории относительности: 1) принципом относительности, гласящим, что во всех инерционных системах все законы сохраняются вне зависимости от того, с какими скоростями равномерно и прямолинейно движутся эти системы друг относительно друга; 2) экспериментально подтвержденным постоянством скорости света.

Из теории относительности следовало, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться или сжиматься. Первым это заметил петербургский физик и математик А. А. Фридман в 1922 г. В 1922–1924 гг. он выдвинул гипотезу расширения Вселенной. Эмпирическим подтверждением этой гипотезы стало открытие американским астрономом Э. Хабблом в 1929 г. так называемого «красного смещения».

Астрономы изучают небесные тела по принимаемому от них излучению. Это излучение с помощью особых призм раскладывают, получая так называемый спектр, состоящий из семи основных цветов. Иногда мы видим на небе естественно образующийся спектр — радуго. Она появляется потому, что водяные капли разделяют солнечный луч на его составляющие. Ученые получают спектр искусственным

путем. Каждое тело имеет свой особый спектр, т.е. определенное соотношение между цветами. Изучая его, можно сделать вывод о составе тел, скорости и направлении их движения.

Красное смещение — это понижение частот электромагнитного излучения: в видимой части спектра линии смещаются к его красному концу. Согласно обнаруженному ранее эффекту Доплера при удалении от нас какого-либо источника колебаний, воспринимаемая частота колебаний уменьшается, а длина волны соответственно увеличивается. При излучении происходит «покраснение», т.е. линии спектра сдвигаются в сторону более длинных красных волн.

Облегчает обнаружение красного смещения то обстоятельство, что проходящий через какую-либо среду свет поглощается химическими элементами данной среды. Так как энергетические уровни, на которых находятся электроны, входящие в состав химических элементов, различны, то каждый химический элемент поглощает особую часть света, оставляя темные линии в спектре прошедшего через него луча. По поглощенной части спектра можно определить состав среды, через которую прошел свет, а также скорость движения испускающего свет объекта. Темные линии смещаются при удалении объекта от нас в сторону красной части спектра.

Так вот, для всех далеких источников света красное смещение было зафиксировано, причем чем дальше находился источник, тем в большей степени. Красное смещение оказалось пропорционально расстоянию до источника, что и подтверждало гипотезу об удалении их, т.е. о расширении Метагалактики видимой части Вселенной. Открытие красного смещения позволило сделать вывод о «разбегании» галактик и расширении Вселенной. Красное смещение надежно подтверждает теоретический вывод о нестационарности нашей Вселенной.

Если Вселенная расширяется, значит, она возникла в определенный момент времени. Как это произошло? Составной частью модели расширяющейся Вселенной является предположение о Большом взрыве, произошедшем примерно 13,7 плюс-минус 0,2 млрд лет назад. Автор модели Большого взрыва Г. А. Гамов, ученик А. А. Фридмана, а сам термин «Большой взрыв» принадлежит английскому астроному Ф. Хойлу. «Вначале был взрыв. Не такой взрыв, который знаком нам на Земле и который начинается из оп-

ределенного центра и затем распространяется, захватывая все больше и больше пространства, а взрыв, который произошёл одновременно везде, заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частица материи устремилась прочь от любой другой частицы»¹.

Начальное состояние Вселенной (так называемая точка сингулярности — от англ. «single» — единственный) характеризуется следующими свойствами: бесконечная плотность массы, пространство в виде точки и взрывное расширение. Модель Большого взрыва подтверждена открытием в 1965 г. реликтового излучения фотонов и нейтрино, образовавшихся на ранней стадии расширения Вселенной. Предсказание реликтового излучения было следствием модели Большого взрыва и расширяющейся Вселенной, а его обнаружение — подтверждением данного следствия. Слово «реликтовое» здесь не случайно — так и реликтовыми животными называют виды, появившиеся в древности и существующие до наших дней.

Возникает вопрос: из чего же образовалась Вселенная? В Библии утверждается, что Бог создал «все из ничего». После того, как в классической науке были сформулированы законы сохранения материи и энергии, некоторые философы предполагали, что под «ничем» имелся в виду первоначальный материальный хаос, упорядоченный Богом.

Как это ни удивительно, современная наука допускает, что все могло создаться из ничего. «Ничего» в научной терминологии называется *вакуумом*. Вакуум, который физика XIX в. считала пустотой, по современным научным представлениям является своеобразной формой материи, способной при определенных условиях «рождать» другие ее формы. Квантовая механика допускает, что вакуум может приходить в «возбужденное состояние», вследствие чего в нем может образоваться поле, а из него (что подтверждается современными физическими экспериментами) вещество.

Рождение Вселенной из «ничего» означает с современной научной точки зрения ее самопроизвольное возникновение из вакуума, когда в отсутствии частиц происходит спонтанное возникновение энергетического потенциала, т.е. поле как один из видов физической материи. Напряженность поля не имеет определенного значения (по «принципу неопределенности» Гейзенберга): поле постоянно испы-

¹ *Вейнберг С.* Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. М., 1981. С. 30.

тывает флуктуации, хотя среднее (наблюдаемое) значение напряженности равно нулю.

Благодаря флуктуациям, вакуум приобретает особые свойства. В вакууме «частицы непрерывно создаются из ничего, как флуктуации энергии, и затем разрушаются снова, но исчезают настолько быстро, что непосредственно никогда не могут наблюдаться. Такие частицы называют виртуальными»¹.

Флуктуация представляет собой появление виртуальных частиц, которые непрерывно рождаются и сразу же уничтожаются, но так же участвуют во взаимодействиях, как и реальные частицы. «Можно сказать, что каждая из сталкивающихся частиц окружена облаком виртуальных частиц. Когда частицы задевают друг друга краями своих облаков, виртуальные частицы превращаются в реальные»².

Итак, Вселенная могла образоваться из «ничего», т.е. из «возбужденного вакуума». Такая гипотеза, конечно, не является подтверждением искусственного творения мира. Все это могло произойти в соответствии с законами физики естественным путем, без вмешательства извне каких-либо идеальных существей. И в этом случае научные гипотезы не подтверждают и не опровергают религиозные догмы, которые лежат по ту сторону эмпирически подтверждаемого и опровергаемого естествознания.

На этом удивительное в современной физике не кончается. Отвечая на просьбу журналиста изложить суть теории относительности в одной фразе, А. Эйнштейн сказал: «Раньше полагали, что если бы из Вселенной исчезла вся материя, то пространство и время сохранились бы; теория относительности утверждает, что вместе с материей исчезли бы также пространство и время». Перенеся этот вывод на модель расширяющейся Вселенной, можно заключить, что до образования Вселенной (если наша Вселенная единственна) не было ни пространства, ни времени.

Отметим, что теория относительности соответствует двум разновидностям модели расширяющейся Вселенной. В первой из них кривизна пространства-времени отрицательна или в пределе равна нулю; в этом варианте все расстояния со временем неограниченно возрастают. Во второй разновидности модели кривизна положительна, простран-

¹ Лидсей Д. Э. Рождение Вселенной. С. 44–45.

² Черепашук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2007. С. 273.

ство конечно, и в этом случае расширение со временем заменяется сжатием. В обоих вариантах теория относительности согласуется с нынешним эмпирически подтвержденным расширением Вселенной.

Человеческий ум неизбежно задается вопросами: что же было тогда, когда не было ничего, и что находится за пределами расширения. Первый вопрос, очевидно, противоречив сам по себе, второй выходит за рамки конкретной науки. Астроном может сказать, что как ученый он не вправе отвечать на такие вопросы. Но поскольку они все же возникают, формулируются и возможные обоснования ответов, которые не столько научные, сколько натурфилософские.

Так, проводится различие между терминами «бесконечный» и «безграничный». Примером бесконечности, которая не безгранична, служит поверхность Земли: мы можем идти по ней бесконечно долго, но тем не менее она ограничена атмосферой сверху и земной корой снизу. Вселенная также может быть бесконечной, но ограниченной. С другой стороны, известна точка зрения, в соответствии с которой в материальном мире не может быть ничего бесконечного, потому что он развивается в виде конечных систем с петлями обратной связи, которыми эти системы создаются в процессе преобразования среды.

Оставим эти соображения натурфилософии, потому что в естествознании в конечном счете критерием истины являются не абстрактные мысли, а эмпирическая проверка гипотез.

Что происходило на начальных этапах эволюции Вселенной, получивших название Большого взрыва? Главенствующей в космологии является гипотеза постепенной эволюции физической материи и образования существующих физических сил из первоначальной единой суперсилы. Выделяют следующие этапы Большого взрыва: *инфляционный, суперструнный, этап великого объединения, электрослабый, кварковый, этап нуклеосинтеза.*

Когда возраст Вселенной был менее 10^{-43} с, произошло ее интенсивное расширение (раздувание), названное инфляцией (хорошо всем известное слово употреблено здесь в особом специфическом смысле). «... раздувание предлагает естественный механизм для создания больших пространственных размеров во Вселенной»¹.

¹ Лидсей Д. Э. Цит. соч. М., 2005. С. 119.

Что расширялось при отсутствии в пространстве материи? Само пространство, а именно три пространственных измерения (в целом пространственных измерений на ранних стадиях эволюции Вселенной и в настоящее время насчитывают до 10). Это *инфляционный этап*. «Когда раздувание закончилось, произошла огромная передача энергии. Энергия, которая управляла инфляционным расширением, преобразовалась в элементарные частицы и излучение, что закончилось драматическим увеличением температуры Вселенной»¹.

Когда возраст Вселенной достиг 10^{-43} с, появились первые материальные объекты, получившие название суперструн, поскольку по аналогии с обычными струнами они имеют длину и свойство колебаться. У струн нет толщины, а протяженность порядка 10^{-33} см. Это *суперструнный этап*. Предполагается, что колебания струн способны порождать все возможные частицы и физические поля. При этом «обычные» частицы и физические поля живут только в реальном мире с числом измерений $3+1$ (три пространственных плюс время). «Привлекательная особенность такой картины состоит в том, что она дает возможность рассматривать все частицы в виде одного и того же фундаментального объекта — суперструны... Характеристики суперструны, такие как растяжение и энергия колебаний, могут изменяться, и эти вариации проявляются как частицы с различными свойствами... Другая привлекательная особенность суперструнной теории состоит в том, что взаимодействия частиц естественно объясняются разрывом струны на части или соединением отдельных кусков вместе».²

На каждом последующем этапе по мере расширения Вселенной температура постепенно снижается, определяя протекающие физические процессы. Следующий этап назван *этапом великого объединения*, поскольку единая суперсила разбилась в начале его на силу гравитации и силу великого объединения. На данном этапе продолжились расширяться только три пространственных измерения, известные нам как длина, ширина и высота. Снижение температуры заставило струны сжаться, и они начали походить на точечные объекты, которые известны сегодня как элементарные частицы и античастицы. В этот период элементарные частицы

¹ Лидсей Д. Э. Рождение Вселенной. М., 2005. С. 160.

² Там же. С. 67.

обменивались частицами, ответственными за перенос силы великого объединения и были неразличимы между собой.

В возрасте Вселенной 10^{-35} с сила великого объединения расщепилась на сильную и электрослабую силы. Начался *электрослабый этап*. Элементарные частицы утратили способность взаимодействовать между собой посредством силы великого объединения и разделились на кварки и лептоны, но благодаря электрослабой силе взаимодействовали с излучением и были не отличимы от него.

В возрасте Вселенной 10^{-10} с произошло расщепление электрослабых сил на слабые и электромагнитные. Начался *кварковый этап*. В начале его в отсутствие электрослабой силы более влиятельной стала сильная сила, которая объединила кварки в протоны и нейтроны.

В возрасте Вселенной 10^{-4} с при температуре в миллиард градусов начался процесс образования ядер атомов водорода и гелия (нуклеосинтез). Соответственно этот *этап* получил название *нуклеосинтеза*. Полностью данный процесс был закончен в течение приблизительно трех минут.

В последующие 300000 лет Вселенная продолжила расширяться, а температура понизилась до 3000 градусов. Из ядер атомов и электронов стали образовываться атомы и началась *эра вещества*. Появление атомов может рассматриваться как окончание Большого взрыва.

На этапах возникновения вещества Вселенная состояла из плотной смеси элементарных частиц, находившихся в состоянии плазмы (нечто среднее между твердым и жидким состоянием). Плазма расширялась все больше и больше под действием взрывной волны. Соответственно, температура ее падала, и в результате менялся состав вещества: «... когда температура была выше 1 млрд градусов, электромагнитное излучение имело достаточно энергии, чтобы разрушить любые ядра, которые, возможно, возникали. Аналогично, если атом, так или иначе, сумел сформироваться, когда температура была более, чем три тысячи градусов, излучение вскоре сталкивалось с ним и выбивало электроны, делая их свободными. Ниже этой температуры энергия излучения была уже недостаточной для того, чтобы освободить электроны, и поэтому атомы выживали»¹.

Через 0,01 с после начала Большого взрыва во Вселенной появилась смесь легких ядер ($2/3$ водорода и $1/3$ гелия).

¹ Лидсей Д. Э. Рождение Вселенной. М., 2005. С. 77.

По своему химическому составу Вселенная и в настоящее время более чем на 90% состоит из водорода и гелия.

«Так как свободные заряженные частицы, способные взаимодействовать с основной частью излучения, отсутствовали, оно осталось, по существу, неискаженным при дальнейшем расширении Вселенной»¹. Поскольку атомы нейтральны, а фотоны, из которых состоит излучение, отрицательно заряжены, излучение отделилось от вещества, когда сформировались атомы. Обнаружение этого излучения, названного реликтовым, и стало решающим подтверждением модели Большого взрыва.

Что касается этапов Большого взрыва, то они ждут своей эмпирической проверки на современных мощных ускорителях типа Большого адронного коллайдера, на котором искусственно воссоздаются условия, существовавшие на ранних этапах эволюции Вселенной. Большой адронный коллайдер изучает взаимодействие элементарных частиц путем разгона их до энергии, при которой существенную роль играют и квантовые эффекты, и эффекты общей теории относительности. Более подробно об этом будет говориться в главах, посвященных развитию физики.

7.3. Эволюция и строение галактик

Вопрос об образовании и строении галактик — следующий важный вопрос происхождения Вселенной. Его изучает не только *космология* как наука о Вселенной — едином целом, но также и *космогония* (греч. гонос означает рождение) — область науки, в которой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем (различают галактическую, звездную, планетную космогонию).

Как образовались галактики и звезды? Плотность вещества во Вселенной была неодинакова в различных частях, и к областям большей плотности притягивалось вещество из соседних областей. Области высокой плотности становились, таким образом, еще плотнее. Формировались так называемые «острова» материи, которые начинали сжиматься из-за собственной гравитации. В пределах островов образовывались отдельные «мини-острова» с еще более высокой плотностью. Из первоначальных островов образова-

¹ Лидсей Д. Э. Рождение Вселенной. М., 2005. С. 78.

лись галактики, и из мини-островов — звезды. Процесс этот завершился в течение 1 млрд лет.

Галактики представляют собой гигантские скопления звезд и их систем, имеющие свой центр (ядро) и различную, не только сферическую, но часто спиралевидную, эллиптическую, сплюснутую или вообще неправильную форму. Галактик — миллиарды, и в каждой из них насчитываются миллиарды звезд.

Наша галактика называется *Млечный Путь*. Само слово галактика происходит от греч. «галактикос» — молочный. Так назвали потому, что скопление звезд напоминает белесое облако. Наша галактика относится к группе спиралевидных галактик и состоит из трех частей. 100 млрд звезд галактики сосредоточено в гигантском *диске* толщиной около 1500 световых лет, а диаметром приблизительно 100 тыс. световых лет. Движение звезд осуществляется по почти круговым орбитам вокруг центра галактики. На расстоянии около 30 тыс. световых лет от центра галактики в диске расположено Солнце. Вторую часть галактики составляет *сферическая подсистема*, в которой также около 100 млрд звезд. Но движутся они по сильно вытянутым орбитам, плоскости которых проходят через центр галактики. Диаметр сферической подсистемы близок к диаметру диска. Третья, внешняя, часть галактики называется *гало*. Размер ее в 10 раз больше размеров диска и состоит она из темного вещества, названного так потому, что в нем нет звезд и из него не исходит никакого света. Его нельзя увидеть, а узнали о нем по наличию тяготения. Масса темного вещества в гало в 10 раз больше суммарной массы всех звезд галактики.

Из чего состоит темное вещество — неясно. Предположений много: от элементарных частиц — до звезд-карликов. Космологическая среда в целом состоит из четырех компонентов: 1) темная энергия; 2) темное вещество; 3) барионы (обычное вещество); 4) излучение. Излучение включает в себя реликтовое (фотоны), нейтрино и антинейтрино.

Темная энергия (или космический вакуум) — «это такое состояние космической среды, которое обладает постоянной во времени и всюду одинаковой в пространстве плотностью — и притом в любой системе отсчета»¹. О физической природе темной энергии ничего не известно. Последние

¹ Черепашук А. М., Чернин А. Д. Цит. соч. С. 229.

наблюдения показывают, что 6–8 млрд лет назад замедляющееся расширение сменилось ускоренным. Причиной считают то, что ранее 6–8 млрд лет назад преобладало тяготение, а затем — антитяготение. Это служит аргументом в пользу наличия темной энергии. На космический вакуум приходится 67% всей энергии мира, на темное вещество — 30%, на обычное вещество — 3%¹.

Ближайшая к нашей галактика (которую световой луч достигает за 2 млн лет) — Туманность Андромеды. Она названа так потому, что именно в созвездии Андромеды в 1917 г. был открыт первый внегалактический объект. Его принадлежность к другой галактике была доказана в 1924 г. Э. Хабблом, нашедшим путем спектрального анализа в этом объекте звезды. Размеры Туманности Андромеды сравнимы с размерами нашей галактики. Позже были открыты другие галактики.

Галактики собраны в коллективы от нескольких единиц до тысяч — скопления галактик. Наше скопление называется *Местная группа* (ее размеры — 60 размеров Млечного Пути). Название галактик из Местной группы — Туманность Андромеды, Треугольник, Большое Магелланово Облако, Малое Магелланово Облако и т.д. Скопления сгруппированы в сверхскопления. В центре нашего сверхскопления — скопление Дева. Всего во Вселенной существуют сотни миллиардов галактик.

Галактики, скопления и сверхскопления распространены во Вселенной равномерно. Однородность галактик означает, что ни одна из них не является центром мира. В целом, на каждые 10 м пространства приходится 1 атом водорода. Компактные массивные сгущения в центральных частях галактик называются ядрами галактик.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основывается модель расширяющейся Вселенной?
2. Что такое однородность и изотропность Вселенной?
3. Что такое красное смещение?
4. В чем различие понятий: Вселенная, бытие, космос, Универсум?
5. Что такое точка сингулярности?
6. Что такое реликтовое излучение?

¹ Черепашук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2007. С. 233.

7. Каковы этапы Большого взрыва?
8. Как образовались галактики и звезды?
9. Из каких частей состоит наша галактика?
10. Что такое темное вещество и темная энергия?

Тестовые задания

1. Сингулярность это:
 - 1) черная дыра;
 - 2) сверхплотная материя;
 - 3) начальное состояние Вселенной, характеризующееся бесконечной плотностью массы и бесконечной кривизной;
 - 4) Большой взрыв.
2. Красное смещение — это:
 - 1) понижение частот электромагнитного излучения, идущего от звезд;
 - 2) излучение красных гигантов;
 - 3) изменение излучения, идущего от ядер галактик;
 - 4) особое излучение самых дальних звезд.
3. Принцип нестационарности Вселенной следует из:
 - 1) движения планет и звезд;
 - 2) расширения Вселенной;
 - 3) искривленности пространства;
 - 4) гипотезы о ее рождении.
4. Экспериментальным подтверждением модели Большого взрыва является:
 - 1) красное смещение;
 - 2) реликтовое излучение;
 - 3) эволюция звезд;
 - 4) точка сингулярности.

Литература

1. Вейнберг С. Первые три минуты. М., 1981.
2. Лидсей Дж.Э. Рождение Вселенной. М., 2005.
3. Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная. М., 1988.
4. Хойл Ф. Галактики, ядра и квазары. М., 1968.
5. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2007.

Глава 8

СОВРЕМЕННАЯ АСТРОФИЗИКА

8.1. Астрономия и космонавтика

Звезды изучает *астрономия* (от греч. «астрон» — звезда и «номос» — закон) — *наука о строении и развитии космических тел и их систем*. Эта классическая наука переживает в XX в. свою вторую молодость в связи с бурным развитием техники наблюдений основного своего метода исследований: телескопов-рефлекторов, приемников излучения (антенн) и т.п. В астрономии исследуются радиоволны, свет, инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское излучение и гамма-лучи. Астрономия делится на небесную механику, радиоастрономию, астрофизику и другие дисциплины.

Особое значение приобретает в настоящее время *астрофизика* — часть астрономии, изучающая физические и химические процессы, происходящие в небесных телах, их системах и в космическом пространстве. В отличие от физики, в основе которой лежит эксперимент, *астрофизика основывается главным образом на наблюдениях*. Но во многих случаях условия, в которых находится вещество в небесных телах и системах, отличаются от доступных современным лабораториям (сверхвысокие и сверхнизкие плотности, высокая температура и т.д.). Благодаря этому астрофизические исследования приводят к открытию новых физических закономерностей.

Собственное значение астрофизики определяется тем, что в настоящее время основное внимание в релятивистской космологии переносится на физику Вселенной — состояние вещества и физические процессы, идущие на разных, включая наиболее ранние, стадиях расширения Вселенной.

Один из основных методов астрофизики — спектральный анализ. Если пропустить луч белого солнечного света через

узкую щель, а затем сквозь стеклянную трехгранную призму, то он распадается на составляющие цвета, и на экране появится радужная цветовая полоска с постепенным переходом от красного к фиолетовому — непрерывный спектр. Красный конец спектра образован лучами, наименее отклоняющимися при прохождении через призму, фиолетовый — наиболее отклоняемыми. Каждому химическому элементу соответствуют вполне определенные спектральные линии, что и позволяет использовать данный метод для изучения веществ.

К сожалению, коротковолновые излучения — ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи — не проходят сквозь атмосферу Земли, и здесь на помощь астрономам приходит наука, которая до недавнего времени рассматривалась, прежде всего, как техническая, космонавтика (от греч. «наутике» — искусство кораблевождения), обеспечивающая освоение космоса для нужд человечества с использованием летательных аппаратов.

Космонавтика изучает проблемы: теории космических полетов — расчеты траекторий и т.д.; *научно-технические* — конструирование космических ракет, двигателей, бортовых систем управления, пусковых сооружений, автоматических станций и пилотируемых кораблей, научных приборов, наземных систем управления полетами, служб траекторных измерений, телеметрии; организация и снабжение орбитальных станций и др.; *медико-биологические* — создание бортовых систем жизнеобеспечения, компенсация неблагоприятных явлений в человеческом организме, связанных с перегрузкой, невесомостью, радиацией и др.

История космонавтики начинается с теоретических расчетов выхода человека в неземное пространство, которые дал К. Э. Циолковский в труде «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903 г.). Работы в области ракетной техники начаты в СССР в 1921 г., первые запуски ракет на жидком топливе осуществлены в США в 1926 г.

Основными вехами в истории космонавтики стали: запуск первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г., первый полет человека в космос 12 апреля 1961 г., лунная экспедиция в 1969 г., создание орбитальных пилотируемых станций на околоземной орбите, запуск космического корабля многоразового использования.

Работы велись параллельно в СССР и США, но в последние годы наметилось объединение усилий в области исследования космического пространства. В 1995 г. осуществлен совместный проект «Мир — Шаттл», в котором американские корабли «Шаттл» использовались для доставки космонавтов на российскую орбитальную станцию «Мир».

Возможность изучать на орбитальных станциях космическое излучение, задерживаемое атмосферой Земли, способствует существенному прогрессу в области астрофизики. Особенно много данных получено от находящегося на орбите космического телескопа «Хаббл».

Современным наблюдениям доступен объем мира с радиусом 10 млрд световых лет. Так как возраст Вселенной 13,7 млрд лет, а световой луч идет к Земле со скоростью света, то «... глядя на самые далекие из доступных наблюдениям источники света — гигантские галактики и квазары, мы видим, таким образом, Вселенную, какой она была около десяти миллиардов лет назад»¹.

8.2. Строение и эволюция звезд

Поэт спрашивал: «Послушайте! Ведь, если звезды зажигают, значит, это кому-нибудь нужно?». Мы знаем, что Солнце дает необходимую для нашего существования энергию. Водород, атом которого состоит из одного протона в ядре и одного электрона на его орбите, — самый простой «кирпичик», из которого в недрах звезд образуются в процессе атомных реакций более сложные атомы. Причем оказывается, что звезды совершенно не случайно имеют различную величину: чем больше масса звезды, тем более сложные атомы синтезируются в ее недрах.

Наше Солнце как обычная звезда производит только гелий из водорода, очень массивные звезды производят углерод — главный «кирпичик» живого вещества. Вот для чего нужны звезды. Земля производит все необходимые вещества для поддержания жизни человека. А для чего существует человек? На этот вопрос наука ответить не может, но она может заставить нас еще раз задуматься над ним. Если «зажигание» звезд кому-то нужно, то может и человек кому-то нужен? Научные данные помогают нам сформулировать

¹ Черепашук А.М., Чернин А.Д. Цит. соч. С. 26.

представление о нашем предназначении, о смысле нашей жизни. Обращаться при ответе на эти вопросы к эволюции Вселенной — значит мыслить космически. Естествознание учит мыслить космически, не отрываясь от реальности нашего бытия.

Существуют две основные концепции происхождения небесных тел. Первая основывается на небулярной модели образования Солнечной системы, выдвинутой в XVIII в. французским физиком и математиком П. Лапласом и развитой немецким философом И. Кантом. В соответствии с нею звезды и планеты образовались из рассеянного диффузного вещества (космической пыли) путем постепенного сжатия первоначальной туманности под действием сил гравитации.

Принятие модели Большого Взрыва и расширяющейся Вселенной существенным образом повлияло на модели образования небесных тел. Сейчас общепринято, что звезды происходят из «мини-островов», о которых говорилось в главе 7. Как только водородное облако становится звездой, выходящее из него излучение начинает противодействовать сжатию. «В процессе взаимодействия между веществом и излучением устанавливается равновесие; давление направленного наружу излучения точно уравновешивается давлением гравитации, создаваемой веществом. Это состояние чрезвычайно устойчиво, и дальнейшее сжатие звезды предотвращено до тех пор, пока в ее центре производится достаточное количество излучения. Размер звезд остается постоянным, пока происходит слияние водорода в гелий. Это равновесие объясняет, почему Солнце настолько устойчиво и не свертывается в себя или не взрывается»¹.

Модель расширяющейся Вселенной встретила с некоторыми трудностями обоснования, которые способствовали прогрессу астрономии. Разлетаясь после Большого Взрыва из точки с бесконечно большой плотностью, сгустки вещества должны слегка притормаживать друг друга силами взаимного притяжения, и скорость их должна падать. Но для торможения не хватает всей массы Вселенной. Из этого возражения родилась в 1939 г. гипотеза о наличии во Вселенной невидимых «черных дыр», которые хранят $\frac{9}{10}$ массы Вселенной (т.е. столько, сколько недостает). Дж. Уилер назвал их черными дырами, потому что они не излучают

¹ Лидсей Д.Э. Цит. соч. С 21, 22.

свет, а любой объект, приблизившийся к ним на слишком малое расстояние, никогда не возвращается назад.

Что представляют собой «черные дыры»? Если некоторая масса вещества оказывается в сравнительно небольшом объеме, критическом для данной массы, то под действием собственного тяготения такое вещество начинает неуклонно сжиматься. Быстрое гравитационное сжатие называется *гравитационным коллапсом*. В результате сжатия растет концентрация массы и наступает момент, когда сила тяготения на поверхности становится столь велика, что для ее преодоления надо развить скорость большую, чем скорость света, что невозможно по теории относительности. Поэтому «черная дыра» ничего не выпускает наружу и не отражает и, стало быть, ее невозможно обнаружить. Границей «черной дыры» является *горизонт событий*, находясь на котором можно еще не быть поглощенным ею. В «черной дыре» пространство искривляется, а время замедляется. Различают три возможных типа «черных дыр»: 1) образующиеся на поздних стадиях эволюции массивных звезд; 2) сверхмассивные «черные дыры» в ядрах галактик; 3) первичные «черные дыры», образовавшиеся на ранних стадиях развития Вселенной. Поскольку теоретически Вселенная может породить другие Вселенные из своих «черных дыр», появилась гипотеза множественности Вселенных (мультимира), которую в настоящее время невозможно эмпирически подтвердить или опровергнуть. Существует и гипотеза испарения «черных дыр», в результате которого она исчезает. Сами черные дыры еще не обнаружены, хотя астрономы ведут наблюдения над «кандидатами» в черные дыры.

Все небесные тела можно разделить на испускающие энергию звезды, и не испускающие — планеты, кометы, метеориты, космическую пыль. Промежуточное между звездой и планетой тело — коричневый карлик. В его недрах нет термоядерных реакций из-за низкой температуры, но он светится за счет гравитационного сжатия (интервал масс 0,01—0,008 массы Солнца). В 1995 г. у одной из звезд удалось открыть планету, вращающуюся вокруг нее. В настоящее время считается, что планетные системы существуют вокруг нескольких миллиардов звезд.

Энергия звезд генерируется в их недрах ядерными процессами при температурах, достигающих десятков миллионов градусов, что сопровождается выделением особых частиц огромной проникающей способности — нейтрино.

Звезды — это «фабрики» по производству химических элементов и источники света и жизни. Большинство звезд состоит из водорода и гелия, и в их недрах происходит термоядерная реакция превращения водорода в гелий, которая имела место и в течение Большого взрыва. Большие массивные звезды производят непрерывную цепочку термоядерных реакций превращения водорода в гелий, гелия в углерод, углерода в кислород и т.д., вплоть до элементов группы железа. Этот процесс происходил в недрах звезд миллиарды лет после Большого взрыва, в течение которого могли быть произведены только водород и гелий. Более тяжелые, чем водород и гелий, элементы синтезируются и при вспышках сверхновых звезд.

Звезды движутся вокруг центра галактики по сложным орбитам. Могут быть звезды, у которых меняются блеск и спектр, — переменные звезды (Кита) и нестационарные (молодые) звезды, а также звездные ассоциации, возраст которых не превышает 10 млн лет. Существуют очень крупные звезды — красные гиганты и сверхгиганты, и нейтронные звезды, масса которых близка к массе Солнца, но радиус составляет $1/50000$ от солнечного (10–20 км); они называются так, потому что состоят из огромного сгустка нейтронов. Нейтронные звезды образуются из звезд с определенной массой железных ядер на поздних стадиях их эволюции.

Когда горючее исчерпывается, звезда начинает коллапсировать. Электроны останавливают коллапс обычной звезды. В недрах более массивных звезд гравитационное давление уменьшает расстояние между частицами до такого, в пределах которого начинает действовать слабая сила. Протоны начинают объединяться с электронами, превращаясь в нейтроны. Последние предотвращают дальнейший коллапс. «Внешние области звезды выбрасываются во внешнее пространство, и огромное количество энергии освобождается в таком процессе. Яркость звезды увеличивается на много порядков. Когда смотря издали, звезда кажется взорвавшейся, и такое явление называют вспышкой *сверхновой*. Это то самое время, когда производятся самые тяжелые элементы из-за экстремальных температур, которые достигаются в этот период»¹. «Быстрое сжатие (коллапс) железного ядра звезды... приводит к образованию нейтронной звезды радиусом около 10 км и плотностью вещества, дос-

¹ Лидсей Д.Э. Цит. соч. С. 205.

тигающей сотен миллионов см^3 .¹ Энергия вращения преобразуется в направленное радиоизлучение, благодаря которому эти объекты были обнаружены в 1967 г. и названы пульсарами. *Пульсары* — *космические источники радио-оптического, рентгеновского и гамма-излучения*, приходящие на Землю в виде периодически повторяющихся всплесков. У радиопулсаров (быстро вращающихся нейтронных звезд) периоды импульсов 0,03—4 с, у рентгеновских пульсаров (двойных звезд, где к нейтронной звезде перетекает вещество от второй, обычной звезды) периоды составляют несколько секунд.

А в 1963 г. были открыты квазары (квазизвездные радиоисточники) — самые мощные источники радиоизлучения во Вселенной со светимостью в сотни раз большей светимости галактик и размерами в десятки раз меньшими их.

К интересным небесным телам, которым часто приписывалось сверхъестественное значение, относятся *кометы*. Под воздействием солнечного излучения из ядра кометы выделяются газы, образующие обширную голову кометы. Воздействие солнечного излучения и солнечного ветра обуславливает образование хвоста, иногда достигающего миллионов километров в длину. Выделяемые газы уходят в космическое пространство, вследствие чего при каждом приближении к Солнцу комета теряет значительную часть своей массы. В связи с этим кометы живут относительно недолго (тысячелетия и столетия).

Небо только кажется спокойным. В нем постоянно происходят катастрофы и рождаются новые и сверхновые звезды, во время вспышек которых светимость звезды возрастает в сотни тысяч раз. Эти взрывы характеризуют галактический пульс. Таким образом, помимо Большого взрыва есть еще и меньшие взрывы, в результате которых рождаются звезды.

В конце эволюционного цикла, когда все водородное горючее истрачено, звезда сжимается до бесконечной плотности (масса остается прежней). Обычная звезда превращается в «белого карлика» — звезду, имеющую относительно высокую поверхностную температуру (от 7 до 30 тыс. градусов) и низкую светимость, во много раз меньшую светимости Солнца.

Предполагается, что одной из стадий эволюции нейтронных звезд является образование новой и сверхновой

¹ Черепашук А.М., Чернин А.Д. Цит. соч. С. 71.

звезды, когда она увеличивается в объеме, сбрасывает свою газовую оболочку и в течение нескольких суток выделяет энергию, света, как миллиарды солнц. Затем, исчерпав ресурсы, звезда тускнеет.

Если звезда имела сверхкрупные размеры, то в конце ее эволюции частицы и лучи, едва покинув поверхность, тут же падают обратно из-за сил гравитации, т.е. образуется «черная дыра».

Процесс эволюции звезд представлен на рис 3.

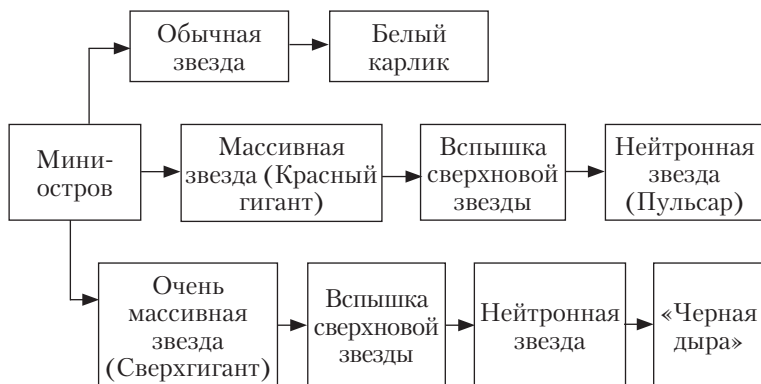


Рис.3. Эволюция звезд

Белые карлики и нейтронные звезды затем могут снова участвовать в процессе звездообразования. Наличие в спектре нашего Солнца следов углерода, кислорода и других элементов, которые не могли образоваться на самом Солнце, свидетельствует о том, что оно сформировалось из материала, некогда входившего в состав вырабатывавших тяжелые химические элементы звезд. Что касается «черных дыр», то помимо гипотезы образования из них новых вселенных, существует гипотеза об их постепенном испарении и последующем исчезновении. Через 30–50 млрд лет все звезды, как предполагается, погаснут, а материал для образования новых светил будет исчерпан. Но к этому моменту наша Вселенная может породить новую (или новые) вселенные.

8.3. Солнечная система и ее происхождение

Дж. Бруно в своем сочинении «О бесконечности, Вселенной и мирах», вышедшем в 1584 г., предположил, что

Солнце — лишь одна из великого множества звезд Вселенной. Это предвидение подтвердилось.

Солнце — плазменный шар (плотность $1,4 \text{ г/см}^3$), с температурой поверхности 6 тыс. градусов, в атмосфере которого — короне — происходят вспышки протуберанцы. На Солнце имеются пятна — участки с температурой 1—100 млн градусов, из которых под влиянием магнитного поля Солнца не вырывается свет до определенного момента, когда происходит взрыв и магнитное поле (магнитная буря) достигает Земли. Когда заряженные частицы Солнца проникают в полярные части Земли, их соединение с магнитным полем Земли приводит к свечению (полярное сияние). Излучение Солнца — солнечная активность имеет цикл 11 лет.

Источником солнечной энергии являются *термоядерные реакции превращения водорода в гелий*, о чем свидетельствует наличие этих элементов в солнечной хромосфере. Гелий обнаружили на Солнце в XIX в. и, так как его не было на Земле, назвали от имени Солнца — Гелиос. Первоначально Солнце состояло в основном из водорода, под действием гравитации он сжимался, температура увеличилась до 10 млн градусов, электроны покидали атомы и начались термоядерные реакции превращения водорода в гелий. На нынешнем Солнце эта реакция идет при температуре 15 млн градусов. Исходя из имеющихся запасов водорода в Солнце, оно будет существовать приблизительно еще 5 млрд лет. Первыми теоретические расчеты необходимой для ядерной реакции температуры произвел А. Эддингтон. Немецкий физик Г. Бете (Нобелевская премия 1967 г.) рассчитал реакции термоядерного синтеза гелия из водорода на Солнце, но прямых подтверждений пока нет, так как отсутствуют данные о внутреннем строении Солнца.

Скорость движения Солнца вокруг оси галактики 250 км/с. Солнечная система совершает один полный оборот вокруг галактического центра за 180 млн лет. Ближайшая к Солнцу звезда Проксима Центавра расположена на расстоянии 40 трлн км.

Возраст Солнечной системы, зафиксированный по древнейшим метеоритам, порядка 5 млрд лет. Общепринята гипотеза, по которой Земля и все планеты сконденсировались из космического облака, расположенного в окрестностях Солнца. На окраине нашей галактики взорвалась сверхновая звезда, и ее ядро врезалось в облако газа. Обломки сверхновой образовали планеты вокруг Солнца, а оно само

сформировалось в результате начавшихся термоядерных реакций. Предполагается, что частицы, из которых образовалось вещество солнечной системы, состояли из химического элемента железа с примесью никеля, либо из силикатов, в состав которых входит кремний. Газы тоже присутствовали и конденсировались, образуя органические соединения, в состав которых входит углерод. Затем образовались углеводороды и соединения азота.

Солнечная система состоит из планет: *Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна, Плутона*. Все планеты движутся в единой плоскости (за исключением Плутона) по почти круговым орбитам. То, что все планеты вращаются в одной плоскости, свидетельствует о том, что они образовались из одного диска. От центра до окраины Солнечной системы (до Плутона) 6 млрд км. Расстояние от Солнца до Земли около 150 млн км, что составляет 107 его диаметров.

Малые планеты, как и большинство спутников планет, не имеют атмосферы, так как сила тяготения на их поверхности недостаточна для удержания газов. В атмосфере Венеры преобладает углекислый газ, в атмосфере Юпитера — аммиак. На Луне и Марсе имеются кратеры вулканического происхождения. Луна находится от Земли на расстоянии 400 000 км.

В начале 1970-х годов была выдвинута гипотеза, что с Землей столкнулось какое-то небесное тело, и вылетевшие из нее расплавленные обломки затем соединились, образовав Луну. Эта гипотеза возникла потому, что собранный лунный грунт состоит из тех же пород того же возраста, что и земной, но расплавленных и без наличия воды.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему светят звезды?
2. Какие процессы происходят в недрах звезд?
3. Чем красные гиганты отличаются от обычных звезд?
4. Каковы основные концепции происхождения звездных систем?
5. Каковы основные концепции происхождения Солнечной системы?
6. Чем отличаются космология, космогония, астрономия, астрофизика, космонавтика?

Тестовые задания

1. Что рождается в недрах галактик?
 - 1) свет;
 - 2) тепло;
 - 3) водород;
 - 4) углерод.
2. Что такое «черные дыры»?
 - 1) места выделения энергии;
 - 2) места поглощения энергии;
 - 3) пустоты в космосе;
 - 4) образования с неизвестными свойствами.
3. Что служит строительным материалом в создании космических тел во Вселенной?
 - 1) кварки;
 - 2) элементарные частицы;
 - 3) атомы кислорода;
 - 4) газопылевые туманности.
4. Почему светит Солнце?
 - 1) потому что на Солнце бывают пожары;
 - 2) потому что на Солнце происходят химические реакции;
 - 3) потому что на Солнце тепло;
 - 4) потому что на Солнце происходят реакции термоядерного синтеза.

Литература

1. *Ходж П.* Революция в астрономии. М., 1972.
2. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.
3. *Шкловский И.С.* Звезды, их рождение, жизнь и смерть. М., 1975.
4. *Чрепащук А.М., Чернин А.Д.* Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2007.
5. *Лидсей Д.Э.* Рождение Вселенной. М., 2005.

Глава 9

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКИ О ЗЕМЛЕ

9.1. Эволюция и строение Земли

Земля, как и другие планеты Солнечной системы, образовалась из газопылевого облака, окружавшего Солнце, не более, чем через примерно 0,5 млрд лет после образования Солнца. Радиус Земли 6,3 тыс км. Масса 6^{21} тонн. Плотность 5,5 г/см³. Скорость вращения вокруг Солнца 30 км/с. Основными компонентами облака были водород, гелий, а также присутствовали более тяжелые химические элементы. Когда земной шар стал остывать, более тяжелые металлы, такие, как железо и никель, опустились в расплавленное ядро, а более легкие элементы, такие, как кремний, начали формировать земную кору.

Земля состоит из внутренних и внешних оболочек. Среди внутренних оболочек выделяют *мантию* и *внутреннее и внешнее ядро*. Внутреннее ядро твердое и состоит в основном из железа. Во внешнем ядре, жидком, наряду с железом присутствуют никель, кремний, сера и кислород. Выше ядра располагается мантия. Она составляет 70% массы Земли и делится на верхнюю и нижнюю. Верхняя мантия состоит из силикатов железа и магния, нижняя включает смесь окислов магния, кремния и железа. Мантия твердая, за исключением располагающейся в верхней мантии *астеносферы* (от греч. «астенес» — слабый) — относительно тонкого пластичного слоя, в котором зарождается магма. Выше астеносферы располагается *литосфера* (от греч. «литос» — камень), включающая в себя самую верхнюю часть мантии и земную кору.

Внешние оболочки Земли состоят из *земной коры*, *гидросферы* и *атмосферы*. Толщина земной коры 10–80 км. По химическому составу в земной коре преобладает кисло-

род, дальше следуют кремний, алюминий, железо. Земная кора делится на континентальную и океаническую, расположенную ниже уровня моря. Толщина океанической коры 7–10 км. Гидросфера покрывает основную долю земной поверхности. Она состоит из вод мирового океана (97% всей воды земли); из воды, испаряющейся с поверхности океанов и выпадающей в виде осадков на сушу, стекающей в ручьи и реки и опять впадающей в океан; из подземных вод, озер и рек; и из криосферы, включающей в себя всю замерзшую воду Земли в форме снега и льда.

В атмосфере Земли, вес которой 5 300 000 млрд тонн, преобладает азот и кислород. Атмосферу разделяют на *тропосферу* (до 9–17 км) — «фабрику погоды», *стратосферу* (до 55 км) «кладовую погоды», *ионосферу*, которая состоит из заряженных под воздействием излучений Солнца частиц, и *зону рассеивания*, располагающуюся на высоте 800–1000 км. Пояса радиации из частиц высоких энергий выше атмосферы предохраняют Землю от жестких космических лучей, губительных для всего живого.

Выделяют также *магнитосферу*, в которой действует магнитное поле Земли, ограничиваемое влиянием частиц солнечного ветра — газообразного вещества, состоящего из свободно движущихся ионов и электронов, вырабатываемого в солнечной атмосфере и выбрасываемого в солнечную систему. «Магнитное поле вокруг Земли сформировано вращением внутреннего ядра как твердого шара, различными течениями в жидком внешнем ядре и медленными течениями в мантии»¹.

Наука, изучающая строение и эволюцию Земли, называется геологией (от греч. «геос» — земной шар). Эта наука возникла в XVIII в., хотя данные о поверхности Земли и ее изменениях известны еще древнему миру.

В XIX в. в геологии сформировались две концепции развития Земли: 1) посредством скачков («теория катастроф» Ж. Кювье); 2) посредством небольших постоянных изменений в одном и том же направлении на протяжении миллионов лет, которые, суммируясь, приводили к огромным результатам («принцип униформизма» Ч. Лайелля).

Успехи физики XX в. способствовали существованию продвижению в познании истории Земли. В 1908 г. ирландский ученый Д. Джоли сделал сенсационный доклад о гео-

¹ Уильямс Л. Науки о Земле без тайн. М., 2009. С. 32.

логическом значении радиоактивности: количество тепла, испущенного радиоактивными элементами, вполне достаточно, чтобы объяснить существование расплавленной магмы и извержение вулканов, а также смещение континентов и горообразование. С его точки зрения, элемент материи — атом — имеет строго определенную длительность существования и неизбежно распадается. На свойстве радиоактивных элементов распадаться основано определение абсолютного возраста Земли и горных пород. В следующем 1909 г. русский ученый В.И. Вернадский основывает *геохимию* — науку об истории атомов Земли и ее физико-химической эволюции.

В соответствии с современными взглядами температура ядра Земли может быть низкой, а процессы в земной коре имеют радиоактивную природу. Сначала Земля была холодной. Атомы радиоактивных элементов, распаясь, выделяли тепло и недра разогревались. Это повлекло за собой выделение газов и водяных паров, которые, выходя на поверхность, положили начало образованию воздушной оболочки и океанов.

Все геологические процессы разделяют на *эндогенные*, связанные с внутренней динамикой Земли, и *экзогенные*, связанные с внешней динамикой Земли. К эндогенным процессам относят тектонические движения, землетрясения, вулканическую деятельность. Они вызываются эндогенными геодинамическими факторами, такими как распад радиоактивных химических элементов, движение литосферных плит, высокая температура, давление, вызываемое силой гравитации и т.д. Следствием эндогенной динамической активности являются разломы земной коры, вулканы — возвышенности из горячей магмы, покинувшей земную кору (лава), вулканический пепел, покрывающий Землю в результате извержения, вулканические жерла — трещины или отверстия, идущие от магматической камеры к поверхности, кратеры — чашеобразные впадины, центрируемые над жерлом вулкана, термальные источники, гейзеры и т.д.

К экзогенным геологическим факторам относят выветривание — разрушение горных пород под влиянием воды, ветра, льда (экзогенные геодинамические факторы). Следствием экзогенной геодинамической активности являются оползни, образование пещер, заболачивание и т.д.

Геология XX в. еще дальше продвинула представления об эволюции земного шара по мере получения новых данных о более древних пластах земной коры и более древних временах. Главный вывод об эволюции Земли соответствует тем результатам, к которым пришли в XX в. другие отрасли естествознания.

Горные породы, составляющие земную кору, делятся на осадочные, образовавшиеся в результате накопления осадков на дне водоемов; магматические, образовавшиеся в результате отвердевания расплавленных пород мантии; и метаморфические, представляющие собой вторично расплавленные и затвердевшие осадочные и магматические породы. Примерами этих типов пород будут соответственно известняк, гранит, мрамор.

Исследования показывают, что полюса на Земле менялись, и когда-то Антарктида была зеленым континентом. Вечная мерзлота образовалась 100 тыс. лет назад после Великого оледенения.

Современная геология выделяет в эволюции Земли три начальных этапа, которые занимают $\frac{7}{8}$ всей геологической истории (одно из названий этого периода — докембрий).

Первый из этих этапов — этап формирования нашей планеты, который занял промежуток от 3,9 до 4,5 млрд лет. Его можно назвать этапом возникновения Земли. В этот период возникли первичные гидросфера, атмосфера и литосфера. Земная атмосфера появилась в процессе вулканической деятельности, а водяные пары конденсировались в океане. Возраст земной коры 3,9 млрд лет. Границей этого этапа может служить появление живых организмов.

Второй этап — этап формирования современного лика Земли и появления первых живых организмов вплоть до фотосинтезирующих. Он занимает время приблизительно от 3,8 до 2,0 млрд лет. Этот этап можно назвать этапом возникновения жизни на Земле. Его граница — появление фотосинтеза. Резкое изменение состава атмосферы, превращение ее в кислородную произошло примерно 2 млрд лет назад и связано с эволюцией жизни.

Третий этап характеризуется широким распространением жизни на Земле. Этот этап продолжался от 2 млрд лет до периода, названного кембрием (около 570 млн лет назад). На этом этапе возникали континенты, от него дошли ледниковые отложения. В атмосфере появляется свободный кислород. Это этап возникновения современной биосферы.

Три последующих этапа «явной жизни» (так называемый фанерозой — от греч. «phaneros» — явный, «zoe» — жизнь) делятся соответственно на *палеозой* («древняя жизнь»), продолжавшийся 340 млн лет, *мезозой* («средняя жизнь»), продолжавшийся примерно 160 млн лет и *кайнозой* («новая жизнь») продолжительностью примерно 70 млн лет. Здесь речь идет скорее о биологической эволюции, о которой подробнее будем говорить ниже.

В палеозое, особенно в каменноугольном периоде, накапливались огромные запасы углей, которые обеспечили энергией промышленную революцию XVIII в. и служат до сих пор энергетической базой человечества.

В мезозое возникли огромные травоядные ящеры и питающиеся ими хищные динозавры. Их массовая и безвозвратная гибель примерно 65 млн лет назад, а также гибель обильной растительности, существовавшей в то время, — древовидных папоротников, плаунов и хвощей — знаменовала переход к кайнозою, в котором расцвели млекопитающие и другие, дошедшие до наших дней виды жизни.

Наконец, *последний период развития Земли* в несколько миллионов лет *связан с появлением человека и называется антропогеном* (от греч. «anthropos» + «genos» — породивший человека).

9.2. Тектоника литосферных плит

В 1915 г. немецкий геофизик А. Вегенер предположил, исходя из очертаний континентов, что в геологическом периоде — карбоне примерно 200 млн лет назад существовал единый массив суши, названный им Пангеей (от греч. — вся земля). Пангея раскололась на Лавразию и Гондвану, 135 млн лет назад Африка отделилась от Южной Америки, 85 млн лет назад Северная Америка отделилась от Европы.

Эта гипотеза противоречила господствовавшим в геологии представлениям о неподвижности континентов в истории Земли. Первоначально в поддержку данной гипотезы свидетельствовало только то, что если мы мысленно соединим ныне существующие континенты, то их очертания хорошо подойдут друг другу.

Решающим аргументом в пользу принятия данной концепции стало *эмпирическое обнаружение* в конце 1950-х гг. *расширения дна океанов* со скоростью несколько миллимет-

ров в год, что *послужило отправной точкой создания новой теории эволюции Земли — тектоники литосферных плит*. В соответствии с данной теорией литосфера разделена на плиты, нижние части которых погружены в жидкий расплав астеносферы. Плиты имеют толщину 75—250 км. Они движутся под влиянием глубинных конвективных потоков (движение обусловлено разностью давлений в различных точках — такова же природа образования ветров и циклонов), направленных вверх и в стороны и тянущих за собой плиты. Таким образом, движущей силой служит конвекция в мантии, а источником энергии — радиоактивный распад. Процессы ядерного распада как бы играют роль «мотора» эволюции Земли. Всего насчитывают 15—20 основных плит. Плиты перемещаются со скоростью до 20 см в год (в некоторых районах). На плитах жестко укреплены континенты, которые движутся вместе с плитами, меняя лик планеты. Столкновение плит вызывает горообразовательные процессы. Так, например, столкновение Евразийской плиты с Индо-Австралийской привело к образованию Тибета и Гималаев 40 млн лет назад. В пределах плит имеются сквозные разломы, и возникающие в связи с этим напряжения в горных породах приводят к землетрясениям. *Прогнозирование землетрясений представляет сейчас одну из главных задач геологии и геофизики*. На протяжении геологической истории Земли континенты неоднократно соединялись в единый континент, который вновь раскалывался. Суперконтинентальный цикл имеет период примерно в 500 млн лет.

Теорию литосферных плит подтверждают и биологические данные о распространении животных на нашей планете. Теория дрейфа континентов, основанная на тектонике литосферных плит, ныне общепринята в геологии. Она представляет собой научную революцию в геологии XX в., коренным образом изменившую представления об эволюции Земли. До создания тектоники литосферных плит считалось, что основные силы, вызывающие горообразовательные процессы, действуют вертикально; тектоника литосферных плит определила, что они горизонтальные. Хотя значение изменений представлений в геологии кажется не столь важным в сравнении с астрономией, на самом деле это можно назвать «коперниканским переворотом» в геологии.

Как мы увидим в дальнейшем, Земля — это «фабрика» по производству (причем безотходному) сложных соединений, минералов и живых тел.

9.3. Геофизика, геохимия, география

Первые две из названных наук достигли своего расцвета в XX в. и относятся к типу переходных наук, которых в XX в. появилось особенно много (как уже упоминавшаяся астрофизика).

Геофизика изучает физические процессы, происходящие в недрах и на поверхности Земли. Эта наука имеет как важное теоретическое, так и практическое значение. Первое связано с изучением внутреннего строения Земли, которое можно исследовать только особыми физическими методами, но не непосредственно. Существуют специфические методы геофизики: сейсмический, радиоактивный и т.д. Практическое значение геофизики определяется поисками полезных ископаемых, которые все труднее открыть традиционными методами — геологическим молотком и т.п.

Геохимия изучает химические процессы, происходящие в недрах и на поверхности Земли; распределение и перемещение химических элементов по лику Земли. Все планеты Солнечной системы построены в основном из небольшого количества химических элементов (около 30). Сложные органические соединения начинали возникать еще на последних ступенях остывания солнечной туманности. Процессы радиоактивного распада, поднимая температуру Земли, сделали возможным осуществление всех химических процессов, происходящих на ней.

Геохимические процессы, т.е. процессы круговорота химических элементов на поверхности и в недрах Земли (так называемые геохимические циклы), находились под влиянием развития жизни. Изучая эти процессы, В.И. Вернадский выяснил, что ключевую роль в их протекании играют все разновидности живого вещества, в том числе простейшие бактерии. Это дало начало еще одной науке — *биогеохимии, которая изучает влияние живого вещества на распределение химических элементов на Земле.*

География, в отличие от геофизики и геохимии, является одной из самых древних наук. Ее научный статус был не очень высок, что отражалось в самом названии (от греч. — описание земли). Географы занимались описанием прежде всего поверхности нашей планеты. В таком понимании значение данной науки должно было бы постепенно сойти на нет, поскольку поверхность Земли достаточно полно описана. Имеется в виду физическая география, поскольку эко-

номическая география принадлежит к числу гуманитарных наук. В XX в. предмет географии существенно изменился, что вдохнуло в нее новую жизнь. *География*, сохранив свое название, *перестала быть описательной наукой, превратившись в конструктивную науку о способах и путях преобразования лика Земли.*

Существуют также науки, которые изучают отдельные виды процессов или участки земной поверхности: *геоморфология* — наука о рельефе, *гидрология* — наука о гидросфере, *гидрогеология* — наука о подземных водах, *гляциология* — наука о льде и ледниках и т.п.

9.4. Эволюция климата

Еще в древнем мире люди знали, что погодные условия зависят от угла наклона солнечных лучей к земной поверхности. Само слово «климат» происходит от греч. «*klima*» — наклон. Угол наклона зависит от широты местности, от времени года и суток. Изменение климата может быть замечено только в масштабе десятилетий, тогда как погода меняется в течение года.

Одной из основных причин резкого изменения климата считают небольшие изменения земной орбиты и наклона земной оси. Климатологи установили, что климат периодически (примерно раз в 100 тыс. лет) существенно менялся и не в отдельных регионах, а на всей планете. Эти периодические изменения климата модифицируют лик нашей планеты. Эволюция климата соответствует периодическим изменениям поверхности Земли, движениям континентов и гидросферы. Только периодичность разная: не 500 млн лет, как в суперконтинентальном цикле, а 100 тыс. лет.

В настоящее время на эволюцию климата большое влияние оказывает человеческая деятельность. Так, содержание углекислого газа в атмосфере из-за сжигания ископаемого топлива увеличилось за последние 100 лет на 25%, что усиливает парниковый эффект и ведет к повышению температуры на поверхности Земли, которая выросла за двадцатое столетие на 0,5 градуса. Дальнейшее увеличение грозит непредсказуемыми последствиями для планеты.

Возможные катастрофические изменения климата, связанные с мировой термоядерной войной, могут привести к так называемой «ядерной зиме», когда дым от пожаров,

возникших при ядерных взрывах, может помешать доступу к земной поверхности солнечного света, что приведет к понижению температуры на 20–40 градусов и повлечет гибель человечества и высших животных.

9.5. Гея-гипотеза

Эта гипотеза возникла во второй половине XX в. на основе учения о биосфере, экологии и концепции коэволюции. Авторы ее — английский химик Д. Лавлок и американский микробиолог Л. Маргулис. Вначале была обнаружена химическая неравновесность атмосферы Земли, которая рассматривается как признак жизни. По мнению Лавлока, если жизнь представляет собой глобальную целостность, ее присутствие может быть обнаружено через изменение химического состава атмосферы планеты.

Лавлок ввел понятие геофизиологии, обозначающее системный подход к наукам о Земле. Согласно Гея-гипотезе, *сохранение длительной химической неравновесности атмосферы Земли обусловлено совокупностью жизненных процессов на Земле*. С начала жизни 3,5 млрд лет назад существовал механизм биологической автоматической термостатики, в котором избыток двуокси азота в атмосфере играл регулирующую роль, препятствуя тенденции потепления, связанной с возрастанием яркости солнечного света. Другими словами, действует механизм обратной связи (он будет подробно рассмотрен ниже).

Лавлок сконструировал модель, в соответствии с которой при изменении яркости потоков солнечного света растет разнообразие, ведущее к возрастанию способности регулировать температуру поверхности планеты, а также к росту биомассы.

Суть Гея-гипотезы: Земля является саморегулирующейся системой, созданной биотой и окружающей средой, способной сохранять химический состав атмосферы и тем самым поддерживать благоприятное для жизни постоянство климата. По Лавлоку, мы обитатели и часть квазиживой целостности, которая обладает способностью глобального гомеостаза, справляющегося с внешними влияниями в пределах своей способности к саморегуляции. Когда подобная система попадает в состояние стресса, близкого к границам саморегуляции, даже маленькое потрясение может толк-

нуть ее к переходу в новое стабильное состояние или даже полностью уничтожить.

В то же время «Гея» превращает даже вредные для себя элементы в необходимые и, видимо, может выжить даже после ядерной катастрофы. Эволюция биосферы, по Лавлоку, может быть процессом, который выходит за рамки полного понимания, контроля и даже участия человека.

Подходя к Гея-гипотезе с биологической позиций, Маргулис полагает, что жизнь на Земле представляет собой сеть взаимозависимых связей, позволяющих планете действовать как саморегулирующаяся и самопроизводящая система.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает геология?
2. Что такое тектоника литосферных плит?
3. Каково строение Земли?
4. Чем занимается геофизика и геохимия?
5. Чем занимается климатология?
6. Каковы основные особенности Гея-гипотезы?

Тестовые задания

1. Земля от Солнца по счету является:
 - 1) первой планетой;
 - 2) второй;
 - 3) третьей;
 - 4) девятой.
2. Геохимия изучает:
 - 1) геохимические процессы, происходящие в недрах и на поверхности Земли;
 - 2) геохимические процессы в атмосфере Земли;
 - 3) радиоактивное излучение Земли;
 - 4) химическую эволюцию Земли.
3. Гея-гипотеза — это:
 - 1) гипотеза о происхождении Земли;
 - 2) гипотеза об эволюции Земли;
 - 3) гипотеза о гомеостазе Земли;
 - 4) древний миф о Земле.
4. Гипотезу о движении литосферных плит впервые высказал:
 - 1) О.Ю. Шмидт;
 - 2) А. Вегенер;
 - 3) Ж. Кювье;
 - 4) Д. Хойл.

Литература

1. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы. Различные издания.
2. Мир вокруг нас. М., 1983.
3. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.
4. *Уильямс Л.* Науки о Земле без тайн. М., 2009.

Глава 10

ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

10.1. Физика и редукционизм

В трех последующих главах мы дадим как бы моментальную фотографию современного строения мира. Поможет нам одна из наиболее древних и фундаментальных наук — физика (от греч. «physike» — природа). Стало быть, *физика — наука о природе*. Физика — главная из естественных наук, поскольку она открывает истины о соотношении нескольких основных переменных, справедливые для всей Вселенной. Ее универсальность обратно пропорциональна количеству переменных, которые она вводит в свои формулы.

Как атомы и элементарные частицы — «кирпичики» мироздания, так законы физики — «кирпичики» познания. «Кирпичиками» познания законы физики выступают не только потому, что в них используются некоторые основные и универсальные переменные и постоянные, действующие во всей Вселенной, но также и потому, что в науке действует принцип редукционизма, согласно которому все законы развития сложных уровней реальности должны быть сводимы к законам более простых уровней.

Скажем, законы воспроизводства жизни в генетике раскрываются на молекулярном уровне как законы взаимодействия молекул ДНК и РНК. Согласованием законов различных областей материального мира занимаются специальные пограничные науки, такие как молекулярная биология, биофизика, биохимия, геофизика, геохимия и т.д. Очень часто новые науки образуются как раз на стыках традиционных дисциплин.

Относительно сферы применимости принципа редукционизма в методологии науки ведутся ожесточенные споры, но само объяснение как таковое всегда предполагает сведение объясняемого на более глубокий понятийный уровень. В этом смысле наука подтверждает свою рациональность.

Физики утверждают, что ни одно тело во Вселенной не может не подчиняться закону всемирного тяготения, а если его поведение противоречит данному закону, значит, вмешиваются другие закономерности. Самолет не падает на землю, космический корабль преодолевает земное тяготение за счет применения реактивного двигателя, точного расчета при конструировании, использования специальных видов топлива. Полет самолета, космического корабля не отрицает закона всемирного тяготения, а использует факторы, которые нейтрализуют его действие.

Можно отрицать философию, религию, мистику, и это признается нормальным. Но с подозрением посмотрят на человека, который выразит сомнение в справедливости закона всемирного тяготения. В этом смысле можно сказать, что законы физики лежат в основании научного постижения действительности.

10.2. Физика и наглядность

Два обстоятельства мешают понять современную физику: 1) применение сложнейшего математического аппарата, который надо предварительно изучить (А. Эйнштейн сделал попытку преодолеть эту трудность, написав учебник, в котором нет ни одной формулы); 2) невозможность создать наглядную модель современных физических представлений (искривленное пространство; частицу, одновременно являющуюся волной, и т.д.).

Прогресс физики (и науки в целом) связан с постепенным отказом от непосредственной наглядности. Как будто такой вывод должен противоречить тому, что современная наука, и физика прежде всего, основывается на эксперименте, т.е. эмпирическом опыте, который проходит при контролируемых человеком условиях и может быть воспроизведен в любое время любое число раз. Но дело в том, что некоторые стороны реальности незаметны для поверхностного наблюдения и наглядность может ввести в заблуждение. Ме-

ханика Аристотеля покоилась на принципе: «Движущееся тело останавливается, если сила прекращает свое действие на него». Он казался соответствующим реальности просто потому, что не замечалось, что причиной остановки тела является трение. Для того чтобы сделать правильный вывод, потребовался эксперимент, который был не реальным, невозможным в данном случае, а идеальным.

Такой эксперимент провел великий итальянский ученый Г. Галилей, автор «Диалога о двух главнейших системах мира, птолемеевой и коперниковой» (1632 г.). Для того чтобы данный мысленный эксперимент стал возможным, потребовалось представление об идеально гладком теле и идеально гладкой поверхности, исключаяющей трение. Эксперимент Галилея, позволивший сделать вывод, что, если ничто не будет влиять на движение тела, оно сможет продолжаться бесконечно долго, стал основой классической механики И. Ньютона (вспомним три закона движения из школьной программы физики). В 1686 г. Ньютон представил Лондонскому королевскому обществу свои «Математические начала натуральной философии», в которых сформулировал понятия массы, инерции, ускорения, основные законы движения, закон всемирного тяготения. Так, благодаря мысленным экспериментам стала возможной новая механистическая картина мира.

Возможно, на знаменитые мысленные эксперименты Г. Галилея подвигло создание гелиоцентрической системы мира выдающимся польским ученым Н. Коперником (1473—1543), ставшее еще одним примером отказа от непосредственной наглядности. Главный труд Коперника «Об обращении небесных миров» подвел итог его наблюдениям и размышлениям над этими вопросами в течение более 30 лет. Датский астроном Т. Браге (1546—1601) ради спасения наглядности выдвинул в 1588 г. гипотезу, согласно которой вокруг Солнца вращаются все планеты, за исключением Земли, последняя неподвижна и вокруг нее вращаются Солнце с планетами и Луна. И только И. Кеплер (1571—1630), установив три закона планетарных движений, носящих его имя (первые два в 1609 г., третий в 1618 г.), окончательно подтвердил справедливость учения Коперника.

Итак, прогресс науки Нового времени определили идеализированные представления, порывающие с непосред-

венной реальностью. Однако физика XX в. заставляет отказаться не только от непосредственной наглядности, но и от наглядности как таковой. Это препятствует представлению физической реальности, но позволяет лучше осознать справедливость слов Эйнштейна: «Физические понятия суть свободные творения человеческого разума и не однозначно определены внешним миром... В нашем стремлении понять реальность мы отчасти подобны человеку, который хочет понять механизм закрытых часов. Он видит циферблат и движущиеся стрелки, даже слышит тиканье, но не имеет средств открыть их корпус. Если он остроумен, он может нарисовать себе некую картину механизма, которая отвечала бы всему, что он наблюдает, но он никогда не может быть вполне уверен в том, что его картина единственная, которая могла бы объяснить его наблюдения»¹. Отказ от наглядности научных представлений является неизбежной платой за переход к исследованию уровней реальности, не соответствующих эволюционно выработанным механизмам человеческого восприятия.

10.3. Специальная теория относительности

Еще в классической механике был известен принцип относительности Г. Галилея: «Если законы механики справедливы в одной системе координат, то они справедливы и в любой другой системе, движущейся прямолинейно и равномерно относительно первой»². Такие системы называются инерциальными, поскольку движение в них подчиняется закону инерции, гласящему: «Всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если только оно не вынуждено изменить его под влиянием движущих сил»³.

В начале XX в. выяснилось, что принцип относительности справедлив не только в механике, но также в оптике и электродинамике. Расширив свое значение, он теперь звучал так: любой процесс протекает одинаково в изолированной материальной системе, и в такой же системе, находящейся в состоянии равномерного прямолинейного дви-

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М., 1965. С. 30.

² Там же. С. 130.

³ Там же. С. 126.

жения. Или: законы физики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета.

После того как физики отказались от представления о существовании эфира как всеобщей среды, рухнуло представление об эталонной системе отсчета. Все системы отсчета были признаны равнозначными, и принцип относительности стал универсальным. Теория относительности утверждает, что все системы отсчета одинаковы и нет какой-либо одной, имеющей преимущества перед другими (относительно которой эфир был бы неподвижен).

Переход от одной инерциальной системы к другой осуществлялся в соответствии с преобразованиями Х. Лоренца. Однако экспериментальные данные о постоянстве скорости света, полученные путем сравнения лучей, идущих от подвижных и неподвижных звезд, привели к парадоксу, для разрешения которого понадобилось введение принципиально новых представлений.

Поясним сказанное на следующем примере. Предположим, что мы плывем на корабле, движущемся прямолинейно и равномерно относительно берега. Все законы движения остаются здесь такими же, как на берегу. Общая скорость движения будет определяться суммой движения на корабле и движения самого корабля. При скоростях, далеких от скорости света, это не приводит к отклонению от законов классической механики. Но если наш корабль достигнет скорости, близкой к скорости света, то сумма скорости движения корабля и на корабле может превысить скорость света, чего на самом деле не может быть, так как в соответствии с экспериментом Майкельсона — Морли «скорость света всегда одинакова во всех системах координат, независимо от того, движется ли излучающий источник или нет, и независимо от того, как он движется»¹.

Пытаясь преодолеть возникшие трудности, в 1904 г. Х. Лоренц предложил считать, что движущиеся тела сокращаются в направлении своего движения (причем коэффициент сокращения зависит от скорости тела), и что в различных системах отсчета измеряются кажущиеся промежутки времени. Но в следующем году А.Эйнштейн истолковал кажущееся время в преобразованиях Лоренца как истинное.

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. С. 30.

Как и Галилей, Эйнштейн использовал мысленный эксперимент, который получил название «поезд Эйнштейна». «Представим себе наблюдателя, едущего в поезде и измеряющего скорость света, испускаемого фонарями на обочине дороги, т.е. движущегося со скоростью c в системе отсчета, относительно которой поезд движется со скоростью v . По классической теореме сложения скоростей наблюдатель, едущий в поезде, должен был бы приписать свету, распространяющемуся в направлении движения поезда, скорость $c + v$ ¹. Однако скорость света выступает как универсальная постоянная природы.

Рассматривая это противоречие, Эйнштейн предложил отказаться от представления об абсолютности и неизменности свойств пространства и времени. Данный вывод противоречит обыденному опыту, поскольку этих изменений мы непосредственно не наблюдаем и не можем представить никакого пространства, кроме 3-х мерного, и никакого времени, кроме одномерного. Но наука совсем не обязательно должна следовать здравому смыслу и неизменным формам чувственности. Главный критерий для нее — соответствие теории и эксперимента. Теория Эйнштейна удовлетворяла этому критерию и была принята. В свое время и представления о том, что Земля круглая и движется вокруг Солнца, тоже казались противоречащими здравому смыслу и наблюдению, но именно они оказались справедливыми.

10.4. Современные представления о пространстве и времени

Пространство и время традиционно рассматривались в философии и науке как основные формы существования материи, ответственные за расположение отдельных элементов материи друг относительно друга и за закономерную координацию сменяющихся друг друга явлений. *Характеристиками пространства считались однородность* — одинаковость свойств во всех точках, и *изотропность* — независимость свойств от направления. Время также считалось однородным, т.е. любой процесс в принципе повторим через некоторый промежуток времени. С этими свойствами

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. С. 87.

связана симметрия мира, которая имеет большое значение для его познания. Пространство рассматривалось как трехмерное (длина, ширина, высота), а время как одномерное и идущее в одном направлении: от прошлого к будущему. Время необратимо, но во всех физических законах от перемены знака времени на противоположный ничего не меняется и, стало быть, физически будущее неотлично от прошедшего.

В истории науки известны две концепции пространства: пространство как неизменноеместилище материи (И. Ньютон) и пространство, свойства которого связаны со свойствами тел, находящихся в нем (Г. Лейбниц). В соответствии с теорией относительности любое тело определяет геометрию пространства.

Из специальной теории относительности следует, что длина тела вообще (расстояние между двумя материальными точками) и длительность (а также ритм) происходящих в нем процессов не абсолютные, а относительные величины. При приближении к скорости света все процессы в системе замедляются, продольные (вдоль движения) размеры тела сокращаются и события, одновременные для одного наблюдателя, оказываются разновременными для другого, движущегося относительно него. «Стержень сократится до нуля, если его скорость достигнет скорости света... часы совершенно остановились бы, если бы они могли двигаться со скоростью света»¹.

Экспериментально подтверждено, что частица (например, нуклон) может проявлять себя по отношению к медленно движущейся относительно нее частице как сферическая, а по отношению к налетающей на нее с очень большой скоростью частице как сплюснутый в направлении движения диск. Соответственно, время жизни медленно движущегося заряженного π -мезона составляет примерно 10^{-8} с, а быстро движущегося (с околосветовой скоростью) во много раз больше. Итак, *пространство и время — общие формы координации материальных явлений, а не самостоятельно существующие независимо от материи начала бытия.*

Изменения в представлении о пространстве и времени, внесенные теорией относительности, отражены в следующей таблице.

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. С. 158.

Таблица 2.

Современные представления о пространстве и времени

Свойства пространства	
Классическая физика	Релятивистская физика
1. Однородность	Однородность
2. Изотропность	Изотропность
3. Абсолютность: а) вечность; б) бесконечность; в) независимость от материи	Относительность: ? ? зависимость от материи
4. Трехмерность	Четырехмерный континуум
5. Непрерывность	?
6. Протяженность	Протяженность
Свойства времени	
Классическая физика	Релятивистская физика
1. Однородность	Однородность
2. Изотропность	Изотропность
3. Абсолютность: а) вечность; б) бесконечность; в) независимость от материи	Относительность: ? ? зависимость от материи
4. Длительность	Длительность
5. Однонаправленность	?
6. Обратимость	Обратимость (отрицается в синергетике)
7. Одномерность	Четырехмерный континуум
8. Непрерывность	?

Примечание: знак «?» означает, что наука не имеет пока ответа на эти вопросы.

Общая теория относительности внесла дальнейшие изменения в представления о пространстве и времени, о чем речь пойдет в следующем разделе.

10.5. Общая теория относительности

Найденное Эйнштейном объединение принципа относительности Галилея с относительностью одновременности получило название принципа относительности Эйнштейна.

Понятие относительности стало одним из основных в современном естествознании.

В специальной теории относительности свойства пространства и времени рассматриваются без учета гравитационных полей, которые не инерциальны. Общая теория относительности распространяет выводы специальной теории относительности на все системы, в том числе неинерциальные. Общая теория относительности связала тяготение с электромагнетизмом и механикой. Она заменила ньютонов механистический закон всемирного тяготения на полевой закон тяготения. «Схематически мы можем сказать: переход от ньютонова закона тяготения в общей относительности до некоторой степени аналогичен переходу от теории электрических жидкостей и закона Кулона к теории Максвелла»¹. И здесь физика перешла от вещественной к полевой теории.

Три века физика была механистической и имела дело только с веществом. Но «уравнения Максвелла описывают структуру электромагнитного поля. Ареной этих законов является все пространство, а не одни только точки, в которых находится вещество или заряды, как это имеет место для механических законов»². Представление о поле, как еще одном, наряду с веществом, виде материи победило механицизм, имевший дело лишь с веществом.

Уравнения Максвелла «не связывают, как это имеет место в законах Ньютона, два широко разделенных события, они не связывают события **здесь** с условиями **там**. Поле **здесь** и **теперь** зависит от поля в **непосредственном соседстве** в момент **только что протекший**»³. Это существенно новый момент естественнонаучной картины мира. Электромагнитные волны распространяются со скоростью света в пространстве и аналогичным образом действует гравитационное поле. «... сила тяготения распространяется со скоростью света, и только частицы, не имеющие массы, могут двигаться с этой максимальной скоростью»⁴.

Массы, создающие поле тяготения, по общей теории относительности, искривляют пространство и меняют течение времени. Чем сильнее поле, тем медленнее течет время по

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. С. 196.

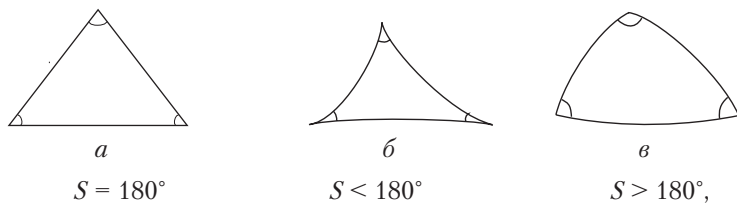
² Там же. С. 120.

³ Там же. С. 120.

⁴ Грин В. Элегантная Вселенная: суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2008. С. 105

сравнению с течением времени вне поля. Тяготение зависит не только от распределения масс в пространстве, но и от их движения, от давления и натяжений, имеющих в телах, от электромагнитного и других физических полей. Изменения гравитационного поля распределяются в вакууме со скоростью света. В теории Эйнштейна материя влияет на свойства пространства и времени.

При переходе к космическим масштабам геометрия пространства перестает быть евклидовой и изменяется от одной области к другой в зависимости от плотности масс в этих областях и их движения. В евклидовой геометрии, созданной древнегреческим математиком Евклидом (ок. 330—275 гг. до н.э.), поверхности представляют собой плоскости, и основывается эта геометрия на пяти основных аксиомах. В неевклидовой геометрии, первую из которых создал русский ученый Н. И. Лобаческий (1792—1856), поверхности вогнутые или выпуклые. В них не действует пятая аксиома о непересечении параллельных линий и соответственно меняются все основные соотношения. Так, например, сумма углов треугольника становится меньше или больше 180° . Графически это изображено на рис. 4.



где S — сумма углов треугольника.

Рис. 4. Углы треугольника в евклидовой (а) и неевклидовой (б, в) геометрии

До создания теории относительности считалось само собой разумеющимся, что пространство Вселенной может быть представлено тремя плоскостями (измерениями): длина, ширина, высота, и геометрия пространства подчиняется соотношениям Евклида. Теория относительности, связавшая свойства пространства со свойствами находящейся в нем материи, ввела понятие *кривизны пространства*. Коэффициент кривизны зависит от силы тяготения в данной точке пространства. Суть гравитации, по Эйнштейну, в искривлении пространства и времени. Структура пространства и времени деформируется, как резинка, на которую

положен шар, и более легкое тело будет двигаться вокруг этого шара, как бы в ложбинке, следуя линии наименьшего сопротивления. Искривление времени означает, что скорость его хода изменяется от одной точки к другой. Таким образом гравитационное взаимодействие передается кривизной пространства и времени. Экспериментальным подтверждением общей теории относительности послужило обнаружение отклонения света, идущего от дальних звезд в поле тяготения Солнца (1919 г).

В масштабах метagalактики геометрия пространства изменяется со временем вследствие расширения метagalактики. При скоростях, приближающихся к скорости света, при сильном поле пространство приходит в сингулярное состояние, т.е. сжимается в точку. Через это сжатие мегамир приходит во взаимодействие с микромиром и во многом оказывается аналогичным ему. Классическая механика остается справедливой как предельный случай при скоростях, намного меньших скорости света, и массах, намного меньших масс в мегамире.

Теория относительности показала единство пространства и времени, выражающееся в совместном изменении их характеристик в зависимости от концентрации масс и их движения. Время и пространство перестали рассматриваться независимо друг от друга и возникло представление о *пространственно-временном четырехмерном континууме*.

Теория относительности связала также массу и энергию соотношением $E = Mc^2$, где c — скорость света. В теории относительности «два закона закон сохранения массы и сохранения энергии потеряли свою независимую друг от друга справедливость и оказались объединенными в единый закон, который можно назвать законом сохранения энергии или массы»¹. Явление аннигиляции, при котором частица и античастица взаимно уничтожают друг друга, и другие явления физики микромира подтверждают данный вывод.

Итак, теория относительности основывается на постулатах постоянства скорости света и одинаковости законов природы во всех физических системах, а основные результаты, к которым она приходит, таковы: относительность свойств пространства-времени; относительность массы и энергии; эквивалентность тяжелой и инертной масс (следствие отмеченного еще Галилеем свойства всех тел падать

¹ Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989. С. 69.

в поле тяготения с одним и тем же ускорением независимо от их состава и массы).

До XX в. были открыты законы функционирования вещества (И. Ньютон) и поля (Д. Максвелл). В XX в. неоднократно предпринимались попытки создать единую теорию, в которой соединились бы вещественные и полевые представления. Сейчас на эту роль претендует теория струн.

В заключение приведем слова из книги В. Гейзенберга «Часть и целое» о том, что же означает понимание как таковое. «“Понимать” это, по-видимому, означает овладеть представлениями, концепциями, с помощью которых мы можем рассматривать огромное множество различных явлений в их целостной связи, иными словами, “охватить” их. Наша мысль успокаивается, когда мы узнаем, что какая-нибудь конкретная, кажущаяся запутанной ситуация есть лишь частное следствие чего-то более общего, поддающегося тем самым более простой формулировке. Сведение пестрого многообразия явлений к общему и простому первопринципу или, как сказали бы греки, “многого” к “единому”, и есть как раз то самое, что мы называем “пониманием”. Способность численно предсказать событие часто является следствием понимания, обладания правильными понятиями, но она непосредственно не тождественна пониманию»¹.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое физикализм и редукционизм?
2. Что такое принцип относительности?
3. Как понимаются пространство и время в современной науке?
4. Что такое физическое поле?
5. Чем общая теория относительности отличается от специальной?
6. Как соотносятся в теории относительности масса и энергия?

Тестовые задания

1. Каковы принципы общей теории относительности?
 - 1) все в природе относительно;
 - 2) пространство не зависит от материи;
 - 3) пространство неразрывно связано с материей;
 - 4) движение в природе относительно.
2. Что такое абсолютное пространство и время?
 - 1) нечто непознаваемое;

¹ Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989. С. 165.

- 2) нечто, существующее независимо ни от чего;
 - 3) неизменное;
 - 4) находящееся за пределами восприятия.
3. Принцип относительности в физике означает:
- 1) законы физики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах;
 - 2) относительны пространство и время;
 - 3) пространство искривлено;
 - 4) законы относительны, так как они содержат лишь часть истины.
4. Что абсолютно в теории относительности?
- 1) пространство;
 - 2) законы;
 - 3) скорость света;
 - 4) пространственно-временной континуум.

Литература

1. *Грин Б.* Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2008.
2. *Оттенгеймер Р.* Летящая трапеция. М., 1967.
3. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986.
4. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. М., 1965.

Глава 11

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

11.1. Механика микромира

В обычном, окружающем нас макромире энергия может возрастать или убывать непрерывно. Например, когда какой-либо объект падает, его потенциальная энергия непрерывно уменьшается до того момента, когда падение прекратится. Но когда физики начали изучение микромира — мира атомов и элементарных частиц — они обнаружили необыкновенные свойства и, в частности, то, что энергия в микромире возрастает и убывает определенными неделимыми порциями. Отсюда стало ясно, что для объяснения процессов в микромире необходима новая теория взамен классической, созданной Ньютоном. Эта теория и получила название квантовой механики.

Квантовая механика — это физическая теория, устанавливающая способ описания и законы движения на микроуровне. Немецкий ученый М. Планк в 1900 г. предположил, что свет испускается неделимыми порциями энергии квантами и математически представил это в виде формулы $E = h\nu$, где ν — частота света, а h — универсальная постоянная, характеризующая меру дискретной порции энергии, которой обмениваются вещество и излучение. В атомную теорию вошли таким образом прерывистые физические величины, которые могут изменяться только скачками.

Последующее изучение явлений микромира привело к результатам, которые резко расходились с общепринятыми в классической физике и даже теории относительности представлениями. Классическая физика видела свою цель в описании объектов, существующих в пространстве, и в

формулировке законов, управляющих их изменениями во времени. Но для таких явлений, как радиоактивный распад, дифракция, испускание спектральных линий можно утверждать лишь, что имеется некоторая вероятность того, что индивидуальный объект таков и что он имеет такое-то свойство. В квантовой механике нет места для законов, управляющих изменениями отдельного объекта во времени.

Для классической механики характерно описание частиц путем задания их положения и скоростей и зависимости этих величин от времени. В квантовой механике одинаковые частицы в одинаковых условиях могут вести себя по-разному. Проведя какие-либо эксперименты с электронами, мы не всегда будем получать одинаковые результаты. Эксперимент с двумя отверстиями, через которые проходит электрон, позволяет и требует применения вероятностных представлений. Нельзя сказать, через какое отверстие пройдет данный электрон, но если их много, то можно предположить, что часть их проходит через одно отверстие, часть — через другое. Законы квантовой механики — законы статистического характера. «Мы можем предсказать, сколько приблизительно атомов (радиоактивного вещества — А. Г.) распадутся в следующие полчаса, но мы не можем сказать... почему именно эти отдельные атомы обречены на гибель»¹. В микромире господствует статистика, т.е. можно определить лишь средние значения большого числа объектов, как это имеет место в статистике.

Статистические законы можно применить только к большим совокупностям, но не к отдельным индивидуумам. Квантовая механика отказывается от поиска индивидуальных законов элементарных частиц и устанавливает статистические законы. На базе квантовой механики невозможно описать положение и скорость элементарной частицы или предсказать ее будущий путь. Волны вероятности говорят о вероятности встретить электрон в том или ином месте.

В. Гейзенберг делает такой вывод: «В экспериментах с атомными процессами мы имеем дело с вещами и фактами, которые столь же реальны, сколь реальны любые явления повседневной жизни. Но атомы или элементарные частицы реальны не в такой степени. Они образуют скорее мир тенденций или возможностей, чем мир вещей и фактов»².

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. С. 232.

² Гейзенберг В. Шаги за горизонт. С. 117.

В первой модели атома, построенной на основе экспериментального обнаружения квантования света, Н. Бор (1913 г.) объяснил это явление тем, что излучение происходит при переходе электрона с одной орбиты на другую, при этом рождается квант света с энергией, равной разности энергий уровней, между которыми осуществлялся переход. Так возникает *линейчатый спектр* — *основная особенность атомных спектров* (в спектрах оказываются лишь определенные длины волн).

Важная особенность явлений микромира заключается в том, что электрон ведет себя подобно частице, когда движется во внешнем электрическом или магнитном поле, и подобно волне, когда дифрагирует, проходя сквозь кристалл. Поведение потока частиц — электронов, атомов, молекул — при встрече с препятствиями или отверстиями атомных размеров подчиняется волновым законам: наблюдаются явления дифракции, интерференции, отражения, преломления и т.п. Л. де Бройль предположил, что электрон — это волна определенной длины.

Дифракция подтверждает волновую гипотезу, отсутствие увеличения энергии выбиваемых светом частиц — квантовую. Это получило название *корпускулярно-волнового дуализма*. Как же описывать процессы в микромире, если «нет никаких шансов последовательно описать световые явления, выбрав только какую-либо одну из двух возможных теорий — волновую или квантовую»¹?

Некоторые эффекты объясняются волновой теорией, некоторые другие — квантовой, поэтому следует использовать разные формулы и из волновой, и из квантовой теории для более полного описания процессов — таков смысл *принципа дополнительности* Н. Бора. «Усилия Бора были направлены на то, чтобы сохранить за обоими наглядными представлениями, корпускулярным и волновым, одинаковое право на существование, причем он пытался показать, что хотя эти представления, возможно, исключают друг друга, однако они лишь вместе делают возможным полное описание процессов в атоме»².

С принципом дополнительности связано и так называемое «*соотношение неопределенностей*», сформулированное в 1927 г. В. Гейзенбергом, в соответствии с которым в квантовой механике не существует состояний, в которых и местоположение и количество движения (произведение мас-

¹ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. С. 215.

² Гейзенберг В. Шаги за горизонт. С. 203.

сы на скорость) имели бы вполне определенное значение. Частица со строго определенным импульсом совершенно не локализована. Чем более определенным становится импульс, тем менее определено ее положение.

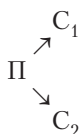
Соотношение неопределенностей гласит, что для абсолютно точной локализации микрочастицы необходимы бесконечно большие импульсы, что физически не может быть осуществлено. Более того, современная физика элементарных частиц показывает, что при очень сильных воздействиях на частицу, она вообще не сохраняется, а происходит даже множественное рождение частиц.

В более общем плане можно сказать, что только часть относящихся к квантовой системе физических величин может иметь одновременно точные значения, остальные величины оказываются неопределенными. Поэтому ни в одной квантовой системе не могут одновременно равняться нулю все физические величины.

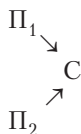
Энергию системы также можно измерить с точностью, не превышающей определенной величины. Причина этого — во взаимодействии системы с измерительным прибором, который препятствует точному измерению энергии. Из соотношения неопределенностей вытекает, что энергии возбужденных состояний атомов, молекул, ядер не могут быть строго определенными. На этом выводе и основана гипотеза происхождения Вселенной из «возбужденного вакуума». В соответствии с нею вакуум рассматривается как виртуальный (т.е. возможный; это понятие возникло в квантовой механике и в настоящее время стало очень модным) мир, в котором возможно спонтанное возникновение энергетического потенциала, преобразующегося затем в вещество. Следует обратить внимание на слово «спонтанное». Оно соответствует еще одному принципу, введенному в квантовую механику — *принципу индетерминизма*. В классической науке господствовал *принцип детерминизма* (от лат. *determinare* — определять), в соответствии с которым каждое событие является следствием какой-либо причины. Невозможны события, не имеющие причины. Схематически это изображается так:

$$П \rightarrow С,$$

где П причина, а С следствие. Статистический характер квантовой механики заставляет признать, что одна причина может иметь разные следствия



и к одному следствию могут вести разные причины



(это получило название *неоднозначного детерминизма*). Дальнейшее продвижение по этому пути приводит к принципу индетерминизма, т.е. к отрицанию того, что все события должны обязательно иметь причину.

Значение эксперимента возросло в квантовой механике до такой степени, что, как писал Гейзенберг, «наблюдение играет решающую роль в атомном событии, и что реальность различается в зависимости от того, наблюдаем мы ее или нет»¹. Из данного обстоятельства, заключающегося в том, что сам измерительный прибор влияет на результаты измерения и участвует в формировании изучаемого явления, следовало, во-первых, представление об особой «физической реальности», которой присущ данный феномен, а, во-вторых, представление о *субъект-объектном единстве* — как единстве измерительного прибора и изучаемой реальности. «Квантовая теория уже не допускает вполне объективного описания природы»². Человек перешел на тот уровень исследования, где его влияние неустранимо в ходе эксперимента и фиксируемым результатом является взаимодействие изучаемого объекта и измерительного прибора.

Итак, *принципиально новыми моментами в исследовании микромира стали:*

- 1) каждая элементарная частица обладает как корпускулярными, так и волновыми свойствами;
- 2) вещество может переходить в излучение (аннигиляция частицы и античастицы дает фотон, т.е. квант света);
- 3) можно предсказать место и импульс элементарной частицы только с определенной вероятностью;
- 4) прибор, исследующий реальность, влияет на нее;

¹ Гейзенберг В. Шаги за горизонт. С. 24.

² Там же. С. 61.

5) точное измерение возможно только при изучении потока частиц, но не одной частицы.

По существу, относительность восторжествовала и в квантовой механике, так как ученые признали, что нельзя, во-первых, найти истину безотносительно от измерительного прибора; во-вторых, знать одновременно и положение и скорость частиц; в-третьих, установить, имеем ли мы в микромире дело с частицами или волнами. Это и есть торжество относительности в физике XX в.

11.2. Уровни организации неживой материи

В химии элементом называли субстанцию, которая не могла быть разложена или расщеплена какими угодно средствами, имевшимися в то время в распоряжении ученых: кипячением, сжиганием, растворением, смешиванием с другими веществами. Затем в физике появилось понятие атома, заимствованное у Демокрита (от греч. «*atomos*» — неделимый), которым была названа мельчайшая единица материи, входящая в состав химического элемента. Химический элемент состоит из одинаковых атомов.

Потом выяснилось, что сам атом состоит из элементарных частиц. В первой модели атома, предложенной Э. Резерфордом, электроны движутся вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца (планетарная модель атома). Установлено, что поперечник атома составляет 10^{-8} см, а ядра — 10^{-12} см. Масса протона больше массы электрона примерно в 2000 раз. Плотность ядра — 10^{14} г/см³. Превращение химических веществ друг в друга, о чем мечтали алхимики, возможно, но для этого нужно изменить атомное ядро, а это требует энергий в миллионы раз превосходящих энергию химических процессов.

В XX в. открыто огромное количество элементарных частиц и выявлены закономерности их взаимодействия. Их можно разделить на несколько групп: *адроны* (из них состоят ядра), *лептоны* (электроны, нейтрино), *фотоны* (кванты света без массы покоя). Фотоны и нейтрино движутся со скоростью света.

Английский ученый П. Дирак предсказал существование античастиц с той же массой, что и частицы, но зарядом противоположного знака. На ускорителях высоких энергий получены *позитроны* (античастицы электронов) в 1932 г.

и *антипротоны* в 1955 г. При столкновении частица и античастица аннигилируют с выделением фотонов — безмассовых частиц света (вещество переходит в излучение). В результате взаимодействия фотонов могут рождаться пары «частица — античастица».

Изучают свойства атомов и элементарных частиц на гигантских ускорителях (первый построен в 1929 г. в Англии), в которых частицы двигаются по спирали. Современный ускоритель представляет собой установку в полкилометра по окружности, и строятся все более мощные.

Открытие все большего количества элементарных частиц подтвердило взаимопревращение вещества и энергии (предсказанное, впрочем, еще Анаксимандром), так что материя, которая прежде отождествлялась с веществом, все больше начала походить на материю как «потенцию» (по Аристотелю), которая нуждается в форме, чтобы стать вещественной реальностью.

Понятия «химический элемент» и «элементарная частица» свидетельствуют о том, что и то, и другое когда-то предполагалось простым и бесструктурным. Затем ученые перестали употреблять для каждого нового уровня одно и то же слово «элемент» (неделимый) и для частиц, из которых состоят протоны и нейтроны, взяли ничего конкретно не значащее слово из художественного произведения — «кварк».

Теоретически предсказанные кварки, главной особенностью которых является дробный заряд, были затем экспериментально найдены. В 1994 г. обнаружен последний из шести разновидностей, самый тяжелый кварк. Будет ли конец возможности расщепления — определит прогресс научного знания. Все кажется элементарным, пока не обнаружишь его составные части. В настоящее время нижним теоретически предсказанным уровнем считается уровень струн, от которых произошли и элементарные частицы и физические поля.

11.3. Основные физические взаимодействия

Известны *четыре основных физических взаимодействия* (или силы), которые определяют структуру нашего мира: гравитационные, электромагнитные, сильные, слабые.

Гравитационное взаимодействие — первое, которое было открыто, и оно составляет физическую основу закона все-

мирного тяготения. Первоначальное название этого взаимодействия — сила тяготения, или притяжения. Но так как понятие силы относится к одностороннему воздействию, а в реальности не одно тело, имеющее большую массу, действует на другое, а все тела притягиваются друг к другу, то понятие взаимодействия более точно отражает суть процесса. За счет гравитационного взаимодействия существуют звездные системы. Если бы его не было, то планеты могли бы «не захотеть» вращаться вокруг звезд. Именно гравитационное взаимодействие создает тот порядок («космос», по-гречески), благодаря которому существуют не только звездные системы, но и образуются все крупные тела из диффузного вещества.

Электромагнитное взаимодействие во много раз сильнее гравитационного. Это необходимо для того, чтобы могли существовать атомы вещества. «Спустя 100 лет после того, как Ньютон открыл закон тяготения, Кулон обнаружил такую же зависимость электрической силы от расстояния. Но закон Ньютона и закон Кулона существенно различаются в следующих двух отношениях. Гравитационное притяжение существует всегда, в то время как электрические силы существуют только в том случае, если тела обладают электрическими зарядами. В законе тяготения имеется только притяжение, а электрические силы могут как притягивать, так и отталкивать»¹. При электромагнитном взаимодействии происходит испускание и поглощение «квантов света» — фотонов. Электромагнитное взаимодействие необходимо для создания и соединения атомов и молекул. Ядро атома, в котором находятся протоны и нейтроны, заряжено положительно, и оно притягивает отрицательно заряженные электроны, которые вращаются вокруг ядра.

Сильное взаимодействие возможно только на малых расстояниях (радиус примерно 10^{-13} см), оно короткодействующее в отличие от длиннодействующих гравитационных и электромагнитных. Сильное взаимодействие отличается от трех других основных взаимодействий также тем, что оно не ослабевает, когда две взаимодействующие частицы удаляются друг от друга, а возрастает.

Сильное взаимодействие открыто Э. Резерфордом в 1911 г. одновременно с открытием атомного ядра. Последнее и существует благодаря сильному взаимодействию.

¹ *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. С. 65.

Сильное взаимодействие удерживает ядро. Оно передается глюонами (от англ. клей) и действует на кварки, но не на лептоны (в этом различие между данными элементарными частицами). Из-за сильного взаимодействия кварки существуют только в связанном виде в составе протонов и нейтронов.

Сильное взаимодействие в 100–1000 раз сильнее электромагнитного. Это необходимо для того, чтобы могли существовать ядра атомов, поскольку в противном случае электромагнитное взаимодействие будет препятствовать их образованию (напомним, что при электромагнитном взаимодействии одинаково заряженные частицы отталкиваются и, если бы электромагнитное взаимодействие было сильнее сильного взаимодействия, то положительно заряженные протоны не могли бы соединяться между собой и образовывать ядра атомов). Посредством сильного взаимодействия создаются ядра атомов, а также частицы, из которых состоят ядра атомов — протоны и нейтроны. Ядерные силы действуют в одном направлении как притяжение и не зависят от заряда частиц. В сильных взаимодействиях величина заряда сохраняется.

Слабое взаимодействие слабее электромагнитного, но сильнее гравитационного. Оно также действует только на очень малых расстояниях в пределах атомного ядра. Радиус действия на два порядка меньше радиуса сильного взаимодействия (10^{-15} см). За счет слабого взаимодействия происходят превращения атомных ядер (в том числе радиоактивный распад), а так как именно такие процессы протекают в недрах звезд, то можно сказать, что за счет слабого взаимодействия светит Солнце (при превращении атома водорода в атом гелия протон распадается на нейтрон, позитрон и нейтрино). Испускаемое нейтрино обладает огромной проникающей способностью: оно проходит через железную плиту толщиной миллиард километров. При слабых взаимодействиях меняется заряд частиц.

Все четыре типа взаимодействий осуществляются за счет особых частиц — переносчиков взаимодействия, называемых бозонами. Фотон переносит электромагнитные взаимодействия, гравитон — гравитационные, глюоны — сильные взаимодействия, промежуточные, векторные (калибровочные) бозоны — слабые взаимодействия. Характер физических взаимодействий определяется свойствами частиц — переносчиков взаимодействия. Бозоны окружают

частицы вещества (фермионы) и взаимодействие последних является результатом взаимного «обстрела» друг друга бозонами. «Если использовать грубую аналогию, это похоже на изменение траектории двух конькобежцев, обстреливающих друг друга градом шаров для боулинга»¹. Частицы вещества в результате взаимного обстрела могут не только отталкиваться, но и притягиваться друг к другу. Поэтому бозоны как бы передают послания о том, как следует реагировать фермионам. Так, при электромагнитном взаимодействии «частицам, несущим одинаковый заряд, фотон передает сообщение “отдаляйтесь”, а частицам с разноименным зарядом — “сближайтесь”... Аналогичным образом глюоны и слабые калибровочные бозоны являются частицами-посланниками сильного и слабого взаимодействия»².

Во второй половине XX в. основные усилия физиков-теоретиков сосредоточились на том, чтобы построить теории, объединяющие основные физические взаимодействия. В физике элементарных частиц была создана так называемая *электрослабая теория*, объединившая электромагнитные и слабые взаимодействия, *квантовая хромодинамика* (теория сильных взаимодействий), а затем электрослабая теория и квантовая хромодинамика были соединены в *теории великого объединения* (так назвали объединение трех негравитационных взаимодействий). Последняя получила также название *стандартной модели физики элементарных частиц*.

Данные теории позволили сформировать представление об этапах Большого взрыва, каждый из которых начинается при достижении определенной температуры. Дело в том, что при температуре более 10^{15} градусов электромагнитные и слабые силы становятся идентичными по своим свойствам и объединяются в электрослабые силы, описанные электрослабой теорией. Сильные и электрослабые силы объединяются при температуре 10^{27} . Это описывает теория великого объединения. Обе теории, как и квантовая теория сильных взаимодействий, выдержали экспериментальную проверку.

Одна из главных задач современной физики создать общую теорию всех четырех физических взаимодействий. На эту роль претендует так называемая *теория струн*. Ее называют теорией «всего сущего» или «окончательной» теорией.

¹ Грин Б. Цит. соч. С. 89.

² Там же. С. 89–90.

Данные выражения являются метафорическими, и смысл их в том, что с помощью теории струн пытаются познать самый глубокий уровень физической реальности, основываясь на котором можно объяснить и все остальные.

Теория струн принципиально отличается от стандартной модели физики элементарных частиц, поскольку предполагает наличие более низкого уровня организации материи — одномерных суперструн, из которых состоят элементарные частицы. Если элементарные частицы — «кирпичики» мироздания, то струны — материал, из которого они сделаны. Теория струн утверждает, что каждая элементарная частица представляет собой крошечную колеблющуюся струну, имеющую форму петли. Петли струн выглядят при использовании самого мощного современного оборудования точками — элементарными частицами. «... длина типичной петли, образованной струной, близка к планковской длине, которая примерно в сто миллиардов миллиардов раз (10^{20}) меньше размера атомного ядра»¹. Струны, как считают разработчики данной теории, представляют собой «последнюю матрешку» в многочисленных слоях, образующих структуру микромира, наподобие букв алфавита.

В соответствии с теорией струн масса элементарной частицы определяется энергией колебания внутренней струны данной частицы. «... каждая частица представляет собой отдельную струну — и все струны являются абсолютно идентичными. Различие между частицами обусловлены различными модами резонансных колебаний этих струн. То, что представлялось различными частицами, на самом деле является различными «нотами», исполненными на фундаментальной струне. Вселенная, состоящая из бесчисленного количества колеблющихся струн, подобна космической симфонии»². Если так, то суть мира оказывается музыкальной, и весь мир, в том числе и человек, — состоящим из мелодий.

В соответствии с теорией струн при температуре меньше 10^{32} градусов струна сжимается в точку (элементарные частицы ведут себя как точечные объекты). При температуре больше 10^{32} градусов силы великого объединения и гравитационные объединяются в суперсилу и начинают проявляться струнные свойства частиц. Теория струн использует представления об 11 измерениях (10 пространственных плюс

¹ Грин Б. Цит. соч. С. 99.

² Там же. С. 102

время). С ее точки зрения возможно, что элементарные частицы и «черные дыры» являются двумя фазами одной струнной материи, как вода и лед — две фазы одного вещества.

Теория струн предполагает наличие неизвестных ныне элементарных частиц, относящихся к классу бозонов и фермионов и, таким образом, в принципе допускает эмпирическую проверку, которая необходима для того, чтобы теория действительно стала соответствовать своему названию. Есть надежда, что на Большом адронном коллайдере удастся открыть предсказанные частицы и тем самым подтвердить теорию струн.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
2. Что такое принцип дополнительности?
3. Каково значение вероятностных методов в квантовой механике?
4. В чем специфика отношения прибор — объект в квантовой механике?
5. Чем вещество отличается от поля?
6. Сколько существует физических взаимодействий и как они называются?

Тестовые задания

1. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
 - 1) разложимость света;
 - 2) двойственность в поведении объектов микромира;
 - 3) несовпадение свойств у одной и той же элементарной частицы, полученной на разных ускорителях;
 - 4) разные типы элементарных частиц.
2. Какое физическое взаимодействие в природе самое слабое?
 - 1) электромагнитное;
 - 2) слабое;
 - 3) гравитационное;
 - 4) сильное.
3. Что такое соотношение неопределенностей?
 - 1) не существует состояний, в которых и местоположение, и количество движения частиц определимы;
 - 2) невозможно узнать траекторию движения частиц;
 - 3) невозможно узнать скорости движения частиц;
 - 4) свободные проявления частицами самых разных свойств.

4. Что такое индетерминизм?
 - 1) двойственность;
 - 2) связь объекта с субъектом;
 - 3) независимость;
 - 4) нарушение принципа причинности.

Литература

1. *Борн М.* Моя жизнь и взгляды. М., 1973.
2. *Гейзенберг В.* Шаги за горизонт. М., 1987.
3. *Грин Б.* Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2008.
4. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюции физики. М., 1965.

Глава 12

СИНЕРГЕТИКА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАТЕРИИ

12.1. Понятие сложной системы

Теория относительности, изучающая универсальные физические закономерности, относящиеся ко всей Вселенной, и квантовая механика, раскрывающая законы микромира, нелегки для понимания, и тем не менее они имеют дело с системами, которые с точки зрения современного естествознания считаются простыми. Простыми в том смысле, что в них входит небольшое число независимых переменных, т.е. величин, меняющих свое значение, и поэтому взаимоотношения между ними поддаются математической обработке и подчиняются универсальным законам. Пример: гравитационная система, которая в соответствии с законом всемирного тяготения имеет две независимые переменные — массу и расстояние.

Помимо простых, существуют *сложные системы, которые состоят из большого числа независимых переменных и, стало быть, большого количества связей между ними*. Чем оно больше, тем труднее исследование объекта — выведение закономерностей его функционирования. Трудность изучения таких систем объясняется еще и тем обстоятельством, что, чем сложнее система, тем больше у нее так называемых *эмерджентных* свойств, т.е. свойств, которых нет у ее частей и которые являются следствием эффекта целостности системы.

Такие сложные системы изучает, например, *метеорология — наука о климатических процессах*. Именно потому, что метеорология изучает сложные системы, процессы образования погоды гораздо менее известны, чем гравитационные

процессы, что, на первый взгляд, кажется парадоксом. Действительно, почему точно можно определить, в какой точке будет находиться Земля или какое-либо другое небесное тело через миллионы лет, но предсказать погоду на завтра удастся далеко не всегда? Потому, что климатические процессы представляют гораздо более сложные системы, состоящие из огромного количества переменных и взаимодействий между ними.

Разделение систем на простые и сложные фундаментально в естествознании. Еще одно важное разделение на системы устойчивые (равновесные) и неустойчивые (неравновесные).

12.2. Неравновесные системы

Отличия неравновесной структуры от равновесной заключается в следующем:

1. Система реагирует на внешние условия (гравитационное поле и т.п.).

2. Поведение случайно и не зависит от начальных условий, но зависит от предыстории.

3. Приток энергии создает в системе порядок, и, стало быть, ее энтропия (мера неоднородности распределения энергии) уменьшается.

4. Наличие бифуркации переломной точки в развитии системы.

5. Когерентность: система ведет себя как единое целое и как если бы она была вмещителем дальнедействующих сил (такая гипотеза присутствует в физике). Несмотря на то, что силы молекулярного взаимодействия являются короткодействующими (действуют на расстояниях порядка 10^{-8} см), система структурируется так, как если бы каждая молекула была «информирована» о состоянии системы в целом.

Различают также области равновесности и неравновесности, в которых может пребывать система. Ее поведение при этом существенно меняется, что представлено в таблице 3.

Будучи предоставлена самой себе, при отсутствии доступа энергии извне, система стремится к состоянию равновесия — наиболее вероятному состоянию, достигаемому при энтропии, равной нулю. Пример равновесной структуры — кристалл.

Таблица 3

Сравнение областей равновесности и неравновесности

Неравновесная область	Равновесная область
1. Система «адаптируется» к внешним условиям, изменяя свою структуру.	Для перехода из одной структуры к другой требуются сильные возмущения или изменения граничных условий.
2. Множественность стационарных состояний.	Одно стационарное состояние.
3. Чувствительность к флуктуациям (небольшие влияния приводят к большим последствиям, внутренние флуктуации становятся большими).	Нечувствительность к флуктуациям (воздействиям).
4. Наличие порядка (все части действуют согласованно) и сложности.	Молекулы ведут себя независимо друг от друга.
5. Фундаментальная неопределенность поведения системы.	Поведение системы определяют линейные зависимости.

К такому равновесному состоянию в соответствии со 2-м началом термодинамики приходят все *закрытые системы, т.е. системы, не получающие энергии извне. Противоположные по типу системы носят название открытых.*

Изучение неравновесных состояний позволяет прийти к общим выводам относительно эволюции в неживой природе от хаоса к порядку.

12.3. Современное понимание эволюции и ее особенности

Понятие хаоса в противоположность понятию космоса было известно древним грекам. И. Пригожин и И. Стенгерс называют *хаотическими все системы, которые приводят к несводимому представлению в терминах вероятностей.* Другими словами, такие системы нельзя описать однозначно детерминистично, т.е. зная состояние системы в данный момент, точно предсказать, что с ней будет в момент следующий.

«Экстраполяция динамического описания... имеет наглядный образ — демон, вымышленный Лапласом и обладающий способностью, восприняв в любой данный момент

времени положение и скорость каждой частицы во Вселенной, прозревать ее эволюцию как в будущем, так и в прошлом... В контексте классической динамики детерминистическое описание может быть недостижимым *на практике*, тем не менее оно остается *пределом*, к которому должна сходиться последовательность все более точных описаний»¹.

Хаотическое поведение непредсказуемо в принципе. Необратимость, вероятность и случайность становятся объективными свойствами хаотических систем на макроуровне, а не только на микроуровне, как было установлено в квантовой механике. «Модели, рассмотрением которых занималась классическая физика, соответствуют, как мы сейчас понимаем, лишь предельным ситуациям. Их можно создать искусственно, поместив систему в ящик и подождав, пока она не придет в состояние равновесия. Искусственное может быть детерминированным и обратимым. Естественное же непременно содержит элементы случайности и необратимости... Материя — более не пассивная субстанция, описываемая в рамках механистической картины мира, ей также свойственна спонтанная активность»².

В другой книге эти же авторы пишут: «Если устойчивые системы ассоциируются с понятием детерминистического, симметричного времени, то неустойчивые хаотические системы ассоциируются с понятием вероятностного времени, подразумевающего нарушение симметрии между прошлым и будущим»³, т.е. «стрелы времени». «Будущее при нашем подходе перестает быть данным; оно не заложено более в настоящем. Это означает конец классического идеала всеведения. Мир процессов, в котором мы живем и который является частью нас, не может более отвергаться как видимость или иллюзия, определяемая нашим ограниченным способом наблюдения. На заре западного мира Аристотель ввел фундаментальное различие между божественным и вечным небесным миром и изменяющимся и непредсказуемым подлунным миром, к которому принадлежит и наша Земля. В определенном смысле классическая наука была низведением на Землю аристотелевского описания небес. Преобразование, свидетелями которого мы являемся сегодня, можно рассматривать как обращение аристотелевского

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., 1986. С. 124.

² Там же. С. 50.

³ Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М., 1994. С. 255–256.

хода; ныне мы возвращаемся с Земли на небо»¹, т.е. Вселенная предстает такой же изменяющейся, как и Земля.

Эволюция должна удовлетворять трем требованиям: 1) необратимости, выражающаяся в нарушении симметрии между прошлым и будущим; 2) необходимости введения понятия «событие»; 3) некоторые события должны обладать способностью изменять ход эволюции.

Условия формирования новых структур: 1) открытость системы; 2) ее нахождение вдали от равновесия; 3) наличие флуктуаций.

Чем сложнее система, тем более многочисленны типы флуктуаций, угрожающих ее устойчивости. Но в сложных системах существуют связи между различными частями. От исхода конкуренции между устойчивостью, обеспечивающейся связью, и неустойчивостью из-за флуктуаций зависит порог устойчивости системы.

Превзойдя этот порог, система попадает в критическое состояние, называемое *точкой бифуркации*. В ней система становится неустойчивой относительно флуктуаций и может перейти к новой области устойчивости, т.е. к образованию нового объекта. Система колеблется перед выбором одного из нескольких путей эволюции. Небольшая флуктуация может послужить в этой точке началом эволюции в новом направлении, который резко изменит все ее поведение. Это и есть событие.

В точке бифуркации случайность подталкивает то, что остается от системы, на новый путь развития, а после того, как один из многих возможных вариантов выбран, вновь вступает в силу детерминизм — и так до следующей точки бифуркации. В судьбе системы случайность и необходимость взаимно дополняют друг друга.

По мнению Пригожина и Стенгерса, большинство систем открыто: они обмениваются энергией или веществом или информацией с окружающей средой. Главенствующую роль в окружающем мире играют не порядок, стабильность и равновесие, а неустойчивость и неравновесность, т.е. все системы непрестанно меняются. В точке бифуркации флуктуация достигает такой силы, что организация системы не выдерживает и разрушается, и принципиально невозможно предсказать: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на *новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности, который назвали диссипатив-*

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М., 1994. С. 20.

ной структурой. Новые структуры называются диссипативными, потому что для их поддержания требуется больше энергии, чем для поддержания более простых структур, на смену которым они приходят.

Диссипативные структуры существуют лишь постольку, поскольку система диссипирует (рассеивает) энергию и, следовательно, производит энтропию. Из энергии возникает порядок с увеличением общей энтропии. Таким образом, энтропия — не просто безостановочное соскальзывание системы к состоянию, лишенному какой бы то ни было организации (как думали сторонники «тепловой смерти» Вселенной), а при определенных условиях становится прародительницей порядка.

«С одними и теми же граничными условиями оказываются совместимыми множество различных диссипативных структур. Это — следствие нелинейного характера сильно неравновесных ситуаций. Малые различия могут привести к крупномасштабным последствиям. Следовательно, граничные условия *необходимы, но не достаточны* для объяснения причин возникновения структуры. Необходимо также учитывать реальные процессы, приводящие к “выбору” одной из возможных структур. Именно поэтому (а также в силу некоторых других причин) мы и приписываем таким системам определенную “автономию”, или “самоорганизацию”»¹. Понятие самоорганизации противостоит понятию организации в том смысле, что изменения происходят под влиянием внутренних факторов, действующих в системе, а не накладываются на нее извне.

Исследования, о которых только что говорилось, проводятся в рамках науки, получившей название синергетики. Новый диалог с природой возникает и в результате изучения механизмов эволюции неживых систем в новой науке — синергетике. «Установившееся в результате ее (науки — А.Г.) успехов, ставшее для европейцев традиционным видение мира, — взгляд со стороны. Человек ставит опыты, ищет объяснение их результатам, но сам себя частью изучаемой природы не считает. Он — вне ее, выше. Теперь же начинают изучать природу изнутри, учитывать и наше личное присутствие во Вселенной, принимать во внимание наши чувства и эмоции»².

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М., 1994. С. 67.

² Краткий миг торжества. О том, как делаются научные открытия. М., 1988. С. 315.

12.4. От термодинамики закрытых систем к синергетике

Классическая термодинамика XIX в. изучала механическое действие теплоты, причем предметом ее исследований были закрытые системы, стремящиеся к состоянию равновесия. Термодинамика XX в. изучает открытые системы в состояниях, далеких от равновесия. Это направление и получило название синергетики (от греч. «синергия» — сотрудничество, совместное действие).

Синергетика сформулировала принцип самодвижения в неживой природе, создания более сложных систем из более простых. С синергетикой в физику проник эволюционный подход, и наука приходит к пониманию творения как создания нового. Синергетика ввела случайность на макроэкономический уровень, подтвердив тем самым выводы механики для микроскопического уровня. Синергетика подтвердила тезис теории относительности о взаимопревращении вещества и энергии и объяснила образование веществ. Она пытается ответить на вопрос, как образовались все те макросистемы, в которых мы живем.

С точки зрения синергетики, энергия как бы застывает в виде кристаллов, превращаясь из кинетической в потенциальную. Вещество — это застывшая энергия. Энергия — понятие, характеризующее способность производить работу, и не только механическую, но и работу по созиданию новых структур.

Энтропия — это форма выражения количества связанной энергии, которую имеет вещество. Энергия — творец, энтропия — мера творчества. Она характеризует результат.

В XIX в. Ч. Дарвином была создана теория эволюции живой природы, которая выявила условия и механизмы возникновения новых видов жизни. Синергетика делает то же самое в отношении неживых уровней организации материи.

Синергетика отвечает на вопрос, за счет чего происходит эволюция в неживой природе. Везде, где создаются новые структуры, необходим приток энергии и обмен со средой (эволюция, как и жизнь, требует метаболизма). Если в эволюции небесных тел мы видим результат производства, то в синергетике изучается сам процесс творчества природы. Синергетика подтверждает вывод теории относительности: энергия творит более высокие уровни организации. Перефразируя Архимеда, можно сказать: «Дайте мне энергию, и я создам мир».

12.5. Гипотеза рождения материи

Синергетика изменила представление о мире. Физика XX в. сначала изменила отношение к тому, что считать материей и как она соотносится с пространством и временем, а в конце XX в. по-новому взглянула на процесс развития. Развитие понимается в синергетике как процесс становления качественно нового, того, что еще не существовало в природе и предсказать которое невозможно.

На пороге XXI в. наука подошла к вопросу о происхождении мира и материи. Кибернетика решает проблему рождения разума, синергетика — проблему рождения материи. Механизм, который ею предлагается, — это спонтанная флуктуация и событие в точке бифуркации.

Дуализм ньютоновской Вселенной (с одной стороны — пространство-время, с другой — материя) сменился эквивалентностью пространства-времени и материи в уравнениях Эйнштейна. «Предлагаемая нами модификация уравнений Эйнштейна, учитывающая рождение материи, выражает “неэквивалентность” материи и пространства-времени. В нашем варианте уравнения Эйнштейна устанавливают взаимосвязь не только между пространством-временем и материей, но и энтропией. Вводимый нами космологический механизм приводит к необратимому “разделению фаз” между материей и гравитацией. В первоначальном вакууме они смешаны, в существующей ныне Вселенной мы наблюдаем материю, переносчик гравитации, «плавающей» в пространстве-времени. Фундаментальная двойственность нашей Вселенной представляется нам сегодня результатом первичного всплеска энтропии»¹. Под всплеском энтропии имеется в виду ее резкое увеличение, которое происходит, например, при распаде чего-то высокоорганизованного (что заставляет вспомнить Стоиков, Плотина и «Веды»).

Важным предстает понятие неустойчивости. Из хаоса (неустойчивости) рождается космос. При спонтанной флуктуации поля начинается самопроизвольный процесс порождения материи вплоть до какого-то момента, когда он прекращается. Частицы порождаются энергией по модели, сформулированной в синергетике.

Первые частицы, которые появились, были нестабильными элементарными частицами без массы покоя и с крат-

¹ Пригожин И., Стенгерс И. *Время, хаос, квант*. М., 1994. С. 238.

чайшим временем существования. Затем они превратились в стабильные, существующие поныне. Нестабильные частицы И. Пригожин отождествляет с черными мини-дырами, которые распадаются на обычную материю и излучение.

«Существует некоторая аналогия с переохлажденной жидкостью и порогом перехода в кристаллическое состояние. Мы можем наблюдать в переохлажденной жидкости флуктуации, приводящие к образованию крохотных кристаллов, которые то появляются, то снова растворяются. Но если образуется крупный кристалл, то происходит необратимое событие — кристаллизация всей жидкости... Аналогично, очень малая вероятность критической функции в вакууме Минковского указывает на то, что стрела времени уже существует в нем в латентной, потенциальной форме, но проявляется, только когда неустойчивость приводит к рождению Вселенной»¹.

В модели И. Пригожина имеет место производство энтропии, пропорциональное скорости рождения частиц, и преобразование пространства-времени производит энтропию. Причем сначала возникает пространство-время, а затем оно производит материю, поскольку процесс производства пространства-времени из материи невозможен. Итак, последовательность рождения материи из вакуума: **спонтанная флуктуация → точка бифуркации → черные мини-дыры → пространство-время → материя.**

Модель рождения материи Пригожина принадлежит к классу неустойчивых вероятностных систем. Конец рождения материи связан с временем жизни черных мини-дыр. Какова судьба Вселенной, исходя из данной гипотезы? «Стандартная модель предсказывает, что в конце концов наша Вселенная обречена на смерть либо в результате непрерывного расширения (“тепловая смерть”), либо в результате последующего сжатия (“страшный треск”). Для Вселенной, родившейся под знаком неустойчивости из вакуума Минковского, это уже не так. Ничто не мешает нам предположить возможность повторных неустойчивостей»². Размеры Вселенной растут в модели Пригожина по экспоненте как следствие неустойчивости вакуума.

«Эйнштейновская космология стала венцом достижений классического подхода к познаваемости... В стандартной

¹ Пригожин И., Стенгерс И. *Время, хаос, квант*. М., 1994. С. 238.

² Там же. С. 244–245.

модели материя задана: она эволюционирует только в соответствии с фазами расширения Вселенной. Но, как мы видели, неустойчивость возникает, стоит нам только учесть проблему рождения материи. Таким образом, особая точка Большого Взрыва заменяется рождением материи и кризисны пространства-времени. Эйнштейновское пространство-время, соответствующее искривленной Вселенной, при нашем подходе возникает как следствие необратимых процессов. Стрела времени становится принципиально важным элементом, лежащим в основе самих определений материи и пространства-времени. Однако наша модель не соответствует рождению стрелы времени из «ничего». Космологическая стрела времени уже предполагается неустойчивостью квантового вакуума»¹.

Квантовый вакуум отличается от «ничего» тем, что имеет универсальные постоянные, которые могут служить аналогом всеединства. Тут вспоминаются и Абсолютная Идея Гегеля, и «мир идей», и «пустота» буддистов. Философских аналогов очень много.

Наконец, еще один вопрос: можно ли создать единую теорию физики, или, как ее называют еще, «теорию всего». «Если такая универсальная теория когда-нибудь будет сформулирована, она должна будет включать в себя динамическую неустойчивость и таким образом учитывать нарушение симметрии во времени, необратимость и вероятность. И тогда надежду на построение такой «теории всего», из которой можно было бы вывести полное описание физической реальности, придется оставить»². Другими словами, нет абсолютного знания, которое овладело бы универсальным ключом ко всем без исключения явлениям природы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает синергетика?
2. Какие состояния называются равновесными и неравновесными?
3. Чем отличаются закрытые системы от открытых?
4. Каков механизм эволюции в соответствии с представлениями синергетики?
5. Что говорит модель Пригожина о рождении материи?
6. Чем устойчивая система отличается от неустойчивой?

¹ Пригожин И., Стенгерс И. *Время, хаос, квант*. М., 1994. С. 257–258.

² Там же. С. 245.

Тестовые задания

1. Что такое бифуркация?
 - 1) момент выхода сложной системы из состояния равновесия;
 - 2) момент рождения новой системы из хаоса;
 - 3) хаотическое состояние сложной системы;
 - 4) распад сложной системы.
2. Эмерджентные свойства — это:
 - 1) свойства, которые присущи системе и которых нет у ее подсистем;
 - 2) наиболее общие свойства сложных систем;
 - 3) свойства, возникающие в неравновесной области;
 - 4) свойства системы, рождающейся из хаоса.
3. Синергетика — это:
 - 1) взаимодействие сложных систем;
 - 2) наука о поведении сложных систем;
 - 3) наука об эволюции неживой материи;
 - 4) наука о взаимодействиях в природе.
4. По Пригожину, мир родился в результате:
 - 1) распада высокоорганизованной сущности;
 - 2) из «ничего»;
 - 3) случайно;
 - 4) в результате спонтанной флуктуации.

Литература

1. Пригожин И., Стенгерс И. *Время, хаос, квант*. М., 1994.
2. Пригожин И., Стенгерс И. *Порядок из хаоса*. М., 1986.
3. Хакен Г. *Синергетика*. М., 1980.

Глава 13

СОВРЕМЕННАЯ ХИМИЯ

13.1. Предмет химии

Для большинства студентов-гуманитариев представляет большую сложность разделить предметы исследования физики и химии. И физика и химия — науки о неживой природе. Различие же в том, что химия изучает один из уровней организации материи, который находится между двумя уровнями, изучаемыми физикой. Физика исследует уровень макровещества, но она же изучает и атомы. Когда в XVII в. возникла химия, то предполагалось, что она будет изучать все то, что относится к микромиру. Атомная физика, однако, начав в XX в. исследовать процессы, протекающие в микромире, оставила и более глубокие уровни организации материи за физикой. Химии пришлось довольствоваться единственным уровнем, которым она занималась изначально — молекулярным.

Химия изучает процессы превращения молекул и воздействия на них внешних факторов (тепла, света, физических полей и т.п.). Она *изучает также связи между атомами, входящими в состав молекул* (так называемые химические связи). Выяснилось, что главную роль здесь играют электроны, своего рода «клей» соединяющий ядра атомов. Создание квантовой механики привело к развитию квантовой химии, в которой электрон не считается движущимся по определенной орбите, а вводится представление об электронном облаке.

Рентгеноструктурный анализ, спектроскопические методы и метод ядерного магнитного резонанса позволили в XX в. определить строение огромного числа молекул, что имело не только важное теоретическое, но и практическое значение.

Выдающийся химик XX в. Н.Н. Семенов сводил отличия физических и химических процессов к трем основным: у химических процессов есть история, у них отсутствуют мгновенные параметры для скоростей реакций, для них нельзя пользоваться равновесными параметрами. Развитие синергетики существенно уменьшило эти различия, сблизило предметы физики и химии.

Важная заслуга химии заключается в том, что она показала большое значение структуры для свойств вещества и ее относительную самостоятельность. Скажем, алмаз и графит имеют одинаковый вещественный состав (они состоят из углерода), но различие их структур (решетчатая у алмаза и слоистая у графита) приводит к коренному различию свойств. Алмаз — один из самых твердых веществ, а графит, напротив, очень мягок. Именно оценив важность структуры, химия стала родоначальницей структурного подхода, который затем распространился на другие науки, и не только естественные, но и гуманитарные.

Большое значение в химии XX в. имело изучение *катализаторов веществ, которые изменяют скорость реакций, но не входят в состав их конечного продукта*. Катализаторы имеют огромное значение для процессов, происходящих в живых организмах. Примером катализаторов является хлорофилл — вещество в живой ткани зеленого листа, благодаря которому происходит процесс фотосинтеза.

Химия имеет ныне огромное практическое значение. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур благодаря применению минеральных удобрений и ядохимикатов дало возможность говорить о «зеленой революции», но это же привело к загрязнению почв и самих производимых продуктов, так что в большей цене оказались продукты, выращенные «без химии». В промышленности новые химические вещества дали возможность существенно обогатить производственный потенциал, но и это повлекло за собой отрицательные экологические последствия, так как большинство новых химических веществ не усваивалось природной средой и, таким образом, тоже становилось ее загрязнителями. Химия нашла широкое применение в быту, в частности, в косметике (появилось выражение «сделать химию»), что также имело свою обратную экологическую сторону.

13.2. Строение атома

К 1914 г. были открыты отрицательные и положительные частицы: отрицательная — электрон — в конце XIX в., положительная — позже, и в 1920 г. английский ученый Э. Резерфорд (1871—1937) назвал ее протоном. В 1932 г. английский ученый Д. Чедвик (1891—1974) открыл частицу с такой же массой, как у протона, но не несущую электрического заряда. Ее назвали нейтроном. В. Гейзенберг сразу же после открытия нейтрона предположил, что положительно заряженные частицы большой массы представляют собой протонно-нейтронные комбинации.

Резерфорд с 1906 г. бомбардировал альфа-частицами тонкие листочки металла. На основании того, что большинство альфа-частиц беспрепятственно проходили через платинки, а некоторые резко отклонялись, он создал теорию строения атома, в соответствии с которой атом имеет небольшое плотное ядро и электронные оболочки, занимающие основную часть объема атома. Немецкий ученый М. Лауэ (1879—1960) в 1909 г., бомбардируя рентгеновскими лучами кристаллы, установил, что они состоят из атомов, образующих кристаллическую решетку.

В 1920 г. Д. Чедвик экспериментально доказал равенство заряда ядра порядковому номеру химического элемента в Периодической системе элементов Менделеева, и возникло новое определение химического элемента. Вместо вещества, неразложимого на более простые, химический элемент стали понимать как совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра. Именно *зарядом, который зависит от количества протонов в ядре, определяются свойства химического элемента*. Количество нейтронов в ядре не всегда одинаково, и в этом случае говорят, что химический элемент имеет несколько *изотопов*. Так, калий имеет три изотопа: калий-39, калий-40 и калий-41, где числа обозначают атомную массу, которая равна сумме протонов и нейтронов (масса электронов во много раз меньше).

В 1934 г. французскими физиками Ф. и И. Жолио-Кюри были получены первые искусственные изотопы, т.е. изотопы, которые отсутствуют в природе. В 1937 г. создан первый искусственный химический элемент, который назвали технецием.

13.3. Теоретические основы химии

Теоретической основой систематизации химических элементов послужила периодическая система Д.И. Менделеева. Важной в химии является теория химического строения А.М. Бутлерова, созданная во второй половине XIX в. В своей теории он дал определение понятия химического строения как распределения принадлежащих атомам сил сродства, вследствие которых образуются химические связи различной прочности; обратил внимание на то, что различная реакционная способность разных соединений объясняется большей или меньшей энергией, с которой связываются атомы (т.е. энергией связей), а также полным или неполным потреблением единиц сродства при образовании химических связей.

Фундаментальная для химии теория химической связи была создана в первые десятилетия XX в. после того, как атомная физика выяснила внутреннее строение молекул и вышла на атомный уровень, который находится ниже молекулярного. В 1916 г. Г. Льюис (1875—1946) и И. Ленгмюр (1881—1957) независимо друг от друга установили, что связь между атомами в молекуле осуществляют электроны. Когда два атома сталкиваются и вступают в реакцию, они или перераспределяют свои электроны и после расходятся, или объединяют свои электроны. Электроны располагаются вокруг ядра атома оболочками и при столкновении во взаимодействие вступают внешние оболочки. Часть электронов переходит из внешней оболочки одного атома во внешнюю оболочку другого. Оба атома оказываются противоположно заряженными и начинают притягиваться друг к другу, создавая химическую связь, называемую *ионной*. Атомы могут также объединять свои электроны, представляя их в совместное пользование. Такая связь получила название *ковалентной*.

Преобразование одного вещества в другое называется *химической реакцией*. Химия изучает способность веществ вступать в химические реакции и характер протекания реакций. Реакционная способность веществ зависит от их структуры, а течение реакций — от состава реагирующих веществ и влияния внешних факторов (давления, температуры и др.). К важнейшим факторам, влияющим на скорость реакций, относятся: природа реагирующих веществ и их концентрация, размеры частиц реагентов, присутствие

в системе катализаторов, температура и давление газообразных реагентов. Влияние температуры на скорость реакции определяется правилом Я. Вант-Гоффа, в соответствии с которым при повышении температуры на 10 градусов скорость реакции увеличивается в 2—4 раза. Закон действующих масс в химической кинетике выражает зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ. Все химические реакции делятся на гетерогенные и гомогенные. Последние протекают в однородной однофазной системе.

К основным химическим понятиям относится понятие химического равновесия, под которым понимается одинаковость скоростей прямой и обратной реакции. Химическое равновесие называют динамическим, поскольку протекают и прямая и обратная реакции, но изменения в системе отсутствуют.

13.4. Сложные системы в химии

Выдающееся достижение химии заключалось в том, что она открыла так называемые цепные реакции еще до того, как в физике был обнаружен радиоактивный распад. Суть цепной реакции Н. Н. Семенов описывает так: «Энергии кванта достаточно для того, чтобы двухатомная молекула хлора распалась на отдельные атомы. Каждый из них активнее первоначальной молекулы и потому легко вступает в реакцию с молекулой водорода. Она также двухатомна. Один из ее атомов вместе с атомом хлора дает молекулу продукта — хлористого водорода, а другой атом водорода остается свободен. Теперь он легко вступает в реакцию с ближайшей молекулой хлора, образуя вторую молекулу хлористого водорода и отдельный атом хлора... Это повторяется много-много раз, возникает как бы длинная цепь реакций¹.

Советскому ученому Н. Н. Семенову предстояло открыть *разветвленные цепные реакции*. Его описание данного открытия раскрывает внутренний механизм научного творчества как такового. «Я уже сейчас не помню хорошо, когда у меня мелькнула догадка, что реакция окисления фосфора отличается от реакции хлора с водородом... Не помню, как мне пришла в голову главная мысль, что в ходе

¹ Краткий миг торжества. М., 1989. С. 13.

этой реакции образуются не обычные молекулы пятиоксида фосфора, а молекулы возбужденные — имеющие избыточную энергию, что и является причиной испускания света при соединении фосфора с кислородом. Но иногда возбужденная молекула пятиоксида фосфора может столкнуться с неактивной молекулой кислорода, еще не успев испустить свет. Тогда эта избыточная энергия вызывает расщепление кислородной молекулы на активные атомы, каждый из которых, в свою очередь, начинает боденштейновскую прямую цепь реакции окисления фосфорных паров»¹.

Теория разветвленных цепных реакций дала начало новому направлению исследований — химической физике, дисциплине, промежуточной между физикой и химией.

В химии были также открыты колебательные реакции, получившие название «химических часов» «Ведь, что, в самом деле, происходит? Основа колебательной реакции — наличие двух типов молекул, способных превращаться друг в друга. Назовем один из них А (красные молекулы), другой В (синие). Мы привыкли думать, что химическая реакция — это хаотические, происходящие наобум столкновения частиц. По этой логике взаимные превращения А и В должны приводить к усредненному цвету раствора со случайными вспышками красного и синего. Но когда условия далеки от равновесных, происходит совершенно иное: раствор в целом становится красным, потом синим, потом снова красным. Получается, будто молекулы как бы устанавливают связь между собой на больших, макроскопических расстояниях через большие, макроскопические отрезки времени. Появляется нечто похожее на сигнал, по которому все А или все В реагируют разом... Такое поведение традиционно приписывалось только живому — теперь же ясно, что оно возможно и у систем сравнительно простых, неживых»².

13.5. Органический синтез и новые материалы

Химия делится на органическую, изучающую вещества, в состав которых входит углерод, и неорганическую. Органический синтез — синтез природных соединений — имеет важнейшее практическое значение. Основной практической

¹ Краткий миг торжества. М., 1989. С. 13–14.

² Там же. С. 313–314.

задачей химии является получение веществ с заданными свойствами. На протяжении XX в. было синтезировано огромное количество веществ, которые до этого человечество находило лишь в природном состоянии: различные лекарства, витамины, удобрения, детергенты, каучук и т.д. В настоящее время ведутся работы по выработке технологии создания химических продуктов не из неорганических соединений, а из растительного сырья: кукурузы (из ее стеблей, которые сжигают) и т.п. Одно из перспективных направлений создание биodeградируемой упаковки. «Представьте, баночка из-под йогурта, брошенная не очень-то культурным человеком в воду или на газон, в считанные дни исчезнет, разложившись до углекислого газа и воды»¹. Это получило название «зеленая химия».

Химия идет по технологическому пути, так как свойства естественных молекул уже достаточно хорошо изучены, и ее задача — создавать новые вещества с новыми, неизвестными природе свойствами, как, например, пластмассы. Ежегодно синтезируется более 6000 новых химических соединений. И необходимо включать их в природные кругообороты, чтобы не усложнять экологические проблемы.

С появлением новых промышленных процессов, средств связи (например, сотовой связи) возникает все большая потребность в новых материалах. Необычное и даже неожиданное словосочетание — интеллектуальные, или разумные, материалы — вещества нового поколения, которые оптимизируют свои характеристики в зависимости от внешних условий. «Такие материалы откликаются на всякое физическое воздействие: крыло новой машины автоматически меняет свою форму, чтобы оптимально соответствовать аэродинамическим условиям или оптимизировать угол атаки»². Некоторые детали (например, лопатки турбин) выращивают целиком нужной формы как кристалл из расплава. Такова химия XXI века.

13.6. Биохимия и биогеохимия

Биохимия изучает химические реакции, происходящие в живых организмах, химический состав живых организмов и клеток. Эта промежуточная между биологией и химией

¹ Химия и жизнь. 2001, № 12. С. 17.

² Там же. С. 10.

наука получила развитие в XX в. Смысл ее в том, что объяснение функционирования какого-либо уровня организации материи заключается в сведении его на более низкий уровень, на котором ищутся причины его функционирования. Мы говорили в связи с этим о принципе редукционизма, имеющем важнейшее значение в науке. Биохимия стремится объяснить функционирование живых тел на молекулярном уровне (говорят также о молекулярной биологии).

Из всех химических элементов, которых более 100, для жизни нужно главным образом 16, причем 99% химических элементов, входящих в состав живых организмов, составляет углерод, водород, кислород и азот. Биохимия изучает роль химических элементов и веществ, таких как вода, в создании и функционировании живого. Биохимию называют химией живых организмов. Она является фундаментом для физиологии и выполняет объяснительную роль для всех биологических процессов. Она изучает такие важные соединения, как аминокислоты и белки, макромолекулы которых содержат до 1000 аминокислот. Пример белковой молекулы — гемоглобин. В животной клетке находится порядка 5000 различных видов белка.

Основоположником биогеохимии является выдающийся русский ученый XX в. В.И. Вернадский. *Биогеохимия изучает распространение химических элементов по поверхности Земли под влиянием живых организмов.* Это пример такой пограничной науки, которая состоит из трех наук — биологии, химии и геологии.

Согласно двум биогеохимическим принципам Вернадского биогенная миграция атомов в биосфере стремится к максимальному проявлению, и в биосфере должны возникать виды и формы организованности, увеличивающие биогенную энергию. Другими словами, эволюция биосферы имеет направленность.

Вернадский шел от геохимии к биогеохимии и от нее — к учению о биосфере. Иным путем — от изучения взаимодействий живых организмов с окружающей средой — к понятию биосферы пришла экология.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое структурный подход и каково его значение в современной науке?
2. Каковы основные выводы теории химической связи?

3. Что такое цепная реакция?
4. Каково практическое значение химии в XX веке?
5. Каков предмет биохимии?
6. Каков предмет биогеохимии?

Тестовые задания

1. Что изучает химия?
 - 1) неживую природу;
 - 2) химические элементы;
 - 3) атомы;
 - 4) молекулярный уровень материи.
2. Модель атома создана:
 - 1) Ф. Жолио-Кюри;
 - 2) Д. Менделеевым;
 - 3) Э. Резерфордом;
 - 4) В. Гейзенбергом.
3. Основоположником биогеохимии является:
 - 1) Н.Н. Семенов;
 - 2) В.И. Вернадский;
 - 3) Д.И. Менделеев;
 - 4) К.М. Докучаев.
4. Положительно заряженная внутриядерная частица — это:
 - 1) нейтрон;
 - 2) позитрон;
 - 3) электрон;
 - 4) протон.

Литература

1. Азимов А. Краткая история химии. М., 1983.
2. Вернадский В.И. Химическое строение Земли. Различные издания.
3. Краткий миг торжества. О том, как делаются научные открытия. М., 1989.

Раздел III
НАУКИ О ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Глава 14

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ

14.1. Отличие живого от неживого

Итак, что такое живое и чем оно отличается от неживого. Есть несколько фундаментальных отличий в вещественном, структурном и функциональном планах. В вещественном плане *в состав живого обязательно входят высокоупорядоченные макромолекулярные органические соединения, называемые биополимерами*, — белки и нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). В структурном плане *живое отличается от неживого клеточным строением*. В функциональном плане *для живых тел характерно воспроизводство самих себя*. Устойчивость и воспроизведение есть и в неживых системах. Но в живых телах имеет место процесс самовоспроизведения: не что-то воспроизводит их, а они сами. Это принципиально новый момент.

Также живые тела отличаются от неживых наличием обмена веществ, способностью к росту и развитию, активной регуляцией своего состава и функций, способностью к движению, раздражимостью, приспособленностью к среде и т.д. *Неотъемлемое свойство живого — деятельность, активность*. Все живые существа должны или действовать, или погибнуть.

Однако строго научное разграничение живого и неживого встречает определенные трудности. Имеются переходные формы от нежизни к жизни. Так, например, вирусы вне клеток другого организма не обладают ни одним из атрибутов живого. У них есть наследственный аппарат, но отсутствуют основные необходимые для обмена веществ ферменты, и поэтому они могут расти и размножаться, лишь проникая в клетки организма-хозяина и используя его ферментные системы. В зависимости от того, какой признак считают самым важным, вирусы относят к живым системам или нет.

14.2. Концепции возникновения жизни

Существует *пять концепций возникновения жизни*:

- ✓ креационизм — божественное сотворение живого;
- ✓ концепция многократного самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества (ее придерживался еще Аристотель, который считал, что живое может возникать и в результате разложения почвы);
- ✓ концепция стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда;
- ✓ концепция панспермии — внеземного происхождения жизни;
- ✓ концепция происхождения жизни на Земле в историческом прошлом в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

Первая концепция религиозна и к науке прямого отношения не имеет. Вторую опроверг изучавший деятельность бактерий французский микробиолог XIX в. Л. Пастер (знакомый нам по названию его опытов, вошедших в современную технологию, — «пастеризация»). Третья из-за своей умозрительности всегда имела немного сторонников.

К началу XX в. в науке господствовали две последние концепции. Концепция панспермии, согласно которой жизнь была занесена на Землю извне, опиралась на обнаружение при изучении метеоритов и комет «предшественников живого» — органических соединений, которые (возможно) сыграли роль «семян».

У концепции появления жизни на Земле в историческом прошлом два варианта. Согласно одному, происхождение жизни — результат случайного образования единичной «живой молекулы», в строении которой был заложен весь план дальнейшего развития живого. Французский биолог Ж. Моно пишет, что «жизнь не следует из законов физики, но совместима с ними. Жизнь — событие, исключительность которого необходимо сознавать». Согласно другой точке зрения, происхождение жизни — результат закономерной эволюции материи.

14.3. Вещественная основа жизни

XX в. привел к созданию первых научных моделей происхождения жизни. В 1924 г. в книге А. И. Опарина «Про-

исхождение жизни» была впервые сформулирована естественно-научная концепция, согласно которой возникновение жизни — результат длительной эволюции на Земле: сначала химической, затем биохимической. Эта концепция получила наибольшее признание в научной среде.

Можно выделить следующие этапы развития живых систем, начиная с самых простейших и затем следуя по пути постепенного усложнения. В вещественном плане для становления жизни нужен прежде всего углерод. Жизнь на Земле основана на этом элементе, хотя в принципе можно предположить существование жизни и на кремниевой основе. Возможно где-то во Вселенной существует и «кремниевая цивилизация», но *на Земле основа жизни — углерод*.

Чем это обусловлено? Атомы углерода вырабатываются в недрах больших звезд в необходимом для образования жизни количестве. Углерод способен создавать разнообразные (несколько десятков миллионов), подвижные, низкоэлектропроводные, студенистые, насыщенные водой, длинные скрученные цепеобразные структуры. Соединения углерода с водородом, кислородом, азотом, фосфором, серой, железом обладают замечательными каталитическими, строительными, энергетическими, информационными и иными свойствами.

Кислород, водород и азот наряду с углеродом можно отнести к «кирпичикам» живого. Клетка состоит на 70% из кислорода, 17% углерода, 10% водорода, 3% азота. Все «кирпичики» живого принадлежат к наиболее устойчивым и распространенным во Вселенной химическим элементам. Они легко соединяются между собой, вступают в реакции и обладают малым атомным весом. Их соединения легко растворяются в воде.

По радиоастрономическим данным органические вещества возникали не только до появления жизни, ни и до формирования нашей планеты. Следовательно, органические вещества абиогенного происхождения присутствовали на Земле уже при ее образовании.

Жизнь возможна только при определенных физических и химических условиях (температура, присутствие воды, солей и т.д.). Прекращение жизненных процессов, например, при высушивании семян или глубоком замораживании мелких организмов, не ведет к потере жизнеспособности. Если структура сохраняется неповрежденной, она при возвраще-

нии к нормальным условиям обеспечивает восстановление жизненных процессов.

Также и для возникновения жизни нужны определенные диапазоны температуры, влажности, давления, уровня радиации, определенная направленность развития Вселенной и время. Взаимное удаление галактик приводит к тому, что их электромагнитное излучение приходит к нам сильно ослабленным. Если бы галактики сближались, то плотность радиации во Вселенной была бы столь велика, что жизнь не могла бы существовать. Углерод синтезирован в звездах-гигантах несколько миллиардов лет назад. Если бы возраст Вселенной был меньше, то жизнь также не могла бы возникнуть. Планеты должны иметь определенную массу для того, чтобы удержать атмосферу. Список этих условий может быть продолжен.

14.4. Земля в период возникновения жизни

Наша планета — «золотая середина» в Солнечной системе, которая наиболее подходит для зарождения жизни. Возраст Земли примерно 4–5 млрд лет. Температура поверхности в начальный период была 4000–8000°, и, по мере того как Земля остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовали земную кору. Атмосфера была совершенно иной. Легкие газы — водород, гелий, азот, кислород — уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей еще недостаточно плотной планеты не могло их удержать. Однако простые соединения, содержащие эти элементы, удерживались.

Первичная атмосфера содержала водород и соединения углерода (метан) и азота (аммиак). Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, необходимым условием возникновения жизни: лабораторные опыты показывают, что органические вещества гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в атмосфере, богатой кислородом. О том, что атмосфера была именно такой, свидетельствуют самые древние горные породы на Земле.

Существуют разные точки зрения на время возникновения жизни на Земле. По мнению В. И. Вернадского, жизнь появилась одновременно с образованием Земли. А. И. Опарин считал, что периоду развития жизни предшествовал длительный период химической эволюции Земли, во вре-

мя которого образовались сложные органические вещества и протоклетки. Возникновение последних положило начало биохимической эволюции.

Известны три способа синтеза природных органических веществ. Содержащие углерод и азот вещества могли возникать в расплавленных глубинах Земли и выноситься на поверхность при вулканической деятельности, попадая далее в океан.

А. И. Опарин полагал, что органические вещества могли создаваться и в океане из более простых соединений. Энергию для этих реакций синтеза, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом ультрафиолетовая), падавшая на Землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. Разнообразие находящихся в океанах простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь.

Наконец, органические соединения могли образоваться во Вселенной из неорганического космического «сырья».

Для построения любого сложного органического соединения, входящего в состав живых тел, нужен небольшой набор блоков-мономеров (низкомолекулярных соединений): 29 мономеров (из них 20 аминокислот, 5 азотистых оснований) описывают биохимическое строение любого живого организма. Оно состоит из аминокислот (из которых построены все белки), азотистых соединений (составные части нуклеиновых кислот), глюкозы — источника энергии, жиров — структурного материала, идущего на построение в клетке мембран и запасующего энергию.

После того как углеродистые соединения образовали «первичный бульон», могли уже организовываться биополимеры — белки и нуклеиновые кислоты, обладающие свойством самовоспроизводства себе подобных. Необходимая концентрация веществ для образования биополимеров могла возникнуть в результате осаждения органических соединений на минеральных частицах, например, на глине или гидроокиси железа, образующих ил прогреваемого Солнцем мелководья. Кроме того, органические вещества могли образовать на поверхности океана тонкую пленку, которую ветер и волны гнали к берегу, где она собиралась

в толстые слои. В химии известен также процесс объединения родственных молекул в разбавленных растворах.

В начальный период формирования Земли воды, протитывающие земной грунт, непрерывно перемещали растворенные в них вещества из мест их образования в места накопления. Там формировались *пробионты* — *системы органических веществ, способных взаимодействовать с окружающей средой*, т.е. расти и развиваться за счет поглощения из окружающей среды разнообразных богатых энергией веществ.

Здесь уже возможен примитивный «отбор», ведущий к постепенному усложнению и упорядоченности как обеспечивающих преимущество в выживании. Механизм отбора действовал на самых ранних стадиях зарождения органических веществ: из множества образующихся веществ сохранялись устойчивые к дальнейшему усложнению.

Затем образуются *микросферы* — шаровидные тела, возникающие при растворении и конденсации абиогенно полученных белковоподобных веществ.

Как показывает синергетика, энергия имела для возникновения жизни не меньшее значение, чем вещество. Разумно предположить, считает И. Пригожин, что некоторые из первых стадий эволюции жизни были связаны с возникновением механизмов, способных поглощать и трансформировать химическую энергию, как бы выталкивая систему в сильно неравновесные условия. Неравновесные структуры — переход к живому, но еще нет воспроизводства. Итак, в образовании органических соединений большую роль играло не только вещество космического пространства, но и энергия звезд.

14.5. Начало жизни на Земле

Начало жизни на Земле — появление нуклеиновых кислот, способных к воспроизводству белков. Теория биохимической эволюции предлагает лишь общую схему перехода от сложных органических веществ к простым живым организмам. В соответствии с ней на границе между *коацерватами* — *сгустками органических веществ* — могли выстраиваться молекулы сложных углеводов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивающей коацерватам стабильность. В результате

включения в коацерват молекулы, способной к самовоспроизведению, могла возникнуть примитивная клетка, способная к росту.

Самое трудное для данной модели — объяснить способность живых систем к самовоспроизведению, т.е. сам переход от сложных неживых систем к простым живым организмам. Несомненно, в модель происхождения жизни будут включаться новые знания, и они будут все более обоснованными. Но повторимся, что чем более качественно новое отличается от старого, тем труднее объяснить его возникновение. Поэтому здесь и говорят о моделях и гипотезах, а не о теориях.

Так или иначе, следующим шагом в организации живого должно было быть образование мембран, которые отделяли смеси органических веществ от окружающей среды. С их появлением и получается клетка — «единица жизни», главное структурное отличие живого от неживого. Все основные процессы, определяющие поведение живого организма, протекают в клетках. Тысячи химических реакций происходят одновременно для того, чтобы клетка могла получить необходимые питательные вещества, синтезировать специальные биомолекулы и удалить отходы. Огромное значение для биологических процессов в клетке имеют ферменты. Они обладают часто высокой специализированностью и могут влиять только на одну реакцию. Принцип их действия в том, что молекулы других веществ стремятся присоединиться к активным участкам молекулы фермента. Тем самым повышается вероятность их столкновения, а следовательно, скорость химической реакции.

Синтез белка осуществляется в цитоплазме клетки. Почти в каждой из клеток человека синтезируется свыше 10 000 разных белков. Величина клеток — от микрометра до более 1 м (у нервных клеток, имеющих отростки). Клетки могут быть дифференцированными (нервные, мышечные и т.д.). Большинство из них обладает способностью восстанавливаться, но некоторые, например нервные, — в меньшей степени.

14.6. Эволюция форм жизни

Клетки без ядра, но имеющие нити ДНК, напоминают нынешние бактерии и сине-зеленые водоросли. Возраст таких самых древних организмов порядка 3 млрд лет. Их

свойства: подвижность; питание и способность запасать пищу и энергию; защита от нежелательных воздействий; размножение; раздражимость; приспособление к изменяющимся внешним условиям; способность к росту.

На следующем этапе (приблизительно 2 млрд лет тому назад) в клетке появляется ядро. Одноклеточные организмы с ядром называются простейшими. Их 25–30 тыс. видов. Самые простые из них — амебы. Инфузории имеют еще и реснички. Ядро простейших окружено двухмембранной оболочкой с порами и содержит хромосомы и нуклеоли. Ископаемые простейшие — радиолярии и фораминиферы — основные части осадочных горных пород. Многие простейшие обладают сложным двигательным аппаратом.

Примерно 1 млрд лет тому назад появились первые многоклеточные организмы, и произошел выбор растительного или животного образа жизни. Первый важный результат растительной деятельности — фотосинтез — создание органического вещества из углекислоты и воды при использовании солнечной энергии, улавливаемой хлорофиллом. Продукт фотосинтеза — кислород в атмосфере.

Возникновение и распространение растительности привело к коренному изменению состава атмосферы, первоначально имевшей очень мало свободного кислорода. Растения, ассимилирующие углерод из углекислого газа, создали атмосферу, содержащую свободный кислород — не только активный химический агент, но и источник озона, преградившего путь коротким ультрафиолетовым лучам к поверхности Земли.

Веками накапливавшиеся остатки растений образовали в земной коре грандиозные энергетические запасы органических соединений (уголь, торф), а развитие жизни в Мировом океане привело к созданию осадочных горных пород, состоящих из скелетов и других остатков морских организмов.

К важным свойствам живых систем относятся:

✓ Компактность. В 5×10^{-15} г ДНК, содержащейся в оплодотворенной яйцеклетке кита, заключена информация для подавляющего большинства признаков животного, которое весит 5×10^7 г (масса возрастает на 22 порядка).

✓ Способность создавать порядок из хаотического теплового движения молекул и тем самым противодействовать возрастанию энтропии. Живое потребляет отрицательную энтропию и работает против теплового равновесия, увели-

чивая, однако, энтропию окружающей среды. Чем более сложно устроено живое вещество, тем больше в нем скрытой энергии и энтропии.

✓ Обмен с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Живое способно ассимилировать полученные извне вещества, т.е. перестраивать их, уподобляя собственным материальным структурам и за счет этого многократно воспроизводить их.

✓ В метаболических функциях большую роль играют петли обратной связи, образующиеся при автокаталитических реакциях. Автокатализ, кросс-катализ и автоингибция (процесс, противоположный катализу: если присутствует данное вещество, оно не образуется в ходе реакции) имеют место в живых системах. Для создания новых структур нужна положительная обратная связь, для устойчивого существования — отрицательная обратная связь.

✓ Жизнь качественно превосходит другие формы существования материи в плане многообразия и сложности химических компонентов и динамики протекающих в живом превращений. Живые системы характеризуются гораздо более высоким уровнем упорядоченности и асимметрии в пространстве и времени. Структурная компактность и энергетическая экономичность живого — результат высочайшей упорядоченности на молекулярном уровне.

✓ В самоорганизации неживых систем молекулы просты, а механизмы реакций сложны; в самоорганизации живых систем, напротив, схемы реакций просты, а молекулы сложны.

✓ У живых систем есть прошлое, у неживых его нет. «Целостные структуры атомной физики состоят из определенного числа элементарных ячеек, атомного ядра и электронов и не обнаруживают никакого изменения во времени, разве что испытывают нарушение извне. В случае такого внешнего нарушения они, правда, как-то реагируют на него, но если нарушение было не слишком большим, они по прекращению его снова возвращаются в исходное положение. Но организмы — не статические образования. Древнее сравнение живого существа с пламенем говорит о том, что живые организмы, подобно пламени, представляют собой такую форму, через которую материя в известном смысле проходит как поток»¹.

¹ Гейзенберг В. Шаги за горизонт. С. 233.

✓ Жизнь организма зависит от двух факторов: наследственности, определяемой генетическим аппаратом, и изменчивости, зависящей от условий окружающей среды и реакции на них индивида. Интересно, что сейчас жизнь на Земле не могла бы возникнуть из-за кислородной атмосферы и противоядия других организмов. Раз зародившись, жизнь находится в процессе постоянной эволюции.

✓ Способность к избыточному самовоспроизводству. «Прогрессия размножения столь высокая, что она ведет к борьбе за жизнь и ее последствию — естественному отбору»¹.

14.7. Теория эволюции

Применительно к живой природе эволюцию понимают как образование более сложных видов из простых. Как оно происходит? Существует ли целесообразность в природе? Какова роль случайности? Что является источником развития: тренировка органов (как считал Ж. Б. Ламарк); борьба за существование и выживание наиболее приспособленных (естественный отбор, по Ч. Дарвину); способность к взаимопомощи (П. А. Кропоткин); природные катастрофы: кометы, изменения температуры и пр. (Ж. Кювье)?

В XIX в. была создана теория эволюции. Ч. Дарвин (1809—1882) во время своего кругосветного плавания на корабле «Бигль» собрал множество данных, свидетельствующих о том, что виды нельзя считать неизменными. После возвращения в Англию он изучал практику разведения голубей и других домашних животных, что натолкнуло его на идею естественного отбора. В 1778 г. священник Т. Мальтус опубликовал «Трактат о народонаселении», в котором обрисовал, к чему привел бы рост населения, если бы он ничем не сдерживался. Ч. Дарвин перенес его рассуждения на природу и обратил внимание на то, что, несмотря на высокий репродуктивный потенциал, численность популяций остается относительно постоянной. Ч. Дарвин предположил, что при интенсивной конкуренции внутри популяции любые изменения, благоприятные для выживания в данных условиях, повышают способность особей размножаться и оставлять потомство.

¹ Дарвин Ч. Сочинения. Т. 3. М.-Л., 1939. С. 666.

Другим основанием теории эволюции послужил принцип униформизма английского геолога Ч. Лайеля (1797—1875), в соответствии с которым медленные ничтожные изменения приводят к поразительным результатам, если происходят долго в одном направлении. Точно так же небольшие изменения на протяжении миллионов лет приводят к образованию новых видов.

Непосредственно на мысль об эволюции органических форм натолкнула Ч. Дарвина находка в одном и том же регионе — в Южной Америке — скелетов ленивца, огромного (ископаемого) и маленького (современного).

Теория эволюции сформулирована Ч. Дарвином в 1839 г. Наибольший вклад Дарвина в науку заключался не в том, что он доказал существование эволюции, а в том, что он объяснил, как она может происходить. В 1859 г. Ч. Дарвин опубликовал труд «Происхождение видов путем естественного отбора». Гипотеза Ч. Дарвина была основана на трех наблюдениях и двух выводах:

Наблюдение 1. Особи, входящие в состав популяции, обладают большим репродуктивным потенциалом.

Наблюдение 2. Число особей в каждой данной популяции примерно постоянно.

Вывод 1. Многим особям не удастся выжить и оставить потомство. В популяции происходит «борьба за существование».

Наблюдение 3. Во всех популяциях существует изменчивость.

Вывод 2. В «борьбе за существование» те особи, признаки которых наилучшим образом приспособлены к условиям жизни, обладают «репродуктивным преимуществом» и производят больше потомков, чем менее приспособленные особи. Вывод 2 содержит гипотезу о естественном отборе, который может служить механизмом эволюции.

Не столь важно, о какой конкуренции идет речь: внутри- или межвидовой. *Решающий фактор, определяющий выживание, — это приспособленность к среде.* Любое, пусть самое незначительное физическое, физиологическое или поведенческое изменение, дающее одному организму преимущество перед другим, будет действовать в «борьбе за существование» как селективное преимущество. Благоприятные изменения будут передаваться следующим поколениям, а неблагоприятные — элиминироваться отбором, так как они невыгодны организму. Действуя таким образом, ес-

тественный отбор ведет к повышению «мощности» вида, а в филогенетическом плане обеспечивает его выживание.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается живое от неживого?
2. Какова модель происхождения жизни А. И. Опарина?
3. Как образовалась атмосфера на Земле?
4. Что такое фотосинтез?
5. Каковы основные фазы эволюции форм жизни?
6. Каковы важнейшие свойства живых систем?

Тестовые задания

1. Теорию биохимической эволюции создал:
 - 1) А. И. Опарин;
 - 2) В. И. Вернадский;
 - 3) Ч. Дарвин;
 - 4) Л. Пастер.
2. Первичная атмосфера древней Земли состояла:
 - 1) из водорода, кислорода, углерода;
 - 2) из аммиака, углекислого газа, кислорода;
 - 3) из азота, кислорода, углекислого газа;
 - 4) из аммиака, метана, углекислого газа.
3. Самые древние организмы Земли были похожи на современные:
 - 1) вирусы;
 - 2) сине-зеленые водоросли;
 - 3) бактерии, живущие на больших глубинах океанов;
 - 4) амёбы.
4. Жизнь возникла на Земле:
 - 1) около 5 млрд лет назад;
 - 2) около 3 млрд лет назад;
 - 3) около 2 млрд лет назад;
 - 4) 1,5 млрд лет назад.

Литература

1. Мир вокруг нас. М., 1983.
2. Опарин А.И., Фесенков В. Г. Жизнь во Вселенной. М., 1956.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., 1986.

Глава 15

ГЕНЕТИКА И ВОСПРОИЗВОДСТВО ЖИЗНИ

15.1. Значение клетки

Переходя от проблемы происхождения жизни к проблеме строения живого, отметим, что научное знание в этой области в большей степени достоверно за счет успехов, достигнутых новой наукой — *молекулярной биологией*. Можно сказать, что примерно в середине столетия произошла научная революция в биологии, вторая в нашем веке после научной революции в физике, и благодаря ей биология вышла в лидеры «соревнования» между науками.

Во второй половине XX в. были выяснены вещественный состав, структура клетки и процессы, происходящие в ней. «Клетка — это своего рода атом в биологии. Точно так же, как разные химические соединения сложены из атомов, так и живые организмы состоят из огромных скоплений клеток. Из работ физиков мы знаем, что все атомы очень похожи друг на друга: в центре каждого атома находится массивное, положительно заряженное ядро, а вокруг него вращается облако электронов — это как бы солнечная система в миниатюре! Клетки, подобно атомам, также очень сходны друг с другом. Каждая клетка содержит в середине плотное образование, названное ядром, которое плавает в “полужидкой” цитоплазме. Все вместе заключено в клеточную мембрану»¹.

Основное вещество клетки — белки, молекулы которых обычно содержат несколько сот аминокислот и похожи на бусы или браслеты с брелочками, состоящими из главной и боковой цепей. У всех живых видов имеются свои особые белки, определяемые генетическим аппаратом. В клетке и происходит процесс воспроизводства белков в соответст-

¹ Кендрью Дж. Нить жизни. М., 1968. С. 16.

вии с генетическим кодом организма. Без клетки генетический аппарат не мог бы существовать.

Если же случится, что в клетку попадут вредные для организма бактерии и другие инородные тела, то с ними вступает в бой иммунная система — блуждающие клетки, которые у низших животных играют роль пищеварительных органов, а у высших животных, в том числе человека, их значение заключается именно в защите специфического строения данного организма (теория иммунитета разработана русским ученым И. И. Мечниковым).

О размерах клетки и содержания в ней веществ свидетельствует такая аналогия. «Представьте себе, что мы увеличим человека до размеров Великобритании. Тогда одна его клетка будет примерно такой же величины, как фабричное здание. Внутри клетки находятся большие молекулы, содержащие тысячи атомов, в том числе молекулы нуклеиновой кислоты. Так вот, даже при этом огромном увеличении, которое мы себе вообразили, молекулы нуклеиновой кислоты будут тоньше электрических проводов»¹.

Сопоставление клетки с фабрикой не случайно. «Любой живой организм можно уподобить гигантской фабрике, на которой производится множество разнообразных химических продуктов; на ней производится и энергия, приводящая в движение всю фабрику. Более того, она может воспроизводить самое себя (что для обычных фабрик совершенно невозможно!). И если теперь вспомнить, насколько сложны все эти производственные процессы, то станет ясно, что весь сложный комплекс операций, производимых на фабрике, нельзя вести как попало, без должной организации, без подразделения на цеха, внутри которых установлены рядами станки и машины, и т.д. Иными словами, для того чтобы в живом организме все процессы протекали согласованно, необходима какая-то определенная организация составляющих его структур»². Ученые выясняют, как работает эта «фабрика» и каков механизм ее воспроизводства.

Попадающие в организм белки расщепляются на аминокислоты, которые затем используются им для построения собственных белков. Нуклеиновые кислоты создают ферменты, управляющие реакциями. Например, для одного процесса брожения нужна дюжина ферментов, каждый из

¹ Кендрью Дж. Нить жизни. С. 19.

² Там же. С. 14.

которых управляет одной реакцией и действует только на строго определенный вид молекул. Все ферменты — белки. Фермент похож на дирижера, который играет всегда со своим оркестром. В каждой клетке несколько тысяч «дирижеров-ферментов». Это станки и машины «фабрики».

В качестве примера процессов, проходящих в клетках и тканях организма, рассмотрим роль *гемоглобина* — глобулярного белка красных кровяных клеток — эритроцитов, цепи которого свернуты в сферу. По словам Дж. Кендрию, «присутствием гемоглобина обусловлен красный цвет крови. Функция этого белка состоит в том, чтобы переносить кислород из легких к тканям. Гемоглобин обладает замечательной способностью связывать молекулярный кислород. Точнее говоря, одна молекула гемоглобина может связать одновременно четыре молекулы кислорода. В легких, где давление кислорода выше, происходит присоединение молекул кислорода к гемоглобину. Гемоглобин доставляет их к тканям, но там давление ниже, и кислород освобождается. Далее происходит диффузия кислорода внутрь клеток. В клетке молекулы кислорода встречаются с другим белком — миоглобином. Это как бы младший брат гемоглобина; его молекула в четыре раза меньше и способна связать не четыре, а только одну молекулу кислорода. Миоглобин тоже красный; этим объясняется красный цвет мяса. Молекулы кислорода переходят от гемоглобина к миоглобину, где и хранятся до тех пор, пока не потребуется клетке»¹.

Молекулярная биология, изучающая биологические процессы на молекулярном уровне, — один из наиболее ярких примеров конвергенции двух наук: физики и биологии.

15.2. Воспроизводство жизни

Три самых важных составляющих процесса развития организма:

- 1) *оплодотворение* (слияние половых клеток) при половом размножении;
- 2) *воспроизводство* в клетке по данной матрице определенных веществ и структур;
- 3) *деление клеток*, в результате которого организм растет из одной оплодотворенной яйцеклетки.

¹ Кендрию Дж. Нить жизни. С. 31.

Существует *два способа деления клеток*. *Митоз* — это такое деление клеточного ядра, при котором образуются два дочерних ядра с наборами хромосом (части ядер клеток), идентичными наборам родительской клетки. *Мейоз* — это деление клеточного ядра с образованием четырех дочерних ядер, каждое из которых содержит вдвое меньше хромосом, чем исходное ядро. Первый способ характерен для всех клеток, кроме половых; второй — для половых клеток. При всех формах клеточного деления ДНК каждой хромосомы реплицируется.

Воспроизводство себе подобных и наследование признаков осуществляется с помощью наследственной информации, материальным носителем которой выступают молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты. ДНК состоит из двух цепей, идущих в противоположных направлениях и закрученных одна вокруг другой наподобие электрических проводов (напоминает винтовую лестницу).

В клетке человека ДНК распределена на 23 пары хромосом и содержит около 1 млрд пар оснований, длина ее около 1 м. Если составить цепочку из ДНК всех клеток одного человека, то она сможет протянуться через всю Солнечную систему.

Носители информации — *нуклеиновые кислоты* — содержат азот и *выполняют три функции*:

- 1) самовоспроизведение;
- 2) хранение информации;
- 3) реализацию этой информации в процессе роста новых клеток. Мономеры нуклеиновых кислот несут информацию, по которой строятся аминокислоты (каждой аминокислоте, входящей в белок, соответствует определенный набор из трех мономеров НК — так называемый триплет). Генетическая информация, содержащаяся в нуклеиновых кислотах, проявляется в образовании ферментов, которые делают возможным строение живого тела.

Реализация многообразной информации о свойствах организма осуществляется путем синтеза различных белков согласно генетическому коду. Сходство и различие тел определяется набором белков. Чем ближе организмы друг к другу, тем более сходны их белки.

Молекулы ДНК — это как бы набор, с которого «печатается» организм в «типографии» Вселенной. Участок молекулы ДНК, служащий матрицей для синтеза одного белка,

называют геном (знаменитая гипотеза «один ген — один фермент»). Гены расположены в хромосомах.

Процесс воспроизводства состоит из трех частей, называющихся тремя ключевыми словами: репликация, транскрипция, трансляция. *Репликация* — это удвоение молекулы ДНК, необходимое для последующего деления клеток. В основе способности клеток к самовоспроизведению лежат уникальное свойство ДНК самокопироваться и строго равноценное деление репродуцированных хромосом. После этого клетка может делиться на две идентичные.

Как происходит репликация? ДНК распределяется на две цепи, в затем из нуклеотидов, свободно плавающих в клетке, формируется вдоль каждой цепи еще одна цепь. Этот процесс можно сравнить с печатанием фотокарточек. Так как каждая клетка многоклеточного организма возникает из одной зародышевой клетки в результате многократных делений, все клетки организма имеют одинаковый набор генов.

Вторая часть процесса воспроизводства — *транскрипция* представляет собой перенос кода ДНК путем образования одноцепочечной молекулы информационной РНК на одной нити ДНК (информационная РНК — копия части молекулы ДНК, одного или группы рядом лежащих генов, несущих информацию о структуре белков, необходимых для выполнения одной функции).

РНК отличается от ДНК тем, что вместо дезоксирибозы содержит рибозу (речь идет об одной гидроксильной группе ОН каждого сахарного кольца), а вместо азотистого основания тимина содержит урацил.

Третья часть процесса воспроизводства — *трансляция* — это синтез белка на основе генетического кода информационной РНК в особых частях клетки — рибосомах, куда доставляет аминокислоты транспортная РНК.

Основной механизм, с помощью которого молекулярная биология объясняет передачу и переработку генетической информации, по существу, является петлей обратной связи. ДНК, содержащая в линейноупорядоченном виде всю информацию, необходимую для синтеза различных протеинов (без которых невозможно строительство и функционирование клетки), участвует в последовательности реакций, в ходе которых информация кодируется в виде определенной последовательности различных протеинов. Некоторые ферменты осуществляют обратную связь среди синтезиро-

ванных протеинов, активируя и регулируя не только стадии превращений, но и автокаталитический процесс репликации ДНК, позволяющий копировать генетическую информацию со скоростью размножения клеток.

Как показали исследования по молекулярной биологии последних десятилетий, петли положительной обратной связи (вместе с отрицательной обратной связью и более сложными процессами взаимного катализа) составляют самую основу жизни. Именно такие процессы позволяют объяснить, каким образом совершается переход от крохотных комочков ДНК к сложным живым организмам.

Как получают именно разные белки и клетки? Французскими учеными Ф. Жакобом и Ж. Моно предложена следующая гипотеза. Ген-регулятор производит молекулу-репрессор. Она выключает, когда нужно, оператор, который размещается на одном конце оперона — группы генов, и в результате данные ферменты не производятся.

15.3. Развитие генетики

Генетика прошла в своем развитии семь этапов.

1. Г. Мендель (1822—1884) открыл законы наследственности. Скрещивая гладкий и морщинистый сорта гороха, он получил в первом поколении только гладкие семена, а во втором поколении — $\frac{1}{4}$ морщинистых семян. И он догадался: в зародышевую клетку поступает два наследственных задатка — от каждого из родителей. Если они не одинаковые, то у гибрида проявляется один доминантный (преобладающий) признак — гладкость. Рecessивный (уступающий) остается как бы в скрытом состоянии. В следующем поколении признаки распределятся в соотношении три к одному.

«Когда австрийский монах Грегор Мендель развлекался наблюдением результатов скрещивания красно- и белоцветущего гороха в монастырском саду, даже наиболее дальновидные его современники не могли вообразить себе всех последствий его находок», — справедливо писал Г. Селье¹. Результаты исследований Г. Менделя, опубликованные в 1865 г., не обратили на себя внимания и были переоткрыты после 1900 г.

¹ Селье Г. От мечты к открытию. С. 26.

2. А. Вейсман показал, что половые клетки обособлены от остального организма и поэтому не подвержены влияниям, действующим на соматические ткани.

Несмотря на убедительные опыты А. Вейсмана, которые было легко проверить, победившие в советской биологии сторонники Т.Д. Лысенко долго отрицали генетику, называя ее вейсманизмом-морганизмом. В этом случае идеология победила науку, и многие ученые, как, например, Н. И. Вавилов, были репрессированы.

3. Гуго де Фриз (1848—1935) открыл существование наследуемых мутаций, составляющих основу дискретной изменчивости. Он предположил, что новые виды возникали вследствие мутаций.

Понятие мутации в генетике аналогично понятию флуктуации в синергетике. *Мутация* — это частичное изменение структуры гена. Конечный ее эффект — изменение свойств белков, кодируемых мутантными генами. Появившийся в результате мутации признак не исчезает, а накапливается. Мутации вызываются радиацией, химическими соединениями, изменением температуры, наконец, могут быть просто случайными.

«Согласно нашей аналогии, мутации, очевидно, представляют собой опечатки, неизбежно появляющиеся при каждом новом переиздании Книги Жизни. Подобно тому как в наших книгах опечатки чаще всего приводят к бессмыслице и крайне редко улучшают текст, так и мутации почти всегда приносят вред; чаще всего они просто убивают организм или клетку на очень ранних стадиях, и мы даже не замечаем, что они вообще существовали на свете. С другой стороны, тот факт, что мутация летальна, сам по себе исключает опечатку из последующих изданий, ибо содержащая эту мутацию клетка никогда не произведет себе подобных. В иных случаях мутация может оказаться вредной, но не летальной. Она появится и в новых клетках, но есть надежда, что такие вредные мутации в последующих поколениях исчезнут в результате естественного отбора. Изредка все же считается, что мутация оказывает благоприятное действие. Она уже не исчезает, поскольку создает организму большие преимущества в борьбе за существование. В конце концов эта мутация будет постоянно включаться в Книгу Жизни данного вида организмов. Так протекает процесс эволюции»¹.

¹ Кендрью Дж. От мечты к открытию. С. 117. 118.

4. Т. Морган (1866—1945) создал хромосомную теорию наследственности, в соответствии с которой каждому биологическому виду присуще свое строго определенное число хромосом.

5. Г. Меллер в 1927 г. установил, что генотип может изменяться под действием рентгеновских лучей. Отсюда берут свое начало индуцированные мутации и то, что впоследствии было названо генетической инженерией с ее грандиозными возможностями и опасностями вмешательства в генетический механизм.

6. Дж. Бидл и Э. Татум в 1941 г. выявили генетическую основу процессов биосинтеза.

7. Д. Уотсон и Ф. Крик предложили модель молекулярной структуры ДНК и механизма ее репликации.

То, что именно ДНК — носитель наследственной информации, выяснилось в середине 1940-х гг., когда после перенесения ДНК одного штамма бактерий в другой в нем стали появляться бактерии штамма, чья ДНК была взята.

Двадцатипятилетний Уотсон, приехав из США в Кембридж в 1953 г., должен был заниматься изучением структуры белка. Он подолгу беседовал с Ф. Криком о появившихся только что улучшенных рентгенограммах ДНК и правилах спаривания ее оснований. Им удалось расшифровать ДНК за несколько недель.

Чуть позже был открыт триплетный перекрывающийся (как азбука Морзе) генетический код, универсальный для всех организмов, и ядро стало пониматься как орган управления, содержащий всю информацию о клетке. Продолжая аналогию ДНК с книгой, можно сказать, что если аминокислота — это слово, то бактерия — книга, а человек — огромная энциклопедия.

В заключение несколько слов о вирусах, которые в тысячу раз больше обычных молекул белка, не питаются и не растут, а воспроизводятся только в клетке хозяина. Изучение их как раз хорошо демонстрирует значение аппарата наследственности.

Вирус имеет головку и спираль с хвостом. Спиральная пружина сжимается и, подобно игле, проталкивает хвост внутрь клетки. Затем через трубку впрыскивается ДНК, и часто уже через несколько минут клетка разрывается, освобождая сотню и больше новых вирусных частиц, готовых к заражению новых клеток. Процесс заражения сходен с государственным переворотом. Вирус как бы совершает

революцию в клетке. Если в организме нормально функционирует иммунная система, то зараженные клетки уничтожаются действующими в организме защитными «клетками-полицейскими». Если же иммунная система ослаблена, (когда, скажем, человек болен СПИДом), то нападение вирусов приводит беззащитный организм к гибели.

15.4. Генетическая инженерия и генетика в XXI в.

Крупнейшее научное достижение конца XX — начала XXI в. — расшифровка генетического кода человека, что имело не только теоретическое, но и огромное практическое значение. Уже сейчас на основе этого открытия возможно составление генетических паспортов новорожденных, в которых могут быть указаны не только их генетические признаки, но и грозящие им наследственные заболевания и сформулированы, исходя из этого, рекомендации о желательном образе жизни.

Практическое значение генетики реализуется в развитии ее прикладного направления, получившего название генетической инженерии. Генетическая инженерия в числе прочего занимается созданием генетически модифицированных продуктов, т.е. таких продуктов, в которые введены новые гены от других видов, изменяющие их свойства (скажем, ген, приводящий к тому, что картофель не уничтожается колорадским жуком); клонированием животных, т.е. выращиванием на основе ДНК организмов из одной клетки их генетических двойников.

Генетическую инженерию разделяют на клеточную, занимающуюся выращиванием целостного организма из одной клетки (она уже давно применяется при селекции растений); хромосомную, занимающуюся заменой пар хромосом, взятых от других видов (тоже широко применяется в селекции растений); и генную, занимающуюся переносом генов (трансгенезом).

В развитии генетической инженерии проявляются в полной мере те потенциальные опасности эволюции науки, о которых говорилось в первой и второй главах. В некоторых странах законодательно запрещены эксперименты по клонированию человека. К обсуждению этических проблем, связанных с развитием генетики, мы вернемся в гл. 25.

В то же время генетику называют одной из самых перспективных наук XXI в., с которой связывают успехи в лечении наследственных заболеваний, повышении урожайности сельскохозяйственных культур, продлении продолжительности жизни человека до 120 и более лет.

Генетика свидетельствует: мы несем в себе информацию наших умерших предков, всей природы. Это же говорит и об ответственности, налагаемой на нас природой.

Перед современной генетикой стоят проблемы изучения сочетаний (связок) генов, их динамики (меняются ли признаки или нет), поиска социально обусловленных генов.

Что же касается биологии в целом, то «биологи прежних лет в целом продвигались сверху вниз. Они начинали с целого организма, потом разнимали его на части и рассматривали отдельные органы и ткани; далее они изучали отдельные клетки под микроскопом — так мало-помалу они продвигались вниз, от сложного к простому. Новая биология начинает с другого конца и продвигается с самого низа вверх. Она начала с простейших компонентов живого организма — стала изучать отдельные молекулы и их взаимодействие внутри клеток, пренебрегая всем остальным. Теперь пришла пора обратиться к этому остальному и двигаться вверх вдоль иерархии биологической организации»¹. По этому пути и идет современная биология.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков механизм воспроизводства жизни на молекулярном уровне?
2. Что такое биосинтез и как он происходит в организме?
3. Что такое ген?
4. Что изучает генетика?
5. Чем занимается генетическая инженерия?
6. Что такое клонирование?

Тестовые задания

1. Ген — это:
 - 1) мутация;
 - 2) закон наследственности;
 - 3) часть ДНК, отвечающая за синтез одного белка;
 - 4) признак, приобретенный при жизни организма.

¹ Кендрью Дж. Нить жизни. С. 118–119.

2. Генетика — это наука:
 - 1) об эволюции клеток;
 - 2) о вирусах и бактериях;
 - 3) о мутациях;
 - 4) о наследственности.
3. Что такое репликация?
 - 1) удвоение ДНК;
 - 2) деление клетки;
 - 3) синтез белков;
 - 4) фотосинтез.
4. Генная инженерия занимается:
 - 1) выращиванием целого организма из одной клетки;
 - 2) мутациями;
 - 3) переносом генов от одного организма к другому;
 - 4) клонированием.

Литература

1. Кендрию Дж. Нить жизни. М., 1968.
2. Краткий миг торжества. М., 1989.
3. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. СПб., 1991.

Глава 16

СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ И КОНЦЕПЦИЯ КОЭВОЛЮЦИИ

16.1. Синтетическая теория эволюции

Теория эволюции знаменовала собой крупный прорыв в биологии, наряду с классификацией К. Линнея и клеточной теорией. Но вопросы и сомнения оставались. Часть из них сняла генетика, внесшая существенный вклад в теорию эволюции. Во-первых, генетика с помощью очень простых опытов опровергла представления Ламарка о наследовании приобретенных при жизни признаков. А. Вейсман отрезал рождающимся мышам хвосты в течение нескольких десятков поколений. Он постулировал, что признаки, приобретаемые организмом или исчезающие (как в данном случае) у него в течение жизни, не воспроизводятся в последующих поколениях и, стало быть, не оказывают прямого воздействия на половые клетки, передающие признаки по наследству. Таким образом, тренировка органов не может служить механизмом эволюции видов.

Во-вторых, генетика помогла обосновать механизм эволюции, который предлагал в качестве основного Ч. Дарвин, сняв возражения, на которые сам он не мог ответить. Всю жизнь Ч. Дарвина преследовал «кошмар Дженкина» — возражение следующего содержания: если среди поля красных маков появится белый, то после скрещивания он даст розовое потомство, а через 2—3 поколения исчезнет всякое воспоминание о белом цвете (ведь в природе нет «демона Максвелла» — существа, которое отбирает и сортирует информацию).

Лишь возникновение генетики дало возможность отвергнуть это возражение. Опровергнув концепцию Ламарка, ге-

нетика помогла дарвинизму, объяснив, что появившийся признак не может исчезнуть, так как наследственный аппарат сохраняет случайно возникшее в нем, подобно тому, как сохраняются опечатки в книгах при их воспроизводстве.

Генетика привела к новым представлениям об эволюции, получившим название неodarвинизма, который можно определить как теорию органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически. Другое общепринятое название — *синтетическая*, или *общая теория эволюции*. Механизм эволюции стал рассматриваться как состоящий из двух частей: случайные мутации на генетическом уровне и наследование наиболее удачных с точки зрения приспособления к окружающей среде мутаций, так как их носители выживают и оставляют потомство.

Мутация → появление нового признака → борьба за существование → естественный отбор.

«Теория Дарвина в ее сегодняшней форме содержит, собственно, два независимых утверждения. Согласно одному из них, в процессе воспроизведения испытываются все новые формы, которые в своем большинстве при данных внешних обстоятельствах снова исчезают как непригодные; сохраняются лишь немногие приспособленные. Во-вторых, предполагается, что новые формы возникают вследствие чисто случайных нарушений генной структуры»¹. Некоторые из событий, приводимых в качестве доказательства эволюционной гипотезы, воспроизводимы в лаборатории, однако это не значит, что они действительно имели место в прошлом, а свидетельствует об их возможности. На многие возражения до сих пор нет ответа, поэтому концепция Дарвина требует дальнейшего подтверждения.

16.2. Концепция коэволюции

Критика теории эволюции Ч. Дарвина велась со дня ее возникновения. Одним не нравилось, что изменения, по Ч. Дарвину, могут идти во всех возможных направлениях и случайным образом. Концепция номогенеза утверждала, что изменения происходят не беспорядочно, а по законам развития форм. Русский ученый и революционер П. А. Кропоткин придерживался точки зрения, в соответствии с ко-

¹ Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. С. 236.

торой взаимопомощь — более важный фактор эволюции, чем борьба.

Эти возражения не могли поколебать теории эволюции вплоть до появления под влиянием экологических исследований концепции коэволюции, которая смогла объяснить возникновение полов и другие феномены. Как химическая эволюция — результат взаимодействия химических элементов, так, по аналогии, биологическая эволюция может рассматриваться как результат взаимодействия организмов. Случайно образовавшиеся более сложные формы увеличивают разнообразие и, стало быть, устойчивость экосистем.

Совместная эволюция организмов хорошо видна на следующем примере. Простейшие жгутиковые, живущие в кишечнике термитов, выделяют фермент, без которого термиты не могли бы переваривать древесину и расщеплять ее до сахаров. Встречая в природе симбиоз, можно предполагать, что его конечной стадией является образование более сложного организма. Травоядные животные могли развиваться из симбиоза животных и микроскопических паразитов растений. Паразит уже обрел некогда способность производить ферменты для переваривания веществ, имевшихся в организме его хозяина-растения. Животное же делится с паразитом питательными веществами из растительной массы. Удивительная согласованность всех видов жизни есть следствие коэволюции.

16.3. Типы взаимодействия

Выделяют следующие *типы взаимодействия между популяциями*:

- ✓ нейтрализм, при котором ассоциация двух популяций не сказывается ни на одной из них;
- ✓ взаимное конкурентное подавление, при котором обе популяции активно подавляют друг друга;
- ✓ конкуренция из-за ресурсов, при которой каждая популяция неблагоприятно действует на другую при борьбе за пищевые ресурсы в условиях их недостатка;
- ✓ аменсализм, при котором одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния;
- ✓ паразитизм;
- ✓ хищничество, при котором одна популяция неблагоприятно воздействует на другую в результате прямого нападения, но тем не менее зависит от другой;

- ✓ комменсализм, при котором одна популяция извлекает пользу из объединения, а для другой это объединение безразлично;
- ✓ протокооперация, при которой обе популяции получают преимущества от объединения, но их связь не облигатна;
- ✓ мутуализм, при котором связь популяций благоприятна для роста и выживания обеих.

Ю. Одум подчеркивает два важных принципа: 1) в ходе эволюции и развития экосистем существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий (2–4) за счет положительных, увеличивающих выживание взаимодействующих видов; 2) в недавно сформировавшихся ассоциациях вероятность возникновения сильных отрицательных взаимодействий больше, чем в старых ассоциациях. Наличие этих принципов не означает, что со временем хищники и паразиты исчезают. В рамках биосферы как целостности такого не происходит, так как опасности и преодоление их способствуют эволюции. На это обратил внимание еще философ Ф. Ницше своими принципами «Живите опасно» и «Ищите врагов ваших». Трудности нужны, чтобы их преодолевали и таким образом совершенствовались.

В природе нет ничего вредного для вида, так как то, что вредно для индивида и популяции, полезно для вида с точки зрения эволюции. Концепция коэволюции хорошо объясняет эволюцию в системе «хищник — жертва» — постоянное совершенствование и того и другого компонента экосистемы. Хищники и паразиты регулируют численность популяций, не имеющих механизмов предотвращения перенаселения, следствием чего могло бы быть самоуничтожение. Отрицательные взаимодействия могут ускорять естественный отбор, приводя к возникновению новых адаптаций, морфологических и физиологических изменений и способствуя тем самым увеличению разнообразия признаков и эволюции видов. Борьба на одном уровне может влиять на другие уровни противостояния. Так, например, вырабатываемый в процессе антибиоза (формы конкуренции, при которой один вид выделяет вещества, вредные для представителей других видов) грибом рода *Penicillium* ингибитор бактерий, названный пенициллином, широко применяется в медицине. Вещества, которые вырабатываются в процессе антибиоза, получили названия антибиотиков.

К интересным результатам привело изучение системы «хозяин — паразит». Казалось бы, отбор должен вести к уменьшению вредности паразита для хозяина. В системе «хозяин — паразит» естественный отбор должен вроде бы способствовать выживанию менее вирулентных (опасных для хозяина) паразитов и более резистентных (устойчивых к паразитам) хозяев. Постепенно паразит становится комменсалом, т.е. безопасным для хозяина, а затем они могут стать мутуалами — организмами, которые способствуют взаимному процветанию, как грибы и фотосинтезирующие бактерии, вместе образующие лишайники. Но так происходит не всегда. Паразиты — неизбежная, обязательная часть экосистемы. И в этой паре идет конкурентная борьба, в результате которой усложняются и те, и другие. Гибель одного ведет к гибели другого, а сосуществование увеличивает сложность всей системы. Коэволюционная «гонка вооружений» способствует большему разнообразию экосистем.

На изучении эволюции системы «хозяин — паразит» основана гипотеза, объясняющая происхождение полов. Бесполое размножение, с точки зрения теории Дарвина, — значительно более эффективный процесс. «Двойная стоимость» полового размножения (участие двух полов в размножении), поскольку мужские особи не включают в создание и выращивание потомства столько, сколько женские, вызывала трудности в объяснении этого феномена. Системное изучение биологических процессов предлагает следующее объяснение: половые различия дают хозяевам уникальные преимущества, поскольку позволяют обмениваться частями генетического кода между особями. Рекомбинация больших блоков генетической информации в результате полового размножения позволяет изменять признаки в потомстве быстрее, чем при мутациях, количество которых больше у паразитов, так как у них быстрее происходит смена поколений. Паразиты вследствие краткости периода воспроизводства и быстрого хода эволюционных изменений меньше нуждаются в наличии полов и обычно бесполоы. И здесь конкурентная борьба выступает фактором естественного отбора.

Основная особенность отрицательного взаимодействия популяций заключается в том, что при их синхронной эволюции в стабильной экосистеме степень отрицательного влияния уменьшается. «Иными словами, естественный отбор стремится уменьшить отрицательные влияния или вообще устранить взаимодействие популяций, поскольку про-

должительное и сильное подавление популяции добычи или хозяина популяцией хищника или паразита может привести к уничтожению одной из них или обеих»¹. Итак, конкуренция есть, но следствие ее — эволюция, а не уничтожение вида.

Условием уменьшения отрицательного взаимодействия является стабильность экосистемы и то, что ее пространственная структура обеспечивает возможность взаимного приспособления популяций. Отрицательные и положительные отношения между популяциями в экосистемах, которые достигают стабильного состояния, в конце концов уравнивают друг друга.

Положительные взаимодействия образовались в ходе эволюции в следующей последовательности: комменсализм (преимущество имеет одна популяция), кооперация (пользу получают обе популяции) и мутуализм (пользу получают обе популяции, причем они полностью зависят друг от друга). Кооперация встречается в природе столь же часто, как и конкуренция, причем объединяются порой весьма разные организмы с сильно различающимися потребностями, а конкурируют организмы со сходными потребностями. Интересный пример кооперации демонстрируют тропические муравьи-листорезы, которые разводят в своих гнездах целые грибные сады. Муравьи удобряют, растят и собирают свой грибной урожай, как рачительные фермеры. Такая кооперация, напоминающая сельскохозяйственное производство, называется эктосимбиозом.

Форма организации, при которой один организм не может жить без другого, называется мутуализмом. Пример: сотрудничество между бактериями, фиксирующими азот, и бобовыми растениями. Мутуалистические отношения, по-видимому, замещают паразитизм в ходе созревания экосистемы; они особенно важны, когда лимитированы некоторые ресурсы среды. Следующий шаг — соединение двух организмов в один. Так и объясняет эволюцию видов после появления первой клетки Л. Маргулис.

16.4. Значение коэволюции

В 1960-х гг. Л. Маргулис предположила, что эукариотические клетки произошли в результате симбиотического союза простых прокариотических клеток, таких как бакте-

¹ *Одум Ю.* Основы экологии. С. 286.

рии. Л. Маргулис выдвинула гипотезу, что митохондрии (клеточные органеллы, которые производят энергию из кислорода и углеводов) произошли от аэробных бактерий; хлоропласты растений когда-то были фотосинтезирующими бактериями. По мнению Л. Маргулис, симбиоз — образ жизни большинства организмов и один из наиболее созидательных факторов эволюции. Например, 90% растений существует вместе с грибами, поскольку грибы, связанные с корнями растений, необходимы им для получения питательных веществ из почвы. Совместная жизнь приводит к появлению новых видов и признаков. Эндосимбиоз (внутренний симбиоз партнеров) — механизм усложнения строения многих организмов. Изучение ДНК простых организмов подтверждает, что сложные растения произошли из соединения простых. Схематически это можно представить следующим образом (рис. 5):

Из схемы видно, что соединение двух организмов (обозначенное знаком (+)) ведет к созданию третьего (обозначено знаком (→)). Присоединение к нему еще одного дает четвертый организм и т.д.

Такая симбиотическая коэволюция хорошо согласуется с данными синергетики, и ею можно объяснить образова-



Рис. 5. Гипотеза многоклеточных организмов

ние колоний амеб под влиянием недостатка пищи и образование муравейника. В синергетических терминах это описывается так. Начальной флуктуацией является несколько большая концентрация комочков земли, которая рано или поздно возникает в какой-то точке области обитания термитов. Но каждый комочек пропитан гормоном, привлекающим других термитов. Флуктуация растет, и конечная площадь гнезда определяется радиусом действия гормона.

Так происходит переход от целесообразности на уровне организмов к целесообразности на уровне сообществ и жизни в целом — целесообразности в научном смысле слова, определяемой тем, что существуют не внешние по отношению к сообществам, а внутренние объективные надорганизменные механизмы эволюции, которые изучает наука.

С точки зрения концепции коэволюции естественный отбор, который играл главную роль у Ч. Дарвина, является не «автором», а скорее «редактором» эволюции. Конечно, в этой сложной области исследований науку ждет еще немало важных открытий.

Эволюция идет за счет естественного отбора не только на видовом уровне. Естественный отбор на более высоких уровнях также играет важную роль, особенно: сопряженная эволюция, т.е. взаимный отбор зависящих друг от друга автотрофов и гетеротрофов; групповой отбор, или отбор на уровне сообществ, который ведет к сохранению признаков, благоприятных для группы в целом, даже если они неблагоприятны для конкретных носителей этих признаков.

Ю. Одум дает следующее определение коэволюции, или сопряженной эволюции. «Сопряженная эволюция — это тип эволюции сообщества (т.е. эволюционных взаимодействий между организмами, при которых обмен генетической информацией между компонентами минимален или отсутствует), заключающийся во взаимных селективных воздействиях друг на друга двух больших групп организмов, находящихся в тесной экологической взаимозависимости»¹. Гипотеза сопряженной эволюции П. Эрлиха и П. К. Равена (1965) сводится к следующему. В результате случайных мутаций, или рекомбинаций, растения начинают синтезировать химические вещества, не имеющие непосредственного отношения к основным путям метаболизма или, возможно, являющиеся побочными отходами, возникающими на этих

¹ Одум Ю. Основы экологии. С. 354.

путях. Вещества эти не мешают нормальному росту и развитию, но могут уменьшать привлекательность растений для растительноядных животных. Отбор приводит к закреплению данного признака. Однако насекомые фитофаги могут выработать ответную реакцию (наподобие устойчивости к инсектицидам). Если в популяции насекомых появится мутант, или рекомбинант, способный питаться растениями, которые прежде были устойчивы к данному насекомому, отбор закрепит этот признак. Итак, растения и фитофаги эволюционируют вместе.

Отсюда выражение «генетическая обратная связь». Так называют обратную связь, в результате которой один вид — фактор отбора для другого и этот отбор влияет на генетическую конституцию второго вида. Групповой отбор, т.е. естественный отбор в группах организмов, является генетическим механизмом коэволюции. Он ведет к сохранению признаков, благоприятных для популяций и сообществ в целом, но не выгодных для их отдельных генетических носителей внутри популяций. Концепция коэволюции объясняет факты альтруизма у животных: заботу о детях, устранение агрессивности путем демонстрации «умиротворяющих поз», повиновение вожакам, взаимопомощь в трудных ситуациях и т.п.

Данный генетический механизм может привести и к гибели популяции, если ее деятельность вредит сообществу. Известно, что вымирание популяций может происходить с высокой скоростью и здесь сказывается именно групповой отбор. Это предупреждение человеку, который противопоставил себя биосфере.

Сравнивая с системой «хозяин — паразит», человека называют паразитом, живущим за счет ресурсов биосферы и не заботящемся о благосостоянии своего хозяина. Выше было отмечено, что в процессе эволюции паразитизм склонен сменяться мутуализмом. Перейдя от охоты к земледелию и скотоводству, человек тем самым сделал шаг по пути к мутуализму с окружающей средой. Возможно, стремление к охране природы не столько результат дальновидности человека и осознания им экологических законов, сколько действие группового отбора, который заставляет познавать биосферу и использовать результаты науки для гармонизации отношений с ней.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные положения синтетической теории эволюции?
2. Какие выводы получены в результате изучения систем «хищник — жертва» и «хозяин — паразит»?
3. В чем суть концепции коэволюции?
4. Как концепция коэволюции примирила взгляды Ч. Дарвина и П. А. Кропоткина?
5. Как происходила эволюция жизни с точки зрения концепции коэволюции?
6. В чем сходство и различия между типами взаимодействий: хищничество, паразитизм, симбиоз, комменсализм, аменсализм, мутуализм, нейтрализм?

Тестовые задания

1. Синтетическая теория эволюции отличается от теории Ч. Дарвина:
 - 1) признанием мутации основным источником изменчивости;
 - 2) отказом от идеи естественного отбора;
 - 3) признанием синтетического влияния разнообразных факторов на генотип;
 - 4) отказом от идеи борьбы за существование.
2. К положительным типам биотических взаимодействий относятся:
 - 1) протокооперация и мутуализм;
 - 2) мутуализм и аменсализм;
 - 3) протокооперация и комменсализм;
 - 4) аменсализм и комменсализм.
3. Конкуренция, как правило, приводит:
 - 1) к гибели одного из конкурирующих видов;
 - 2) к эволюции обоих видов;
 - 3) к подавлению одного вида другим;
 - 4) рано или поздно прекращается.
4. Коэволюция — это:
 - 1) выживание наиболее приспособленной группы;
 - 2) эволюция популяций;
 - 3) взаимное приспособление взаимодействующих видов;
 - 4) конкуренция любых совместно проживающих групп.

Литература

1. Новиков Г. А. Очерки истории экологии животных. Л., 1980.
2. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. СПб., 1991.
3. Одум Ю. Основы экологии. М., 1975.

Глава 17

ЭКОЛОГИЯ

17.1. Основные понятия экологии

В буквальном смысле слово «экология» — наука о «доме» (от греч. жилище, местообитание). Термин «экология» предложил немецкий зоолог Э. Геккель в XIX в., но как наука экология возникла в начале XX в., а в широкий обиход это слово вошло в 1960-х гг., когда стали говорить об экологическом кризисе как кризисе во взаимоотношениях человека со средой его обитания.

Как часть биологического цикла, *экология — наука о местообитании живых существ, их взаимоотношении с окружающей средой*. Экология изучает организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней вплоть до глобального, т.е. до биосферы в целом.

Предмет экологии разделяется тремя способами. Во-первых, выделяют аутэкологию, которая исследует взаимодействие отдельных организмов и видов со средой, и синэкологию, которая изучает сообщество. Во-вторых, разделение идет по типам сред, или местообитаний, — экология пресных вод, моря, суши, океана. В-третьих, экология разделяется на таксономические ветви: экологию растений, экологию насекомых, экологию позвоночных и т.д. вплоть до экологии человека. Рассматриваются также различные области практического приложения экологии: природные ресурсы, загрязнение среды и т.п.

Основные понятия экологии — популяция, сообщество, местообитание, экологическая ниша, экосистема. *Популяцией* (от лат. народ) называется группа организмов, относящихся к одному виду и занимающая определенную область, называемую ареалом. *Сообществом*, или биоценозом, называют совокупность растений и животных, населяющих

участок среды обитания. Совокупность условий, необходимых для существования популяций, носит название *экологической ниши*. Экологическая ниша определяет положение вида в цепях питания.

Совокупность сообщества и среды носит название *экологической системы*, или биогеоценоза (различия между этими понятиями для нас пока несущественны). Ю. Одум дает такое определение: «Любое единство, включающее все организмы (т.е. “сообщество”) на данном участке и взаимодействующее с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ (т.е. обмен веществами между биотической и абиотической частями) внутри системы, представляет собой экологическую систему, или экосистему»¹.

Термин «экосистема» был введен английским экологом А. Тэнсли в 1935 г. В 1944 г. В. Н. Сукачевым предложен термин биогеоценоз, а В. И. Вернадский использовал понятие «биокосное тело». Главное значение этих понятий состоит в том, что они подчеркивают обязательное наличие взаимоотношений, взаимозависимости и причинно-следственных связей, иначе говоря, объединение компонентов в функциональное целое. В качестве примера экосистемы можно привести озеро, лес и т.п. Экосистемы очень различны. Всю биосферу можно рассматривать как совокупность экосистем от голубого океана, в котором преобладают мелкие организмы, но плотность биомассы велика, до высокого леса с крупными деревьями, но меньшей общей плотностью биомассы.

Выделяют два подхода к изучению экологической системы: аналитический, когда изучают отдельные части системы, и *синтетический*, рассматривающий всю систему в целом. Оба подхода дополняют друг друга. В зависимости от характера питания в экосистеме строится пирамида питания, состоящая из нескольких трофических (от греч. питание) уровней. Низший занимают автотрофные (буквально: самостоятельно питающиеся) организмы, для которых характерны фиксация световой энергии и использование простых неорганических соединений для синтеза сложных органических веществ. К этому уровню относятся прежде всего растения. На более высоком уровне располагаются

¹ Ю. Одум. Основы экологии. С. 16.

гетеротрофные (буквально: питающиеся другими) организмы, использующие в пищу биомассу растений, для которых характерны утилизация, перестройка и разложение сложных веществ. Затем идут гетеротрофы второго порядка, питающиеся гетеротрофами первого порядка, т.е. животными. Экологическая пирамида, или пирамида питания, хорошо запоминается со школьных уроков биологии.

В целом в составе экосистемы выделяют три неживых и три живых компонента:

- ✓ неорганические вещества (азот, углекислый газ, вода и др.), включающиеся в природные кругообороты;
- ✓ органические соединения (белки, углеводы и т.д.);
- ✓ климатический режим (температура, свет, влажность и другие физические факторы);
- ✓ продуценты (автотрофные организмы, главным образом зеленые растения, которые создают пищу из простых неорганических веществ);
- ✓ макроконсументы — гетеротрофные организмы, главным образом животные, которые поедают другие организмы;
- ✓ микроконсументы, или редуценты, — гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы, которые разрушают сложные соединения мертвой протоплазмы, поглощают некоторые продукты разложения и высвобождают неорганические питательные вещества, пригодные для использования продуцентами, а также органические вещества, способные служить источниками энергии.

Взаимодействие автотрофных и гетеротрофных компонентов — один из самых общих признаков экосистемы, хотя часто эти организмы разделены в пространстве, располагаясь в виде ярусов: автотрофный метаболизм наиболее интенсивно протекает в верхнем ярусе — «зеленом поясе», где наиболее доступна световая энергия, а гетеротрофный метаболизм преобладает внизу, в почвах и отложениях — «коричневом поясе», в котором накапливается органическое вещество.

Пирамида питания определяет круговорот веществ в биосфере, который выглядит следующим образом (рис. 6):

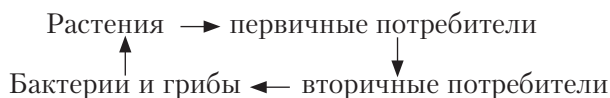


Рис. 6. Круговорот веществ в биосфере

Экология показала, что живой мир — не простая совокупность существ, а единая система, «сцементированная» множеством цепочек питания и иных взаимодействий. Каждый организм может существовать только при условии постоянной тесной связи со средой. Интенсивность метаболизма в экосистеме и его относительная стабильность определяется в значительной мере потоком солнечной энергии и перемещением химических веществ.

Отдельные организмы не только приспособлены к физической среде, но своим совместным действием в рамках экосистемы приспособливают геохимическую среду к своим биологическим потребностям. Из простых веществ, содержащихся в море, в результате деятельности животных (кораллов и др.) и растений построены целые острова. Состав атмосферы также регулируется организмами.

В создании кислорода атмосферы и органических веществ главную роль играет фотосинтез, который протекает по такой схеме: углекислый газ + вода + солнечная энергия (в присутствии ферментов, связанных с хлорофиллом) = глюкоза + кислород.

Этот процесс преобразования части солнечной энергии в органическое вещество путем фотосинтеза называют «работой зеленых растений». Таким образом производятся не только углеводы (глюкоза), но и аминокислоты, белки и другие жизненно важные соединения.

Эволюцию форм жизни обеспечило то, что в течение большей части геологического времени часть продуцируемого органического вещества не разлагалась и преобразование органического синтеза вело к увеличению концентрации кислорода в атмосфере. Около 300 млн лет тому назад отмечался особенно большой избыток органической продукции, что способствовало образованию ископаемых горючих веществ, за счет которых человек совершил промышленную революцию.

Три функции сообщества в целом — продукция, потребление и разложение — тесно связаны друг с другом. Хотя мы считаем микроорганизмы «примитивными», человек не может существовать без микробов. Наиболее устойчивый продукт разложения — гумус, необходимый почве для роста растений.

Сбалансированность продуцирования и разложения — основное условие существования всего живого в биосфере. Отставание утилизации вещества, произведенного автотро-

фами, не только обеспечивает построение биологических структур, но и обуславливает существование кислородной атмосферы. В результате увеличивается содержание углекислого газа в атмосфере, который, подобно стеклу, поглощает инфракрасное излучение, испускаемое земной поверхностью, создавая так называемый парниковый эффект. Люди оказываются как бы в гигантском парнике со всеми вытекающими отсюда последствиями для глобального климата.

«Среднеглобальная температура атмосферы у поверхности Земли около 15°C . За последний 1 миллион лет она изменялась в пределах 5°C похолодания и 2°C потепления. При изменении среднеглобальной температуры на 10°C , т.е. в 1,5 раза от современного уровня, скорее всего будет нацело нарушено действие принципа Ле Шателье — Брауна (об этом принципе см. далее. — А.Г.) — биота как бы сама себя “съест”, так как процессы обмена веществ, усиливаясь, приведут не к сопротивлению изменениям в окружающей биоте среде, а к быстрой самодеструкции биосферы»¹. Потенциальные опасности данного процесса — таяние полярных льдов и установление тропического климата на всей Земле.

Все это свидетельствует о том, как важно учитывать тонкие механизмы биосферы — машины, которую надо знать и по крайней мере не мешать ее работе.

Экосистемы, подобно организмам и популяциям, способны к саморегулированию, противостоя изменениям и сохраняя состояние равновесия. Но для того, чтобы эти механизмы нормально функционировали, необходим период эволюционного приспособления к условиям среды, который называется адаптацией. Адаптация организма может быть структурной, физиологической и поведенческой. К структурной относится изменение окраски, строения тела и т.д. К физиологической относится, скажем, появление слуховой камеры у летучей мыши, позволяющий иметь идеальный слух. Пример поведенческой адаптации демонстрирует мотылек с полосатыми крыльями, садящийся на полосатые листья лилий так, чтобы его полоски были параллельны полоскам на листьях. Аналогичные механизмы адаптации существуют и на уровне экосистем в целом. Они не должны нарушаться человеком, иначе ему придется или

¹ Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества: концептуальная экология. М., 1992. С. 63.

самому конструировать их искусственные заменители, на что он пока не способен, или его ждет экологическая катастрофа, так как он не может существовать ни в какой иной среде, кроме биосферы.

17.2. Энергия в экологических системах

Одна из задач экологии — изучение превращения энергии внутри экологической системы. Усваивая солнечную энергию, зеленые растения создают потенциальную энергию, которая при потреблении пищи организмами превращается в другие формы. Превращения энергии в отличие от циклического движения веществ идут в одном направлении, почему и говорят о потоке энергии.

С точки зрения изучения потоков энергии важны два начала термодинамики. Первое начало гласит, что энергия не может создаваться заново и исчезать, а только переходит из одной формы в другую. Второе начало формулируется таким образом: процессы, связанные с превращениями энергии, могут протекать самопроизвольно лишь при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную. То, что согласно второму началу энергии при любых превращениях стремится перейти в тепло, равномерно распределенное между телами, дало основания говорить о «старении» Солнечной системы. Характерна ли эта тенденция к энергетическому выравниванию для всей Вселенной, пока не ясно, хотя в XIX в. широко обсуждался вопрос о «тепловой смерти Вселенной».

Общепринятая в физике формулировка второго начала гласит, что в закрытых системах энергия стремится распределиться равномерно, т.е. система стремится к состоянию максимальной энтропии. Отличительная особенность живых тел, экосистем и биосферы в целом — способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е. состояния с низкой энтропией. По определению Э. Шредингера, «жизнь — это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упорядоченности к неупорядоченности, но и частично на существовании упорядоченности, которая поддерживается все время... средство, при помощи которого организм поддерживает себя постоянно на достаточно высоком уровне упорядо-

ченности (равно на достаточно низком уровне энтропии), в действительности состоит в непрерывном извлечении упорядоченности из окружающей его среды. В самом деле, у высших животных мы достаточно хорошо знаем тот вид упорядоченности, которым они питаются, а именно: крайне хорошо упорядоченное состояние материи в более или менее сложных органических соединениях служит им пищей. После использования животные возвращают эти вещества в очень деградированной форме, однако не вполне деградированной, так как их еще могут употреблять растения. Для растений мощным источником «отрицательной энтропии» является, конечно, солнечный свет»¹.

Свойство живых систем извлекать упорядоченность из окружающей среды дало основания некоторым ученым, в частности Э. Бауэру, сделать вывод, что для этих систем второе начало не выполняется. Но второе начало имеет еще и другую, более общую формулировку, справедливую для открытых, в том числе живых, систем. Она гласит, что эффективность самопроизвольного превращения энергии всегда меньше 100%. В соответствии со вторым началом поддержание жизни на Земле без притока солнечной энергии невозможно.

В экосистемах перенос энергии пищи от ее источника — растений через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, и называется пищевой цепью. При каждом очередном переносе большая часть (80—90%) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло. Это ограничивает возможное число «звеньев» цепи до четырех-пяти. Зеленые растения занимают первый трофический уровень, травоядные — второй, хищники — третий и т.д. Переход к каждому следующему звену уменьшает доступную энергию примерно в 10 раз. Переходя к человеку, можно сказать, что если увеличивается относительное содержание мяса в рационе, то уменьшается число людей, которых можно прокормить.

Экологическая пирамида, представляющая собой трофическую структуру, основанием которой служит уровень продуцентов, а последующие уровни образуют ее этажи и вершину, может быть трех основных типов: «1) пирамида чисел, отражающая численность отдельных организмов; 2) пирамида биомассы, характеризующая общий сухой вес,

¹ Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физики. М., 1972. С. 71, 76.

калорийность или другую меру общего количества живого вещества; 3) пирамида энергии, показывающая величину потока энергии и (или) “продуктивность” на последовательных трофических уровнях»¹. Энергетическая пирамида всегда сужается кверху, поскольку энергия теряется на каждом последующем уровне.

Важнейшая характеристика экосистемы — ее продуктивность, под которой понимается как рост организмов, так и создание органического вещества. Поглощается лишь около половины всей лучистой энергии (в основном в видимой части спектра) и самое большое — около 5% ее в самых благоприятных условиях превращается в продукт фотосинтеза. Значительная часть (не менее 20%, а обычно около 50%) этой потенциальной пищи (чистой продукции) человека и животных расходуется на дыхание растений. Содержание хлорофилла на 1 кв. м в разных сообществах примерно одинаково, т.е. в целых сообществах содержание зеленого пигмента распределено более равномерно, чем в отдельных растениях или их частях.

Соотношение между зелеными и желтыми пигментами можно использовать как показатель отношения гетеротрофного метаболизма к автотрофному. Когда в сообществе фотосинтез превышает дыхание, доминируют зеленые пигменты, а при усилении дыхания сообщества увеличивается содержание желтых пигментов.

Среди произведенной в процессе фотосинтеза продукции выделяют первичную продуктивность, которая определяется как скорость, с которой лучистая энергия усваивается организмами-продуцентами, главным образом зелеными растениями. Ее разделяют на валовую первичную продукцию, включая ту органику, которая была израсходована на дыхание, и чистую первичную продукцию — за вычетом использованной при дыхании растений. Чистая продуктивность сообщества — скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами. Наконец, скорость накопления энергии на уровне консументов называют вторичной продуктивностью. В соответствии со вторым началом поток энергии с каждой ступенью уменьшается, так как при превращениях одной формы энергии в другую часть энергии теряется в виде тепла.

Часть энергии, идущая на дыхание, т.е. на поддержание структуры, велика в популяциях крупных организмов и в

¹ *Одум Ю.* Основы экологии. С. 105.

зрелых сообществах. Эффективность природных систем много ниже КПД электромоторов и других двигателей. В живых системах много «горючего» уходит на «ремонт», что не учитывается при расчете КПД двигателей. Любое повышение эффективности биологических систем обрачивается увеличением затрат на их поддержание. Экологическая система — это машина, из которой нельзя «выжать» больше, чем она способна дать. Всегда наступает предел, после которого выигрыш от роста эффективности сводится на нет ростом расходов и риском разрушения системы.

Человек не должен стремиться получать более $\frac{1}{3}$ валовой (или $\frac{1}{2}$ чистой) продукции, если он не готов поставлять энергию для замены тех «механизмов самообслуживания», которые развились в природе, чтобы обеспечить долговременное поддержание первичной продукции в биосфере. Прямое удаление человеком или домашними животными более 30—50% годового прироста растительности может уменьшить способность экосистемы сопротивляться стрессу. Один из пределов биосферы — валовая продукция фотосинтеза, и под него человеку придется подгонять свои нужды, пока не удастся доказать, что усвоение энергии путем фотосинтеза можно сильно повысить, не подвергая при этом опасности нарушить равновесие других, более важных ресурсов жизненного круговорота.

Урожай, получаемый человеком, составляет 1% чистой или 0,5% общей первичной продукции биосферы, если учитывать только потребление пищи человеком. Вместе с домашними животными это 6% чистой продукции биосферы или 12% чистой продукции суши.

Энергия, которую расходует человек, чтобы получить больший урожай, называется добавочной энергией. Она необходима для индустриализованного сельского хозяйства, так как этого требуют культуры, созданные специально для него. Так называемые энергетические «субсидии» соответствуют закону убывающей отдачи А. Тюрго — Т. Мальтуса, формулируемому следующим образом: «Повышение удельного вложения энергии в агросистему не дает адекватного пропорционального увеличения ее продуктивности (урожайности)».

Замкнутость производственных циклов по энергетически-энтропийному параметру теоретически невозможна, поскольку течение энергетических процессов (в соответствии со вторым началом термодинамики) сопровождается

деградацией энергии и повышением энтропии природной среды. Действие второго начала термодинамики выражается в том, что превращения энергии идут в одном направлении в отличие от циклического движения веществ.

В формулировке Ю. Одума второе начало термодинамики справедливо по крайней мере для современного состояния системы «человек — природная среда», поскольку существование этой системы полностью зависит от притока солнечной энергии. Мы являемся свидетелями того, что повышение уровня организации и разнообразия культурной системы уменьшает ее энтропию, но увеличивает энтропию окружающей природной среды, вызывая ее деградацию. В какой степени можно элиминировать эти следствия второго начала? Существуют два пути. Первый заключается в уменьшении потерь используемой человеком энергии при ее различных превращениях. Этот путь эффективен в той мере, в которой не приводит к понижению стабильности систем, через которые идет поток энергии (как известно, в экологических системах увеличение числа трофических уровней способствует повышению их устойчивости, но в то же время росту потерь энергии, проходящей через систему). Второй путь заключается в переходе от повышения упорядоченности культурной системы к повышению упорядоченности всей биосферы. Общество в этом случае повышает организованность природной среды за счет понижения организованности той части природы, которая находится за пределами биосферы Земли.

17.3. Биогеохимические круговороты

В отличие от энергии, которая, однажды использованная организмом, превращается в тепло и теряется для экосистемы, вещества циркулируют в биосфере, что и называется биогеохимическими круговоротами. Из 90 с лишним элементов, встречающихся в природе, около 40 нужны живым организмам. Наиболее важные для них и требующиеся в больших количествах: углерод, водород, кислород, азот. Кислород поступает в атмосферу в результате фотосинтеза и расходуется организмами при дыхании. Азот извлекается из атмосферы благодаря деятельности азотфиксирующих бактерий и возвращается в нее другими бактериями.

Круговороты элементов и веществ осуществляются за счет саморегулирующихся процессов, в которых участвуют все составные части экосистем. Эти процессы безотходные. В природе нет ничего бесполезного или вредного; даже от вулканических извержений есть польза, так как с вулканическими газами в воздух поступают нужные элементы, например, азот.

Существует закон глобального замыкания биогеохимического круговорота в биосфере, действующий на всех этапах ее развития, как и правило увеличения замкнутости биогеохимического круговорота в ходе сукцессии. В процессе эволюции биосферы увеличивается роль биологического компонента в замыкании биогеохимического круговорота. Еще большую роль на биогеохимический круговорот оказывает человек. Но его роль осуществляется в противоположном направлении. Человек нарушает сложившиеся круговороты веществ, и в этом проявляется его геологическая сила, разрушительная по отношению к биосфере на сегодняшний день.

Когда более 2 млрд лет тому назад на Земле появилась жизнь, атмосфера состояла из вулканических газов. В ней было много углекислого газа и мало кислорода (если вообще был), и первые организмы были анаэробными. Так как продукция в среднем превосходила дыхание, за геологическое время в атмосфере накапливался кислород и уменьшалось содержание углекислого газа. Сейчас содержание углекислого газа в атмосфере увеличивается в результате сжигания больших количеств горючих ископаемых и уменьшения поглотительной способности «зеленого пояса». Последнее является результатом уменьшения количества самих зеленых растений, а также связано с тем, что пыль и загрязняющие частицы в атмосфере отражают поступающие в атмосферу лучи.

В результате антропогенной деятельности степень замкнутости биогеохимических круговоротов уменьшается. Хотя она довольно высока (для различных элементов и веществ она неодинакова), но тем не менее не абсолютна, что и показывает пример возникновения кислородной атмосферы. Иначе невозможна была бы эволюция (наивысшая степень замкнутости биогеохимических круговоротов наблюдается в тропических экосистемах — наиболее древних и консервативных).

Таким образом, следует говорить не об изменении человеком того, что не должно меняться, а скорее о влиянии его

на скорость и направление изменений и на расширение их границ, нарушающее правило меры преобразования природы. Последнее формулируется следующим образом: *в ходе эксплуатации природных систем нельзя превышать некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдержания*. Нарушение меры как в сторону увеличения, так и уменьшения приводит к отрицательным результатам. Например, избыток вносимых удобрений столь же вреден, сколь и недостаток. Это чувство меры утеряно современным человеком, считающим, что в биосфере ему все позволено.

Надежды на преодоление экологических трудностей связывают, в частности, с разработкой и введением в эксплуатацию замкнутых технологических циклов. Создаваемые человеком циклы превращения материалов считается желательным устраивать так, чтобы они были подобны естественным циклам круговорота веществ. Тогда одновременно решались бы проблемы обеспечения человечества невозполнимыми ресурсами и проблема охраны природной среды от загрязнения, поскольку ныне только 1–2% веса природных ресурсов утилизируется в конечном продукте.

Теоретически замкнутые циклы превращения вещества возможны. Однако полная и окончательная перестройка индустрии по принципу круговорота вещества в природе не реальна. Хотя бы временное нарушение замкнутости технологического цикла практически неизбежно, например, при создании синтетического материала с новыми, неизвестными природе свойствами. Такое вещество вначале всесторонне апробируется на практике и только потом могут быть разработаны способы его разложения с целью внедрения составных частей в природные круговороты.

17.4. Организация на уровне сообщества

Из сказанного ранее вытекает, что составные части экосистем взаимосвязаны между собой и действуют как бы по единому плану. Другими словами, в экосистемах имеет место организация наподобие того, как она существует в отдельном организме или социуме. В экологии рассматривается организация (а точнее, самоорганизация) на двух уровнях — на уровне сообществ и популяций.

Понятие сообщества имеет в экологии иной смысл, чем в гуманитарных науках, когда, скажем, говорят о мировом сообществе в смысле совокупности государств и людей, живущих на планете. Не совпадает понятие сообщества и с понятием географической территории в том смысле, что на одной территории может существовать несколько сообществ.

Обычно в состав сообщества входит несколько видов с высокой численностью и множество видов с небольшой численностью. Большее разнообразие означает более длинные пищевые цепи, больше случаев симбиоза и большие возможности для действия отрицательной обратной связи, которая уменьшает колебания и потому повышает стабильность систем. При стрессе число редких видов уменьшается.

Приграничные зоны между двумя или более сообществами, например между лесом и лугом, называют экотонем. Тенденция к увеличению разнообразия и плотности живых организмов на границах сообществ получило название краевого эффекта. Организмы, которые преимущественно обитают, наиболее многочисленны или проводят большую часть времени на границах между сообществами, называют «пограничными» видами.

Отдельные виды или группы видов, которые принимают значительное участие в регуляции энергетического обмена и оказывают существенное влияние на среду обитания других видов, известны как экологические доминанты. Природа создает естественные средства защиты от преобладания какой-либо популяции. Например, хищники предотвращают монополизацию одним видом основных условий существования. Человек, выступая сам в роли суперхищника, вызывает противоположный эффект, уменьшая разнообразие и способствуя развитию монокультур. С созданием агрокультурных систем человек выходит на уровень, до которого не доходило ни одно животное, — на уровень производства продуктов питания. Но от этого естественные средства защиты от преобладания доминирующих видов не перестают действовать, и на монокультуры нападают резко увеличивающиеся популяции так называемых вредителей сельской хозяйства. Происходит не только популяционный взрыв численности населения, но и численности вредителей, с которыми человек вынужден бороться применяя химические средства для защиты искусственных экосистем. Но пестициды действуют не только на отдельные виды, как

того хотелось бы человеку, а на все живое, в том числе на виды, уничтожающие вредителей. Эффект получается обратный: численность вида, от которого хотели избавиться не уменьшается, а растет, да к тому же происходит загрязнение окружающей среды. Применяемые человеком ядохимикаты по мере продвижения по пищевым цепям не рассеиваются, а накапливаются (так называемое биологическое накопление), например ДДТ.

Отбор на урожайность съедобных частей растения не обязательно связан с увеличением первичной продукции. По валовой продуктивности культурные системы не обязательно превосходят природные. Природа стремится увеличить валовую, а человек — чистую продукцию. Скажем, повышение урожайности сортов пшеницы сопровождается уменьшением урожая «соломы», которая, обеспечивая прочность, представляет собой средство самозащиты растения. Селекция растений на быстрый рост и пищевую ценность делает их более восприимчивыми к насекомым-вредителям и болезням. Это еще одна трудность, стоящая перед человеком. Частное решение одной проблемы приводит к возникновению других. Образуется цепочка: естественная экосистема ® монокультура ® размножение вредителей ® загрязнение ® понижение сопротивляемости растений.

Возникает вопрос: не является ли данный «сдвиг проблем» средством защиты биосферы от доминирования популяции человека? Этот вопрос, как и все, касающиеся человека, очень сложен, так как человек — уникальный вид на Земле и его не с кем сравнить, что обычно делает наука, формулируя законы природы.

17.5. Организация на популяционном уровне

Организация на популяционном уровне связана в основном с регулированием численности и плотности популяций. *Плотность популяции* — это величина, определяемая числом особей или биомассой по отношению к единице пространства. Существуют верхние и нижние пределы для размеров популяции. Способность популяции к увеличению характеризуется рождаемостью. Различают максимальную рождаемость (иногда ее называют абсолютной, или физиологической) — теоретически возможное количество особей в идеальных условиях, когда размножение ограничивается

только физиологическими факторами (для данной популяции это величина постоянная), и экологическую, или реализуемую, рождаемость.

По отношению к популяции выделяют три возраста: пререпродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный. Существует константа стабильного распределения по возрастам. Для мелких организмов характерен короткий жизненный цикл, для крупных — более длинный. Имеет место компенсаторный механизм, когда высокое выживание обуславливает высокую вероятность снижения выживания в последующие годы.

Организацию на популяционном уровне нельзя понять без рассмотрения экосистемы в целом и наоборот. Распределение особей в популяции может быть случайным (когда среда однородна, а организмы не стремятся объединяться в группы), равномерным (когда между особями сильна конкуренция, способствующая равномерному распределению в пространстве) и групповым (в виде скоплений, что встречается чаще всего).

В популяции идут два противоположных процесса — изоляции и агрегации. Факторы изоляции — конкуренция между особями за пищу при ее недостатке и прямой антагонизм. Это ведет к равномерному или случайному распределению особей. Конкуренцией называют взаимодействие двух организмов, стремящихся к одному и тому же (пище, пространству и т.п.). Конкуренция бывает внутри- и межвидовой. Межвидовая конкуренция является важным фактором развития экосистем как целостностей более высокого ранга.

Два последствия агрегации: увеличение внутривидовой конкуренции и увеличение взаимопомощи, способствующей выживанию группы в целом. Лучшее влияние объединения в группу на выживание выражено у животных. Олли обнаружил, что рыбы в группе могут выдерживать большую дозу яда, введенного в воду, чем изолированные особи. В человеческом обществе влияние социализации еще сильнее.

Индивидуальный или семейный участок, который активно защищается, называют территорией. В наибольшей степени территориальность выражена у позвоночных. Для защиты территории требуется инстинкт агрессии, который К. Лоренц называет основным у животных. Размеры участка варьируют от сантиметров до многих квадратных ки-

лометров, как у пумы. Особи разного возраста могут вести себя по-разному. У взрослых более выражена территориальность, а молодежь склонна объединяться в группы.

Периодический уход и возвращение на данную территорию называют миграцией, а место, где живет организм, его местообитанием. Экологический термин «ниша» аналогичен генетическому термину «фенотип». В понятие «экологическая ниша» включают не только физическое пространство, но и функциональную роль организмов в сообществе (например, его трофический статус) и его зависимость от внешних факторов: температуры, влажности, почвы и других условий существования. Местообитание — это «адрес» организма, экологическая ниша — его «профессия». Чтобы изучить организм, надо знать не только его адрес, но и профессию.

Основная таксономическая единица в биологии — вид. *Вид — это естественная биологическая единица, всех членов которой связывает участие в общем генофонде.* В природе существует *дивергенция — усиление различий между близкородственными видами* (если они живут в одних географических областях), и *конвергенция — уменьшение различий под действием эволюционного процесса* (если виды живут в разных географических областях). Дивергенция усиливает сдвиг ниш, уменьшая таким образом конкуренцию и способствуя созданию большего видового разнообразия в сообществе. Фактором видообразования является таким образом не только разделение в пространстве, но и разделение экологических ниш в одном месте. К этому ведет экологический отбор.

Сам человек становится фактором отбора. Замечен «индустриальный меланизм»: преобладание темной окраски у некоторых бабочек зафиксировано в промышленных районах Англии. Вероятно это вызвано тем, что хищные птицы выборочно уничтожают особей, не имеющих покровительственной окраски. Искусственный отбор, осуществляемый человеком, влияет на него самого. Возможно, возникновение древнейших цивилизаций связано с одомашниванием животных и растений не только в том смысле, что они служили средством пропитания, а в смысле общения. Ю. Одум замечает, что «одомашнивание как целенаправленная деятельность человека может и не достигнуть поставленных им перед собой целей, если существовавшие ранее обратные связи, установившиеся в результате естественного отбора

и нарушенные искусственным отбором, не будут компенсированы целенаправленной (т.е. разумной) искусственной обратной связью»¹.

Факторы, сдерживающие рост численности популяции, последовательны: хищники, паразиты, инфекции, внутривидовая конкуренция. Если это травоядные животные, то вместо хищников на первом этапе действует количество потребляемой пищи. В отношении же к человеку вопрос о том, действуют ли естественные механизмы снижения численности его популяции при ее увеличении, пока остается открытым. Можно предположить, что природа отвечает на доминирование человеческой популяции новыми вирусами, приводящими к новым заболеваниям и устойчивыми к применяемым сознательно или нет ядам. Само общество хочет вернуться к регулированию численности как бессознательно, так и осознанно (так называемое «планирование семьи»). Каков будет общий результат, покажет будущее.

17.6. Закон минимума

Задача экологии, как любой другой науки, — поиск законов функционирования и развития данной области реальности. Исторически первым для экологии был закон, устанавливающий зависимость живых систем от факторов, ограничивающих их развитие (так называемых лимитирующих факторов).

Ю. Либих в 1840 г. установил, что урожай зерна часто лимитируется не теми питательными веществами, которые требуются в больших количествах, а теми, которых нужно немного, но которых мало и в почве. Сформулированный им закон гласил: «Веществом, находящемся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени». Впоследствии к питательным веществам добавили ряд других факторов, например температуру.

Действие данного закона ограничивают два принципа. Первый: закон Либиха строго применим только в условиях стационарного состояния. Более точная формулировка: «При стационарном состоянии лимитирующим будет то вещество, доступные количества которого наиболее близ-

¹ *Одум. Ю. Основы экологии. С. 316.*

ки к необходимому минимуму». Второй принцип касается взаимодействия факторов. Высокая концентрация или доступность некоторого вещества может изменять потребление минимального питательного вещества. Организм иногда заменяет одно, дефицитное, вещество другим, имеющимся в избытке.

Следующий закон сформулирован в самой экологии и обобщает закон минимума.

17.7. Закон толерантности

Он формулируется следующим образом: *отсутствие или невозможность развития экосистемы определяется не только недостатком, но и избытком любого из факторов* (тепло, свет, вода). Следовательно, организмы характеризуются как экологическим минимумом, так и максимумом. Слишком много хорошего тоже плохо. Диапазон между двумя величинами составляет пределы толерантности, в которых организм нормально реагирует на влияние среды. Закон толерантности предложил В. Шелфорд в 1913 г. Можно сформулировать ряд предложений, дополняющих его:

- ✓ организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий в отношении другого;
- ✓ организмы с широким диапазоном толерантности ко всем факторам обычно наиболее широко распространены;
- ✓ если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то может сузиться диапазон толерантности к другим экологическим факторам;
- ✓ в природе организмы очень часто оказываются в условиях, не соответствующих оптимальному значению того или иного фактора, определенному в лаборатории;
- ✓ период размножения обычно критический; в этот период многие факторы среды часто оказываются лимитирующими.

Живые организмы изменяют условия среды, чтобы ослабить лимитирующее влияние физических факторов. Виды с широким географическим распространением образуют адаптированные к местным условиям популяции, которые называются экотипами. Их оптимумы и пределы толерантности соответствуют местным условиям. В зависимости от

того, закреплены ли экотипы генетически, можно говорить об образовании генетических рас или о простой физиологической акклиматизации.

17.8. Обобщающая концепция лимитирующих факторов

Наиболее важные факторы на суше — свет, температура и вода (осадки), а в море — свет, температура и соленость. Эти физические условия существования могут быть лимитирующими и влияющими благоприятно. Все факторы среды зависят друг от друга и действуют согласованно.

Из других лимитирующих факторов можно отметить атмосферные газы (углекислый газ, кислород) и биогенные соли. Формулируя «закон минимума», Ю. Либих и имел в виду лимитирующее воздействие жизненно важных химических элементов, присутствующих в среде в небольших и непостоянных количествах. Они называются микроэлементами и к ним относятся железо, медь, цинк, бор, кремний, молибден, хлор, ванадий, кобальт, йод, натрий. Многие микроэлементы, подобно витаминам, действуют как катализаторы. Фосфор, калий, кальций, сера, магний, требующиеся организмам в сравнительно больших количествах, называются макроэлементами.

Важный лимитирующий фактор в современных условиях — загрязнение природной среды. Оно происходит в результате внесения в среду веществ, которых в ней либо не было (металлы, новые синтезированные химические вещества) и которые не разлагаются вовсе, либо существующих в биосфере (например, углекислый газ), но вносимых в чрезмерно больших количествах, не дающих возможности их переработать естественным способом. Образно говоря, загрязняющие вещества — это ресурсы не на своем месте. Загрязнение приводит к нежелательному изменению физических, химических и биологических характеристик среды, которое оказывает неблагоприятное влияние на экосистемы и человека. Цена загрязнения — здоровье, цена в том числе в прямом смысле затрат на его восстановление. Загрязнение увеличивается как в результате роста населения и его потребностей, так и в результате использования новых технологий, обслуживающих эти потребности. Оно бывает химическим, тепловым, шумовым.

Главный лимитирующий фактор, по Ю. Одуму, — размеры и качество «ойкоса», или нашей «природной обители», а не просто число калорий, которые можно выжать из земли. Ландшафт не только склад запасов, но и дом, в котором мы живем. «Следует стремиться к тому, чтобы сохранить по меньшей мере треть всей суши в качестве охраняемого открытого пространства. Это означает, что треть всей нашей среды обитания должны составлять национальные или местные парки, заповедники, зеленые зоны, участки дикой природы и т.п.»¹. Ограничение использования земли является аналогом природного регулирующего механизма, называемого «территориальным поведением». При помощи этого механизма многие виды животных избегают скученности и вызываемого ею стресса.

Территория, необходимая одному человеку, по разным оценкам колеблется от 1 до 5 га. Вторая из этих цифр превосходит площадь, которая приходится ныне на одного жителя Земли. Плотность населения приближается к одному человеку на 2 га суши. Пригодны же для сельского хозяйства только 24% суши. «Хотя с площади всего лишь 0,12 га можно получить достаточно калорий, чтобы поддержать существование одного человека, для полноценного питания с большим количеством мяса, фруктов и зелени необходимо около 0,6 га на человека. Кроме того, нужно еще около 0,4 га для производства разного рода волокна (бумага, древесина, хлопок) и еще 0,2 га для дорог, аэропортов, зданий и т.п.»². Отсюда концепция «золотого миллиарда», в соответствии с которой оптимальным количеством населения является 1 млрд человек и, стало быть, уже сейчас около 5 млрд «лишние люди». Человек впервые за свою историю столкнулся с предельными, а не локальными ограничениями.

Преодоление лимитирующих факторов требует огромных затрат вещества и энергии. Для удвоения урожая необходимо десятикратное увеличение количества удобрений, ядохимикатов и мощности (животных или машин).

К лимитирующим факторам относится и численность популяции. Это обобщается в принципе Олли: «степень агрегации (так же как и общая плотность), при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции, варьирует в зависимости от вида и условий, поэтому как «недонаселенность» (или отсутствие агрегации), так и пе-

¹ Одум Ю. Основы экологии. С. 541.

² Там же. С. 539.

ренаселенность могут оказывать лимитирующее влияние». Некоторые экологи считают, что принцип Олли приложим и к человеку. Если это так, то отсюда возникает потребность в определении максимальной величины городов, стремительно растущих в настоящее время.

17.9. Закон конкурентного исключения

Данный закон формулируется следующим образом: *два вида, занимающие одну экологическую нишу, не могут сосуществовать в одном месте неограниченно долго*. То, какой вид побеждает, зависит от внешних условий. В сходных условиях победить может каждый. Важное для победы обстоятельство — скорость роста популяции. Неспособность вида к биотической конкуренции ведет к его оттеснению и необходимости приспособления к более трудным условиям и факторам.

Закон конкурентного исключения может работать и в человеческом обществе. Особенность его действия в настоящее время заключается в том, что цивилизации не могут разойтись. Им некуда уйти со своей территории, потому что в биосфере нет свободного места для расселения и нет избытка ресурсов, что приводит к обострению борьбы со всеми вытекающими отсюда последствиями. Можно говорить об экологическом соперничестве между странами и даже экологических войнах или войнах, обусловленных экологическими причинами. В свое время А. Гитлер оправдывал агрессивную политику нацистской Германии борьбой за жизненное пространство. Ресурсы нефти, угля и т.п. и тогда были важны. Еще больший вес они будут иметь в XXI в. К тому же добавилась необходимость территорий для захоронения радиоактивных и прочих отходов. Войны — горячие и холодные — приобретают экологическую окраску. Многие события в современной истории, например распад СССР, воспринимаются по-новому, если на них посмотреть с экологических позиций. Одна цивилизация может не только завоевать другую, но использовать ее для корыстных с экологической точки зрения целей. Это и будет экологический колониализм. Так переплетаются политические, социальные и экологические проблемы.

17.10. Основной закон экологии

Одним из главных достижений экологии стало открытие, что *развиваются не только организмы и виды, но и экосистемы*. Последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе, называется сукцессией. Сукцессия происходит в результате изменения физической среды под действием сообщества, т.е. контролируется им. Замещение видов в экосистемах вызывается тем, что популяции, стремясь модифицировать окружающую среду, создают условия, благоприятные для других популяций; это продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между биотическими и абиотическими компонентами. Развитие экосистем во многом аналогично развитию отдельного организма и в то же время сходно с развитием биосферы в целом.

Сукцессия в энергетическом смысле связана с фундаментальным сдвигом потока энергии в сторону увеличения количества энергии, направленной на поддержание системы. Сукцессия состоит из стадий роста, стабилизации и климакса. Их можно различать на основе критерия продуктивности: на первой стадии продукция растет до максимума, на второй остается постоянной, на третьей уменьшается до нуля по мере деградации системы.

Наиболее интересно различие между растущими и зрелыми системами, которые можно представить в виде табл. 4.

Обратите внимание на обратную зависимость между энтропией и информацией, а также на то, что развитие экосистем идет в направлении повышения их устойчивости, достигаемой за счет увеличения разнообразия. Распространив этот вывод на всю биосферу, получаем ответ на вопрос, зачем нужны 2 млн видов. Можно думать (так до возникновения экологии и считали), что эволюция ведет к замене одних менее сложных видов другими, вплоть до человека как венца природы. Менее сложные виды, дав дорогу более сложным, становятся не нужны. Экология разрушила этот удобный для человека миф. Теперь ясно, почему опасно, как делает современный человек, уменьшать многообразие природы.

Одно- и даже двухвидовые сообщества весьма нестабильны. Нестабильность означает, что могут происходить большие колебания плотности популяций. Это обстоятельство и детерминирует эволюцию экосистемы к зрелому состоянию. На зрелой стадии увеличивается регуляция по типу обратной связи, которая направлена на поддержание стабильности системы.

Таблица 4

Различия между растущими и зрелыми экосистемами

Показатель	Растущая экосистема	Зрелая экосистема
Урожай	Высокий	Низкий
Видовое разнообразие	Мало	Велико
Структурное разнообразие	Слабо организовано	Хорошо организовано
Специализация по нишам	Широкая	Узкая
Размеры организма	Небольшие	Крупные
Жизненные циклы	Короткие и простые	Длинные и сложные
Скорость обмена биогенных веществ между организмом и средой	Высокая	Низкая
Давление отбора обратной связи	На быстрый рост	На регуляцию
Внутренний симбиоз	Не развит	Развит
Сохранение биогенных веществ	С потерями	Полное
Стабильность	Низкая	Высокая
Энтропия	Высокая	Низкая
Информация	Мало	Много

Высокая продуктивность дает низкую надежность — это еще одна формулировка основного закона экологии, из которой вытекает следующее правило: «оптимальная эффективность всегда меньше максимальной». Разнообразие в соответствии с основным законом экологии непосредственно связано с устойчивостью. Однако пока неизвестно, до какой степени эта связь является причинно-следственной.

Направленность эволюции сообщества ведет к усилению симбиоза, сохранению биогенных веществ, повышению стабильности и содержания информации. Общая стратегия «направлена на достижение такой обширной и разнообразной органической структуры, какая только возможна в границах, установленных доступным притоком энергии

и преобладающими физическими условиями существования (почва, вода, климат и т.п.)»¹.

Стратегия экосистем — «наибольшая защита», стратегия человека — «максимум продукции». Общество стремится получить с осваиваемой территории максимальный урожай и для осуществления своей цели создает искусственные экосистемы, а также замедляет развитие экосистем на ранних стадиях сукцессии, на которых можно собрать максимальный урожай. Сами же экосистемы стремятся развиваться в направлении достижения максимальной стабильности. Для поддержания максимального энергетического выхода, быстрого роста и достижения высокой стабильности природным системам необходима низкая эффективность. Обращая развитие экосистем вспять и приводя их тем самым в неустойчивое состояние, человек вынужден поддерживать «порядок» в системе, и затраты на это могут превысить выгоду, получаемую при переводе экосистемы в нестабильное состояние. Любое повышение человеком эффективности экосистемы приводит к повышению затрат на ее поддержание вплоть до какого-то предела, когда дальнейшее повышение эффективности невыгодно из-за слишком большого роста затрат. Необходимо, таким образом, достижение не максимального, а оптимального КПД экосистем, с тем, чтобы повышение их продуктивности не приводило к потере стабильности и результат оказывался экономически оправданным.

В устойчивых экосистемах велики потери проходящей через них энергии. А экосистемы, теряющие меньше энергии (системы с меньшим числом трофических уровней), менее устойчивы. Какие системы следует развивать? Необходимо определить такой оптимальный вариант, при котором экосистема достаточно устойчива и в то же время потери энергии в ней не слишком велики.

Как показывают история преобразовательной деятельности человека и наука экология, все крайние варианты, как правило, не являются лучшими. Применительно к пастбищам плох и «перевыпас» (приводивший, как считают ученые, к гибели цивилизаций) и «недовыпас» скота. Последнее происходит потому, что при отсутствии прямого потребления живых растений детрит может накапливаться быстрее, чем идет его разложение микроорганизмами, и это замедляет круговорот минеральных веществ.

¹ *Одум Ю.* Основы экологии. С. 332.

Данный пример подходит под соображения более общего характера. Воздействие человека на природную среду часто сопровождается уменьшением разнообразия в природе. Посредством этого достигается максимизация урожая и повышение возможностей управления данной частью природы. В соответствии со сформулированным в кибернетике законом необходимого разнообразия у человечества два варианта повышения возможностей управления природной средой: или уменьшать разнообразие в ней, или увеличивать свое внутреннее разнообразие (путем развития культуры, совершенствования умственных и психосоматических качеств самого человека). Второй путь, конечно, предпочтительнее. Разнообразие в природе — необходимость, а не только «приправа» для жизни. Легкость первого пути обманчива, хотя он широко используется. Вопрос в том, насколько увеличение возможностей управления экосистемами путем уменьшения разнообразия в природе компенсирует уменьшение способности экосистем к саморегуляции. Опять-таки, должен быть найден оптимум между потребностями управления в данный момент и потребностями сохранения разнообразия в природной среде.

Проблема оптимизации взаимоотношений человека и природной среды имеет еще один важный аспект. Практика природообразовательной деятельности человека подтверждает положение, что между изменениями природной среды и человека существует тесная связь. Поэтому проблему управления природной средой можно рассматривать в некотором смысле как проблему управления биологической эволюцией человека через изменения природной среды. Современный человек может воздействовать на свою биологию как генетическим путем (генная инженерия), так и экологическим (через изменение природной среды). Наличие связи между экологическими процессами и процессами биологической эволюции человека требует, чтобы экологическая проблема рассматривалась также под углом зрения того, каким мы хотим видеть человека будущего. Эта область очень увлекательна как для ученых, так и для фантастов, но здесь возникает много не только технических, но социальных и нравственных проблем.

Оптимизация — научно-технический термин. Но можно ли в рамках исключительно науки и техники найти решение обсуждаемых выше проблем? Нет, у самой науки и техники должны быть общекультурные и социальные ориентиры,

которые ими конкретизируются. В решении проблем оптимизации наука и техника представляют собой своеобразный инструмент, и прежде чем его применять, надо решить, как и для осуществления каких целей им пользоваться.

Даже простые, казалось бы, случаи расчета оптимальных вариантов использования, скажем, какого-либо ресурса зависят от того, какой критерий оптимизации используется. Вполне понятно, что критерии особенно разнятся, когда речь заходит об оптимизации биологической эволюции самого человека (более или менее твердо можно назвать один довольно неопределенный критерий оптимизации — сохранение и развитие биосферы и человеческого рода).

В природе существуют как бы естественные силы стратификации, которые ведут к усложнению экосистем и к созданию все большего разнообразия. Действия вопреки этим силам отбрасывают экосистемы назад. Разнообразие естественным образом растет, но не любое, а интегрированное. Если какой-то вид войдет в экосистему, то он может и разрушить ее стабильность (как сейчас человек), если не будет интегрирован в нее. Здесь прослеживается интересная аналогия между развитием экосистемы и развитием организма и человеческого общества.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие законы экологии вы знаете?
2. Каковы этапы развития экосистем?
3. Каково значение основного закона экологии?
4. Что такое популяция, сообщество, биоценоз, экосистема, биогеоценоз, экологическая ниша, сукцессия?
5. Почему в живой природе необходимы автотрофы и гетеротрофы; продуценты, консументы и редуценты?
6. Что такое биогеохимические круговороты в природе и как на них влияет человек?

Тестовые задания

1. Сукцессия — это:
 - 1) рост разнообразия видов;
 - 2) эволюция экосистем;
 - 3) борьба за существование;
 - 4) ненаправленные изменения экосистем.
2. В какой из перечисленных экосистем мы обнаружим более высокое разнообразие видов?
 - 1) подмосковный лес;

- 2) горная экосистема;
 - 3) саванна;
 - 4) степь.
3. Человеческая деятельность задерживает сукцессию на ранних стадиях, потому что:
- 1) случайно;
 - 2) по легкомыслию;
 - 3) на ранних стадиях выше урожай отдельных видов;
 - 4) растения по отдельности лучше растут.
4. В результате эволюции экосистем происходит:
- 1) вымирание побежденных;
 - 2) борьба за зоны обитания;
 - 3) снижение видового разнообразия;
 - 4) увеличение видового разнообразия.

Литература

1. Смит Р. Наш дом планета Земля. М., 1982.
2. Одум Ю. Основы экологии. М., 1975; 1986.
3. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Л., 1974.

Глава 18

УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ И КОНЦЕПЦИЯ НООСФЕРЫ

18.1. Основные положения учения

Существует два основных определения понятия «биосфера», одно из которых и дало начало применению данного термина. Это понимание биосферы как совокупности всех живых организмов на Земле. В. И. Вернадский, изучавший взаимодействие живых и неживых систем, переосмыслил понятие биосферы. Он понимал биосферу как сферу единства живого и неживого.

Такое толкование определило взгляд В. И. Вернадского на проблему происхождения жизни. Из нескольких вариантов: жизнь возникла до образования Земли и была занесена на нее; жизнь зародилась после образования Земли; жизнь возникла вместе с формированием Земли — В. И. Вернадский придерживался последнего и считал, что нет убедительных научных данных, что живое когда-либо не существовало на нашей планете. Жизнь оставалась в течение геологического времени постоянной, менялась только ее форма. Иными словами, биосфера была на Земле всегда.

Под биосферой Вернадский понимал тонкую оболочку Земли, в которой все процессы протекают под прямым воздействием живых организмов. Биосфера располагается на стыке литосферы, гидросферы и атмосферы. В атмосфере верхние границы жизни определяются озоновым экраном — тонким (в несколько миллиметров) слоем озона на высоте примерно 20 км. Океан населен жизнью целиком, до дна самых глубоких впадин в 10—11 км. В твердую часть Земли жизнь проникает до 3 км (бактерии в нефтяных месторождениях).

Занимаясь созданной им биогеохимией, изучающей распределение химических элементов по поверхности планеты, В. И. Вернадский пришел к выводу, что нет практически ни одного элемента из таблицы Менделеева, который не включался бы в живое вещество. Он сформулировал три биогеохимических принципа.

1. Биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению. Этот принцип в наши дни нарушен человеком.

2. Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, идет в направлении, усиливающем биогенную миграцию атомов. Этот принцип при антропогенном измельчании средних размеров особей биоты Земли (лес сменяется лугом, крупные животные мелкими) начинает действовать аномально интенсивно.

3. Живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с окружающей его средой, создающейся и поддерживающейся на Земле космической энергией Солнца. Вследствие нарушения двух первых принципов космические воздействия из поддерживающих биосферу могут превратиться в разрушающие ее факторы.

Данные геохимические принципы соотносятся со следующими важными выводами Вернадского:

✓ каждый организм может существовать только при условии постоянной тесной связи с другими организмами и неживой природой.

✓ жизнь со всеми ее проявлениями произвела глубокие изменения на нашей планете. Совершенствуясь в процессе эволюции, живые организмы все шире распространялись по планете, стимулируя перераспределение энергии и вещества.

18.2. Эмпирические обобщения В. И. Вернадского

Первый вывод из учения о биосфере — *принцип целостности биосферы*. «Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе как о едином целом в механизме биосферы»¹. Строение Земли, по В. И. Вернадскому, есть согласованный механизм. «Твари Земли являются созданием

¹ Вернадский В.И. Биосфера. Избранные сочинения. С. 22.

сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма»¹. Само живое вещество не случайное создание.

Узкие пределы существования жизни — физические постоянные, уровни радиации и т.п. подтверждают это. Как будто кто-то создал такую среду, чтобы жизнь стала возможна. Какие условия и константы имеются в виду? Гравитационная постоянная, или константа всемирного тяготения, определяет размеры звезд, температуру и давление в них, влияющие на ход реакций. Если она будет чуть меньше, звезды станут недостаточно горячими для протекания в них термоядерного синтеза; если чуть больше, звезды превзойдут «критическую массу» и обратятся в «черные дыры». Константа сильного взаимодействия определяет ядерный заряд в звездах. Если ее изменить, цепочки ядерных реакций не дойдут до азота и углерода. Постоянная электромагнитного взаимодействия определяет конфигурацию электронных оболочек и прочность химических связей; ее изменение делает Вселенную мертвой. Это находится в соответствии с антропным принципом, по которому при создании моделей развития мира следует учитывать реальность существования человека.

Экология также показала, что живой мир — единая система, «цементированная» множеством цепочек питания и иных взаимозависимостей. Если даже небольшая часть ее погибнет, разрушится и все остальное.

Принцип гармонии биосферы и ее организованности. В биосфере, по В. И. Вернадскому, «все учитывается и все приспособляется с той же точностью, с той же механичностью и с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил и начинаем видеть в системах атомов вещества и атомов энергии»².

Закон биогеоной миграции атомов: в биосфере миграция химических элементов происходит при обязательном непосредственном участии живых организмов. Биосфера в основных своих чертах представляет один и тот же химический аппарат с самых древних геологических периодов. «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом. Все минералы верхних частей земной коры —

¹ Вернадский В.И. Биосфера. Избранные сочинения. С. 11.

² Там же. С. 24.

свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси Fe и Al (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других — непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни»¹. Лик Земли фактически сформирован жизнью.

Космическая роль биосферы в трансформации энергии. В. И. Вернадский подчеркивал важное значение энергии и называл живые организмы механизмами превращения энергии. «Можно рассматривать всю эту часть живой природы как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию Земли»².

Космическая энергия вызывает давление жизни, которое достигается размножением. Размножение организмов уменьшается по мере увеличения их количества. Размеры популяции возрастают до тех пор, пока среда может выдерживать их дальнейшее увеличение, после чего достигается равновесие. Численность колеблется вблизи равновесного уровня.

Растекание жизни есть проявление ее геохимической энергии. Живое вещество, подобно газу, растекается по земной поверхности в соответствии с правилом инерции. Мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные. Скорость передачи жизни зависит от плотности живого вещества.

Жизнь целиком определяется полем устойчивости зеленой растительности, а пределы жизни — физико-химическими свойствами соединений, строящих организм, их неразрушимостью в определенных условиях среды. Максимальное поле жизни определяется крайними пределами выживания организмов. Верхний предел жизни обуславливается излучением, присутствие которого убивает жизнь и от которого предохраняет озоновый щит. Нижний предел связан с достижением высокой температуры. Интервал в 433° С (от -252° С до +180° С) является (по В. И. Вернадскому) предельным тепловым полем.

Всюдность³ жизни в биосфере. Жизнь постепенно, медленно приспособляясь, захватила биосферу и захват этот не закончился. Поле устойчивости жизни есть результат приспособленности в ходе времени.

¹ Вернадский В.И. Биосфера. С. 21.

² Там же. С. 22.

³ Термин введен В.И. Вернадским.

Закон бережливости в использовании живым веществом простых химических тел: раз вошедший элемент проходит длинный ряд состояний, и организм вводит в себя только необходимое количество элементов. Формы нахождения химических элементов: горные породы и минералы; магмы; рассеянные элементы; живое вещество.

Постоянство количества живого вещества в биосфере. Количество свободного кислорода в атмосфере того же порядка, что и количество живого вещества ($1,5 \times 10^{21}$ г и $10^{20} - 10^{21}$ г). Это обобщение справедливо в рамках значительных геологических отрезков времени, и оно следует из того, что живое вещество — посредник между Солнцем и Землей и, стало быть, либо его количество должно быть постоянным, либо должны меняться его энергетические характеристики.

Всякая система достигает устойчивого равновесия, когда ее свободная энергия равняется или приближается к нулю, т.е. когда вся возможная в условиях системы работа произведена. Понятие устойчивого равновесия исключительно важное, и мы к нему вернемся позже.

Идея автотрофности человека. Автотрофными называют организмы, которые берут все нужное им для жизни химические элементы из окружающей их косной материи и не требуют для построения своего тела готовых соединений другого организма. Поле существования зеленых автотрофных организмов определяется областью проникновения солнечных лучей. В. И. Вернадский сформулировал идею автотрофности человека, которая приобрела интересный поворот в рамках обсуждения проблемы создания искусственных экосистем в космических кораблях. Простейшей такой экосистемой будет система «человек — 1 или 2 автотрофных вида». Но данная система неустойчива, и для надежного обеспечения жизненных потребностей человека необходима многовидовая система жизнеобеспечения.

В создании искусственной среды в космических кораблях вопрос ставится так: каков минимум разнообразия, необходимый для заданной временной стабильности? Здесь человек начинает ставить задачи, противоположные тем, которые он решал ранее. Создание таких искусственных систем явится важным этапом развития экологии. В их построении соединяется инженерная нацеленность на создание нового и экологическая направленность на сохранение имеющегося, творческий подход и разумный консерватизм.

Это и будет осуществлением принципа «проектирования вместе с природой».

Пока искусственная биосфера представляет собой очень сложную и громоздкую систему. То, что в природе функционирует само собой, человек может воспроизвести только ценой больших усилий. Но ему придется это делать, если он хочет осваивать космос и совершать длительные полеты. Необходимость создания искусственной биосферы в космических кораблях поможет лучше понять биосферу естественную.

18.3. Эволюция биосферы

Эволюцию биосферы изучает раздел экологии, который называется эволюционной экологией. Следует отличать эволюционную экологию от экодинамики (динамической экологии). Последняя имеет дело с короткими интервалами развития биосферы и экосистем, в то время как первая рассматривает развитие биосферы на более длительном отрезке времени. Так, изучение биогеохимических круговоротов и сукцессии — задача экодинамики, а принципиальные изменения в механизмах круговорота веществ и в ходе сукцессии — задача эволюционной экологии.

Одно из важнейших направлений в изучении эволюции — изучение развития форм жизни. Здесь можно отметить несколько этапов.

1. Клетки без ядра, но имеющие нити ДНК (напоминают нынешние бактерии и сине-зеленые водоросли). Возраст таких самых древних организмов более 3 млрд лет. Их свойства: подвижность; питание и способность запасать пищу и энергию; защита от нежелательных воздействий; размножение; раздражимость; приспособление к изменяющимся внешним условиям; способность к росту.

2. На следующем этапе (приблизительно 2 млрд лет тому назад) в клетке появляется ядро. Одноклеточные организмы с ядром называются простейшими. Их 25–30 тыс. видов. Самые простые из них — амёбы. Инфузории имеют еще и реснички. Ядро простейших окружено двухмембранной оболочкой с порами и содержит хромосомы и нуклеоли. Ископаемые простейшие — радиолярии и фораминиферы — основные части осадочных горных пород. Многие простейшие обладают сложным двигательным аппаратом.

3. Примерно 1 млрд лет тому назад появились многоклеточные организмы. В результате растительной деятельности — фотосинтеза — из углекислоты и воды при использовании солнечной энергии, улавливаемой хлорофиллом, создавалось органическое вещество. Возникновение и распространение растительности привело к коренному изменению состава атмосферы, первоначально имевшей очень мало свободного кислорода. Растения, ассимилирующие углерод из углекислого газа, создали атмосферу, содержащую свободный кислород — не только активный химический агент, но и источник озона, преградившего путь коротким ультрафиолетовым лучам к поверхности Земли.

Л. Пастером выделены следующие две важные точки в эволюции биосферы:

✓ момент, когда уровень содержания кислорода в атмосфере Земли достиг примерно 1% от современного. С этого времени стала возможной аэробная жизнь. Геохронологически это архей. Предполагается, что накопление кислорода шло скачкообразно и заняло не более 20 тыс. лет;

✓ достижение содержания кислорода в атмосфере около 10% от современного. Это привело к возникновению предпосылок формирования озоносферы. В результате жизнь стала возможной на мелководье, а затем и на суше.

Палеонтология, которая занимается изучением ископаемых остатков, подтверждает факт возрастания сложности организмов. В самых древних породах встречаются организмы немногих типов, имеющих простое строение. Постепенно разнообразие и сложность растут. Многие виды, появляющиеся на каком-либо стратиграфическом уровне, затем исчезают. Это истолковывают как возникновение и вымирание видов.

В соответствии с данными палеонтологии можно считать, что в протерозойскую геологическую эру (700 млн лет назад) появлялись бактерии, водоросли, примитивные беспозвоночные; в палеозойскую (365 млн лет назад) — наземные растения, амфибии; в мезозойскую (185 млн лет назад) — млекопитающие, птицы, хвойные растения; в кайнозойскую (70 млн лет назад) — современные группы. Конечно, следует иметь в виду, что палеонтологическая летопись неполна.

Веками накапливавшиеся остатки растений образовали в земной коре грандиозные энергетические запасы органических соединений (уголь, торф), а развитие жизни в Мировом

океане привело к созданию осадочных горных пород, состоящих из скелетов и других остатков морских организмов.

18.4. Отличия растений от животных

Как считает большинство биологов, различия между растениями и животными можно разделить на три группы:

1) по структуре клеток и их способности к росту;

2) по способу питания;

3) по способности к движению. Отнесение к одному из царств проводится не по каждому признаку, а по совокупности различий. Так, кораллы, речная губка-бодяга всю жизнь остаются неподвижными, и тем не менее, имея в виду другие свойства, их относят к животным. Существуют насекомоядные растения, которые по способу питания относятся к животным. Выделяют и переходные типы, как, скажем, эвглена зеленая, которая питается как растение, а двигается, как животное. И все же три отмеченные группы различий помогают в подавляющем большинстве случаев.

Кристаллы растут, но не воспроизводятся; растения воспроизводятся, но не двигаются; животные двигаются и воспроизводятся. В то же время у растений некоторые клетки сохраняют способность к активному росту на протяжении всей жизни организма. В пластидах — белковых телах клеток растений заключен хлорофилл. Его наличие связано с основной космической функцией растений — улавливанием и превращением солнечной энергии. Эта функция определяет строение растений.

У животных клеток есть центриоли, но нет хлорофилла и клеточной стенки, мешающей изменению формы. Что касается различий в способе питания, то большинство растений необходимые для жизни вещества получают в результате поглощения минеральных соединений. Животные питаются готовыми органическими соединениями, которые создают растения в процессе фотосинтеза.

В ходе развития биосферы происходила дифференциация органов по функциям, которые они выполняют, и возникли двигательная, пищеварительная, дыхательная, кровеносная, нервная системы и органы чувств.

В XVIII—XIX вв. ученые потратили много усилий для систематизации всего многообразия растительного и животного мира. Появилось направление в биологии, получив-

шее название систематики, были созданы классификации растений и животных в соответствии с их отличительными признаками. Основной структурной единицей был признан вид, а более высокие уровни составили последовательно род, отряд, класс.

На Земле существует 500 тыс. видов растений и 1.5 млн видов животных, в том числе позвоночных — 70 тыс., птиц — 16 тыс., млекопитающих — 12 540 видов. Подробная систематизация различных форм жизни создала предпосылки для изучения живого вещества как целого, что впервые и осуществил выдающийся русский ученый В. И. Вернадский в своем учении о биосфере.

Существует концепция, которая объясняет эволюцию видов эволюцией природных систем. Если отдельным видам требуется для эволюции очень много времени, то эволюция экосистем требует его несоизмеримо меньше. В этом случае естественный отбор идет среди природных систем, которые меняются в целом, детерминируя изменения всех входящих в систему видов. Такая концепция возникла, конечно, после теории эволюции Ч. Дарвина, так как для нее необходимо было привыкнуть рассматривать экосистемы как целое.

Эволюцию экосистем называют экогенезом, понимаемым как совокупность процессов и закономерностей необратимого развития биогеоценозов и биосферы в целом. Одной из таких закономерностей можно назвать увеличение роли живого вещества и продуктов его жизнедеятельности в геологических, геохимических и физико-географических процессах и усиление преобразующего воздействия жизни на атмосферу, гидросферу и литосферу (пример с созданием кислородной атмосферы весьма показателен). К другим закономерностям относят прогрессирующее накопление аккумулятивной солнечной энергии в поверхностных оболочках Земли, увеличение общей биомассы и продуктивности биосферы и ее информационной емкости, возрастание дифференцированности физико-географической структуры биосферы, расширение сферы действия биотического круговорота и усложнение его структуры, а также трансформирующее воздействие человеческой деятельности.

Последнее оказывается особенно опасным, если мы примем концепцию эволюции, в соответствии с которой высшие уровни организации детерминируют эволюцию низших. Тогда окажется, что интенсивное воздействие че-

ловека на биосферу может дать толчок для эволюционных изменений на всех нижележащих уровнях: экосистем, сообществ, популяций, видов.

18.5. Социальная экология

Экология, о которой речь шла выше, может рассматриваться как модель взаимодействия человека с окружающей средой, поскольку человек — единство биологического и социального. В широком смысле слова к экологии относится все, что включено в систему отношений «человек — природа», и, стало быть, эта наука лежит на стыке естественных, технических и гуманитарных наук.

Человек находится в самых разнообразных связях с окружающей средой: вещественных, энергетических, информационных. Они меняют и самого человека, и природу. Русский ученый А. Л. Чижевский выявил огромное воздействие на человека Солнца. Кривая распределения острых сердечных приступов во времени точно соответствует графику изменений солнечной активности. Свойства крови зависят от солнечного облучения. При возрастании активности Солнца увеличивается число красных кровяных телец и уменьшается число белых. Человек — живые солнечные часы.

Если животные преимущественно приспособляются к среде, то человек активно преобразует ее. В. И. Вернадский обосновал положение, что лик современной Земли сформирован человеком, и выявил тем самым его геологическую роль. Деятельность человека вызывает циклическое движение основных химических элементов в масштабах, сопоставимых с естественными циклами этих элементов.

Среди современных направлений, изучающих взаимодействие между человеком и природой, можно выделить глобальную экологию, экологию человека и социальную экологию.

Основная задача глобальной экологии, по мнению М. И. Будыко, — *разработка прогнозов возможных изменений биосферы в целом под влиянием антропогенной деятельности*. Глобальная экология берет начало от метеорологии и от существующей в этой науке численных моделей атмосферных процессов, применяемых для построения теории климата. В настоящее время ее предмет простирается до

изучения системы взаимоотношений человека и природы в масштабе всей планеты.

Другое направление — экология человека. Она рассматривает экологические отношения под углом зрения изучения организма человека и его адаптационных возможностей. Опасность для современного человека заключается в том, что он не обладает гомеостазом, соответствующим всем его нуждам. Так, он не приспособлен к радиации, поскольку защитный механизм боли, являющийся наиболее общим предупреждающим сигналом (ибо он сообщает о необходимости нашего сознательного вмешательства), не реагирует на радиоактивное облучение. Опасность и в том, что, несмотря на огромные адаптационные возможности человека в сравнении с другими видами жизни, они все-таки не успевают ныне за изменениями окружающей среды.

Наконец, к третьему направлению исследований взаимоотношений человека и природы относят социальную экологию. Социальная экология изучает эти взаимоотношения под углом зрения воздействия общества на среду. Она должна ответить на вопрос, почему развитие общества привело к экологическому кризису. Экология утверждает, что уменьшение биологического разнообразия опасно для устойчивости экосистем, а человек, думая о повышении продуктивности, нарушает основные закономерности развития экосистем (например, так называемые вредители сельского хозяйства, с которыми борется человек, как раз важны с точки зрения разнообразия и устойчивости экосистем). Человек стремится взять как можно больше от природы, а природа стремится не к максимальной продуктивности, а к максимальной устойчивости. Имея свои специфические родовые качества, человек должен бороться с природой. Но в этой борьбе не может быть победителей, потому что человек — часть биосферы и, уничтожая природу, губит себя, не замечая этого, как он не замечает радиоактивного облучения. Разнообразие экосистем уменьшается человеком и с целью облегчения управления ими, но при превышении определенной меры это грозит экологической катастрофой. Конкуренция человека с другими людьми и видами жизни не ведет, как полагали А. Смит и Г. Лейбниц, автоматически к установлению гармонии. Как рыночные внутрисоциальные отношения не являются гомеостатическим механизмом, так и отношения человека с природой предполагают сознательное регулирование с целью их гармонизации.

Есть предположения, что как в живой природе достигается гомеостаз численности популяции в среде, так должно быть и в человеческом обществе. Называют цифры от 1 млрд до 12–20 и даже 700 млрд. Важно, конечно, не только то, сколько людей живет на Земле, но и то, каковы их качества. Для преодоления экологического кризиса необходим отказ от потребительской ориентации и изменение науки, техники, человеческих ценностей.

Наука и техника создают инструменты господства над природой, но они необходимы и для того, чтобы защитить ее. Изменения в научно-технической сфере должны касаться как целей, так и методологии, поскольку в социальной экологии, как и в квантовой механике, уже нельзя разделить субъект и объект (человек и природа представляют собой единую систему). Изменение ценностей требует совершенствования чувства «благоговения перед жизнью» и любви к природе. Можно ли любить природу в целом? По К. Лоренцу, только так и можно. «У того, кто любит природу истинной любовью, наибольший восторг и благоговение вызывает бесконечное разнообразие живых существ и бесчисленные способы, которыми природа создает совершенные гармонии»¹.

18.6. Концепция ноосферы

Глобальный характер взаимоотношений человека со средой его обитания привел к появлению понятия ноосферы (от греч. разум), введенного Ле-Руа, а затем к концепции ноосферы, развитой Тейяром де Шарденом. Эта концепция была создана непосредственно под влиянием лекций, прочитанных В. И. Вернадским в Париже в 1926 г., в которых он изложил свое учение о биосфере. Концепция ноосферы продолжает учение о биосфере применительно ко взаимоотношению человека с окружающей природной средой. Как живое вещество (это стало ясно благодаря фундаментальным трудам В. И. Вернадского) преобразует косную материю, являющуюся основой ее развития, так человек неизбежно обладает обратным влиянием на природу, породившую его. Как живое и неживое вещества, объединенные цепью прямых и обратных связей, образуют единую систему — биосферу, так человечество и природная среда образуют единую систему — ноосферу.

¹ Лоренц К. Человек находит друга. С. 138.

Ноосфера, по Тейяру де Шардену, — это коллективное сознание, которое станет контролировать направление будущей эволюции планеты и сольется с природой в точке Омега, как раньше образовывались такие целостности, как молекулы, клетки и организмы. «Мы непрерывно прослеживали последовательные стадии одного и того же великого процесса. Под геохимическими, геотектоническими, геобиологическими пульсациями всегда можно узнать один и тот же глубинный процесс — тот, который, материализовавшись в первых клетках, продолжается в созидании нервных систем. Геогенез, сказали мы, переходит в биогенез, который в конечном счете не что иное, как психогенез. Психогенез привел нас к человеку. Теперь психогенез ступшевувается, он сменяется и поглощается более высокой функцией — вначале зарождением, затем последующим развитием духа — ноогенезом»¹.

В «Кибернетике» Н. Винер вспомнил о воззрении Г. Лейбница на живой организм «как на некое сложное целое, где другие живые организмы (например, кровяные тельца) ведут собственную жизнь. Клетки обладают многими, если не всеми свойствами независимых живых организмов. По степени целостности жизнь сообщества может вполне приближаться к уровню, характерному для поведения отдельной особи»². На базе таких холистических представлений и созданы Гея-гипотеза и концепция коэволюции. В. И. Вернадский развил в дальнейшем концепцию ноосферы как растущего глобального осознания усиливающегося вторжения человека в естественные биогеохимические циклы, ведущего, в свою очередь, ко все более взвешенному и целенаправленному контролю человека над глобальной системой Земля.

Концепция ноосферы напоминает натурфилософские системы или сциентистские утопии. Становление ноосферы — возможность, но не необходимость. Ценность этой концепции в том, что она дает конструктивную модель вероятного будущего, а ее ограниченность в том, что она рассматривает человека как прежде всего разумное существо, тогда как индивидуум и тем более общество в целом редко ведет себя по-настоящему разумно. Пока человечество движется отнюдь не к ноосфере, которая остается одной из научных гипотез. «Самая суть понятия ноосферы — вера в призвание людей, которые должны изменить биосферу с помощью нау-

¹ Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М., 1973. С. 180.

² Винер Н. Кибернетика. М., 1968. С. 227, 228.

ки и техники»¹. Но склонность к вере выходит за пределы разума, и самой по себе веры ученых в становление ноосферы недостаточно для того, чтобы это произошло.

Вопросы для самоконтроля

1. Как В. И. Вернадский понимал биосферу и почему он иначе определил это понятие?
2. Что такое эмпирические обобщения и чем они отличаются от гипотез, моделей, теорий?
3. Каковы основные выводы учения В. И. Вернадского о биосфере?
4. Каковы границы биосферы?
5. Каковы различия между растениями и животными?
6. В чем суть концепции ноосферы?

Тестовые задания

1. Биосфера есть:
 - 1) область распространения жизни;
 - 2) все живые организмы Земли;
 - 3) биогеоценоз;
 - 4) совокупность разных экосистем.
2. Биогенная миграция атомов в основном вызывается:
 - 1) процессами горообразования;
 - 2) водой;
 - 3) солнечным светом;
 - 4) живыми организмами.
3. Основной принцип, заложенный в учение В. И. Вернадского о биосфере:
 - 1) принцип эволюции;
 - 2) принцип непрерывности жизни;
 - 3) принцип единства живого и неживого;
 - 4) принцип распространения жизни.
4. Социальная экология — это:
 - 1) наука о загрязнении природной среды;
 - 2) наука о взаимодействии общества с природой;
 - 3) наука о глобальных проблемах;
 - 4) наука о здоровье человека.

Литература

1. Вернадский В. И. Живое вещество. М., 1978.
2. Вернадский В. И. Размышления натуралиста: В 2 кн. Кн. 2. Научная мысль как планетарное явление. М., 1977.
3. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М., 1973.

¹ Тейяр де Шарден П. Феномен человека. С. 12.

Глава 19

ЭТОЛОГИЯ

19.1. Раздражимость и нервная система

Всеобщее свойство живых тел, определяющее их активную реакцию на воздействие окружающей среды, — раздражимость. У многоклеточных животных вся сенсорная информация воспринимается видоизмененными нервными клетками — рецепторами. Воспринимаемая рецепторами информация передается эффекторным клеткам и вызывает в них реакцию, определенным образом связанную со стимулом. Любое раздражение (механическое, световое и т.п.), воспринимаемое рецептором, преобразуется в процесс возбуждения.

Типы рецепторов и воспринимаемые ими стимулы (по книге Н. Грина, У. Стауга и Д. Тейлора «Биология») представлены в табл. 5.

Таблица 5

Типы рецепторов и воспринимаемые ими стимулы

Тип рецептора	Энергетическая природа стимула	Тип стимула
Фоторецепторы	Электромагнитная	Свет
Электрорецепторы	Электромагнитная	Электричество
Механорецепторы	Механическая	Звук, прикосновение, давление, гравитация
Терморецепторы	Тепловая	Изменение температуры
Хеморецепторы	Химическая	Влажность, запах, вкус

На более высоких стадиях эволюции потребность в улучшении обратной связи между организмом и средой способствует развитию специализированных систем клеток и приводит к образованию органов чувств. Это наиболее сложные рецепторы, состоящие из большого числа чувствительных клеток, которые тонкими нервными волокнами связаны с центральной нервной системой. Например, глаз похож на фотокамеру с диафрагмой. В глазу человека 130 млн клеток, которые создают как бы «мозаику».

Основное назначение органа зрения — восприятие света. Лучи, падающие на светочувствительный экран сетчатки, вызывают в ее клетках фотохимическую реакцию, в результате которой световая энергия превращается в нервное возбуждение. Оно в виде импульсов передается в зрительные центры головного мозга, так что видит мозг, а не глаз.

Система передачи возбуждений от органов чувств к мозгу называется нервной системой. Она состоит из нейронов, или нервных клеток. «Хотя под влиянием электрических токов они обнаруживают довольно сложные свойства, обычное их физиологическое действие очень близко к принципу “все или ничего”, т.е. они либо находятся в покое, либо, будучи возбуждены, проходят через ряд изменений, природа и интенсивность которых почти не зависит от раздражителя. Сначала наступает активная фаза, передаваемая от данного конца нейрона до другого с определенной скоростью; затем следует рефракторный период, когда нейрон не способен придти в возбуждение, по крайней мере, под действием нормального физиологического процесса. По окончании этого эффективного рефракторного периода нерв остается бездеятельным, но может быть снова приведен в возбуждение. За исключением тех нейронов, к которым сообщения поступают от свободных нервных окончаний или чувствительных концевых органов, каждый нейрон получает сообщения от других нейронов через точки контакта, называемые синапсами. Число синапсов у отдельных нейронов может изменяться от нескольких единиц до нескольких сотен»¹.

В основе деятельности нервной системы лежит восприятие сенсорной информации, передача электрохимическим путем возбуждения, его обработка и соответствующее реагирование на воздействие. Все нейроны делятся на аффе-

¹ Винер Н. Кибернетика. С. 187.

рентные (сенсорные), приводящие импульсы от рецептора, и эфферентные (двигательные), передающие импульсы к эффектору. В состав последнего входят и возбуждающие, и тормозные нейроны, которые заставляют действовать или тормозят действие. Характер ответа, его величина и продолжительность находятся в прямой зависимости от природы стимула.

Нервные сигналы передаются в виде электрических импульсов. Нейроны называются возбудимыми клетками, так как на их мембране электрический потенциал меняется. Пока клетка находится в неактивном состоянии, ее потенциал покоя остается постоянным. Потенциал покоя имеет физико-химическую природу и обусловлен разностью ионных концентраций по обе стороны мембраны аксона — отростка нервной клетки — и избирательной проницаемостью мембран для ионов. При возникновении потенциала действия проницаемость мембраны аксона повышается, и в него входят ионы.

Существует механизм адаптации сенсорных нейронов. При длительном воздействии сильного раздражителя большинство рецепторов вначале возбуждает в сенсорном нейроне импульсы с большой частотой, но постепенно частоты их снижаются. Значение адаптации сенсорных клеток состоит в том, что она позволяет получить информацию об изменениях в окружающей среде. Когда этих изменений нет, клетки находятся в покое, что предотвращает перегрузку центральной нервной системы ненужной информацией.

Интересно проследить сходства и различия между ЭВМ и нервной системой.

Сходства:

- 1) работа по принципу «все или ничего» на основе электрических потенциалов;
- 2) переработка энергии в информацию (ЭВМ потребляет гораздо больше энергии);
- 3) способность к обучению.

Различия:

- 1) в сознании, в отличие от ЭВМ, ничего не стирается;
- 2) организмы состоят из больших белковых молекул, а машины — из малых небелковых молекул;
- 3) живые системы более эффективны и приспособляемы;
- 4) живые механизмы имеют значительно меньшие размеры, чем изготавливаемые человеком для аналогичных целей;

5) машины могут производить и передавать в больших количествах электричество (электрические машины), генерировать короткие волны (радио-), а живые организмы нет.

На основании этих сопоставлений можно сделать вывод, что мозг аналогичен управляющему вычислительному устройству, которое можно использовать как его модель.

Дисциплина, изучающая нервную систему живых организмов, получила название нейрофизиологии. Она является переходной между физиологией и психологией, и предметом ее исследования служат связи между физиологическими и психическими процессами. «Известно, что повышение температуры почти до физиологических границ облегчает выполнение большей части, если не всех, нейронных процессов», — подчеркивает эту связь Н. Винер¹.

Нейрофизиология изучает процессы передачи информации в нервной системе и строение мозга. Мозг состоит из серого и белого вещества. Серое вещество — нейроны, белое — нервные волокна, т.е. части аксонов (длинных отростков нейронов). Так как способность к научению у млекопитающих пропорциональна величине больших полушарий, очевидно, что именно они служат местом образования и хранения памяти. Функции больших полушарий головного мозга асимметричны, т.е. левое полушарие ведаёт регуляцией речи, письма, логического мышления, правое — участвует в распознавании и анализе зрительных образов, формы и структуры предметов, в сознательной ориентации в пространстве. У большинства (правшей) лучше развито левое полушарие. Главная функция мозжечка — регулирование нервных механизмов обратной связи, участвующих в целенаправленной двигательной активности.

Изучение памяти, т.е. способности хранить и извлекать информацию о прошлом опыте, — важная задача нейрофизиологии. Хороший способ построить кратковременную память — это заставить последовательность импульсов циркулировать по замкнутой цепи. «Можно думать, что образование следов памяти связано с действием биохимического механизма, включающего синтез в мозгу определенных веществ. Экстракты из центральной нервной ткани обученных плоских червей или крыс при введении необученным червям или крысам соответственно сокращали время, необходимое для усвоения тех же задач»².

¹ Винер Н. Кибернетика. С. 111.

² Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В 3 т. М., 1990. Т. 2. С. 311.

Информация, пишет Н. Винер, сохраняется в мозгу долгое время благодаря изменению порогов нейронов или, другими словами, благодаря изменениям проницаемости каждого синапса для сообщений. Эти пороги повышаются, «и самый процесс обучения и запоминания истощает наши способности, пока жизнь не расточит основной канал жизнеспособности»¹. Это дало основания Н. Винеру сделать вывод, что сама жизнь индивидуума, соответствует выполнению одной программы, после чего она «стирается».

Нарушения в деятельности нервной системы могут быть связаны с ее перегрузкой «вследствие избытка передаваемых сообщений, физической потери каналов связи или чрезмерного занятия каналов такой нежелательной нагрузкой, как циркулирующие записи памяти, усиливающиеся до превращения в навязчивые идеи»². Применение в психиатрии электрического тока, инсулина и других психотерапевтических средств основано на их способности разрушать механизмы памяти.

Помимо нервной системы деятельность организма координирует эндокринная система. Она передает сигналы с помощью веществ, переносимых кровью, и реагирует образованием какого-либо вещества, например слез при попадании в глаз частичек пыли. Эти вещества выделяются так называемыми железами. Эндокринные железы секретируют гормоны — специальные химические соединения, которые поступают в кровяное русло и доставляются к удаленным органам, тканям или группам клеток, где проявляют свое регулирующее действие. Различия между нервной и эндокринной регуляцией (по Н. Гринну, У. Стауту, Д. Тейлору) представлены в табл. 6.

Таблица 6

Различия между нервной и эндокринной регуляциями

Нервная регуляция	Эндокринная регуляция
Информация передается по аксонам в виде электрических импульсов (химическая передача в синапсах)	Информация передается химическими веществами через кровеносное русло
Передача быстрая	Передача медленная
Ответ наступает тотчас	Ответ обычно развивается медленно
Ответ кратковременный	Ответ продолжительный
Ответ четко локализован	Ответ обычно генерализованный

¹ Винер Н. Кибернетика. С. 192.

² Там же. С. 222.

19.2. Типы поведения

На стадии раздражимости мы имеем дело с реакированием организма на воздействие внешней среды самым простым образом. С появлением органов чувств и нервной системы поведение становится более сложным и активным, не сводясь к механическому движению. Оно определяется мышечными сокращениями и сигналами из центральной нервной системы, которые зависят от деятельности органов чувств. Как и его простая форма — движение, поведение является способом адаптации организма к воздействиям окружающей среды.

Поведение — эволюционный механизм. В тех случаях, когда животные сталкиваются с быстротечными изменениями в окружающей среде, морфологические приспособления не могут обеспечить выживания, так как изменения в строении тела совершаются слишком медленно. В этих ситуациях животных спасают только изменения в поведении.

«Двух видов животных, которые вели бы себя одинаково, не существует»¹. С другой стороны, у животных одного вида много разных типов поведения. Живые организмы столь же разнообразны по своему поведению, как и по богатству размеров, форм и красок. Действует принцип единства строения и поведения. Используя метод проб и ошибок, животные останавливаются в конце концов на том типе поведения, который наиболее соответствует строению их тела. Типы поведения разделяются следующим образом (рис. 7).

Великое множество форм поведения определяется генетическими факторами и в такой же степени зависит от генетической неоднородности видов и популяций, как и многообразии телесных форм. Более того, очень вероятно, что и различия в поведении представителей одной популяции также наследственно предопределены, по крайней мере частично. Эксперименты показывают, что естественный отбор влияет на поведение, а поведение — на генотип. Поведение оказывает влияние на групповой состав популяции и тем самым на судьбу возникающих в ней генотипических изменений. Таким образом возможна поведенческая селекция сельскохозяйственных животных.

¹ *Тинберген Н.* Социальное поведение животных. М., 1993. С. 18.

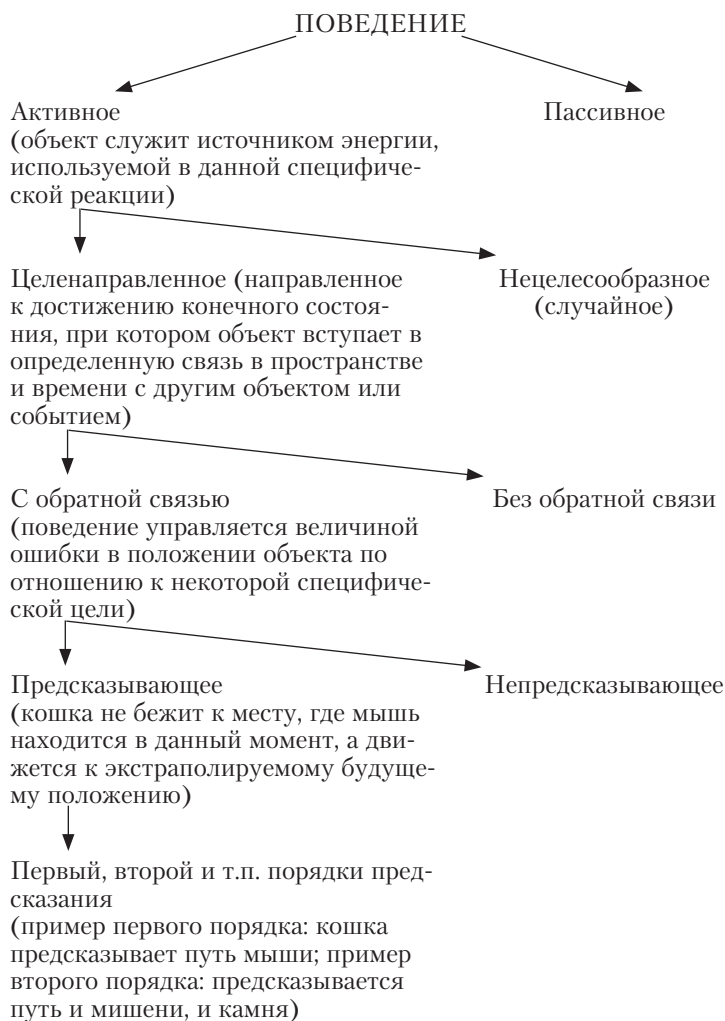


Рис. 7. Типы поведения

Поведение конкретного организма определяется внутренним и внешним программированием. Внешнее программирование осуществляется благодаря индивидуальному приспособлению животного к окружающей среде в ходе накопления опыта. Внутреннее программирование есть результат постепенной эволюции вида.

19.3. Рефлексы и бихевиоризм

Простейшая реакция нервной системы — рефлекс. Он представляет собой быструю, автоматическую, стереотипную реакцию на раздражение, не находящуюся под контролем сознания. Нейроны, образующие путь нервных импульсов при рефлекторном акте, составляют так называемую рефлекторную дугу, имеющую следующий вид: стимул → рецептор → нейронная сеть → эффектор → реакция.

В начале XX в. выдающийся русский ученый, продолжатель русской школы рефлексологии И. П. Павлов (1849—1936) создал учение о нервной деятельности, дав научное объяснение работе коры больших полушарий головного мозга. Проводя опыты над собаками, И. П. Павлов пришел к выводу, что научение происходит путем формирования у животных условных рефлексов в дополнение к безусловным.

Условные рефлексы представляют собой тип рефлекторной активности, при которой характер ответа зависит от прошлого опыта. В опытах И. П. Павлова кормление собак сочеталось, например, со звонком. После многократного повторения эксперимента уже при подаче звукового сигнала у собак начиналось слюноотделение. Это свидетельствовало об образовании условного рефлекса. Подобные опыты были продолжены в других странах. Наиболее значительные успехи в этом направлении достигнуты Б. Скиннером (США). Они положили начало концепции бихевиоризма (от англ. поведение).

Б. Скиннер приучал животных (голубей, крыс) совершать необычные для них действия, которые немедленно вознаграждались. Вслед за И. П. Павловым Б. Скиннер подтвердил большие возможности изменения психики животных под влиянием внешних воздействий.

Н. Винер сравнил бихевиористский подход с кибернетическим: «Бихевиористский метод состоит в рассмотрении выхода объекта и отношений между выходом и входом. Под выходом понимается любое изменение, производимое объектом в окружении. Обратное, под входом понимается любое внешнее к объекту событие, изменяющее любым образом этот объект»¹. Не случайно и У. Р. Эшби начал свою книгу «Введение в кибернетику» с анализа работ И. П. Павлова.

¹ Винер Н. Кибернетика. С. 285.

Следует отметить, что данные эксперименты проводились в условиях неволи, неестественных для животных. Результатом исследований было то, что все механизмы психики (от низших до высших форм) объявлялись рефлекторными и контролируруемыми, и таким образом животные низводились до уровня автоматов (напомним, что еще Декарт считал животных живыми автоматами). Бихевиоризм, по существу, отрицал самостоятельное значение психики и сводил деятельность центральной нервной системы к управляемому извне образованию условных рефлексов.

19.4. Инстинкт и научение

В начале 1930-х гг. усилиями австрийского зоолога К. Лоренца и других ученых были заложены основы науки о поведении животных, которая получила название этологии (от греч. нрав, характер; тот же корень в слове «этика» — наука о поведении человека).

Этология изучает животных преимущественно в свободных условиях, что значительно расширяет представление об их поведении. С точки зрения этологии поведение животных зависит от стимула (ключевых раздражителей) и от внутренних процессов и агентов (в частности, гормонов, выделяемых в кровь и тканевую жидкость железами внутренней секреции), которые влияют на рост, и т.п.

Животные рождаются на свет со значительной частью приспособительных форм поведения, которые носят название инстинктов. К. Лоренц в книге «Агрессия» писал: «Инстинктивные, унаследованные движения развиваются подобно органам тела и не требуют специальной практики». Врожденный реализующий механизм обеспечивает врожденные инстинктивные движения.

Инстинкты специфичны для каждого вида и отличаются от простых рефлексов степенью сложности. Это единицы поведения, определяемые генотипом. Гипотеза механизма инстинктивного поведения такова. Под действием внешних и внутренних факторов в соответствующих нервных центрах происходит накопление «энергии действия», специфичной для определенного побуждения (голод и т.п.). Ее возрастание выше некоторого уровня приводит к появлению поисковой фазы, которая состоит в активном поиске раздражителей, при помощи которых могло бы быть удов-

летворено побуждение. При усиленном накоплении «энергии действия» завершающий акт может осуществиться без ключевых раздражителей.

Инстинкты — результат воздействия внешнего мира на организм, и они могут совершенствоваться тем же путем, каким возникают и закрепляются за видом новые морфологические признаки.

Можно выделить следующие особенности поведения животных:

✓ наличие обратной связи в механизме поведения предохраняет животных от излишних действий (если желудок полон, животное не будет есть). Внешние воздействия выбираются животным в зависимости от его внутреннего состояния;

✓ улучшение одних аспектов поведения влечет за собой вредные последствия в других, так что идеал недостижим. Так и должно быть, чтобы разнообразие увеличивало устойчивость биосферы;

✓ «В природе существует не только целесообразное для сохранения видов, но и все не настолько нецелесообразное, чтобы повредить существованию вида»¹;

✓ животное обладает примитивными формами предвидения;

✓ поведение целостно и все инстинкты соединены в «Парламент Инстинктов», устанавливающий определенную координацию.

Питанию, росту, размножению и самосохранению соответствуют четыре рода инстинктов: голода, половой, агрессии и страха. Агрессия, по К. Лоренцу, является подлинным первичным инстинктом, направленным на сохранение вида. Она проявляется, прежде всего, в конкуренции внутри вида. Наиболее приспособленные особи могут захватывать большую территорию, приносить большее потомство и передавать свои гены следующему поколению. Смысл внутривидовой борьбы (по К. Лоренцу), во-первых, в том, что для вида всегда выгодно, чтобы область обитания или самку завоевал сильнейший из двух соперников; во-вторых, в выгоды равномерности распределения состоит важная видосохраняющая функция внутривидовой агрессии; в-третьих, в защите потомства.

Каждый организм имеет собственную территорию, которую он охраняет от посторонних, особенно от тех, кто зани-

¹ Лоренц К. Агрессия. М., 1994. С. 159.

мает ту же экологическую нишу. Граница участков «определяется исключительно равновесием сил, и при малейшем нарушении этого равновесия может перемещаться ближе к штаб-квартире ослабевшего, хотя бы, например, в том случае, если одна из рыб наелась и потому обленилась... С приближением к центру области обитания агрессивность возрастает в геометрической прогрессии»¹.

Опасность инстинкта — в его спонтанности. При недостатке врагов смещается порог раздражения и животное готово проявить свою агрессивность по отношению к кому угодно. Другими словами, инстинкт начинает действовать без соответствующей мотивации.

Полезный, необходимый инстинкт «остается неизменным; но для особых случаев, где его проявление было бы вредно, вводится специально созданный механизм торможения»². Например, бои самцов. Бой из борьбы без правил возникает за счет ритуализации (мимическое утрирование, ритмическое повторение и т.п.), увеличения промежутка времени перед началом боя, торможения опасных движений при атаке.

Существует зависимость между действенностью оружия, которым располагает вид, и механизмом торможения, запрещающим применять это оружие против сородичей (наиболее кровожадные звери — волки — обладают самыми надежными тормозами). «Угрозы, выражаемые двумя особями в агонистической конфликтной ситуации, всегда заканчиваются тем, что одна из особей (как правило, более слабая) уступает и выходит из поединка, принимая позу подчинения или умиротворения. У собак и волков умиротворяющая поза выражается в том, что животное ложится на спину или подставляет победителю свое горло»³.

Отбор, направленный одной лишь конкуренцией сородичей без связи с вневидовым окружением, может быть нецелесообразным для вида. Важнейшая функция поединка — это выбор боевого защитника семьи, и таким образом внутривидовая агрессия способствует охране потомства.

Ритуализация поведения выполняет функцию перевода агрессии в безопасное для животных русло и построения прочного союза двух или большего числа собратьев по виду. Ритуалы возникают из так называемых переориентирован-

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 43, 44.

² Там же. С. 114, 115.

³ Грин Н, Стаут У, Тейлор Д. Биология. Т. 2. С. 308.

ных действий и из смещенной активности, возникающей в тех случаях, когда при наличии сильной мотивации два разных стимула действуют в противоположных направлениях. Так, в переориентированной церемонии умиротворения или «приветствия» соединяются две позы: агрессии и страха.

Образование подобных ритуалов облегчается тем, что все инстинкты связаны между собой. Чем более агрессивен вид, тем больше у него развит половой инстинкт, напряженность которого может привести от регрессии к агрессивности. Сильный страх по принципу «противоположности сходятся» также ведет к агрессии.

Взаимодействие инстинктов между собой зависит от пола животного. Если самка испытывает чувство страха, то это повышает ее сексуальность, а чувство агрессивности — снижает. У самца, напротив, чувство страха отрицательно влияет на сексуальность, а чувство агрессивности — положительно.

Различные виды сигналов, имеющие большое значение в жизни животных, формируются из первичных движений, определяемых инстинктами. Эти естественные движения, ставшие четкими и внятными (преувеличенные жесты), становятся своеобразным «языком» животных. В роли сигналов могут выступать и социальные гормоны — особые вещества, привлекающие особей того же вида.

Ни одну поведенческую реакцию нельзя рассматривать как только инстинктивную или приобретенную. Целостный поведенческий акт — переплетение врожденных и приобретенных комплексов. Условия жизни могут значительно изменять инстинктивную форму поведения.

Врожденные способности совершенствуются в результате научения. Однако и сама готовность к научению предопределена — «быстрее и лучше научить птицу той песне, которая предопределена внутренней программой»¹.

Теоретические работы К. Лоренца 1931—1937 гг. показали, что многократное повторение одной и той же ситуации приводит к образованию определенной связи в психике.

Научение — это адаптивное изменение индивидуального поведения в результате усвоения предшествующего опыта. Устойчивость вновь приобретенных форм поведения зави-

¹ Тимберген Н. Поведение животных. С. 141.

сит от памяти, хранящей полученную в прошлом информацию.

Закрепленное приобретенное поведение превращается в привычку. «Значительная часть привычек, определяемых хорошими манерами, представляет собой ритуализованное в культуре утрирование жестов покорности, большинство из которых, вероятно, восходит к филогенетически ритуализованному поведению, имевшему тот же смысл»¹.

Появление психики — новый фактор адаптивной эволюции, возникающий у позвоночных животных. Это позволяет быстро менять привычки и навыки, что обеспечивает эволюционные преимущества млекопитающим. Ограничения внутренней организации, особенно организации центральной нервной системы, определяют сложность предсказывающего поведения, которую может достичь млекопитающее. «Индивидуальные различия между живыми существами прямо пропорциональны их психическому развитию», — считал К. Лоренц².

При одном из видов обучения — запечатлении — раздражитель эффективен в том случае, если он предъявляется животному в раннем возрасте.

Нашим ближайшим родственникам — обезьянам — свойственно манипулирование «бесполезными» предметами, что могло приводить к развитию больших полушарий головного мозга. Велика роль манипуляционной активности в индивидуальном развитии обезьяны, в ознакомлении с окружающей миром и накоплении опыта, во внутристадном общении. Мимика, выразительные телодвижения, позы, по Б. Ф. Поршневу, способствуют имитационному воздействию на другие виды и таким образом эволюционно удобны.

Основные типы научения сведены в табл. 7.

В процессе эволюции возрастает роль опыта старых животных и передачи приобретенной ими информации. Отсюда следуют выводы: долгая жизнь приобретает ценность для сохранения вида; возникает селективное давление в сторону развития способности к обучению; тесная связь между способностью к обучению и продолжительностью забот о потомстве; возраст животного находится, как правило, в прямой зависимости от ранга, который оно имеет в иерархии своего сообщества.

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 87.

² Там же. С. 161, 290.

Таблица 7

Тип научения

Типы научения	Характеристика поведения
Привыкание	При продолжительном повторении стимулов, не подкрепляемых поощрением или наказанием, реакция на них постепенно угасает (птицы перестают бояться пугала)
Ассоциативное научение: а) выработка условного рефлекса б) научение путем проб и ошибок	Животное научается связывать безусловный стимул с условным и давать ответ на любой из них Сочетание данного действия с наградой (положительное подкрепление) или наказанием (отрицательное подкрепление) соответственно повышает или уменьшает вероятность повторения этого действия в дальнейшем (опыты Скиннера)
в) латентное научение	Научение, которое может пригодиться в дальнейшем (знание мышью непосредственного окружения своей норки)
г) инсайт («постижение»)	Научение, не основанное на информации, полученной ранее при других в чем-то сходных обстоятельствах. Инсайт возможен лишь при достаточном развитии интеллектуальных функций (опыты Келера с шимпанзе)
д) запечатление	Проявляется во время раннего периода развития животного. В мозгу детеныша (или птенца) запечатлевается образ другого индивидуума, обычно родителя, и создается особая «привязанность» к нему (опыты Лоренца)

19.5. Формы сообществ

Социальное поведение животных — не случайность, а эволюционный механизм, возникновение которого определяется преимуществами, которые обеспечивает общественная жизнь, например, повадка гнездиться тесными колониями уменьшает потери от хищников. Толпы «жертв» могут не только успешно противостоять, но даже нападать на хищников. Эволюционно сформировавшаяся потребность в другом может пересилить все инстинкты, т.е. стать

высшей целью и ценностью. Социальные группы по величине могут колебаться от 2 особей у птиц, 10–100 — у обезьян, до нескольких тысяч — у насекомых.

Простейшая форма сообщества — анонимная стая, в которой все находятся в одинаковом положении. Множество особей, тесно сомкнувшись, движутся в одном направлении за случайно выбранным вожаком. «Притягивающее действие, которое оказывает стая на отдельных животных и небольшие их группы, возрастает с размером стаи, причем вероятно даже в геометрической прогрессии»¹.

Таковы стаи рыб, у которых группообразование, основанное на персональном узнавании партнеров, впервые встречается только у высших костистых видов. «Существуют животные, — отмечает К. Лоренц, — которые полностью лишены внутривидовой агрессии и всю жизнь держатся в прочно связанных стаях. Можно было бы думать, что этим созданием предначертано развитие постоянной дружбы и братского единения отдельных особей; но как раз у таких мирных стадных животных ничего подобного не бывает никогда, их объединение всегда совершенно анонимно. Личные узы, персональную дружбу мы находим только у животных с высокоразвитой внутривидовой агрессией, причем эти узы тем прочнее, чем агрессивнее соответствующий вид. Общеизвестно, что волк — самое агрессивное животное из всех млекопитающих... он же — самый верный из всех друзей. Если животное в зависимости от времени года попеременно становится то территориальным и агрессивным, то неагрессивным и общительным, любая возможная для него персональная связь ограничена периодом агрессивности»². Эволюционный механизм, заключающийся в необходимости совместной деятельности ради сохранения вида (забота о потомстве и т.п.), вырастает на внутривидовой агрессии, является как бы ее сублимацией. Внутривидовая агрессивность на миллионы лет старше личной дружбы и любви (личные узы появляются только у костистых рыб с позднего мезозоя).

Следующая форма сообщества — безличная семья, основанная на совместной жизни родителей и их потомства (например, у аистов). Замена одного члена семьи на другого проходит в безличной семье незамеченной, так как отсутствует индивидуальное распознавание.

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 150.

² Там же. С. 214.

Наряду с этим существуют личные семьи (у диких гузей).

Личное узнавание сопровождается широким диапазоном чувств и переживаний, которые настолько многогранны, что справедливым кажется афоризм: «Животные — это эмоциональные люди с очень слабым интеллектом». Этология показывает, что в животном мире есть общественная жизнь с такими казальсь бы специфическими для человека отношениями, как дружба, любовь и т.п.

Высшие животные воспитываются в обществе. Им приущи чувства печали, радости, грусти и т.п. Они переживают не только потерю места, но и потерю друга. Любовь выступает как способ сдерживания агрессии у агрессивных видов и эволюционно выгодна, так как обеспечивает репродуктивный успех.

Еще одна *форма сообществ* — *иерархические группы*, которые известны у большого числа видов, начиная от пчел и термитов и кончая нашими ближайшими родственниками в животном мире — обезьянами. *Иерархия* — *принцип организации, без которого не может развиваться упорядоченная совместная жизнь высших животных*. Он заключается в том, что каждый в группе знает, кто сильнее и слабее его и ведет себя в соответствии с этим, соблюдая «порядок клевания». Положение в иерархии зависит от размеров, силы, выносливости и агрессивности. Если ввести вещество, повышающее агрессивность, то самец переходит в более высокий ранг. Одно из преимуществ иерархии в том, что она уменьшает агрессивность особей, связанную с питанием, выбором полового партнера и места для выведения потомства.

Управляет иерархией одна особь или «коллегия». Занимающие высокие места в иерархии всегда помогают слабым. Иерархия укрепляется, если имеется враг вне группы, на которого может направляться агрессивность. Социальная иерархия повышает генетическую жизнеспособность сообщества благодаря тому, что наиболее сильные и приспособленные животные имеют преимущество, когда приходит время размножаться.

Муравьи, термиты и пчелы живут колониями, организованными по принципу кастовой системы. «У приматов сообщества довольно гибки в том смысле, что роли между членами группы могут перераспределяться, тогда как роли

в сообществах насекомых определяются строением тела и способностью к размножению»¹.

Обычно группы мирно уживаются между собой, но есть виды, которые ведут жестокую борьбу, кончающуюся гибелью всех групп, кроме одной — самой большой и агрессивной. Таковы взаимоотношения между кланами вечных спутников человека — крыс. «Трудность по-настоящему успешной борьбы с серой крысой — наиболее успешным биологическим противником человека — состоит прежде всего в том, что крыса пользуется теми же методами, что и человек: традиционной передачей опыта и его распространением внутри тесно сплоченного сообщества»².

Изучение конкурирующих кланов заставляет иначе посмотреть на представления о благотворности отбора, сложившиеся еще в XIX в. «Так вот, самое ужасное — и для нас, людей, в высшей степени тревожное — состоит в том, что эти добрые, старые дарвинистские рассуждения применимы только там, где существует какая-то внешняя, из окружающих условий исходящая причина, которая и производит такой выбор. Только в этом случае отбор вызывается приспособлением. Однако там, где отбор производится соперничеством сородичей самим по себе, — там существует... огромная опасность, что сородичи в слепой конкуренции загонят друг друга в самые темные тупики эволюции»³.

19.6. Этология и человек

Этология еще до социобиологии показала, что в человеке много свойственного животным. Агрессивность человека соответствует агрессивности животных, а садизм имеет корни в инстинкте агрессии. Как и в животном мире, агрессивность больше присуща мужчинам. Отбор в результате только внутривидовой борьбы, как считают этологи, может быть отрицателен для вида, а он играет все большую роль для человека, стимулируя войны и экологический кризис. «Есть веские основания считать внутривидовую агрессию наиболее серьезной опасностью, которая грозит человечеству в современных условиях культурно-исторического и технического развития», — предостерегает К. Лоренц.

¹ Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. Т. 2. С. 309.

² Лоренц К. Агрессия. С. 165.

³ Там же. С. 167.

Как преодолевается эта опасность в животном мире? «Полезный, необходимый инстинкт вообще остается неизменным; но для особых случаев, где его проявление было бы вредно, вводится специально созданный механизм торможения. И здесь снова культурно-историческое развитие народов происходит аналогичным образом; именно потому важнейшие требования Моисеевых и всех прочих скрижалей — это не *предписания*, а *запреты*»¹ (курсив наш. — А.Г.). Иисус Христос запретил противиться злему. Отказ от борьбы известен и у животных.

Вера в божественность каких-либо установлений основана на возникновении инстинкта в результате генетического закрепления повторения определенных действий. «Образование ритуалов посредством традиций безусловно стояло у истоков человеческой культуры, так же как перед тем, на гораздо более низком уровне, филогенетическое образование ритуалов стояло у зарождения социальной жизни высших животных», — читаем у К. Лоренца². Борьба в животном мире ведется по определенным правилам, и некоторые виды спорта напоминают ритуальные бои самцов.

Агрессивность нельзя исключать, избавляя людей от раздражающих ситуаций или наложив на нее моральный запрет, или с помощью генетической инженерии, так как она выполняет биологически положительную роль и все инстинкты связаны между собой (даже смех связан с агрессивностью). Спорт, искусство, наука, смех выступают как необходимый тормозящий механизм агрессии по отношению ко всем людям и всей природе. Важна и борьба с грехами, потому что на это уходит энергия.

В работе «Человек находит друга» К. Лоренц формулирует биологический вариант категорического императива И. Канта: «Могу ли я возвысить законы, управляющие моими поступками, до ранга общего закона природы или результат окажется противоречащим рассудку?»³ Этологический императив звучит так: «Поступай так, чтобы твое поведение как разумного существа соответствовало законам природы».

Однако полной аналогии между поведением человека и животных не может быть именно потому, что человек не только биологическое существо. «У дикого животного

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 114–115.

² Там же. С. 81.

³ Лоренц К. Человек находит друга. М., 1971. С. 153.

в естественных условиях не возникает конфликта между его внутренними склонностями и тем, что оно “должно” делать, — вот эту-то райскую гармонию и потерял человек. Более высокий интеллект обеспечил человеку культурное развитие и, главное, принес с собой дар речи, способность отвлеченно мыслить, накапливать и передавать от поколения к поколению запасы знаний. В результате историческое развитие человека происходило в сотни раз быстрее, чем чисто органическое, филогенетическое развитие прочих живых существ. Однако инстинкты человека, его врожденные реакции по-прежнему связаны с намного более медленным органическим развитием и отстают от его культурно-исторического развития. “Естественные склонности” уже не вполне укладываются в рамки человеческой культуры, в которых их практически заменил интеллект»¹.

Животные гораздо более жестко реагируют на стимулы, чем человек. Еще одно из отличий человека от животных — способность к высоким порядкам предсказания. Большее значение, чем у животных, имеет у человека обучение и все, связанное с ним.

Для того чтобы что-то выучить, нужен интерес к этому. Способом его повышения служит игра. Потребность к игре, по Лоренцу, свойственна только наиболее психически развитым из всех живых существ.

Современная психология утверждает, что человеку присуще в качестве его фундаментальной черты стремление к новому как способу обучения, причем мужчинам в большей степени, чем женщинам. В создании новых ситуаций видят суть искусства. Это результат развития того, что в слабой форме свойственно и животным.

В процессе общения человеческий разум в какой-то степени передается домашним животным. Собаки понимают отдельные фразы и могут читать мысли хозяев. Но рост интеллекта у домашних животных сопровождается угасанием инстинктов. Сопоставляя разум и инстинкт, следует признать, что наличие интеллекта не позволяет считать человека абсолютно приспособленным видом. «Выигрыш, достигнутый человеком благодаря большему размеру и большей сложности мозга, частично сводится на нет тем обстоятельством, что за один раз можно эффективно использовать лишь часть мозга. Возникает любопытная мысль, что, быть

¹ Лоренц К. Человек находит друга. М., 1971. С. 152

может, мы стоим перед одним из тех природных ограничений, когда высококвалифицированные органы достигают уровня нисходящей эффективности и в конце концов приводят к угасанию вида. Быть может, человеческий мозг продвинулся так же далеко к этой губительной специализации, как большие носовые рога последних титанотериев»¹.

К этому добавляются опасения, что в человеческом обществе ослаблен естественный отбор (благодаря, в частности, заботе о менее приспособленных и выживании больных), помогавший эволюции наших предков. Каких бы успехов ни достигало человечество, это всегда сопровождалось пессимистическими высказываниями о том, что оно находится на пути вырождения и вообще представляет собой тупиковую ветвь эволюции.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличаются инстинкты от рефлексов?
2. Что изучает этология?
3. Каковы типы поведения?
4. Какие типы научения свойственны животным?
5. Какие существуют формы сообществ у животных?
6. Что внесла этология в понимание поведения человека?

Тестовые задания

1. Этология — это:
 - 1) система этических норм;
 - 2) наука о типах мышления;
 - 3) наука о поведении животных;
 - 4) наука о человеческих инстинктах.
2. Бихевиоризм — это:
 - 1) учение о формировании условных рефлексов;
 - 2) процесс в сложных живых системах;
 - 3) философское учение в Древней Греции;
 - 4) одно из направлений психоанализа.
3. Основным инстинктом в природе является:
 - 1) половой инстинкт;
 - 2) инстинкт самосохранения;
 - 3) инстинкт агрессии;
 - 4) инстинкт голода.
4. Запечатление — это:
 - 1) внезапное озарение;
 - 2) сохранение в памяти образа после однократного воздействия его;

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 226.

- 3) научение путем проб и ошибок;
- 4) научение в процессе игры.

Литература

1. Лоренц К. Агрессия. М., 1994.
2. Тинберген Н. Поведение животных. М., 1969.
3. Тинберген Н. Социальное поведение животных. М., 1992.

Глава 20

СОЦИОБИОЛОГИЯ И ПСИХОБИОЛОГИЯ

20.1. Поведение и гены

С появлением генетики любые данные о животном мире неизбежно сопровождаются вопросом: насколько они генетически оправданы и закреплены? Это стало предметом сформировавшейся в 1970-х гг. социобиологии. Основоположник социобиологии — американский ученый Э. Уилсон, выпустивший в 1975 г. книгу «Социобиология: новый синтез». Социобиология представляет собой синтез популяционной генетики, эволюционной теории, этологии и экологии.

Можно выделить следующие исследования, ставшие предтечей социобиологии. У. Гамильтон выявил, что закрепление общественного образа жизни у термитов и муравьев, пчел, ос связано с тем, что у этих животных индивид в среднем содержит 50% одинаковых генов с родителями, братьями и сестрами, а в колониях пчел родство сестер составляет 75%. Особь включает свои гены в следующие поколения через родственников. Вслед за этим наряду с понятием индивидуального отбора введено понятие родственного отбора, ответственного за взаимопомощь в природе.

Альтруизм может быть результатом рабства или ожидания вознаграждения (вынужденный или взаимный альтруизм). Как установил В. Уинн-Эдвардс, если бы скорость размножения животных всегда была максимальной, то популяция очень скоро осталась бы без пищи; поэтому в эволюции происходил отбор тех сообществ, у которых скорость размножения скоррелирована с ресурсами, что обусловлено социальной организацией, и, стало быть, отбор должен благоприятствовать сообществам с более эффективной социальной организацией. Это объясняет появление понятия

группового отбора, при котором взаимопомощь в природе выходит за рамки родственных отношений.

Центральный тезис социобиологии звучит так: *каждая форма социального поведения обязательно имеет генетическую основу, которая «заставляет» индивидов действовать так, чтобы обеспечить успех для себя и сородичей.* С этой точки зрения и агрессия, и страх, которые проявляют только что родившиеся особи, представляют собой генетически детерминированные и эволюционно отобранные образцы поведенческих реакций. Объясняя поведение генетической основой, социобиология выявила гены агрессивности, злобливости, способности ориентироваться в пространстве и т.п.

Социобиология объяснила различия в поведении, обусловленные полом животного. Главное назначение самок — обеспечить выживание потомства, поэтому самка выбирает самца или на основе его генетических качеств, или имея в виду его помощь в заботе о потомстве. Интерес самцов — репродуктивный успех и, в меньшей степени, организация семьи. Таким образом, верность, измена, выбор, по предствлениям социобиологов, детерминируются генетически.

Один из спорных моментов социобиологии — выяснение того, что в большей мере — эгоизм или альтруизм — движущая сила эволюции. В соответствии с точкой зрения, выраженной в книге английского ученого Р. Докинса «Эгоистичный ген», само воспроизводство жизни — функция эгоизма, и все, что эволюционировало, должно было быть эгоистичным. Сторонники этих взглядов должны ответить на вопрос: как объяснить с позиций борьбы за существование широкое распространение альтруистического поведения?

Перед сторонниками второй точки зрения стоит вопрос: как альтруистическое поведение может передаваться из поколения в поколение? Ответ на него к настоящему времени таков. Если одно животное подает сигнал об опасности другим, рискуя своей жизнью, то это поведение может быть сохранено отбором, так как дает преимущества родственным особям, а гены альтруистической особи сохраняются в них. Жала рабочих пчел остаются в теле врага, но и сама пчела гибнет, а африканские термиты в сражении с врагами извергают особый секрет, от которого гибнут сами и их противники. Популяции, в которых индивиды проявляют самопожертвование ради пользы других, оказываются в бо-

лее выгодных условиях, чем те, члены которых прежде всего заботятся о собственном благополучии.

Социобиология — перспективное научное направление, главные выводы которого еще впереди.

20.2. Социобиология и человек

Социобиология изучает биологические основы всех форм общественного поведения, включая человека. Как нейрофизиология стремится объяснить физиологические основы мышления, так социобиология — биологические основы эволюции человека.

Человек — существо социальное. Сущность человека, как определяет философия, — совокупность общественных отношений. Проблема выделения сущности человека есть проблема разграничения животного и собственно человеческого. Первое изучает естествознание, второе — гуманитарные науки. Социобиология занимает место на стыке этих двух групп наук.

В применении к человеку социобиология — наука о социальной организации, выявляющая сходство между социальным поведением человека и животных и механизмы генетической детерминации социального поведения человека. Социобиология рассматривает человека как существо, состоящее из двух частей: биологической и социальной. Задача социобиологии — создание «биограммы человека», т.е. максимально полного описания природно-биологических основ его жизнедеятельности, с тем, чтобы объяснить эволюцию культуры изменениями на биоуровне. Проблема взаимосвязи природного и социального в человеке обозначается как проблема генно-культурной коэволюции.

Социобиология изучает коэволюцию человека. Ее основная идея заключается в том, что «человек разумный» есть обычный биологический вид с генетически разнообразным поведением. У человека, как любого другого вида жизни, не может быть целей, которые возникали бы вне его собственной биологической природы. Поэтому социобиология отрицательно отвечает на вопрос: «Может ли культура изменять поведение человека, приближая его к альтруистическому совершенству?»

У человека есть врожденная способность к взаимопомощи и общительности как основе морали. В той степени,

в которой эта способность наследуется, она социобиологична; в той, в которой приобретается в процессе жизни и воспитания — социокультурна. Проблема в том, чтобы выяснить, может ли влияние цивилизации (искусственный свет и т.п.) переходить на генетический уровень и становиться фактором искусственного отбора или происходит только социальное наследование культуры.

Генетика вкупе с социобиологией изучает вопрос о том, существуют ли гены эгоизма, альтруизма, т.е. наследуются ли черты характера или они социально обусловлены воспитанием. Под генетическую детерминацию попадает инцестовое торможение, конфликт отцов и детей, война, территориальность, различная ориентация полов, страх детей перед чужими людьми и т.д. Стремление сохранить свой престиж и достоинство также врожденно. Социобиология утверждает, что скоро в нашей власти будет определять многие из генов, которые обуславливают поведение.

Мышление преимущественно социокультурно, но интеллект обеспечивает, если можно так выразиться, способность человеческих генов к выживанию. «Противоразумное возникает лишь в случае нарушения какого-либо инстинкта»¹, — подчеркивал К. Лоренц. Бихевиоризм утверждает все же, что поведением человека, как и животных, можно управлять, а разум лишь инструмент ориентации в мире. Этот вопрос дискуссионный в современной науке и окончательного решения по нему нет.

20.3. Биология и социум

Существуют и иные человеческие проблемы, в решении которых способно помочь естествознание, отвечая на вопросы:

- ✓ действует ли естественный отбор в человеческом обществе и, стало быть, развивается ли человек в биологическом смысле?
- ✓ как связано биологическое развитие человечества с социальным?
- ✓ как справиться с внутривидовой агрессивностью людей, которая ведет в эволюционный тупик, но обостряется в связи с победой над природой (и другими видами жизни)?

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 252.

✓ существует ли опасность сверхспециализации разума, которая делает поведение человеческого общества неразумным? Разум ведет к отходу от неразумной природы?

✓ как преодолеть опасность, следующую из того, что чем более сложно устроена система, тем больше вероятность поломки ее (у человека психические болезни бывают чаще, чем у животных)?

✓ как связана гениальность с психическими заболеваниями (физиологические изменения в организме зачастую аналогичны в обоих случаях)?

Ответы на эти вопросы ждут ученых.

Современное естествознание все ближе подходит к изучению самого сложного, что создала природа, — человека. Насколько оправдано здесь применение естественнонаучной методологии и что она может дать? Если признать, что психика и разум связаны с другими сторонами жизни и с остальной природой, то вполне оправдано, хотя надо отчетливо понимать границы естественнонаучного подхода.

Предметом естественно-научного познания человека является все, что относится к его естеству и не обусловлено образованием, культурой, социальным окружением. Сюда относится огромное количество биологических процессов, не специфических для человека. Человек подвержен и социальным закономерностям. Естествознание изучает биологическую основу социальных действий (в этом особенно преуспела социобиология). Если, скажем, обнаруженный Э. Фрейдом комплекс Эдипа генетически детерминирован, то его можно изучать как естественнонаучный феномен.

Существует также множество процессов, относительно которых нельзя сказать, социальные они или биологические. Они как бы на стыке биологии и социологии, и естествознание в этом случае вносит свой особый вклад в их целостное понимание.

20.4. Естественно-научное обоснование нравственности

Одно из отличий человека от животных, помимо прямохождения, развития руки, изготовления орудий труда, разума, слова, — нравственность. Рождение нравственности — важнейший этап антропогенеза — становления человека.

«Абстрактное мышление дало человеку господство над всем вневидовым окружением и тем самым спустило с цепи

внутривидовой отбор,— считает один из основоположников этологии К. Лоренц. В “послужной список” такого отбора нужно, наверное, занести и ту гипертрофированную жестокость, от которой мы страдаем и сегодня. Дав человеку словесный язык, абстрактное мышление одарило его возможностью культурного развития и передачи над-индивидуального опыта, но это и повлекло за собой настолько резкие изменения в условиях его жизни, что приспособительная способность его инстинктов потерпела крах. Можно подумать, что каждый дар, достаемый человеку от его мышления, в принципе должен быть оплачен какой-то опасной бедой, которая неизбежно идет следом. На наше счастье, это не так, потому что из абстрактного мышления вырастает и та разумная ответственность человека, на которой только и основана надежда управиться с постоянно растущими опасностями»¹.

Наблюдаемый К. Лоренцом триумфальный крик диких гусей напоминает любовь, которая сильнее смерти; бои между крысиными стаями напоминают кровную месть и войну на уничтожение. Как во многом все-таки человек близок животным: чем больше развивается этология, тем справедливее становится этот вывод. Но и многое явно социальное в человеке тоже досталось ему как компенсация за какие-то биологические недостатки или чрезмерные преимущества перед другими видами. Такой является и нравственность.

У опасных хищников (например, волков) есть селективные механизмы, запрещающие убивать представителя своего вида. У неопасных животных (шимпанзе) таких механизмов нет. У человека тоже нет, так как он не имеет «натуры хищника» и у него нет естественного оружия, принадлежащего его телу, которым он мог бы убивать крупное животное. «Когда же изобретение искусственного орудия открыло новые возможности убийства, прежнее равновесие между сравнительно слабыми запретами агрессии и такими же слабыми возможностями убийства оказалось в корне нарушено»².

У человека нет естественных механизмов убийства себе подобных и поэтому нет, как у волков, инстинкта, запрещающего убийство представителя своего вида. Но человек выработал искусственные средства уничтожения себе подобных и параллельно развились в нем как средство самосохранения

¹ Лоренц К. Агрессия. С. 235.

² Там же. С. 237, 238.

искусственные механизмы, запрещающие убийство представителя своего вида. Это и есть нравственность, которая является социальным эволюционным механизмом.

Но социальная этика — только первая ступень нравственности. Человек ныне создал искусственные средства, позволяющие ему уничтожить всю планету, что он успешно и делает. Если человек будет продолжать истреблять населяющие Землю виды животных и растений, то в соответствии с основным законом экологии — науки о взаимоотношении живых организмов с окружающей средой — уменьшение разнообразия в биосфере приведет к ослаблению ее устойчивости и в конечном счете гибели самого человека, который не может существовать вне биосферы. Чтобы этого не произошло, нравственность должна подняться на новый уровень, распространяясь на всю природу, т.е. став экологической этикой, запрещающей уничтожение природы.

Такой процесс можно назвать углублением нравственности, во-первых, потому, что критерием нравственности выступает совесть, находящаяся в глубине человеческой души, и, стараясь прислушаться к этому внутреннему голосу, человек как бы погружается в самого себя. Вторая причина связана с появлением понятия «глубинной экологии», которая призывает человека к более бережному отношению к природе с позиций экологической этики, распространяющей моральные принципы на взаимоотношения человека с природой.

Экология углубляется в область нравственного. Модель «расширяющегося сознания» также имеет очевидное экологическое значение, что позволило говорить о расширении сознания в «глубинной экологии». Итак, от расширяющейся Вселенной к расширяющемуся сознанию и углубляющейся нравственности. Это не случайные параллели. Развитие Вселенной ведет к социальным изменениям — таков один из выводов, а именно этический, из современных концепций естествознания.

20.5. Психобиология

В последнем десятилетии XX в. появилась наука, которая нацелена на выполнение тех же задач, которые поставила перед собой социобиология, но в определенном аспекте:

соотношения биологических параметров человека и высших животных с параметрами психическими. Она получила название психобиологии. В начале развития психобиологии было установлено, что некоторые основополагающие характеристики психики, детерминированные генетически, такие как темперамент, коррелируют с характеристиками физиологическими, в частности со свойствами крови. Стало возможно по анализу крови определять, является ли человек холериком, меланхоликом, флегматиком или сангвиником. Цель психобиологии — установить соответствие между биологией и психикой человека и высших животных по наибольшему возможному числу параметров.

Так как это одна из самых молодых наук, то она характеризуется скорее не своими нынешними достижениями, а теми надеждами, которые подает не только в теоретическом, но даже в большей степени в практическом плане. Можно сказать, что это наука XXI в. — пример того, что в современной науке имеют место не только новые открытия и теории, но и создаются новые научные направления.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает социобиология?
2. Что говорит социобиология о генетической детерминации социального поведения человека?
3. Что такое гены альтруизма и гены эгоизма?
4. Что такое родственный и групповой отбор?
5. Что такое бихевиоризм?
6. Что изучает психобиология?

Тестовые задания

1. Социобиология — это:
 - 1) наука о поведении социальных животных;
 - 2) наука об экономических и социальных связях в обществе;
 - 3) наука о влиянии наследственных особенностей на поведение людей;
 - 4) наука о влиянии общества на природу.
2. Социобиология «выводит» человеческую нравственность:
 - 1) из потребности в любви;
 - 2) из инстинкта агрессии;
 - 3) как результат естественного отбора;
 - 4) из разумного эгоизма.

3. Какой тип отбора формирует эгоистическое поведение?
 - 1) родственный отбор;
 - 2) групповой отбор;
 - 3) социокультурный отбор;
 - 4) индивидуальный отбор.
4. Основателем социобиологии является:
 - 1) Э. Уилсон;
 - 2) К. Лоренц;
 - 3) У. Гамильтон;
 - 4) Р. Докинз.

Литература

1. Лоренц К. Человек находит друга. М., 1971.
2. Карпинская Р.С., Никольский С. А. Социобиология. Критический анализ. М., 1988.
3. Тинберген Н. Поведение животных. М., 1969.

Глава 21

АНТРОПОЛОГИЯ И ЭТНОЛОГИЯ

21.1. Человек как предмет естественно-научного познания

Когда мы говорили о различии естественно-научного и гуманитарного знания, то определили, что естествознание изучает природу как она есть, а гуманитарные науки изучают духовные продукты творческой деятельности человека. В каком смысле, учитывая такое разделение, можно говорить о человеке как предмете естествознания? В том смысле, что человек тоже естествен: во-первых, по своему происхождению и, во-вторых, по своей природе, т.е. биологической основе своего существования. Человека можно рассматривать и как физическое тело и как биологическое существо.

В настоящее время в науке утвердилось представление, что *человек — биосоциальное существо, соединяющее в себе биологическую и социальную компоненты*. С этим можно согласиться, не забывая, во-первых, что человека можно рассматривать и с физической точки зрения и изучать происходящие в нем химические процессы и, во-вторых, что не только человек обладает социальной формой существования, но и многие животные. Более того, с каждым годом этология накапливает все больше данных, свидетельствующих о том, что социальное поведение человека во многом генетически детерминировано.

Еще в античной философии много внимания уделялось определению природы человека. Киники видели ее в естественном образе жизни и ограничении желаний и материальных потребностей; Эпикур — в чувствах, общих у человека и животных; Сенека и стоики — в разуме. В западной философии, особенно в марксизме, на передний план выдвинулось представление о социальной сущности человека.

С точки зрения современной науки более точно разделять биологическую предопределенность существования человека и его родовую (собственно, человеческую) сущность. Поисками границ между биологическим и специфически человеческим занимается наука, получившая название социобиологии. Эта наука в применении к изучению человека находится на стыке естественнонаучного и гуманитарного знания.

Итак, человек как предмет естественно-научного познания может рассматриваться в трех аспектах:

- 1) происхождение;
- 2) соотношение в нем естественного и гуманитарного;
- 3) изучение специфики человека методами естественно-научного познания.

Первое направление, традиционно называемое антропологией, изучает, когда, от кого и как произошел человек и чем он отличается от животных; второе направление — социобиология — изучает генетическую основу человеческой деятельности и соотношение физиологического и психического в человеке; к третьему направлению относится изучение естественно-научным путем мозга человека, его сознания и т.п.

21.2. Проблема появления человека на Земле

Как и в вопросе происхождения Вселенной и жизни, существует представление о божественном творении человека. «И сказал Бог: сотворим человека по образу нашему, по подобию нашему. И сотворил Бог человека по образу своему»¹. В индийской мифологии мир происходит из первого прачеловека — Пуруши.

Во многих первобытных племенах были распространены представления о том, что их предки произошли от животных и даже растений (на этом основано представление о тотемах); такие верования встречаем у так называемых отсталых народов до сих пор. В античности высказывались мысли о естественном происхождении людей из ила (Анаксимандр). Тогда же заговорили о сходстве человека и обезьяны (Ганнон из Карфагена).

В настоящее время в связи с ажиотажем вокруг неопознанных летающих объектах в моду вошли версии о про-

¹ Бытие. 1.26, 27.

исхождении человека от внеземных существ, посещавших Землю, или даже от скрещивания космических пришельцев с обезьянами.

Но господствует в науке с XIX в. вытекающая из теории эволюции Ч. Дарвина концепция происхождения человека от высокоразвитых предков современных обезьян. Она получила в XX в. генетическое подтверждение, поскольку из всех животных по генетическому аппарату ближе всего к человеку оказались шимпанзе.

21.3. Сходства и различия человека и животных

Прежде чем говорить о времени появления человека, мы должны выяснить вопрос об отличии человека от животных, поскольку именно представление о том, что такое человек, формирует выводы о его становлении.

Сначала о сходстве человека и животных. Оно определяется, во-первых, вещественным составом, строением и поведением организмов. Человек состоит из тех же белков и нуклеиновых кислот, что и животные, и многие структуры и функции нашего тела такие же, как и у животных. Чем выше на эволюционной шкале стоит животное, тем больше его сходство с человеком. Во-вторых, человеческий зародыш проходит в своем развитии те стадии, которые прошла эволюция живого. И, в-третьих, у человека имеются рудиментарные органы, которые выполняли важные функции у животных и сохранились у человека, хотя не нужны ему (например, аппендикс).

Однако и отличия человека от животных фундаментальны. К ним прежде всего относится разум. Что это такое? Изучение высших животных показало, что они обладают многим из того, на что раньше считались способны только люди. Эксперименты с обезьянами обнаружили, что они могут понимать слова, общаться с помощью компьютера о своих желаниях и с ними можно вести таким образом диалог. Но чем *не обладают самые высшие животные*, так это *способностью к понятийному мышлению*, т.е. к формированию отвлеченных, абстрактных представлений о предметах, в которых обобщены основные свойства конкретных вещей. Мышление животных, если о таковом можно говорить, всегда конкретно; мышление человека может быть абстрактным, отвлеченным, обобщающим, понятийным, логичным.

Чем выше способность к понятийному мышлению, тем выше интеллект человека. Оценить действительное значение разума помогает, в частности, соперничество человека с шахматным компьютером, который пытается выиграть за счет громадных скоростей перебора всех возможных вариантов.

Этология получает все больше данных о том, что в поведении человека и животных много схожего. Животные испытывают чувства радости, горя, тоски, вины и т.п.; у них есть любопытство, внимание, память, воображение. Тем не менее остается справедливым, что, хотя животные имеют очень сложные формы поведения и создают изумительные произведения (например паутина, которую тклет паук), человек отличается от всех животных тем, что до начала работы имеет план, проект, модель постройки. *Благодаря способности к понятийному мышлению, человек сознает, что он делает, и понимает мир.*

Второе главное отличие — человек обладает речью. Опять-таки, у животных может быть очень развитая система общения с помощью сигналов (что, кстати, позволило говорить о «цивилизации дельфинов»). Но только у человека есть то, что И. П. Павлов назвал второй сигнальной системой (в отличие от первой — у животных) — общение с помощью слов. Этим человеческое общество отличается от других общественных животных.

Что такое слово? Это видовой признак человека, который состоит в непосредственном доступе нашего сознания к высшему организующему началу бытия, к последнему звену восходящей цепочки мировых принципов, начинающейся с точного подбора физических констант. Так утверждает один из современных методологов науки, выводящий значение слова из утверждения, которым открывается одно из Евангелий: «В начале было Слово». С этих позиций и разум и слово появились задолго до человека, а не изобретены им. Они организовали биологическую материю, а затем были вложены в человека, что соответствует не только библейским текстам, но и философским системам Платона и Гегеля.

В естествознании же, пытающемся выяснить естественные причины человеческих способностей, известна гипотеза происхождения речи из звуков, произносимых при работе, которые потом становились общими в процессе совместного труда. Сначала появились корни глаголов, соответствующие

щие определенным видам деятельности, затем другие части слова и речи. Такова суть гипотезы немецкого антрополога М. Мюллера. Таким же путем в процессе общественного труда постепенно мог возникнуть разум.

Способность к труду — еще одно фундаментальное отличие человека от животных. Конечно, все животные что-то делают, а высшие животные способны к сложным видам деятельности. Обезьяны, например, используют палки в виде орудий для доставания плодов. Но *только человек способен изготавливать, творить орудия труда*. С этим связаны утверждения, что животные приспосабливаются к окружающей среде, а человек преобразует ее, и что в конечном счете труд создал человека.

Со способностью к труду соотносятся еще два отличительных признака человека: прямохождение, которое освободило его руки, и, как следствие, развитие руки, особенно большого пальца на ней. Наконец, еще два характерных признака человека, повлиявших на развитие культуры: использование огня и захоронение трупов.

Главные отличия человека от животных: понятийное мышление, речь, труд — стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

21.4. Антропология

В широком смысле «антропология» — наука о человеке (от греч. человек). Но так как человека изучает множество наук, как естественных, так и гуманитарных, то за антропологией в узком смысле осталась проблема происхождения человека и определения специфики его строения и эволюции.

Бурное развитие антропология получила во второй половине XIX в. после создания Ч. Дарвином теории эволюции. Э. Геккель выдвинул гипотезу о существовании в прошлом промежуточного между обезьяной и человеком вида, который он назвал питекантропом (буквально «обезьяночеловек»). Он же предположил, что не современные обезьяны были предками человека, а дриопитеки («древесные обезьяны»), которые жили в середине третичного периода (70 млн лет назад). От них одна линия эволюции пошла к шимпанзе и гориллам, другая — к человеку. 20 млн лет назад под влиянием похолодания джунгли отступили, и одной из

ветвей дриопитеков пришлось спуститься с деревьев и перейти к прямохождению («рамопитеки», остатки которых найдены в Индии и названы в честь бога Рамы).

В 1960 г. английский археолог Л. Лики открыл в Восточной Африке «человека умелого», возраст которого 2 млн лет. Объем мозга его составлял 670 куб. см. В этих же слоях были обнаружены орудия труда из расколотой речной гальки, заостренной при помощи нескольких сколов. Позже на озере Рудольф в Кении были найдены останки существ того же типа возрастом 5,5 млн лет. Наличие сделанных орудий труда (если по этому факту судить о становлении человека) дали основания считать его возраст более солидным.

После этого укрепилось мнение, что именно в Восточной Африке в четвертичном периоде кайнозойской эры произошло разделение человека и человекообразных обезьян (не ранее, так как гены тех и других слишком сходны). Именно тогда разошлись эволюционные линии человека и шимпанзе. Эти выводы подтверждены измерениями по так называемым «молекулярным часам». Скорость изменения генов за счет точечных мутаций (изменений отдельных пар оснований ДНК) устойчива на протяжении долгих периодов времени, и ее можно использовать для датировки отхождения данной эволюционной ветви от общего ствола.

Что было причиной появления человека конкретно в этом месте? В Восточной Африке отмечены выходы урановых пород и зафиксирована повышенная радиация, что, как доказано генетикой, вызывает мутации. Таким образом, здесь эволюционные изменения могли протекать более быстрыми темпами. Возникший вид, физически более слабый, чем окружение, должен был, чтобы выжить, начать изготавливать орудия, вести общественный образ жизни. Все это способствовало развитию разума как мощного инструмента слабого от природы существа, не обладающего достаточными естественными органами защиты.

«Человека умелого» относят к австралопитекам (буквально «южная обезьяна»), остатки которого впервые найдены в Африке в 1924 г. Объем мозга австралопитека не превышал объема мозга человекообразных обезьян, но, по-видимому, этого было достаточно для создания орудий труда. Вооружившись таким образом, австралопитек преодолевал противоречия между своей естественной слабостью и опасным существованием.

В 1891 г. на острове Ява были обнаружены останки питекантропа, предсказанного Э. Геккелем. Существа, жившие 0,5 млн лет назад, имели рост более 150 см, объем мозга примерно 900 куб. см. Они применяли ножи, сверла, скребки, ручные рубила. В 1920-е гг. в Китае был найден синантроп («китайский человек») с близким к питекантропу объемом мозга. Он использовал огонь и сосуды, но еще не обладал речью.

В 1856 г. в долине Неандерталь в Германии обнаружили остатки существа, жившего 150–40 тыс. лет назад, названного неандертальцем. Он имел объем мозга, сравнимый с мозгом современного человека, покатый лоб, надбровные дуги, низкую черепную коробку. Неандерталец жил в пещерах, охотился на мамонтов. Умерших сородичей неандертальцы хоронили. Это было отмечено впервые в эволюции рода «хомо».

Наконец, в пещере Кро-Маньон во Франции в 1868 г. были открыты останки существа, близкого по облику и объему черепа (до 1600 куб. см.) к современному человеку, имевшему рост 180 см. Возраст его определен от 40 до 15 тыс. лет. Это «человек разумный». В ту же эпоху появились расовые различия. У изолированных групп складывались особые признаки (светлая кожа у «белых» и т.п.).

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

У. Хавеллз утверждает, что человек современного типа возник 200 тыс. лет тому назад в Восточной Африке. Эта гипотеза получила название «Ноева ковчега», потому что, по Библии, все расы и народы произошли от трех сыновей Ноя — Сима, Хама и Иафета. В соответствии с этой версией питекантроп, синантроп и неандерталец — не предки современного человека, а различные группы гоминид (человекообразных существ), вытесненных «человеком прямоходящим» из Восточной Африки. В пользу данной гипотезы свидетельствуют генетические исследования, которые не всеми антропологами и палеонтологами признаются надежными.

Альтернативная точка зрения мультирегиональной эволюции человечества (М. Уолпофф) утверждает, что только

архаичные люди возникли в Африке, а современные — там, где они живут сейчас. Человек покинул Африку не менее 1 млн лет назад. Эта гипотеза основывается на палеонтологическом сходстве между современными людьми и далекими предками, жившими в местах их обитания.

Какая из этих гипотез справедлива, сказать пока невозможно, так как палеонтологическая летопись неполна и промежуточные виды до сих пор в полном объеме не известны.

21.5. Эволюция культуры

Помимо эволюции человека как биологического вида, можно говорить об эволюции культуры. Была предложена шкала, которая основывалась на материале орудий, созданных и применяемых человеком. Выделен *каменный век — эпоха применения каменных орудий*, а в его пределах *палеолит* (древнекаменный век) и, более подробно:

✓ нижний палеолит (австралопитек и «человек прямоходящий») — преобладание галечных орудий, ручных рубил и чопперов (больших галечных орудий, оббитых с одной стороны);

✓ средний палеолит (неандерталец) — преобладание орудий на отщепях (отколотых частях камня, являющихся заготовкой для более сложных орудий);

✓ верхний палеолит (от 38 тыс. лет) — появление пещерного искусства у «человека разумного».

В *мезолите* (среднекаменном веке) преобладал охотничье-собирательный тип общественного устройства.

Важное событие произошло в *неолите* (новокаменный век) 9—6 тыс. лет тому назад, получившее название неолитической революции: одомашнивание диких животных, переход к выращиванию растений и оседлому образу жизни (свайные постройки). Из охотничье-собирательного хозяйства превратилось в производящее скотоводческо-земледельческое. Виды домашних животных и культурных растений, выведенные с помощью искусственного отбора и гибридизации, гончарное производство, ткачество, металлургия и другие результаты неолитической революции широко используются поныне.

Следующие стадии культуры сведены в так называемую систему «трех веков»: медный, бронзовый, железный. Они

имели каждый свою датировку, но потом выяснилось, что это скорее стадии развития отдельной культуры и их время зависит от времени развития данной культуры. Последовательность смены «веков» не везде соблюдается, и в целом данная схема ныне признается неудовлетворительной, хотя ничего лучшего пока не предложено.

Развитие цивилизации, по А. Тойнби, идет через подражание. Это соответствует гипотезе, что способность к имитации поведения других видов имела большое значение на ранних стадиях человеческой эволюции для «вписывания» человека в природу и установления гармоничных отношений с ней. Способность к имитации, доставшаяся от обезьян, послужила основой социального развития человека. Р. Дикинс ввел понятие «мим» — единица подражания. Примерами «мимов» являются мотивы, идеи, фразы, моды, способы создания вещей или частей здания.

В так называемых «традиционных обществах», по А. Тойнби, подражают старшим, и такое общество консервативно и мало способно к развитию. В «прогрессивных обществах» подражают талантливым, и такое общество способно к более быстрому развитию. Понятие прогресса применимо только к эволюции в целом. Отдельные общества могут регрессировать по своему духовному и культурному уровню (например, аборигены Австралии), возможно, из-за доступности пищи и более легких условий существования, которые препятствуют совершенствованию.

Для нормального развития, по А. Тойнби, необходимы кризисы, которые требуют напряжения сил для адекватного ответа на вызов ситуации. Человек достигает цивилизованного состояния не вследствие биологических дарований (наследственности) или легких условий географического окружения, а в процессе удачного реагирования на вызов в ситуации особой трудности, воодушевляющей на беспрецедентное усилие. Прогресс общества определяется, таким образом, ответом на вызов объективных условий существования.

21.6. Этнология

Поскольку многие различия между людьми — национальные, расовые, половые — являются естественными, постольку общественные объединения по этим признакам

можно рассматривать с естественно-научной точки зрения. Одна из таких наук — этнология с основным для нее понятием этноса. Этнос в отличие, скажем, от используемого в гуманитарных науках понятия нации представляет собой объединение людей главным образом по национальному (т.е. в большей степени естественному, чем культурному) признаку.

Известный этнолог нашего времени — русский ученый Л. Н. Гумилев. Если судить по книжным развалам, то он едва ли не единственный из серьезных ученых, работы которого широко издаются в нашей стране. Этнология, по Л. Н. Гумилеву, естественная наука. Если З. Фрейд пытался объяснить действия индивидов психической энергией, то Л. Н. Гумилев объясняет этногенез воздействием энергии Солнца.

Солнце посылает импульсы, они приводят к так называемому пассионарному толчку. Объясняя это, Л. Н. Гумилев высказывает следующую гипотезу. При снижении солнечной активности защитные свойства ионосферы снижаются и отдельные кванты или пучки энергий могут пролететь невысоко над земной поверхностью; их жесткое излучение, как известно, вызывает мутации.

Механизм эволюции этносов, предложенный Л. Н. Гумилевым, близок синергетическому: воздействие извне (солнечное излучение), появление «пассионариев», точка бифуркации, становление и развитие этноса. «Пассионарии» Л. Н. Гумилева — это как бы центры кристаллизации, если воспользоваться примером И. Пригожина о превращении воды в лед.

По Л. Н. Гумилеву, пассионарный толчок приводит к появлению некоторого числа энергетичных (пассионарных) личностей, а они, индуцируя пассионарность, формируют этнос, ведя всех людей за собой.

Этногенез включает следующие этапы:

Этап 1. Подъем — динамичная (завоевательная) фаза. Основной лозунг фазы подъема — «интересы этноса важнее всего». Главное для индивидуума — долг перед обществом. Часты войны; ведется интенсивное преобразование природы, которая страдает все же в меньшей степени.

Этап 2. «Перегрев», надлом — акматическая фаза (от «акмэ» — вершина). Этнос достигает своей высшей точки силы, после которой начинается спуск вниз.

Этап 3. Переход в нормальное состояние. Главным становится лозунг «будь самим собой», процветает индивидуализм; льется кровь, но культура развивается, и в ней каждый проявляет свою индивидуальность; растранижаются богатства и слава, накопленные предками; природа приходит в стабильное состояние в пассионарных странах, но разрушается в странах захваченных.

Этап 4. Обскурация — фаза затухающих колебаний. Лозунги фазы обскурации — «будь, как все», «мы устали от великих». Возрастная болезнь — убийство лучших по личным качествам. Каждый думает о себе. Продолжается рост культуры и накопление материальных ценностей. Этнос достигает гомеостаза. Природа или консервируется, или деградирует (в этом случае этнос гибнет). При исключительном упадке пассионарности природа восстанавливается.

В конце развития этноса — футуристическое восприятие времени, забвение прошлого и настоящего ради будущего, приводящее к губительным восстаниям и крушению. Гибель через 1200 лет наступает этнос под слиянием собственного разложения или нашествия других, более молодых и энергичных этносов. Последние стадии — мемориальная (остается только память как совокупность того, что было познано) и реликтовая (память исчезает). Концепция Л. Н. Гумилева объясняет сказания о героях в фольклоре всех народов как воспоминания о светлой поре возникновения и мощи этноса.

Вопросы для самоконтроля

1. Когда на Земле появился человек?
2. Каковы сходства и отличия человека от животных?
3. Чем различаются «человек умелый», «человек прямоходящий», неандерталец и «человек разумный»?
4. Что такое разум и речь?
5. Каковы основные этапы эволюции культуры?
6. Какова концепция эволюции этносов Л. Н. Гумилева?

Тестовые задания

1. Эволюционный ряд «человека разумного»:
 - 1) синантроп, неандерталец, кроманьонец;
 - 2) «человек умелый», «человек прямоходящий», кроманьонец;
 - 3) австралопитек, неандерталец, кроманьонец;
 - 4) «человек умелый», «человек прямоходящий», неандерталец, кроманьонец.

2. Основной социальный фактор становления человека — это:
 - 1) прямохождение;
 - 2) изготовление орудий;
 - 3) речь;
 - 4) абстрактное мышление.
3. Развитие цивилизации идет, по А. Тойнби:
 - 1) через войны;
 - 2) через подражание;
 - 3) через эволюцию орудий;
 - 4) через соприкосновение культур.
4. Пассионарий — это:
 - 1) тип созвездия;
 - 2) тип личности;
 - 3) первобытный человек;
 - 4) глава рода.

Литература

1. Брей У., Трамп Д. Археологический словарь. М., 1990.
2. Тойнби А. Постигение истории. М., 1991.
3. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. М., 1992.

Глава 22

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ И ИЗУЧЕНИЕ СОЗНАНИЯ

22.1. Изучение мозга человека

Некоторые из современных наук имеют вполне законченный вид, другие интенсивно развиваются или только становятся. Это вполне понятно, так как наука эволюционирует, как и природа, которую она изучает. Одна из перспективных областей естествознания — изучение человеческого мозга и связи психических процессов с физиологическими.

Изучение высшей нервной деятельности возможно физическими, химическими методами, методом гипноза и т.п. Среди тем, интересных с естественно-научной точки зрения, можно выделить: непосредственное воздействие на мозговые центры, опыты с наркотиками (ЛСД в особенности), кодирование поведения на расстоянии.

Цель изучения мозга — понять механизмы поведения и научиться ими управлять. Знания о процессах, происходящих в мозгу, необходимы для лучшего использования умственных способностей и достижения психологического комфорта.

Что же известно о деятельности мозга? Еще в прошлом веке выдающийся русский физиолог И. М. Сеченов писал, что физиология располагает данными о родстве психических явлений с нервными процессами в теле. Благодаря И. П. Павлову стало доступно изучение всех функций головного мозга, включая сознание и память, физиологическими методами.

Мозг рассматривается как центр управления, состоящий из нейронов, проводящих путей и синапсов (в мозгу человека 1011 связанных между собой нейронов).

Ныне существуют технические возможности экспериментального исследования мозга. На это нацелен метод электрического раздражения, посредством которого изучаются отделы мозга, ответственные за память, решение задач, распознавание образов и т.п., причем воздействие может быть дистанционным. Можно искусственно вызывать мысли и эмоции — вражды, страха, тревоги, наслаждения, иллюзию узнавания, галлюцинации, навязчивые идеи. Современная техника может в буквальном смысле сделать человека счастливым, воздействуя непосредственно на центры удовольствия в мозгу.

Исследования дали возможность прийти к следующим выводам:

- ✓ ни один поведенческий акт не возможен без возникновения на клеточном уровне отрицательных потенциалов, которые сопровождаются электрическими и химическими изменениями и деполяризацией мембраны;

- ✓ процессы в мозгу могут быть двух видов: возбуждающие и тормозящие;

- ✓ память подобна звеньям цепи и можно, потянув за одно, вытянуть очень много; так называемая психическая энергия представляет собой сумму физиологической активности мозга и получаемой извне информации; роль воли сводится к тому, чтобы привести в действие уже сложившиеся механизмы.

К достижениям нейрофизиологии можно отнести и обнаружение асимметрии в функционировании головного мозга. Профессор Калифорнийского технологического института Р. Сперри в начале 1950-х гг. доказал функциональное различие полушарий мозга при почти полной идентичности анатомии.

Левое полушарие — аналитическое, рациональное, последовательно действующее, более агрессивное, активное, ведущее, управляющее двигательной системой. Правое — синтетическое, целостное, интуитивное; не может выразить себя в речи, но управляет зрением и распознаванием форм. И. П. Павлов говорил, что всех людей можно разделить на художников и мыслителей. У первой группы, стало быть, доминирует правое, у второй — левое полушарие.

Более ясное представление о механизмах центральной нервной системы позволяет решать проблему стресса. Стресс — понятие, характеризующее, по Г. Селье, скорость изнашивания человеческого организма, и связан он с дея-

тельностью неспецифического защитного механизма сопротивления внешним факторам. Синдром стресса проходит три стадии: «реакция тревоги», во время которой мобилируются защитные силы; «стадия устойчивости», выражающая полную адаптацию к стрессору; «стадия истощения», которая неумолимо наступает, когда стрессор оказывается достаточно силен и действует достаточно долгое время, поскольку «адаптационная энергия», или приспособляемость живого существа, всегда конечна.

Многое в деятельности мозга остается неясным. Электрическое раздражение двигательной зоны коры головного мозга не способно вызвать точных и ловких движений, присущих человеку, и, стало быть, существуют более тонкие и сложные механизмы, ответственные за движение. Отсутствует убедительная физико-химическая модель сознания, и, стало быть, неизвестно, что такое сознание как функциональная сущность и что такое мысль как продукт сознания. Можно лишь заключить, что сознание — результат особой организации, сложность которой создает новые, так называемые эмерджентные свойства, которых нет у составных частей.

Спорен вопрос о начале сознания. Согласно одной из точек зрения, до рождения существует план сознания, а не готовое сознание. Инстинктивная деятельность может существовать даже при отсутствии опыта, психическая — никогда. Недостаточность сенсорного притока отрицательно влияет на физиологическое развитие ребенка. *Способность понимать видимое не является врожденным свойством мозга. Мышление не развивается само по себе.* Формирование личности, по Пиаже, заканчивается в три года, но деятельность мозга зависит от сенсорной информации в течение всей жизни. Резкое уменьшение поступления сенсорной информации, как показали эксперименты, приводит к возникновению через несколько часов галлюцинаций и бреда.

Вопрос о том, насколько непрерывный сенсорный поток определяет сознание человека, столь же сложен, как и вопрос о соотношении интеллекта и чувств. Еще Б. Спиноза считал, что «человеческая свобода, обладанием которой все хвалится», не отличается от возможности камня, который «получает определенное количество движения от какой-нибудь внешней причины»¹. Эту точку зрения пытаются обос-

¹ Спиноза Б. Избр. произв. В 2 т. Т. 2. С. 592.

новать современные бихевиористы. То, что сознание может резко меняться под влиянием внешних причин (причем и в сторону усиления предвидения и образования новых свойств и способностей), доказывает поведение людей, получивших тяжелые травмы черепа. Косвенное (например, средствами рекламы) и прямое (оперативное) воздействие на сознание приводит к кодированию.

Три направления нейрофизиологии привлекают наибольший интерес: влияние на сознание посредством раздражения определенных центров мозга с помощью психотропных и иных средств; оперативное и медикаментозное кодирование; изучение необычных свойств сознания и их влияния на социум. Эти важные, но опасные направления исследований зачастую засекречиваются.

22.2. Психоанализ

Все направления изучения психики человека, которые занимаются выявлением роли бессознательного, настолько относятся к естествознанию, насколько гуманитарное в них определяется как надстройка над бессознательным базисом. Таков по преимуществу психоанализ, основатель которого З. Фрейд утверждал, что «каждый отдельный индивид виртуально является врагом культуры. Примечательно, что, как бы мало ни были способны люди к изолированному существованию, они тем не менее ощущают жертвы, требуемые от них культурой ради возможности совместной жизни, как гнетущий груз»¹.

Схема З. Фрейда такова: сначала возник первобытный человек, затем культура как система запретов, которые сам же человек стремится нарушить, так как в основе его психической деятельности лежит сексуальное влечение и инстинкты. Лишения, вводимые культурными запретами, затрагивают всех, но страдающие от них импульсивные желания заново рождаются с каждым ребенком и проявляются в невротиках. Речь идет о желаниях инцеста, каннибализма и т.п., которые подавляются, чтобы преодолеть опасность всеобщего самоистребления.

Выводя культуру из инстинктов, Фрейд пытается определить, как из последних вырастают ценности, например

¹ Фрейд З. Будущее одной иллюзии // Сумерки богов. М., 1989. С. 95.

религиозные. «Мы уже знаем, что пугающее ощущение детской беспомощности пробудило потребность в защите — любящей защите, — и эту потребность в защите помог удовлетворить отец; сознание, что та же беспомощность продолжается в течение всей жизни, вызывает веру в существование какого-то, теперь уже более могущественного отца. Добрая весть божественного провидения смягчает страх перед жизненными опасностями, постулирование нравственного миропорядка обеспечивает торжество справедливости, чьи требования так часто остаются внутри человеческой культуры неисполненными, продолжение земного существования в будущей жизни предлагает пространственные и временные рамки, внутри которых надо ожидать исполнения этих желаний»¹. Все это сулит гигантское облегчение для человеческой психики; преодолевается и Эдипов комплекс — фаза развития сексуального инстинкта, возникающая в возрасте 3—5 лет и заключающаяся в бессознательном влечении к родителю противоположного пола и ревности со страхом к родителю того же пола (от греческого мифа об Эдипе, который убивает своего отца и женится на собственной матери). Религиозное чувство З. Фрейд выводит из биологического отношения «отец — сын». Бог аналогичен отцу. Религия для З. Фрейда — повторение детского опыта защиты у отца.

Совокупность инстинктивных влечений Фрейд называет «Оно» и отличает от него «Я» — сознание, отделившееся от «Оно» в процессе эволюции с целью адаптации во внешней среде, и «Сверх-Я» — совокупность норм и предписаний, выполняющих роль «цензуры» по отношению к Я. Под воздействием «Сверх-Я» происходит сублимация — трансформация эмоций, энергии инстинктов (прежде всего либидо — сексуального влечения) в социально приемлемые формы, например творчество. При этом большое значение имеет вытеснение нежелательных представлений в подсознание. Поскольку они сохраняют всю свою энергию, то стремятся вернуться, но сознание оказывает сопротивление, и человек испытывает страх, чувство вины, муки совести. Стыд, отвращение, мораль удерживают желания в состоянии вытеснения. Появляется комплекс — подавленное эмоциональное содержание психики, которое вызывает постоянное психологическое раздражение. Лечение

¹ Фрейд З. Будущее одной иллюзии // Сумерки богов. С. 118.

в психоанализе основывается на понимании того, что человек болен истерией или неврозом, потому что какие-то его, часто детские, представления, вытесненные «Сверх-Я» в подсознание, пытаются, но безуспешно пробиться в сознание. Выявить эти вытесненные представления пытается психоанализ. Если вспомнить, при каких условиях симптомы болезни проявились впервые, больному становится легче. Рассказав о психической травме, он излечивается.

З. Фрейд приводит такую аналогию. Я выгоняю кого-то из аудитории, а он продолжает шуметь за дверью. Больной — это человек, который не смог вытеснить свои желания. Тогда лучше договориться и впустить их, с тем чтобы они больше не мешали. В этом и состоит метод психоанализа. Иначе вытеснение может послать в аудиторию своего заместителя, от которого больной будет страдать. Этот заместитель и есть симптом. Надо осознать свое желание и направить его на высокую, не вызывающую сомнений цель. Так понимает сублимацию З. Фрейд.

«Чем сильнее искажение под влиянием сопротивления, тем меньше сходства между возникающей мыслью — заместителем вытесненного и самим вытесненным»¹. Сон, при котором ослабляется сознательная деятельность, предстает как исполнение вытесненных из сознания желаний.

З. Фрейд показал, что недостаточность социальных контактов и особенно их исчезновение («потеря любви») относится к числу факторов, благоприятствующих агрессии, что подтверждено этологией. В то же время он полагал, что в человеке действуют две основные силы (аналогично физическим силам притяжения и отталкивания): влечение к жизни и влечение к смерти. С этим не согласился К. Лоренц. Для него инстинкта смерти не может быть, потому что он небологичен, а то, что так интерпретируется, лишь искажение инстинкта агрессии. Возможно, разногласие между З. Фрейдом и К. Лоренцом разрешается таким образом, что инстинкт смерти существует только у человека, поскольку он осознает свою смертность. Это подтверждает и то, что только человек хоронит своих сородичей.

Психоанализ близок к естествознанию, поскольку основывается на приоритете естественных, а не культурных феноменов, связывая вторые с первыми. *Естественно-научное значение психоанализа заключается в попытке объяс-*

¹ Фрейд З. Психология бессознательного. М., 1989. С. 361, 362.

нения деятельности сознания особенностями функционирования бессознательного и сведением последнего к немногим основным инстинктам. Посылка о детерминации сознания бессознательным хотя и не содержит достаточного естественнонаучного подтверждения, привлекает к себе большое внимание.

22.3. Аналитическая психология

З. Фрейд шел от детства индивида, его ученик К. Юнг, назвавший свое направление аналитической психологией, — от первобытной культуры. По К. Юнгу, не только желания человека составляют сферу бессознательного. Там находятся все коллективные архетипы, которые присущи человеку.

Архетипы — это базовые схемы. «То, что мы называем инстинктами, является физиологическим побуждением и постигается органами чувств. Но в то же самое время инстинкты проявляют себя в фантазиях и часто обнаруживают свое присутствие только посредством символических образов. Эти проявления я и назвал архетипами»¹, — писал К. Юнг. Архетипы выражаются в виде восприятия целостных образов, инстинкт же функционирует на уровне ощущений.

Забывчивость обусловлена тем, что некоторые сознательные мысли теряют свою специфическую энергию из-за отвлечения внимания. Сознание как луч прожектора: все, что он не освещает, уходит в бессознательное. Мы можем делать что-то, управляемые бессознательным, когда цель выпала из сознания.

К. Юнг иначе, чем З. Фрейд, интерпретирует сновидения. «Обнаружилось, что многие сны представляют образы и ассоциации, аналогичные первобытным идеям, мифам и ритуалам»². В отличие от мифов и сказок это непосредственная психическая данность, не прошедшая сознательной обработки. «И эти ассоциации и образы ни в коей мере не безжизненные или бессмысленные “пережитки”. Они до сих пор живут и действуют, оказываясь особенно ценными в силу своей “исторической” природы. Они образуют мост между теми способами, которыми мы сознательно

¹ Юнг К. Архетип и символ. М., 1991. С. 65.

² Там же. С. 45.

выражаем свои мысли, и более примитивной, красочной и живописной формой выражения. Но эта форма обращена непосредственно к чувству и эмоциям. Эти “исторические” ассоциации и есть звено, связывающее рациональное сознание с миром инстинкта»¹.

Сон, по К. Юнгу, — это разговор бессознательного с сознанием и способ познания бессознательного. Бессознательное раньше знает то, что еще не вошло в сознание. В этом предсказательное значение сна. Бессознательное, по К. Юнгу, есть предзнание.

В бессознательном присутствует теневая сторона нашей личности. «Безмерно древнее психическое начало образует основу нашего разума точно так же, как строение нашего тела восходит к общей анатомической структуре млекопитающих. Опытный взгляд анатома или биолога обнаруживает много следов этой исходной структуры в наших телах. Искушенный исследователь разума может сходным образом увидеть аналогии между образами сна современного человека и продуктами примитивного сознания, его коллективными образами и мифологическими мотивами... Смысл и целенаправленность не есть прерогативы разума, они действуют во всяком живом организме. Нет принципиальной разницы между органическим и психическим развитием. Так же, как растение приносит цветы, психическое рождает свои символы»².

Человек приходит в мир со сложной психикой, в которой присутствуют и инстинкты, и архетипы бессознательного. «Мыслеформы, универсально понимаемые жесты и многочисленные установки следуют образцам, сформировавшимся задолго до того, как человек обрел рефлексивное мышление. Можно даже считать, что довольно раннее возникновение человеческой способности к рефлексии явилось из болезненных последствий эмоциональных потрясений»³.

Сознание, по Юнгу, развилось из эмоций. Бессознательное породило разум как закономерный этап эволюции. Так же как эволюция эмбриона повторяет его предысторию, так и разум развивается путем перехода через ряд доисторических стадий, которые не исчезают, а находятся внутри человека.

¹ Юнг К. Архетип и символ. С. 45.

² Там же. С. 61, 64.

³ Там же. С. 71.

Современный человек «слеп к тому, что, несмотря на свои рациональность и эффективность, он одержим “силами”, находящимися вне его контроля. Его демоны и боги во все не исчезли, они всего лишь обрели новые имена. И они удерживают его на ходу своим беспокойством, нечетким пониманием, психологическими сложностями, ненасытной жаждой лекарств, алкоголя, табака, пищи и прежде всего огромной массой неврозов»¹.

Бессознательное управляет инстинктивными тенденциями, склонностями, выраженными в соответствующих мыслеформах. Архетипы создают мифы, религии, духовную культуру в целом. «Мы рассматриваем личностные комплексы как компенсации за односторонние или дефектные установки сознания; сходным образом мифы религиозного происхождения можно интерпретировать как вид ментальной деятельности для обеспокоенного и страдающего человечества в целом: голод, война, болезнь, старость, смерть», — считал К. Юнг².

22.4. Сознание и бессознательное

К. Юнг вывел из психики культуру. Его ученик Э. Фромм развернул психоанализ в социальном направлении. Различие между Э. Фроммом и З. Фрейдом аналогично спору в социобиологии о наличии генов эгоизма и альтруизма. По Э. Фромму, не животная природа человека ведет к социальным конфликтам, а общественное устройство извращает первичные благородные побуждения. Человек стремится к единству с другими людьми, а попадает в сети тоталитаризма. «Стремление к справедливости, истине, свободе является неотъемлемой чертой человеческой природы», — утверждает Э. Фромм в работе «Психоанализ и религия». Если З. Фрейд исследовал подсознание, К. Юнг — коллективное бессознательное, то Э. Фромм обратился к сверхсознанию.

Проверка психоанализа с помощью гипноза подтвердила наличие комплекса Эдипа; на более глубоком уровне присутствуют переживания коллективного бессознательного; затем вспоминается процесс рождения и начинаются трансперсональные переживания, которые некоторые ученые

¹ Юнг К. Архетип и символ. С. 76.

² Там же. С. 73.

склонны считать подтверждением концепции перевоплощения. В пользу этого приводят видения, испытываемые людьми в состоянии клинической смерти, и эксперименты по взвешиванию умерших.

В современной психологии можно выделить три основные точки зрения на сознание, простирающиеся от отрицания самоценного значения психики и сознания в бихевиоризме к классической школе психогенеза, утверждающей, что психика и сознание формируются после рождения, до модели «расширяющегося сознания» С. Грофа, в соответствии с которой психика и сознание существуют до рождения.

Основные различия между сознательным и бессознательным представлены в табл. 8.

Таблица 8

Основные различия между сознательным и бессознательным

Сознательное	Бессознательное
Вербальное	Невербальное
Формально-логическое	«Нелогичное», неформальная логика
Концептуальное, абстрактное	Образно-визуальное, конкретное
Символическое	Иконическое
Синтаксическая связанность	Свобода комбинации знаков
Вторичные мыслительные процессы	Первичные мыслительные процессы
Рациональное	Иррациональное
Интенциональное (предметно-направленное) мышление	Сновидения, фантазии, галлюцинации
Формализация	Интуиция
Научная систематизация	Мифологическая систематизация
Последовательность	Одновременность
Дискретность	Континуальность

22.5. Парапсихология

К. Юнг пишет о четырех средствах, благодаря которым сознание получает свою ориентацию в опыте. «*Ощущение*

(т.е. восприятие органами чувств) говорит нам, что нечто существует; *мышление* говорит, что это такое; *чувство* отвечает, благоприятно это или нет, а *интуиция* оповещает нас, откуда это возникло и куда уйдет»¹. Эмоции опираются на неосознаваемую информацию, более непосредственны и менее управляемы человеком; чувства же могут осознаваться, более подвластны человеку и опосредованы социокультурными ценностями. Сознание создает основу понятийного мышления, без которого разумная деятельность невозможна. Но само осознание чего-либо может быть интуитивным.

Исследование интуиции — основная задача науки, которая получила название *парапсихологии*. Ее предмет — опыты по обнаружению сверхчувственных эффектов, проводимые со всеми людьми; изучение обладающих повышенными экстрасенсорными возможностями; изучение так называемых биополей человека, животных и растений (в частности, проблемы чувствительности растений к людям) и т.п.

Началась парапсихология с контролируемых и воспроизводимых опытов по отгадыванию так называемых парапсихологических карт, которые показали, что многие люди в той или иной степени обладают способностью предчувствия.

Изучают парапсихологи и таких людей, как У. Геллер, который может останавливать эскалатор, компьютер, находить спрятанные предметы и месторождения полезных ископаемых, сгибать металлические предметы, даже если они заключены в капсулы, чинить часы на расстоянии, распознавать изображения в магнитной памяти ЭВМ, приводить в движение стрелку компаса и электроизмерительного прибора, впечатывать свое изображение на пленку полностью закрытого фотоаппарата, изменять вес груза на весах, показания счетчика радиоактивного излучения, устраивать исчезновение предметов и вновь восстанавливать их на прежнем месте (материализация и дематериализация), отключать свет в огромном районе города, останавливать корабль, внушать другим людям мысли на расстоянии и т.п. У. Геллер нуждается в присутствии других людей, как бы подпитываясь от них. Обычные люди получают возможность выполнять такие же действия, «заряжаясь» от него. Способности У. Геллера распространяются после сеансов

¹ Юнг К. Архетип и символ. С. 57.

по радио и телевидению на других людей на огромные расстояния. Часто отмечается эффект последствия (задержанная реакция).

Интересны мысли самого У. Геллера, приведенные в книге «Моя история». «У меня есть ощущение, что эти энергии и силы идут не от меня — я как бы лишь тоннель, труба, через которую они проходят. Из-за того, что мои возможности идут от энергии, которая находится вне меня, у меня никогда нет стопроцентной уверенности, что все будет в порядке. По моему глубокому убеждению, каждый человек имеет внутри себя некую абстрактную силу, которую можно высвободить тремя способами. Способ первый — психологическое внушение. Второй — визуальный, связанный с возможностью видеть эту силу в действии или слышать ее подробное описание по радио. И третий способ — самовнушение и развитие внутренней уверенности в ее существовании. Главное условие успеха — это вера»¹.

«Но когда я начинаю думать о каких-то более глубоких вещах, то убеждаюсь, что на самом деле не существует ни прошлого, ни настоящего, ни будущего для вечности. Все происходит одновременно. Я чувствую, что у каждого из нас есть два канала восприятия: космический и обыкновенный, и мы можем на них настраиваться в разные времена»². Надо отметить, что гипотезы об одновременности прошлого, настоящего и будущего обсуждаются в науке (в частности, в физике), а немало людей проявляют в экстремальных ситуациях силы, недоступные для них в нормальном состоянии (мать, спасая ребенка, может поднять автомобиль; некоторые предчувствуют судьбу близких и т.п.). Все это может быть предметом научного познания, хотя исследование подобных феноменов исключительно сложно.

22.6. Классическая и холотропная модели сознания

В исследовании психики и разума человека наибольших успехов в XX в. достигли нейрофизиология, психоанализ и кибернетика.

Вселенная расширяется с огромной скоростью, континенты раздвигаются со скоростью, которую можно зафиксировать только самыми точными приборами. Но инфор-

¹ Геллер У. Моя история. М., 1991. С. 12, 16, 32, 33.

² Там же. С. 44.

мация (прежде всего научная) уплотняет все многообразие мира в точку (в теории ноосферы Тейяра де Шардена это точка Омега), и, несмотря на то что континенты становятся все дальше друг от друга, средства связи все теснее соединяют их. Такова диалектика жизни.

В процессе совершенствования механизма реагирования на воздействия окружающей среды психика все более усложнялась, что в конечном счете привело к появлению того, что является главным отличием человека от всех других видов жизни — сознания.

Возможно, уплотнение информации весьма способствовало появлению сознания, которое затем, развиваясь и вбирая в себя все больше и больше, как бы расширялось, наподобие расширения Вселенной, но не в физическом, а в духовном смысле.

Процесс развития психики и сознания носит название психогенеза. Постулаты психогенеза, по Х. Дельгадо, таковы:

- ✓ Создав сознание, эволюция стала управлять собой.
- ✓ Разум — один из механизмов обратной связи между организмом и средой.
- ✓ Человек представляет собой функциональное единство сенсорной информации, поведенческих реакций и процессов, происходящих в мозгу.
- ✓ В момент рождения сознания не существует.
- ✓ Сознание не может возникнуть без притока сенсорной информации.
- ✓ Над человеком довлеют наследственность и воспитание.
- ✓ Индивидуальность человека — это приобретенные функции.
- ✓ Цель воспитания — в создании психических функций индивидуума.
- ✓ Воспитание не должно быть авторитарным, но контроль необходим.
- ✓ Символы окружающего мира материализуются в мозгу как молекулярные изменения структуры нейронов.
- ✓ Свобода — результат развития цивилизации.
- ✓ Сделай самого себя.
- ✓ Управление психикой приводит нас к психоквилизации.
- ✓ Управление гигантскими силами требует развития психических свойств.

Исследования последних лет в области изучения сознания человека, связанные с использованием гипноза и психотропных средств, позволили С. Грофу ввести понятие холотропной модели сознания и сделать выводы, которые во многом противостоят классической модели сознания и человека (табл. 9).

Таблица 9

Модели сознания

Классическая модель сознания	Холотропная модель сознания
Границы человеческого организма абсолютны и совпадают с поверхностью кожи	Человек имеет бесконечное поле сознания, выходящее за пределы трехмерного пространства, линейного времени и причинно-следственных связей; он соизмерим со всей целостностью бытия
Коммуникация и приобретение информации требуют участия сенсорных органов и известных видов энергии	Для коммуникации и получения информации не обязательны сенсорные каналы и известные виды энергии
Умственная деятельность состоит в перекомбинировании сенсорной информации (нет ничего в разуме, чего не было бы в чувствах)	Психика включает весь опыт эволюции Вселенной (в том числе смерть и коллективное бессознательное). В каждом человеке есть все
Хранение в памяти осуществляется на основе материального субстрата — мозговых клеток и цепей генов	Память может существовать без материального субстрата
Духовный опыт сводится к исходному нарциссизму, жажде «океанического чувства» и другим младенческим переживаниям	Духовный опыт универсален; продолжает информацию, полученную в измененных состояниях сознания, и несводим к регрессивным состояниям
Сознание есть продукт мозга и нейрофизиологических процессов, происходящих в нем	Сознание опосредуется мозгом, но не зарождается в нем
Симптомы психического заболевания надо ликвидировать с помощью лекарств	Симптомы болезни следует поддерживать (принцип гомеопатии), так как наличие их свидетельствует о возможности решения проблемы, вставшей перед организмом

Окончание табл. 9

Классическая модель сознания	Холотропная модель сознания
Во время патологического процесса внутренние гомеостатические и целительные механизмы организма бездействуют	Гомеостатические и целительные механизмы всегда играют решающую роль и необычные состояния сознания активизируют их силу
Лечение психических заболеваний следует проводить электрошоком, инсулиновой блокадой, психофармакологическими средствами, вербальной психотерапией (метод свободных ассоциаций, беседа, разрушение стереотипов)	Лечение осуществляется с помощью сеанса изменения сознания (духовное исцеление, исцеление через транс, ритуалы перехода, мистерии смерти и возрождения и т.п.)
В процессе лечения терапевт активен, пациент пассивен. Врач — эксперт, он все знает	Терапевт только помогает в процессе исцеления установить связь между Эго и высшим Я. Источник исцеления — сам пациент
Цель лечения — преодоление симптомов болезни и дискомфорта	Цель лечения — глубокая трансформация личности и смена фундаментальных ценностей человека. По-настоящему здоров тот, кто приходит к чувству планетарного единства, экологической озабоченности и необходимости служения

Какими бы удивительными ни казались максимы холотропной модели сознания, прослеживаются определенные параллели между ними и современными физическими представлениями:

✓ Поле сознания выходит за трехмерное пространство и линейное время (в физике: пространство-время не трехмерно и не линейно).

✓ Отсутствует однозначный детерминизм (в физике: внедрение вероятностных представлений).

✓ Память, как и энергия, может существовать без материального субстрата (в физике: масса покоя может быть равна нулю).

✓ Поле сознания бесконечно (в физике: принцип дальности действия).

- ✓ Сознание опосредуется мозгом, но не зарождается в нем (в физике: «свобода воли» электрона).
- ✓ Вселенная предполагает участие космического разума как решающего фактора развития. Сознание — исходный атрибут существования (в космологии: антропный принцип).

22.7. Биологические основы психических различий между мужчинами и женщинами

Одна из основательниц современной женской психологии К. Хорни считает, что психоанализ односторонен, потому что его объектом являлась преимущественно психика мужчин, в то время как психология женщин имеет существенные отличия. Вся наша цивилизация, по мнению К. Хорни, — мужская цивилизация. Создатели ее — мужчины, и поэтому реальное наполнение социальных идей — мужское. Во многих языках, замечает К. Хорни, слово «человек» означает «мужчина». Мужчина более важен в современной цивилизации, потому что она основана на силе. И стремление женщин к равенству стимулирует в них комплекс маскулинности (мужественности).

По К. Хорни, психологические различия между мужчинами и женщинами следуют из особенностей их биологических ролей. Вклад женщин в воспроизводство и воспитание потомства несравненно больше. Женщины сохраняют свойства вида «хomo сапиенс», поддерживают семейный очаг, передают информацию, более эмоциональны и интуитивны, менее рациональны. Мужчины создают информацию, запрограммированы на поиск, больше нацелены на преобразование среды, более логичны.

Исследование особенностей женской психологии позволило К. Хорни обратить внимание на некоторые проблемы, которые раньше ускользали от внимания ученых: тяжелые душевные состояния, депрессии и т.п. Хорни выделяет следующие способы защиты от тревоги: любовь, подчинение, дистанцирование от людей, потребительство. Именно противоречие между потребностью любить и стремлением к первенству ведет, по мнению К. Хорни, к неврозам.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие функции выполняют правое и левое полушария мозга человека?
2. От чего зависит поведение человека, по З. Фрейду?
3. Чем отличается психоанализ З. Фрейда от аналитической психологии К. Юнга?
4. Каковы сравнительные характеристики сознания и бессознательного?
5. Что изучает парапсихология?
6. Что такое холотропная модель сознания?

Тестовые задания

1. Психоанализ — это:
 - 1) учение о психических возможностях человека;
 - 2) одно из направлений психологии, занимающееся изучением бессознательного в человеке;
 - 3) методика лечения психически больных людей;
 - 4) анализ инстинктивных проявлений.
2. Коллективное бессознательное — это понятие, предложенное:
 - 1) З. Фрейдом;
 - 2) К. Юнгом;
 - 3) Э. Фроммом;
 - 4) К. Хорни.
3. Что называется коллективным бессознательным?
 - 1) паника;
 - 2) влечения, возникающие путем коллективного подражания;
 - 3) архетипы;
 - 4) мифологические и религиозные представления.
4. Основное отличие холотропной модели сознания от классической заключается в том, что:
 - 1) поле сознания бесконечно;
 - 2) мысли рождаются не в голове;
 - 3) сознания всех людей связаны между собой;
 - 4) в психике содержится весь опыт эволюции.

Литература

1. Дельгадо Х. Мозг и сознание. М., 1971.
2. Фрейд З. Психология бессознательного. М., 1989.
3. Юнг К. Г. Архетип и символ. М., 1991.

Глава 23

КИБЕРНЕТИКА

23.1. Понятие обратной связи

Если ударить по бильярдному шару, то он полетит в том направлении, в котором его направили, и с той скоростью, с которой он послан. Полет брошенного камня тоже соответствует нашему желанию, если ничего не препятствует этому. Сам камень совершенно нейтрален по отношению к нам. Он не оказывает сопротивления, если не считать силу инерции.

Совсем иным будет поведение кошки, которая активно реагирует на воздействие. Так вот, *если поведение объекта* (поведением будем называть любое изменение объекта по отношению к окружающей среде) *зависит от воздействия на него, то* говорят, что *в такой системе имеется обратная связь: между воздействием и реакцией на него.*

Поведение системы может усиливать внешнее воздействие — это называется *положительной* обратной связью. Если оно уменьшает внешнее воздействие, то это *отрицательная* обратная связь. Особый случай — *гомеостатические* обратные связи, которые сводят внешнее воздействие к нулю. Пример: температура тела человека, которая остается постоянной благодаря гомеостатическим обратным связям. Таких механизмов в живом теле огромное количество. Свойство системы, остающееся без изменений в потоке событий, называется инвариантом системы.

В любом нашем движении с определенной целью участвуют механизмы обратной связи. Мы не замечаем их действия, потому что они включаются автоматически. Но иногда мы пользуемся ими сознательно. Скажем, один человек предлагает место встречи, а другой повторяет: да, мы встречаемся там-то и во столько-то. Это обратная связь,

делающая договоренность более надежной. Механизм обратной связи и призван сделать систему более устойчивой, надежной и эффективной.

Механизм обратной связи делает систему принципиально иной, повышая степень ее внутренней организованности и давая возможность говорить о самоорганизации в данной системе.

Итак, все системы можно разделить на системы с обратной связью и без таковой. Наличие механизма обратной связи позволяет заключить о том, что система преследует какие-то цели, т.е. что ее поведение целесообразно.

23.2. Понятие целесообразности

Активное поведение системы может быть случайным или целесообразным, если действие или поведение допускает истолкование как направленное на достижение некоторой цели, т.е. некоторого конечного состояния, при котором объект вступает в определенную связь в пространстве или во времени с некоторым другим объектом или событием. Нецеленаправленное поведение нельзя истолковать подобным образом.

Для обозначения машин с внутренне целенаправленным поведением был специально введен термин «сервомеханизмы». Например, торпеда, снабженная механизмом поиска цели. Всякое целенаправленное поведение требует отрицательной обратной связи. Оно может быть предсказывающим или непредсказывающим. Предсказание может быть первого, второго и последующих порядков в зависимости от того, на сколько параметров распространяется предсказание. Чем их больше, тем совершеннее система.

Понятие целесообразности претерпело длительную эволюцию в истории человеческой культуры. Во времена господства мифологического мышления деятельность любых, в том числе неживых, тел могла быть признана целесообразной на основе антропоморфизма, т.е. приписывания явлениям природы причин по аналогии с деятельностью человека. Философ Аристотель в числе причин функционирования мира, наряду с материальной, формальной, действующей, назвал и целевую. Данная философская концепция получила название *телеологической* (от греч. цель).

Религиозное понимание целесообразности основывается на представлении о том, что Бог создал мир с определенной целью и, стало быть, мир в целом целесообразен. Это религиозная, или *теологическая*, концепция.

Научное понимание целесообразности строится на обнаружении в изучаемых предметах объективных механизмов целеполагания. Поскольку в Новое время наука изучала простые системы, постольку она скептически относилась к понятию цели. Положение изменилось в XX в., когда естествознание перешло к изучению сложных систем с обратной связью, так как именно в таких системах существует внутренний механизм целеполагания. Наука, которая первой начала исследование подобных систем, получила название кибернетики.

23.3. Значение кибернетики

Кибернетика (от греч. кормчий) — это наука об управлении сложными системами с обратной связью. Она возникла на стыке математики, техники и нейрофизиологии, и ее интересовал целый класс систем, как живых, так и неживых, в которых существовал механизм обратной связи. Основателем кибернетики по праву считается американский математик Н. Винер, выпустивший в 1948 г. книгу, которая называлась «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине».

Оригинальность этой науки заключается в том, что она изучает не вещественный состав систем и не их структуру (строение), а результат работы данного класса систем. В кибернетике впервые было сформулировано понятие «черный ящик» как устройство, внутреннее строение которого нам не известно, но результат воздействия на него может быть отслежен.

Системы изучаются в кибернетике по их реакциям на внешние воздействия, другими словами, по тем функциям, которые они выполняют. Наряду с субстратным (вещественным) и структурным подходом, кибернетика ввела в научный обиход функциональный подход как еще один вариант системного подхода в широком смысле слова.

«Если XVII столетие и начало XVIII столетия — век часов, а конец XVII и все XIX столетие — век паровых машин,

то настоящее время есть век связи и управления»¹. В изучение этих процессов кибернетика внесла значительный вклад. Она изучает способы связи и модели управления, и в этом исследовании ей понадобилось еще одно понятие, которое было давно известно, но впервые получило фундаментальный статус в естествознании — понятие информации (от «информацио» — ознакомление, разъяснение) как меры организованности системы в противоположность понятию энтропии как меры неорганизованности.

Чтобы яснее стало значение информации, рассмотрим деятельность идеального существа, получившего название «демон Максвелла». Идею такого существа, нарушающего второе начало термодинамики, Д. Максвелл изложил в «Теории теплоты», вышедшей в 1871 г. «Когда частица со скоростью выше средней подходит к дверце из отделения А или частица со скоростью ниже средней подходит к дверце из отделения В, привратник открывает дверцу и частица проходит через отверстие; когда же частица со скоростью ниже средней подходит из отделения А или частица со скоростью выше средней подходит из отделения В, дверца закрывается. Таким образом, частицы большей скорости сосредоточиваются в отделении В, а в отделении А их концентрация уменьшается. Это вызывает очевидное уменьшение энтропии, и если соединить оба отделения тепловым двигателем, мы, как будто, получим вечный двигатель второго рода»².

Может ли действовать «демон Максвелла»? Да, если получает от приближающихся частиц информацию об их скорости и точке удара о стенку. Это дает возможность связать информацию с энтропией. Возможно, в живых системах действуют аналоги таких «демонов» (на это могут претендовать, к примеру, ферменты). Понятие информации имеет такое большое значение, что оно вошло в заглавие нового научного направления, возникшего на базе кибернетики, — информатики (название произошло из соединения слов «информация» и «математика»).

Кибернетика выявляет зависимости между информацией и другими характеристиками систем. Работа «демона Максвелла» позволяет установить обратно пропорциональную зависимость между информацией и энтропией. С повышением энтропии уменьшается информация (поскольку

¹ Винер Н. Кибернетика. С. 90.

² Винер Н. Кибернетика. С. 112.

все усредняется) и наоборот, понижение энтропии увеличивает информацию. Связь информации с энтропией свидетельствует и о связи информации с энергией.

Энергия (от греч. деятельность) характеризует общую меру различных видов движения и взаимодействия в механической, тепловой, электромагнитной, химической, гравитационной и ядерной формах. Информация характеризует меру разнообразия систем. Эти два фундаментальных параметра системы (наравне с ее вещественным составом) относительно обособлены друг от друга. Точность сигнала, передающего информацию, не зависит от количества энергии, которая используется для передачи сигнала. Тем не менее энергия и информация связаны между собой.

Информация растет с повышением разнообразия системы, но на этом ее связь с разнообразием не кончается. Один из основных законов кибернетики — закон «необходимого разнообразия». В соответствии с ним эффективное управление какой-либо системой возможно только в том случае, когда разнообразие управляющей системы больше разнообразия управляемой системы. Учитывая связь между разнообразием и управлением, можно сказать, что чем больше мы имеем информации о системе, которой собираемся управлять, тем эффективнее будет этот процесс.

Значение кибернетики признано в разных сферах.

Философское значение, поскольку кибернетика дает новое представление о мире, основанное на роли связи, управления, информации, организованности, обратной связи, целесообразности, вероятности.

Социальное значение, поскольку кибернетика дает новое представление об обществе как организованном целом. О пользе кибернетики для изучения общества немало было сказано уже в момент возникновения этой науки.

Общенаучное значение в трех смыслах: во-первых, потому что кибернетика дает общенаучные понятия, которые оказываются важными в других областях науки — понятия управления, сложнодинамической системы и т.п.; во-вторых, потому что дает науке новые методы исследования: вероятностные, стохастические, моделирование на ЭВМ и т.д.; в-третьих, потому что на основе функционального подхода «сигнал — отклик» кибернетика формирует гипотезы о внутреннем составе и строении систем, которые затем могут быть проверены в процессе содержательного исследования. Например, в кибернетике выработано пра-

вило (впервые для технических систем), в соответствии с которым для того, чтобы найти ошибку в работе системы, необходима проверка работы трех одинаковых систем. По работе двух находят ошибку в третьей. Возможно так действует и мозг.

Методологическое значение кибернетики определяется тем обстоятельством, что изучение функционирования более простых технических систем используется для выдвижения гипотез о механизме работы качественно более сложных систем (живых организмов, мышления человека) с целью познания происходящих в них процессов: воспроизводства жизни, обучения и т.п. Подобное кибернетическое моделирование особенно важно в настоящее время во многих областях науки, поскольку отсутствуют математические теории процессов, протекающих в сложных системах, и приходится ограничиваться их простыми моделями.

Наиболее известно *техническое значение* кибернетики: создание на основе кибернетических принципов электронно-вычислительных машин, роботов, персональных компьютеров, породившее тенденцию кибернетизации и информатизации не только научного познания, но и всех сфер жизни.

23.4. ЭВМ и персональные компьютеры

Точно так же, как разнообразные машины и механизмы облегчают физический труд людей, ЭВМ и персональные компьютеры облегчают его умственный труд, заменяя человеческий мозг в его наиболее простых и рутинных функциях. ЭВМ действуют по принципу «да — нет», и этого оказалось достаточно для того, чтобы создать вычислительные машины хотя и уступающие человеческому мозгу в гибкости, но превосходящие его по скорости выполнения вычислительных операций. Аналогия между ЭВМ и мозгом человека дополняется тем, что ЭВМ как бы выполняет роль центральной нервной системы для устройств автоматического управления.

Введенное чуть позже в кибернетике понятие самообучающихся машин аналогично воспроизводству живых систем. И то и другое есть созидание себя (в себе и в другом), возможное в отношении машин, как и живых систем. Обу-

чение онтогенетически есть то же, что и самовоспроизводство филогенетически.

Как бы ни протекал процесс воспроизводства, «это — динамический процесс, включающий какие-то силы или их эквиваленты. Один из возможных способов представления этих сил состоит в том, чтобы поместить активный носитель специфики молекулы в частотном строении ее молекулярного излучения, значительная часть которого лежит, по-видимому, в области инфракрасных электромагнитных частот или даже ниже. Может оказаться, что специфические вещества вируса при некоторых обстоятельствах излучают инфракрасные колебания, которые обладают способностью содействовать формированию других молекул вируса из неопределенной магмы аминокислот и нуклеиновых кислот. Вполне возможно, что такое явление позволительно рассматривать как некоторое притягательное взаимодействие частот»¹.

Такова гипотеза воспроизводства Винера, которая позволяет предложить единый механизм самовоспроизводства для живых и неживых систем.

Современные ЭВМ значительно превосходят те, которые появились на заре кибернетики. Еще 10 лет назад специалисты сомневались, что шахматный компьютер когда-нибудь сможет обыграть приличного шахматиста, но теперь он практически на равных сражается с чемпионом мира. Громадная скорость перебора вариантов (100 млн в секунду против двух вариантов в секунду у человека) остро ставит вопрос не только о возможностях ЭВМ, но и о том, что такое человеческий разум.

Предполагалось, что ЭВМ будут с годами все более мощными и массивными, но, вопреки прогнозам крупнейших ученых, были созданы персональные компьютеры, которые стали повсеместным атрибутом нашей жизни. В перспективе нас ждет всеобщая компьютеризация и создание человекоподобных роботов.

Надо, впрочем, иметь в виду, что человек не только логически мыслящее существо, но и творческое, и эта способность — результат всей предшествующей эволюции. Если же будут построены не просто человекоподобные роботы, но и превосходящие его по уму, то это повод не только для радости, но и для беспокойства, связанного как с роботиза-

¹ Винер Н. Кибернетика. С. 281, 282.

цией самого человека, так и с проблемой возможного выхода их из-под контроля людей и даже порабощения ими человека. Конечно, пока это не более чем далекая от реальности фантастика.

23.5. Модели мира

Благодаря кибернетике и созданию ЭВМ одним из основных способов познания, наравне с наблюдением и экспериментом, стал метод моделирования. Применяемые модели становятся все более масштабными: от моделей функционирования предприятия и экономической отрасли до комплексных моделей управления биосферой, эколого-экономических моделей рационального природопользования в пределах целых регионов, глобальных моделей.

В 1972 г. на основе метода «системной динамики» Дж. Форрестера были построены первые так называемые «модели мира», нацеленные на выработку сценариев развития всего человечества в его взаимоотношении с биосферой. Их недостатки заключались в чрезмерно высокой степени обобщения переменных, характеризующих процессы, протекающие в мире; отсутствии данных об особенностях и традициях различных культур и т.д. Однако это оказалось многообещающим направлением. Постепенно указанные недостатки преодолевались в процессе создания последующих глобальных моделей, которые принимали все более конструктивный характер, ориентируясь на рассмотрение вопросов улучшения существующего эколого-экономического положения на планете.

М. Месаровичем и Э. Пестелем были построены глобальные модели на основе теории иерархических систем, а В. Леонтьевым — на основе разработанного им в экономике метода «затраты — выпуск». Дальнейший прогресс в глобальном моделировании ожидается на путях построения моделей, все более адекватных реальности, сочетающих в себе глобальный, региональные и локальные моменты.

Споры относительно эффективности применения кибернетических моделей в глобальных исследованиях не умолкают и поныне. Создатель метода системной динамики Дж. Форрестер выдвинул так называемый «контринтуитивный принцип», в соответствии с которым сложные системы функционируют таким образом, что это принципиально

противоречит человеческой интуиции и, стало быть, машины могут дать более точный прогноз их поведения, чем человек. Другие исследователи считают, что «контринтуитивное поведение» свойственно тем системам, которые находятся в критической ситуации.

Трудности формализации многих важных данных, необходимых для построения глобальных моделей, а также ряд других моментов свидетельствуют о том, что значение машинного моделирования не следует абсолютизировать. Моделирование может принести наибольшую пользу в том случае, если будет сочетаться с другими видами исследований.

Простираясь на изучение все более сложных систем, метод моделирования становится необходимым средством как познания, так и преобразования действительности. В настоящее время можно говорить как об одной из основных о преобразовательной функции моделирования, позволяющей оптимизировать сложные системы. Преобразовательная функция моделирования способствует уточнению целей и средств реконструкции реальности. Свойственная моделированию трансляционная функция способствует синтезу знаний — задаче, имеющей первостепенное значение на современном этапе изучения мира.

Прогресс в области моделирования следует ожидать не на пути противопоставления одних типов моделей другим, а на основе их синтеза. Универсальный характер моделирования на ЭВМ дает возможность синтеза самых разнообразных знаний, а свойственный моделированию на ЭВМ функциональный подход служит целям управления сложными системами.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает кибернетика?
2. Что такое положительная и отрицательная обратная связь?
3. Что такое функциональный подход и чем он отличается от вещественного и структурного?
4. Каково значение кибернетики?
5. Каковы результаты исследований «моделей мира»?
6. Каково донаучное, научное и теологическое понимание целесообразности?

Тестовые задания

1. Кибернетика — это наука:
 - 1) об устройстве компьютера;
 - 2) об управлении сложными системами;
 - 3) о создании киберов и роботов;
 - 4) о мышлении.
2. Глобальная модель мира Медоуза и его группы называется:
 - 1) «Пределы роста»;
 - 2) «Человечество на переломе»;
 - 3) «Повестка дня на XXI век»;
 - 4) «Человеческие качества».
3. «Демон Максвелла» — это:
 - 1) герой научно-фантастической книги XIX в.;
 - 2) существо, которое имеет представление сразу о любой точке Вселенной;
 - 3) идеальная модель, нарушающая второе начало термодинамики;
 - 4) гомеостатическая система.
4. Обратные связи действуют:
 - 1) в любых сложных системах;
 - 2) только в информационных системах;
 - 3) только в живых системах;
 - 4) только в звездных системах.

Литература

1. Винер Н. Кибернетика. М., 1968.
2. Медоуз Д. и др. Пределы роста. М., 1991.
3. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М., 1959.

Раздел IV

**ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ КАРТИНА
МИРА И ЭТИКА НАУКИ**

Глава 24

СОВРЕМЕННАЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

24.1. Общие закономерности современного естествознания

В этой главе перечислим некоторые выводы из анализа развития науки, представим современную естественно-научную картину мира и возможное будущее естествознания.

Наука — один из этапов эволюции человеческой культуры. Пройдя несколько предварительных стадий от античности до эпохи Возрождения, наука в своей развитой форме вобрала достижения других отраслей культуры, в том числе философии и религии, и представляет собой в целом качественно новое явление.

Изначально в науке присутствовало противоречие двух ее целей, которое затем породило противоречивость результатов: с одной стороны, наука была средством нахождения истины о мире, а с другой — нацелена на обеспечение господства человека над природой и ее преобразование. Соединяя обе цели, Ф. Бэкон писал, что «истинной и закономерной целью наук должно быть обогащение жизни человека новыми открытиями и новым могуществом». В дальнейшем, однако, наука все больше склонялась (и ее склоняли) к обеспечению прежде всего могущества человека, с тем чтобы люди, как писал Декарт, могли стать «хозяевами природы».

Что же все-таки главное в развитии науки: понимание человеком себя и мира, окружающего его, или покорение природы? — этот вопрос становился все более острым.

Еще одно противоречие, вытекающее из предыдущего, коренилось в том, что, как писал Д. Бернал, в то время как технические потребности часто ставили проблемы, дающие рост новым отраслям науки, научные успехи эффективно закреплялись в том случае, если только они могли быть применены в практических целях. Однако слишком тесная взаимосвязь науки и техники вредна, так как у каждой из этих отраслей культуры есть специфика, заключающаяся в том, что наука изучает мир, а техника его преобразует.

Наука, объединившись с техникой, привела в XX в. к НТР, которая ныне главный фактор развития человечества. Около 5 млн человек работают в современной науке. Объем научной информации растет по экспоненте невиданными темпами.

Развитие науки становится международным делом. Совместные исследования ученых различных стран необходимы сейчас для достижения значительных результатов, так как требуются громадные средства и, кроме того, некоторые исследования интернациональны по своему содержанию (например, климат нельзя изучать, имея данные только о климате одной страны).

Следующий вывод касается классификации наук, особенно важной в эпоху дифференциации научного знания.

Еще древнегреческие философы разделяли знание по его объекту на три области: природа (физика), общество (этика), мышление (логика). Ф. Бэкон в соответствии со свойствами человеческого интеллекта разделил знание также на три части: историю (память), поэзию (воображение) и философию (рассудок). Т. Гоббс поставил геометрию во главе дедуктивных наук, а физику — во главе индуктивных. Г. Спенсер разделил все науки на абстрактные (логика и математика), конкретные (астрономия, геология, биология, психология, социология) и промежуточные между ними — абстрактно-конкретные (механика, физика, химия).

В настоящее время общепринято деление наук на естественные, гуманитарные, технические и математические. Основные из категории естественных наук: астрономия, физика, химия, геология, физическая география, биология, физиология человека, антропология. Между ними немало переходных наук: астрофизика, физическая химия, химическая физика, геофизика, геохимия, биофизика, биохимия, биогеохимия и т.п., а также переходные от них к гуманитарным и техническим наукам.

Данная классификация не случайна. Предмет естественных наук составляют отдельные ступени развития природы, или ее структурные уровни.

Наука постоянно обогащается новыми методологическими принципами, часто противоположными принятым ранее (на смену редукционизму приходит холизм, детерминизму — индетерминизм и т.д.); *новыми подходами* (структурный, системный, функциональный, вероятностный); *новыми понятиями*, как частными, применяемыми в отдельных областях познания (например, «кварк» в физике), так и общенаучными (неопределенность, дополненность, целостность, целесообразность, адаптация, самоорганизация, информация, поле и т.п.).

Задача понятийного аппарата — компактно представить постоянно растущее знание. Поэтому наряду с терминами все большее значение приобретают знаки, существенно сокращающие запись. Научный знак имеет значение, объясняющее его, аналогично тому, как термин, будучи определен, становится понятием.

Наука находится в процессе перманентного развития. Но предугадать, в каком направлении она будет продвигаться и какими будут следующие открытия, невозможно. Физики рассчитывали в 1950-е гг. осуществить искусственную термоядерную реакцию и создать общую теорию поля. А прорыв был совершен в термодинамике открытых систем. Кибернетики думали, что будут создаваться все более сложные и громоздкие ЭВМ, а появился персональный компьютер. *Наука есть создание качественно нового, а это невозможно предвидеть.*

Область научного исследования постоянно расширяется, распространяясь на объекты, которые до этого находились вне сферы ее интересов (сложные, неустойчивые, открытые системы и т.п.). Тем не менее *основные требования к научному исследованию — всеобщность опыта, универсальность объяснения — остаются в силе* («Опыт — единственный верный руководитель», — говорил Н. Винер). Натурфилософские концепции, построенные на основе науки, например концепция ноосферы, непроверяемые эмпирически, остаются на периферии естествознания.

Существуют три механизма эволюции: диссипативные структуры в неживом мире, естественный отбор в живой природе, культура в человеческом обществе. Но наука не знает, как произойдет становление нового, поскольку это

уникальный процесс. Наука достигает здесь своих пределов возможного, потому что имеет дело в основном с воспроизводимыми и повторяющимися процессами. Подходя к уникальному, она обращается к вероятностным методам. Наука вообще не может утверждать, что нечто обязательно случится, так как по современным научным представлениям эволюция мира не запрограммирована однозначно.

Наука развивается в пределах чувственного и логичного и ограничена возможностями наших чувств и законами мышления. Особенности органов чувств и мышления, как и эволюция, являются ее граничными условиями. Наука как бы находится в треугольнике, ограниченном возможностями человека и творчеством природы. Она постоянно расширяет свои границы, оставаясь принципиально ограниченной.

Ныне наука столкнулась с четвертым ограничением — экологическим. Ее развитие может привести к уничтожению биосферы и ее самой. Наука может это сделать, но не способна создать равноценный искусственный мир. Разрушать всегда легче, чем созидать — и для отдельного человека и для человечества в целом.

Итак, к трем ограничениям — с эмпирической, теоретической и предметной сторон — прибавилось ограничение этического характера, поэтому столь важной стала проблема: «этика и наука» — и вопрос: наука — «добро или зло»?

Наука создает информацию о мире, и это должно иметь смысл. Люди сами находятся в цепи жизни и ответственны за нее перед нею и собой. Все более сложное более разрушимо, но и более способно к дальнейшему самосовершенствованию. Это усиливает ответственность за творимое на Земле.

24.2. Научные революции XX в.

Можно выделить следующие *открытия в естествознании, которые привели к научным революциям в XX в.:*

- ✓ астрономия: модель Большого взрыва и расширяющейся Вселенной;
- ✓ геология: тектоника литосферных плит;
- ✓ физика: смещение точки отсчета от материи к энергии и от вещества к полю;

- ✓ теория относительности: относительность пространства и времени;
- ✓ квантовая механика: корпускулярно-волновой дуализм;
- ✓ синергетика: становление новых структур в неживой природе;
- ✓ биология: модели происхождения жизни;
- ✓ генетика: механизм воспроизводства жизни;
- ✓ экология: взаимодействие живого со средой;
- ✓ этология: формы поведения организмов;
- ✓ социобиология: соотношение естественного и социального;
- ✓ кибернетика: управление в неживой и живой природе;
- ✓ психоанализ: роль бессознательного в человеческой психике.

Эти научные революции позволили сформулировать следующие *общие закономерности развития мира*:

- 1) эволюция природы (от Вселенной до кварков);
- 2) самоорганизация (от неживых систем до биосферы);
- 3) системность связи неживой природы, живой природы и человека (в экологии);
- 4) неразрывная связь природных систем с пространством и временем (в теории относительности);
- 5) относительность разделения на субъект и объект (в квантовой механике и синергетике).

В XX в. были сформулированы такие принципы научного познания, как принцип дополнительности и принцип индетерминизма. *Появились новые общенаучные концепции и подходы: системный* (исследование предметов как систем), *структурный* (исследование уровней организации), *вероятностный* (применение вероятностных методов) и т.п.

24.3. Концепция структурных уровней организации материи

Данная концепция сформировалась в середине XX в. на основе системного и структурного подходов и представляет собой важную составную часть современной естественно-научной картины мира. Выше были рассмотрены уровни организации неживой и живой материи. В табл. 10 представлены все уровни и науки, которые их изучают.

Таблица 10

Структурные уровни организации материи

Уровни организации	Часть пространства	Наука	Вид эволюции
Вселенная	Мегами́р	Космология	Космическая
Галактика	Мегами́р	Астрономия	Космическая
Звездная система	Мегами́р	Астрофизика	Космическая
Планета	Макроми́р	Геология	Геологическая
Биосфера	Макроми́р	Экология	Биологическая
Сообщество	Макроми́р	Экология	Биологическая
Популяция	Макроми́р	Этология	Биологическая
Вид	Макроми́р	Этология	Биологическая
Индивид	Макроми́р	Этология	Биологическая
Клетка	Микроми́р	Генетика	Биологическая
Молекула	Микроми́р	Химия	Химическая
Атом	Микроми́р	Физика	Физическая
Элементарная частица	Микроми́р	Физика	Физическая
Кварк	Микроми́р	Физика	Физическая

Определения различных уровней организации материи даны в соответствующих разделах книги. Здесь изложим принцип определения понятий, который в логике называется родо-видовым. В соответствии с ним каждое определение, начиная со второго, состоит из двух частей: родовой и видовой. В родовой части объясняется, к какому роду относится данное понятие, в видовой — его характеристики. Сначала даем определение Вселенной: высший уровень организации материи, который эмпирически наблюдаем и на котором выполняются все универсальные законы физики. В следующем определении — галактики — родовая часть заключается в словах: галактика — часть Вселенной. Видовая часть будет выглядеть так: которая имеет ядро, включает в себя множество звездных систем и имеет различную форму — эллипсовидную, спиралевидную, круговую и любую неправильную. Соединив обе части, получаем: «галактика — часть Вселенной, которая имеет ядро» и т.д. Соответственно звездная система определяется как часть галактики, состоящая из центрального светила, в недрах которого

протекают термоядерные реакции, и вращающихся вокруг него планет. Затем идет определение планеты как части звездной системы и т.д. вплоть до кварка. Давать здесь определения всех уровней не нужно, так как они даны в соответствующих разделах книги. Зная последовательность уровней организации материи и их характеристики, легко составить родо-видовое определение.

Можно построить и более подробную картину, выделив такие уровни организации, как ядро атома, ядро клетки, макромолекула, кристалл, планета, человек, ноосфера и т.д.

24.4. Понятие закона в современной науке

Понятие закона в современной науке трактуется гораздо шире, чем в XIX в., когда наличие закона предполагало жесткую и однозначную причинную связь между явлениями (так называемый детерминизм). Создание квантовой механики показало, что законы природы могут быть результатом действия объективной неопределенности, когда одна причина может повлечь за собой несколько различных следствий, а одно и то же следствие может быть вызвано разными причинами (так называемый неоднозначный детерминизм). Такие законы, или закономерности, получили название вероятностных, или статистических. Они составили второй тип закона.

В гуманитарных науках, в свою очередь, сформировалось представление о закономерности как тенденции, когда сохранение действующих причин при отсутствии новых приводит к законообразному поведению социальных систем. Большинство утверждений, претендующих в гуманитарных науках на статус закона, относится к этой категории. Развитие современного естествознания (в частности, синергетики) подтверждает, что и в природе закономерности данного типа распространены гораздо шире, чем представлялось ранее.

Наконец, с появлением кибернетики в середине XX в. стали говорить о наличии законов четвертого типа: закона как ограничения разнообразия, который запрещает определенные процессы, но не регулирует их протекание (например, закон палеонтологии о необратимости эволюции).

В связи с этим интересным представляется вопрос о соотношении закона и целесообразности. Поведение системы может подчиняться законам и в то же время не быть целесообразным. Так, Земля вращается по определенным законам, но целесообразным с научной точки зрения (см. соответствующий параграф в гл. «Кибернетика») вращение Земли быть названным не может, поскольку учеными не обнаружен механизм целесообразного поведения планеты. Также поведение человека может быть целесообразным (относительно закономерности в данном случае вопрос, напротив, остается открытым), но не поведение человечества как вида.

Итак, в целом данные понятия не тождественны, но в каждом конкретном случае отношение между законосообразностью и целесообразностью может меняться по мере открытия новых законов и новых механизмов достижения цели.

24.5. Трудности и парадоксы развития науки

Фундаментальная основа структуры познания в наиболее развитых отраслях естествознания — анализ предмета исследования, выделение абстрактных элементарных объектов и последующий логический синтез из них единого целого в виде теоретической модели. На основе этой модели, представляющей собой один из возможных вариантов объяснения какого-либо фрагмента реальности, неизбежно расхождение идеального с реальным. Даже если теория верно отражает какой-либо фрагмент внешнего мира, на ее основе нельзя предсказать в полном объеме реакции природной среды на внесенные в нее изменения хотя бы по причине объективной неопределенности, существующей в природе.

Фундаментальная особенность структуры научной деятельности — разделенность науки на относительно обособленные друг от друга дисциплины. Это имеет свою положительную сторону, поскольку дает возможность детально изучить отдельные фрагменты реальности, но при этом упускаются из виду связи между ними, а в природе, как гласит известное диалектическое положение, предлагаемое в качестве закона экологии, «все связано со всем». Разобщенность наук особенно мешает сейчас, когда выявилась необходимость комплексных интегративных исследований

окружающей среды. *Природа едина. Единой должна быть и наука о всех явлениях природы.*

Еще одна фундаментальная черта науки — стремление абстрагироваться от человека, стать максимально безличной. Эта в свое время положительная особенность науки делает ее ныне неадекватной реальности и ответственной за экологические трудности, поскольку человек стал самым мощным фактором изменения действительности.

Следует также отметить, что политика в области научных исследований, как любая другая форма человеческой деятельности, не обладает такой степенью гибкости, чтобы немедленно реагировать на изменение ситуации, а реагирует с задержками.

Человек овладевает миром через его познание, но это познание не может быть абсолютным. Тем не менее наука, давая человеку ценнейший неубывающий ресурс — информацию, является необходимым способом отражения объективного мира, и ни мистика, ни интеллектуальное созерцание, ни поэтическое отношение к природе не заменяет науку в деле объяснения мира и прогнозирования последствий его изменения человеком.

Более того, рост масштабов преобразовательной деятельности человека требует повышения теоретического уровня исследований системы «природа — общество», усиления их прогностической мощи, без чего невозможно эффективное управление природой. Чем выше технический уровень, тем более прочные и важные связи в природе нарушаются и тем насущнее потребность в научных рекомендациях для выбора альтернативы: или попытаться облегчить адаптацию среды к техническим новшествам, или изменить и даже отказать от задуманного плана преобразования.

В дополнение к отмеченным выше преобладанию анализа в науке, ее обезличенности, абстрагирующего характера, чрезмерной специализации, дисгармоничности в развитии ее отдельных частей, выходу за рамки наглядности в ту область, где все решается не объективными законами, а случайностью и свободной волей, можно добавить упрек в том, что *наука и техника способствуют социальному угнетению, в связи с чем раздаются призывы об отделении науки от государства* (П. Фейерабенд).

К парадоксам развития науки относится то, что наука, с одной стороны, сообщает объективную информацию о мире и в то же время уничтожает ее и ее носителей (при

различных экспериментах) или что-либо уничтожается на основе научной информации (виды жизни, невозпроизводимые ресурсы).

Но главное, *наука теряет надежду сделать людей счастливыми и дать им истину*. Об этом говорил еще Л. Н. Толстой. Действительность нельзя познать с помощью науки, так как научное познание — это частное познание, имеющее дело с определенными предметами, а не с самим бытием, — утверждает современный немецкий философ К. Ясперс. Сделать человека счастливым науке не удастся никогда, а отказ от претензий на абсолютную истину подрывает ее лидирующую роль в культуре.

24.6. Наука как эволюционный процесс

Наука не только изучает развитие мира, но и сама является процессом, фактором, результатом эволюции. Если мы рассмотрим науку как эволюционный механизм, то увидим, что она становится все более сложно организованной системой, не способной практически к самоорганизации. Необходимость перестройки науки вызвана тем, что изменяется мир (под влиянием науки в том числе) и наука должна реагировать на эти изменения, как реагирует живой организм.

Очевидна необходимость внутренней целостности естествознания и его связи с гуманитарными и техническими науками. Ценность науки определяется не только отдельными достижениями, но и гибкостью ее функционирования как единой системы. Наука должна быть едина, как едина биосфера.

Решая вопрос об эволюции человека, приходим к выяснению роли науки, поскольку наука стала основным фактором эволюции не только в смысле ее вклада в совершенствование разума, но и в смысле ее участия в развитие генной инженерии и т.п. Наука стала великим Конструктором эволюции Земли, и сама эволюция человека зависит от того, каким образом и в каком направлении будет развиваться наука. Наука может ускорить или затормозить эволюцию человека. Естественные механизмы эволюции под влиянием общественного и технического прогресса перестают действовать, а к новым факторам (например, радиоактивности) человек эволюционно не приспособлен. Наука должна находиться в гармонии с эволюцией мира. Другими словами,

должен образоваться контур обратной связи между наукой и другими сторонами жизни, который регулировал бы развитие науки.

Эволюция Вселенной, начиная с точки сингулярности, шла по пути увеличения разнообразия мира, создания новых частиц, которые не существовали изолированно, а объединялись в новые целостности — атомы, молекулы, клетки и т.д., упорядоченно функционирующие по своим законам. Аналогично, увеличение разнообразия науки должно сопровождаться интеграцией и ростом упорядоченности, а это и называется становлением науки как целостной интегративно-разнообразной гармоничной системы.

На эволюцию науки в данном направлении дает основание надеяться известное диалектическое положение о том, что познание мира совершенствуется по мере его преобразования. Человек имеет ныне возможность конструировать самого себя как генетически, так и меняя окружающую среду. Тут возникают новые перспективы и новая ответственность.

В современной науке наблюдаются важные процессы, являющиеся реакцией на те задачи, которые встают в связи с интенсивным уплотнением системы функциональных связей между природой и обществом. Для современной науки становится характерной тенденция экологизации и т.п. Можно предположить, что наука вскоре станет более органичной частью культуры; вся культура будет развиваться как одно целое и часть биосферы, становясь экологичной культурой.

В связи с этим большой интерес в XXI в. может представлять изучение несиловых взаимодействий (в природе и человеческом обществе), дальнодействия, сознательного управления разнообразными процессами. *Общее значение науки будет зависеть от того, что она даст для решения фундаментальных проблем человека: переход от потребляющей цивилизации к устойчиво развивающейся; контроль за агрессивностью, которая при отсутствии межвидовой борьбы не ведет к эволюции; создание новой структуры личности — любовно-творческой взамен агрессивно-потребительской.*

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы главные выводы из развития естествознания в XX в.?
2. Какие научные революции произошли в XX в.?

3. Какова современная естественно-научная картина мира?
4. Что такое наука как целостная интегративно-разнообразная система?
5. Что такое структурные уровни организации материи?
6. Что такое дифференциация и интеграция научного знания?

Тестовые задания

1. Основная черта современной картины мира:
 - 1) трехмерность;
 - 2) относительность субъекта и объекта;
 - 3) эволюционность;
 - 4) относительность пространства и времени.
2. Мегамир — это:
 - 1) Мир элементарных частиц;
 - 2) звездные системы, галактики, планеты;
 - 3) мир живых организмов;
 - 4) ближайшая к нам часть космоса.
3. Кварк — это:
 - 1) мельчайшая из известных частиц;
 - 2) единица измерения энергии;
 - 3) пучок света;
 - 4) пучок электронов.
4. Уровни организации материи — это:
 - 1) отдельные науки;
 - 2) соподчиненно расположенные объекты действительности;
 - 3) основные научные открытия XX века;
 - 4) открытия в области физики.

Литература

1. Вернадский В. И. Размышления натуралиста. В 2 кн. Кн. 2. М., 1977.
2. Мир вокруг нас. М., 1983.
3. Пуанкаре А. О науке. М., 1983.

Глава 25

ЛИЧНОСТЬ УЧЕНОГО И ЭТИКА НАУКИ

25.1. Значение личности в науке

Если результаты науки, как отмечалось ранее, безличны, то какое значение может иметь личность ученого? По крайней мере то, что без своего создателя наука вообще невозможна.

Внешне деятельность ученого спокойна и незаметна: он что-то исследует в лаборатории, пишет в тиши кабинета, публикует результаты, которые потом входят в учебники и жизнь других людей. Однако сама современная наука началась с трагедии, когда за свои научные убеждения был сожжен на костре Джордано Бруно, а год его смерти (1600) стал отправной точкой развития науки Нового времени. В XVII в. Г. Галлилею пришлось отречься от своих взглядов перед судом инквизиции.

Наш век повсеместного признания науки был отмечен «обезьяньим процессом» в США, когда школьного учителя судили за преподавание теории эволюции Ч. Дарвина, а в СССР ученые преследовались только за то, что занимались научными исследованиями. Выдающемуся русскому ученому Н. Н. Вавилову, погибшему отстаивая правоту генетики, принадлежат слова, снова возвращающие нас ко временам, когда наука завоевывала себе право на свободное существование: «На костер пойдём, а от своих убеждений не откажемся».

Итак, от ученых требуется мужество в отстаивании своих взглядов, интеллектуальная честность перед собой и другими и иные качества, которыми обладает только развитая личность, не говоря о высоком интеллектуальном потенциале и желании посвятить себя научным изысканиям.

25.2. Мотивы занятия наукой

Что же все-таки заставляет человека становиться ученым? Аристотель, пожалуй, первым рассмотревший этот вопрос подробно, назвал в качестве главного стимула познания мира удивление перед ним. По И. Канту, исследователь — это человек, выслушивающий свидетелей, и данное определение, быть может, лучше подходит к современной науке, возникшей из цивилизационной воли к власти над природой, дополняемой интеллектуальным интересом.

Выдающийся современный ученый, основатель теории стресса Г. Селье в своей книге «От мечты к открытию» пишет: «Природа хитроумно устроила так, что большинство полезных вещей вызывает у нас субъективное чувство приятности. И это касается не только питания и размножения, но и познания. Открытие в области фундаментальных исследований, например, доставляет радость вне зависимости от его возможного практического применения. Но любое приобретенное таким образом знание рано или поздно становится полезным тем, что увеличивает нашу власть над Природой»¹. В подтверждение он приводит слова одной из зачинательниц исследования радиоактивности в нашем веке Марии Склодовской-Кюри: «Но как раз в этом дрянном старом сарае протекли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвященные работе. Нередко я готовила какую-нибудь пищу тут же, чтобы не прерывать ход особо важной операции. Иногда весь день я перемешивала кипящую массу железным прутом длиной почти в мой рост. Вечером я валилась с ног от усталости»². Стремление к поиску и открытию нового — существеннейшая черта подлинной личности.

А. Пуанкаре отмечал эстетическую причину познания. «Ученый изучает природу не потому, что это полезно; он исследует ее потому, что это доставляет ему наслаждение, а это доставляет ему наслаждение потому, что природа прекрасна. Я имею в виду ту глубокую красоту, которая кроется в гармонии частей и которая постигается только чистым разумом... красота интеллектуальная дает удовлетворение сама по себе, и, быть может, больше ради нее, чем ради будущего блага рода человеческого, ученый обрекает себя на долгие и тяжкие труды»³.

¹ Селье Г. От мечты к открытию. М., 1987. С. 21.

² Там же.

³ Пуанкаре А. О науке. С. 292.

Радость открытия в идеале должна перевешивать возможные невзгоды и искушения, которых хватает и в настоящее время. «Ученому нужна менее эффективная, но более устойчивая разновидность мужества, с тем чтобы выбрать деятельность, которая наверняка лишит его многих радостей, в том числе в семейной жизни и в достижении благосостояния. Молодым начинающим врачом он должен стремиться к низкооплачиваемой работе в лаборатории, а не к более привлекательной работе в медицинских учреждениях. По мере роста профессионального уровня ему нужна немалая смелость, чтобы отказаться от предложения занять высокооплачиваемую и влиятельную административную должность. Еще большее мужество потребуется для продолжения оригинальной научно-исследовательской работы, не получающей ни моральной, ни материальной поддержки»¹. Последнее часто случается, потому что, чем более оригинален ученый, тем более он одинок в своих взглядах, даже если его деятельность приносит ему признание. Результат работы крупного ученого — революция в науке (это верно и с точки зрения современной терминологии, принятой в методологии науки), а революция совершается через преодоление сопротивления и рутины.

В заключение Г. Селье сформулировал мотивы деятельности ученого:

- ✓ бескорыстная любовь к Природе и Правде;
- ✓ восхищение красотой закономерности;
- ✓ простое любопытство;
- ✓ желание приносить пользу;
- ✓ потребность в одобрении;
- ✓ ореол успеха; преклонение перед героями и желание подражать им;
- ✓ боязнь скуки.

25.3. Качества, необходимые ученому

Мотивы и требования к научной работе определяют качества, необходимые ученому. Прежде всего, как считает Г. Селье, это способность к творческой работе — «самой облагораживающей и приносящей удовлетворение деятельности, к которой только способен человеческий мозг. Именно

¹ Селье Г. От мечты к открытию. С. 57.

эта способность сохранять контакт самого фантастического полета мысли с окружающим миром и различать значимые для человечества ценности характерна для оригинальности и независимости творческого мышления. Гений способен не только уноситься в неизведанное, но и возвращаться назад на землю... Считается, что одной из характернейших черт исключительной одаренности является редкое сочетание яркого воображения с щепетильным вниманием к деталям при объективной проверке идей»¹.

В научном творчестве большое значение имеет сочетание сознательных и бессознательных моментов. Сама научная деятельность несомненно рациональна, но получение результатов невозможно без интуиции. Выдающиеся открытия часто совершались во время прогулки, сна и казались совершенно случайными (вспомним легенду от открытия И. Ньютоном закона всемирного тяготения). «Огромное преимущество сознательных видов активности, — писал Г. Селье, — состоит в том, что они поддаются целенаправленному регулированию со стороны воли и интеллекта. Но главной слабостью сознательного разума является то, что в каждый данный момент времени он может иметь дело только с одной задачей. К сожалению, инстинкт — это нечто слишком неопределенное, а логика — нечто слишком медлительное для исследования природных явлений»².

Сознание является дополнительным к бессознательному инструментом, контролирующим разум. Гений «наводит мосты» между инстинктом и интеллектом, чувством и логикой. Гармония всех сторон творческой личности — важнейшая ее черта в целом.

Возвращаясь к платоновской аналогии между физическими и духовными родами, Г. Селье пишет о «поразительном сходстве между механизмами научного творчества и процессом воспроизводства потомства»³. Принципы организации научной работы, по Селье, заставляют вспомнить сократовский метод познания истины посредством спора. «Возможно, наиболее плодотворным внешним стимулом к творческому мышлению является прямой контакт с другими учеными. В этом случае предпочтительна форма неофициальной дискуссии, причем лучше всего ограничиться

¹ Селье Г. От мечты к открытию. С. 51, 59, 61.

² Там же. С. 72, 91.

³ Там же. С. 75.

очень небольшой группой людей, состоящей из двух — четырех специалистов, которые симпатизируют друг другу и интересуются той же проблематикой»¹.

Незавершенность и критичность науки приводит, по мнению Г. Селье, к необходимости такого качества у ученого, как «постоянная неудовлетворенность имеющимся состоянием дел. Ни одному невозмутимому и самодовольному человеку не удавалось достичь реального прогресса в науке»².

В целом же *качества, необходимые ученому*, по мнению Г. Селье, следующие:

- ✓ энтузиазм и настойчивость: преданность цели; устойчивость к неудачам, однообразию и успеху; мужество, здоровье, энергия;
- ✓ оригинальность: независимость мышления, воображение, интуиция, одаренность;
- ✓ интеллект: логика, память, опыт, способность к концентрации внимания, абстрагированию;
- ✓ этика: честность перед самим собой;
- ✓ контакт с природой: наблюдательность, технические навыки;
- ✓ контакт с людьми: понимание себя и других, совместимость с окружающими людьми, способность организовывать группы, убеждать других и прислушиваться к их аргументам;
- ✓ постоянная неудовлетворенность собой.

Эти качества присутствуют у разных по складу характера ученых, которые также делятся на несколько типов.

25.4. Типы личности ученых

Г. Селье предлагает классификацию типов ученых.

1. «Делатель».

→ собиратель фактов. Его интересует только получение новых фактов. Это хороший, добросовестный наблюдатель, лишенный воображения;

→ усовершенствователь. Постоянно пытается улучшить аппаратуру и методы исследования, настолько увлекаясь их совершенствованием, что не доходит до их применения по назначению.

¹ Селье Г. От мечты к открытию. С. 84.

² Там же. С. 48.

2. «Думатель».

→ «книжный червь». Ненасытный читатель, порой обладающий энциклопедическими познаниями, но не стремящийся к экспериментальной работе;

→ классификатор. Любитель собирать факты какой-либо области исследований и классифицировать их;

→ аналитик. Ученый, любящий разлагать объекты на составные компоненты, но не интересующийся синтезом нового;

→ синтезатор. Высший тип ученого, поскольку анализ и классификация служат только предпосылками для синтеза.

3. «Чувствователь».

→ крупный босс. Прирожденный лидер и игрок по натуре, жаждущий успеха ради успеха. Превосходный политик и организатор, занимающий в конце концов начальственную должность, но не очень стремящийся к непосредственной научной работе;

→ хлопотун. Испытывает настолько сильное желание все сделать побыстрее, что у него не остается времени подумать о том, что же именно надо делать. Эти вечно спешащие люди не любят природу, а только насилуют ее, овладевая ее телом, но не душой;

→ «рыбья кровь». Демонстративно невозмутимый скептик, который во всем сомневается, но не очень стремится создавать;

→ высушенная лабораторная дама. Как правило, технический сотрудник, незаменимый при выполнении скрупулезной работы, но слишком властный и неудовлетворенный;

→ самолюбователь. Эгоцентрист, пребывающий в постоянном восторге от собственных талантов;

→ агрессивный спорщик. Его интересует только собственная правота;

→ «первостатейная акула». Человек, который старается приписать себе чужую работу и постоянно преувеличивает свое значение за счет других;

→ святой. Альтруист, который занимается наукой ради принесения пользы человечеству и готов пожертвовать всем для науки;

→ святоша. Притворяющийся святым;

→ добрячок. Готов пожертвовать интересами науки и своими собственными ради семьи и детей.

У ученых всех этих типов есть недостатки, которые мешают успешно заниматься наукой. *Идеальных ученых* Г. Селль разделяет на две группы:

1. «Фауст — идеальный учитель и руководитель». Его главные характеристики: воодушевление от возможностей исследования, а не от собственных возможностей; уважение к интересам других; удивительная способность к выделению наиболее значимых фактов; острая наблюдательность; отсутствие ослепляющего предубеждения к людям и научным данным; железная самодисциплина; редкая оригинальность и воображение, соединенные со скрупулезным вниманием к деталям как в технике лабораторной работы, так и при логическом осмыслении результатов. Его не ломает неудача, не развращает успех.

2. «Фамулус — идеальный ученик и сотрудник». Его ум не так развит, как у его духовного наставника, и совсем не обязательно он превосходит последнего своим юношеским задором. Но его тело значительно лучше выдерживает трудности лабораторных работ, его взгляд острее, движения более уверенны; он может часами стоять у лабораторного стола, не испытывая усталости, и, что важнее всего, у него впереди достаточно много времени, чтобы сделать свои мечты реальностью».

25.5. Наука и ценности

Мы отмечали в качестве одной из характеристик науки ее внеморальность. Но это не значит, что ценности не имеют никакого значения в естествознании. Сама наука представляет собой определенную ценность. Культурные ценности, господствующие в данном обществе, служат одним из оснований и ограничений развития науки. Скажем, в Китае была запрещена вивисекция, и это привело к тому, что ни анатомия как отрасль науки, ни хирургия как область практической медицины не достигли должного уровня, но зато получили распространение диагностика по пульсу, иглокальвание и т.п. В настоящее время на Западе модно движение за запрет вивисекции. Это, конечно, не может не отразиться на науке и технике.

И в пределах одной культуры меняющиеся общественные ценности влияют на развитие науки. Небулярная гипотеза происхождения Солнечной системы П. Лапласа и

И. Канта подходила к относительно спокойному XVIII в. Новые представления о Большом взрыве и расширяющейся Вселенной больше соответствуют ритмам XX в. Конечно, философские и социальные ценности прошлого также помогают выдвинуть научную гипотезу и сформулировать сегодняшнюю научную проблему (атом Демокрита, Космос в понимании древних греков и т.д.), хотя окончательный приговор выносит опыт.

Вопрос о соотношении научных принципов и социальных ценностей стоит в современной науке особенно остро. Возросшая мощь науки в сочетании с ее традиционной целью обеспечения господства над природой приводит к тому, что наука становится все более агрессивной, особенно экспериментальная. Про многие опыты над животными можно сказать, что это изучение через уничтожение. Так продолжается до сих пор в возрастающем масштабе.

Агрессивность современной науки и в том, что около 40% ученых так или иначе связаны с решением задач, имеющих отношение к военной сфере. Направление развития науки во многом определяется целями, которые ставит перед наукой общество и государство.

Подтверждением тезиса о роли ценностей в научном познании служат неудачные попытки методологии неопозитивистского толка разграничить теоретический и эмпирический уровни исследования и свести первый ко второму. Оказалось, что это невозможно, поскольку использование приборов неразрывно связано с существующим теоретическим уровнем знания; имеется также ряд других принципиальных причин.

25.6. Наука и этика

По своим результатам наука свободна от моральной оценки. Например, принципы притяжения и отталкивания совершенно равнозначны в нравственном смысле, и ученый не относится к положительно заряженным частицам лучше, чем к отрицательно заряженным. Закон природы выводится вне зависимости от каких-либо этических соображений, в отличие от закона юридического.

Сущность науки неморальна, но это не значит, что этика не имеет к науке отношения. Она может воздействовать на ход исследований. «Тот факт, что человека нельзя под-

вергать экспериментам без его желания и согласия (именно поэтому исследователь может производить опасные опыты только над самим собой), следует, правда, не из сущности науки, но из принципа гуманности и прав человека»¹, — писал К. Ясперс.

В процессе развития современной науки и ее технических возможностей появляются все новые проблемы, требующие этического рассмотрения. На этапе возникновения науки в Новое время наиболее важны были мировоззренческие задачи — желание доказать пользу и ценность науки; затем — собственно познавательные, и, наконец, технические. Сейчас, в эпоху экологического кризиса, в котором обвиняют науку, последняя должна подтверждать свое реноме. Моральный кризис науки проявляется в той точке, в которой она становится всесильной.

Наука, несомненно, благо: она дает истинное знание, а истина — благо. *Если само по себе научное знание этически нейтрально, его применение включает этические соображения.* Наука может содействовать процессу принятия решений благодаря определению последствий возможного выбора. Кроме того, ученые, наряду с другими людьми, могут участвовать в выборе и принятии решений.

Современная наука выполнила многие пророчества, содержащиеся в фантастическом произведении Ф. Бэкона «Новая Атлантида», обеспечивая могущество человека над силами природы. Но ученые Новой Атлантиды делали еще и то, что не известно современной науке: «на наших совещаниях мы решаем, какие из наших изобретений и открытий должны быть обнародованы, а какие нет»². Ф. Бэкон, по-видимому, понимал, что не все достижения науки и техники служат благу народа. Это убеждение, подкрепленное отрицательными моментами 400-летнего развития науки, особенно актуально в наши дни, когда становится ясно, что техническая реализация научных достижений увеличивает риск непредвиденных последствий. Результатом ценностной переориентации должна быть большая осторожность науки, как фундаментальной, так и прикладной, в ее исследованиях и реконструкциях. В связи с этим поворотом симптоматичным выглядят призывы генетиков запретить проведение некоторых опасных по своим возможным последствиям экспериментов.

¹ Ясперс К. Смысл и назначение истории. С. 108.

² Бэкон Ф. Новая Атлантида. М., 1962. С. 33.

Сейчас кажутся странными рассуждения древнегреческих философов о том, что раб — это говорящее орудие, к которому неприменимы обычные представления о человеческом достоинстве. Но мы совершенно спокойно рассуждаем о том, что к живым существам неприменимы представления о справедливости и долге. Не исключено, что нашим потомкам эти представления покажутся столь же нелепыми, как и представления древних греков о рабах.

Современные социобиологические исследования позволяют заключить, что этика не есть набор некоторых абсолютных положений, сформулированных раз и навсегда. Напротив, выясняется, что нравственные максимы имеют эволюционный характер, и сама этика как наука развивается. Это значит, что в нашу переломную эпоху, когда действительность изменяется с головокружительной быстротой, соревнуясь с прогрессом науки и техники, могут произойти не менее ощутимые изменения в этике. Экспансия науки на новые сферы действительности, более интенсивное воздействие на природную среду созданной на научной основе техники и рост, вследствие этого, ответственности за состояние мира порождают новые регуляторы научной деятельности. Появляются биоэтика, компьютерная этика, инженерная этика, экологическая этика, глобальная этика и т.п.

Отныне ученый должен брать на себя все большую ответственность за окружающий мир. Проводить данные исследования или не проводить, сообщать об их результатах или нет — эти этические дилеммы все острее встают по мере научно-технического прогресса. В конечном счете новые этические проблемы вращаются вокруг вопросов о том, выше ли ценность человека, чем животных (биоэтика), рода, чем индивида (медицинская этика), планеты, чем человека (глобальная этика), человека, чем созданной им техники (инженерная и компьютерная этика).

25.7. Биоэтика

Весь круг вопросов, касающихся этических аспектов отношения к живым существам, может быть назван биоэтикой. Название это новое, но многие из затрагиваемых ею проблем обсуждались еще в древнем мире: юридические проблемы — можно ли по отношению к живым существам

вам соблюдать правовые обязательства в условиях, когда животные не могут заключать с нами договоров, т.е. могут ли живые существа быть равноправны с человеком в юридическом смысле; ценностные проблемы — могут ли живые существа рассматриваться как равноценные людям. В Древней Греции велась полемика по этим вопросам, а среди мнений встречались не только противоположные, но и промежуточные. Живые существа признавались равноправными, но не равноценными, или равноценными, но не равноправными.

Современные исследования в области этологии неопровержимо доказывают, что животных нельзя считать механизмами, как полагал Декарт. Они чувствуют, как люди, и это не может не иметь значения для экспериментов, которые проводятся в научных целях. Значит, все эксперименты, в которых животным причиняется боль, безнравственны? Но ведь большинство лекарств апробированы в экспериментах над животными. По-видимому, нельзя полностью избежать зла в отношениях с природой и считать себя безгрешными. Чистая совесть, как говорил А. Швейцер, изобретение дьявола. Людям еще долго придется «откупаться» переживаниями и памятниками экспериментальным животным.

Экспериментирование над животными есть современная форма жертвоприношений во имя интересов человека, а сетования о гибели природы напоминают извинения древних охотников перед убийством зверя. С нравственной точки зрения вопрос остается таким же, как и тысячи лет назад: допустимо ли убийство и при каких обстоятельствах?

Единственное рациональное основание экспериментов над животными — идущее от Аристотеля через Фому Аквинского представление о том, что человек высшее по сравнению с другими земными видами существо. Но это именно рациональное основание, а не оправдание, потому что истина связана со справедливостью, т.е. включает в себе нравственное начало, а причинение вреда другим существам не может быть нравственным.

Появление новой науки — биоэтики, помимо традиционных, вызвано новыми проблемами, связанными, скажем, с истреблением не только отдельных представителей, но целых видов животных и растений.

Термин «биоэтика» введен американским биологом В. Р. Поттером, который охарактеризовал ее, как «соеди-

нение биологического знания и человеческих ценностей», «науку о выживании», «научный гуманизм», «этическое руководство», «новую культуру». По определению К. Вокса, *биоэтика исследует новые проблемы, присущие технической прогрессу, и осуществляет поиск нравственных ценностей, которые могли бы стать руководством для принятия решений в ситуациях, где происходит взаимодействие человека и технологии*. Три вектора накладываются на любую конкретную ситуацию: какие знания дает нам прошлое; каких действий требует от нас совесть и здравый смысл в настоящем; каковы будут последствия каждого поступка в будущем.

Различные проблемы объединяются в биоэтике, так как они имеют очевидный биологический компонент, определяющий процессы рождения и смерти живого существа. Но, несмотря на синтетический характер, биоэтика не превращается в биофизику или биохимию в силу специфики этики как науки особого рода с особым статусом. Конкретная наука абсолютна по содержанию, но относительна по ценности; этика как часть философии абсолютна по ценности, но относительна по содержанию. Положения этики полностью определяют жизнь человека, но не обязательны для всех; положения науки не полностью определяют жизнь человека, но обязательны для всех.

Биоэтика может быть естественной наукой, рассматривающей конкретные квазиэтические принципы, действующие в самой природе. Но биоэтика также раздел этики, влияющий на человеческие ценности и нравственный выбор. Чтобы биоэтика смогла стать чем-то наподобие биофизики, необходимо, чтобы наука преодолела нравственную амбивалентность. Тогда ценности и факты будут составлять в ней одно целое. Предпосылкой такой науки является представление о природе как ценности. В такой науке из ценностей следовали бы факты, из фактов непосредственно вытекали бы ценности. Так случится, если, скажем, определить красоту как элемент, способствующий выживанию человека и биосферы.

Основная задача биоэтики — *выработка системы нравственного регулирования научной деятельности* биологов, медиков, представителей других дисциплин, вторгающихся в среду. Как это влияет на результаты исследований? Китайскому философу Лао-цзы принадлежит афоризм: «Только настоящий человек обладает истинным знанием».

Что значат эти слова? Не реализуя полностью свою целостную духовно-душевную природу, человек не может понять мир. Если он использует только свой интеллект, его познание неполноценно. Например, использование жестоких методов подсчета численности животных, приводящих к их гибели, искажает реальную картину существования природных сообществ.

Итак, биоэтика ценна в трех смыслах. Одно из ее направлений имеет объективное значение: анализ этических дилемм, которые влечет за собой развитие новых научных направлений, и оно будет совершенствоваться в любом случае. Второе имеет отношение к набору вариантов нравственного выбора ученых. Наконец, биоэтика может рассматриваться как модель науки будущего, соединяющей нравственность и объективное знание.

В практическом плане следует отметить беспрецедентный в истории науки случай моратория, введенного в 1975 г. самими учеными на исследования в области выведения новых штаммов бактерий. Этот запрет, продержавшийся недолго, — первая ласточка, за которой следуют другие. Ныне официально запрещены исследования по клонированию человека — созданию генетических двойников.

25.8. Проблема ответственности ученых

Одним из важнейших является вопрос об ответственности. Кто ответствен за негативные последствия данного научного открытия и его внедрения в практику: ученый; технический разработчик, который доводит его открытие до практики; создатель инженерной системы; заказчик; правительство; рабочие, занятые в производстве; окружающие; все люди? Это далеко не праздный вопрос, когда дело доходит, скажем, до распределения ответственности за аварию в Чернобыле. Можно построить иерархию ответственности; виновными могут быть признаны многие, но в разной степени: человек, не подозревавший о данном сооружении или оружии, и человек, разработавший его. Про А. Д. Сахарова говорили, что участием в правозащитном движении он как бы реабилитирует себя за изобретение водородной бомбы. Известно, как переживал Дж. Р. Оппенгеймер после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Можно полагать, что ученые-теоретики не ответственны за создание

оружия, но надо оказаться на месте В. Гейзенберга, чтобы решать этот вопрос не со стороны.

Конечно, выяснением только нравственной ответственности здесь ограничиваться нельзя, и необходимо ставить вопрос и о правовой ответственности по законам, регулирующим научную деятельность.

Проблема ответственности связана с пониманием того, за что человек отвечает. Ученый, расщепивший атом урана, конечно мог не знать, что его открытие приведет к созданию атомной бомбы, и в этом смысле он менее ответствен, чем разработчик атомного оружия. С другой стороны, непонимание вследствие недостатка информации не служит смягчающим обстоятельством, если человек мог бы узнать, но не захотел этого сделать. Как незнание юридического закона не избавляет от ответственности правовой, так не избавляет человека от ответственности нравственной нежелание знать и предвидеть последствия своей деятельности. Лучший критерий — совесть, которую Фома Аквинский называл присутствием Бога в человеке. Если совесть спокойна, значит, что-то сделано не так.

Ответственность за научные результаты не снимается, если ученый не может предугадать всех последствий, и это необходимо, чтобы стимулировать его поиски адекватного прогноза. Тем более не снимается ответственность за применение, которому ученый может потенциально воспрепятствовать не сообщая о своих открытиях. С другой стороны, научная информация, доступная государству, должна сообщаться населению.

25.9. Нужны ли нравственные кодексы ученых?

И этот вопрос имеет смысл, и на него отвечал еще Гиппократ. *Кодекс* — это конкретизация основных нравственных правил на основе имеющегося в данной области знания и практики опыта. Может ли он принести вред? Может при своей абсолютизации и догматизации, когда забывается, что главной нравственной инстанцией является совесть, а не писаные правила. Но несмотря на этот риск (а любая деятельность, в том числе в области морали, нравственно рискованна) кодексы, регулирующие поведение в определенной профессиональной сфере, как и клятва Гиппократа, нужны.

В античные времена существовала парадигма «знание ради знания», потому что вместо техники работали рабы и не надо было знание применять на практике. В наше время науку стали называть непосредственной производительной силой. Но непосредственное вторжение науки в действительность оборачивается экологическими и нравственными проблемами, которые следует решать до внедрения научных достижений, а не после. Поэтому между научным открытием и его практическим применением должно быть время для оценки. Да и вообще не все научные достижения надо внедрять, что понимал еще Ф. Бэкон, который в «Новой Атлантиде» выделил научные открытия, о которых даже не сообщается. Тем более сложно обстоит дело сейчас, когда человечество стало, по словам Вернадского, геологической силой на нашей планете. Нравственность не мешает науке, а ориентирует ее определенным образом и оказывается, что именно такая ориентация обеспечивает истинное знание, которое находится в единстве с добром и красотой.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы мотивы научной деятельности?
2. Какое значение имеет в науке личность?
3. Какие качества необходимы ученому?
4. Какие существуют типы ученых?
5. Что такое этика науки?
6. Каков статус биоэтики?

Тестовые задания

1. Биоэтика — это:
 - 1) система ценностей в отношении к природе;
 - 2) наука особого типа;
 - 3) любовь к природе;
 - 4) борьба за права животных.
2. Какой из типов ученых, предложенных Г. Селье, является идеальным?
 - 1) «Делатель»;
 - 2) «Думатель»;
 - 3) «Чувствователь»;
 - 4) «Фауст».
3. В чем главное отличие научных положений от этических?
 - 1) научные объективны, а этические нет;
 - 2) научные выражаются в виде закона, а этические в виде постулата;

- 3) научные соответствуют природе, а этические нет;
 - 4) научные формируются учеными, а этические — обычными людьми.
4. Какие черты современной науки противоречат ее сути?
- 1) агрессивность;
 - 2) этическая нейтральность;
 - 3) осознание ответственности;
 - 4) экологизация.

Литература

- 1. Краткий миг торжества. М., 1989.
- 2. Селье Г. От мечты к открытию. М., 1987.
- 3. Швейцер А. Культура и этика. М., 1973.

Заключение

В качестве основных выводов из содержания курса «Концепции современного естествознания» отметим следующее. Современное естествознание представляет сложную, разветвленную систему наук. Ведущими науками XX в. по праву можно считать физику, астрономию, биологию, кибернетику (неразрывно связанную с вычислительной техникой и компьютеризацией). В рамках физики, в свою очередь, выделяются ядерная физика, теория относительности, квантовая механика, синергетика. Важнейшие составные части биологии: эволюционное учение, генетика, экология, этология, нашедшие свое продолжение в естественных науках о человеке — его происхождении, индивидуальном и видовом развитии. Усиливаются взаимосвязи как внутри самого естествознания, так и между естественными, гуманитарными и техническими науками.

Вторая половина XX в. — это время научно-технической революции, характеризующейся лидирующей ролью науки по отношению к технике и материальному производству. Современное производство немислимо без опережающего развития фундаментальных наук и прикладных научных разработок. Если государство не заботится о развитии науки, оно не заботится о своем будущем. Но усиление воздействия науки на общество и природу приводит к возникновению ряда трудно решаемых глобальных проблем. Это свидетельствует о противоречивом характере взаимодействия науки, общества и природы, причем ведущим звеном этой цепи следует считать само общество, тип присущих ему отношений между определенными характеристиками его развития.

Надо иметь в виду сложный, опосредованный характер взаимосвязи теории и практики. Прямой, без учета конкретных обстоятельств, перенос абстрактных положений теории в практику всегда чреват большим риском. Особенно опасно такое «применение» теории в том случае, когда науку искусственно подчиняют идеологическим установкам.

Что говорит современное естествознание о самом объективном мире? То, что он одновременно и един, и удивительно многообразен в беспрестанном процессе взаимопревращения одних конечных систем в другие; что он является единой самообусловленной системой, каждая отдельная часть которой только относительно самостоятельна и неизбежно зависима от других конечных систем и от общих законов бытия. В любом своем аспекте мир самопротиворечив, поэтому в характеристике мира никогда нельзя ограничиваться одной какой-то стороной — обязательно надо помнить и о противостоящей ей стороне.

Самопротиворечивость присуща и любой частной системе, но применительно к частным системам появляется возможность раскладывать их самопротиворечивость на противоречия между разными системами. Такой подход законен и полезен, он закреплен в правилах формальной логики. Но привычка оперировать понятиями в рамках такого подхода приводит к фиксации только расчлененности мира и забвению того, что он вместе с тем един и целостен. С учетом же этого мы снова возвращаемся к мысли о необходимости учитывать противоречия не только между разными объектами, но и их собственную самопротиворечивость.

Противоречивость присуща и процессу познания природы. Объективная истина дана не одноразово, сразу целиком и полностью, а в виде практически бесконечного процесса смены одних относительных истин другими. Относительные истины наряду с элементами объективности (и потому не зависящими от дальнейшего развития науки) содержат в себе и заблуждения — то ли по части самого содержания истины, то ли по части сферы границ ее применения. Освобождаясь от заблуждений, наука обогащается все более глубокими и общими теориями. Конкретно этот способ развития научного знания отражен в принципе соответствия. Знакомство с историей естествознания полезно в том плане, что предостерегает и от необдуманного оптимизма, и от чрезмерного пессимизма в оценке познавательных возможностей человека. Как и в других отношениях, история учит нас и здесь придерживаться реалистической точки зрения.

Знакомясь с историей науки, важно обращать внимание на сами способы, методы познания, применявшиеся при решении тех или иных задач. В рамках общего научного метода следует придерживаться таких методологических

принципов: допускать в качестве исходных интуиций ясные и отчетливые мысли, истинность которых несомненна (о чем писал французский философ и математик Р. Декарт); расчленять сложные проблемы на частные, двигаться от простого к сложному; последовательно переходить от известного к неизвестному, от доказанного к недоказанному; не допускать пропусков в логических звеньях исследования. Все это полезно учитывать при изучении каждой темы данного курса.

Наука XX в. завершилась расшифровкой генома человека, что открыло новые необычайные перспективы изменения наследственности. Нельзя сказать точно, какие новые открытия будут сделаны в XXI в., но можно с уверенностью утверждать, что они будут и во многом изменят представления о науке и жизни. Приведут ли они к росту технического могущества человека, увеличению продолжительности жизни (до 100—120 лет), как утверждают сциентисты — люди, верящие, что наука сделает человека всемогущим и чуть ли не бессмертным? Или, наоборот, грядущие научные достижения усугубят глобальные проблемы: экологические, демографические, продовольственные, технологические, предотвращения мировой термоядерной войны, как предупреждают антисциентисты — люди, боящиеся, что наука погубит Землю? Этот вопрос столь же неразрешим, как и вопрос о том, какие именно качественно новые открытия будут совершены. Более того, данный вопрос выходит за рамки науки как таковой, и решение его зависит не столько от ученых, сколько от государственной политики и, по большому счету, от каждого человека, от его мыслей, чувств и деятельности, даже, возможно, весьма далекой от науки.

ОТВЕТЫ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

- Глава 1:* 1б; 2г; 3в; 4а.
Глава 2: 1г; 2б; 3в; 4б.
Глава 3: 1в; 2б; 3в; 4г.
Глава 4: 1б; 2а; 3в; 4в.
Глава 5: 1г; 2б; 3в; 4а.
Глава 6: 1а; 2б; 3б; 4а.
Глава 7: 1в; 2а; 3в; 4б.
Глава 8: 1в; 2б; 3г; 4г.
Глава 9: 1в; 2а; 3в; 4б.
Глава 10: 1в; 2б; 3а; 4в.
Глава 11: 1б; 2а; 3б; 4г.
Глава 12: 1г; 2в; 3б; 4г.
Глава 13: 1а; 2г; 3б; 4б.
Глава 14: 1в; 2г; 3а; 4в.
Глава 15: 1г; 2г; 3а; 4в.
Глава 16: 1а; 2а; 3б; 4в.
Глава 17: 1б; 2б; 3в; 4г.
Глава 18: 1а; 2г; 3в; 4б.
Глава 19: 1в; 2а; 3в; 4б.
Глава 20: 1в; 2б; 3г; 4а.
Глава 21: 1г; 2б; 3б; 4б.
Глава 22: 1б; 2б; 3в; 4а.
Глава 23: 1б; 2а; 3в; 4б.
Глава 24: 1в; 2б; 3а; 4б.
Глава 25: 1б; 2г; 3б; 4а.

Словарь терминов

Автокатализ — химическая реакция, в которой для синтеза определенного вещества требуется присутствие этого же вещества, которое, ускоряя химическую реакцию, играет роль катализатора.

Адроны — элементарные частицы, участвующие в сильном взаимодействии.

Аминокислоты — мономеры белков.

Андромеда (Туманность Андромеды) — ближайшая к нам галактика, сравнимая по размерам с нашей галактикой.

Античастицы — элементарные частицы, обладающие теми же свойствами, что и обычные частицы, но имеющие противоположный по знаку электрический заряд (позитрон, антипротон и т.д.).

Антропный принцип — учение, объясняющее наблюдаемые свойства Вселенной тем, что при других свойствах возникновение жизни было бы невозможно, и, следовательно, не было бы самих наблюдателей.

Атом — фундаментальная строительная единица материи, состоящая из ядра и движущихся по орбитам электронов.

Белки — полимеры, состоящие из нескольких сотен аминокислот. Основной строительный материал живого.

Белый карлик — горячая звезда с очень высокой плотностью (размер порядка размера Земли, а масса порядка массы Солнца). У белых карликов прекратился термоядерный синтез, и они слабо светятся только за счет остаточного тепла.

Биоэтика — междисциплинарное научное направление, рассматривающее отношение к живой природе в свете нравственных ценностей и этические проблемы, встающие на современном этапе развития естествознания.

Бозоны — элементарные частицы, имеющие целочисленный спин и переносящие физические взаимодействия.

Большой взрыв — часть космологической теории расширяющейся Вселенной. Считается, что произошел примерно 13,7 млрд лет назад в начальную фазу существования Вселенной.

Вакуум — низшее энергетическое состояние поля, при котором число квантов равно нулю.

Виртуальная частица — элементарная частица в промежуточных (ненаблюдаемых) состояниях, существованием которой в квантовой механике объясняют взаимодействия и превращения частиц.

Великое объединение — класс теорий, объединяющих три негравитационных взаимодействия в рамках единого формализма.

Водород — самый легкий химический элемент, состоящий из одного протона и одного электрона. Образовался на самых ранних стадиях эволюции Вселенной и составляет в настоящее время по массе три четверти ее вещества.

Вторая космическая скорость — скорость, позволяющая космическому кораблю, молекуле атмосферы и т.п. преодолеть силу притяжения массивного тела. Для земли равна 11,2 км/с.

Второе начало термодинамики — закон, согласно которому полная энтропия закрытой системы постоянно растет.

Галактика — основной структурный элемент Вселенной, состоящий из объединения звездных систем, связанный между собой силой гравитации.

Гало — структурный элемент галактики, приблизительно сферической формы. Состоит из темной материи.

Гамма-лучи — коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны меньше 10^{-8} см и, вследствие этого, ярко выраженными корпускулярными свойствами.

Гелий — химический элемент, состоящий из двух протонов, двух нейтронов и двух электронов. Образовался на ранних стадиях эволюции Вселенной и составляет в настоящее время по массе четверть ее вещества. Синтезируется при термоядерных реакциях внутри звезд.

Ген — отрезок молекулы ДНК, содержащий информацию о структуре одного белка, и ответственный за его синтез.

Геном — совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данной животной или растительной клетки. Геном человека содержит несколько десятков тысяч генов.

Генотип — совокупность всех наследственных факторов организма.

Глюоны — элементарные частицы, передающие сильное взаимодействие.

Гомеостаз — стремление систем к состоянию устойчивого равновесия и обособлению от внешней среды при наличии обмена энергией и веществом с ней.

Гоминиды — семейство, охватывающее ископаемые и современные виды человека.

Горизонт событий — граница области-времени вокруг «черной дыры». Все, что находится внутри горизонта событий, недоступно внешнему наблюдателю. Для невращающейся «черной дыры» радиус горизонта событий равен гравитационному радиусу.

Гормоны — (от греч. — побуждаю) — вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции и стимулирующие определенные процессы в организме.

Гравитационный коллапс — катастрофическое сжатие массивной звезды под действием сил тяготения после исчерпания в ее

недрах источников ядерной энергии. Ведет к образованию пульсара или черной дыры.

Гравитационный радиус — значение радиуса тела с заданной массой, при которой вторая космическая скорость равна скорости света. Если тело сжимается до гравитационного радиуса, оно становится «черной дырой».

Гравитация (тяготение) — универсальное взаимодействие между любыми видами материи. Взаимное притяжение тел.

Гравитон — гипотетическая частица гравитационного поля, движущаяся со скоростью света и не имеющая массы покоя (введена для объяснения гравитационного взаимодействия).

Детерминизм — учение об однозначной связи между причиной и следствием.

Диссипативные структуры (от лат. — рассеивание) — новые структуры, требующие для своего становления большого количества энергии.

Длина волны — расстояние от гребня одной волны до гребня следующей. Волны разной длины соответствуют различным цветам. Длина волны красного цвета 0,00008 см, фиолетового цвета — 0,00004 см.

Доплера эффект — изменение частоты колебаний или длины волны, воспринимаемой наблюдателем при движении источника колебаний и наблюдателя относительно друг друга. Если объект приближается к нам, то частота колебаний исходящих от него волн возрастает, и наоборот.

ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота, носитель наследственной информации организма.

Единая теория — любая теория, описывающая все четыре типа физических взаимодействий и все типы материи в рамках единого универсального формализма.

Жизненный цикл — совокупность фаз развития, пройдя которые, организм достигает зрелости и становится способным дать начало следующему поколению. У животных различают простой цикл и сложный — с метаморфозой (майский жук: яйцо — личинка — куколка — имаго). У высших растений различают однолетний, двухлетний и многолетний жизненный цикл.

Заряд — свойство частицы, определяющее ее способность к взаимодействию определенного типа. Например, электрический заряд определяет поведение частицы при электромагнитном взаимодействии.

Звезда — раскаленное небесное тело, находящееся в состоянии равновесия, которое обеспечивается равенством сил тяготения и сил внутреннего давления. Внутри всех главных типов звезд, за исключением белых карликов, происходят реакции термоядерного синтеза.

Измерение — независимая ось или направление в пространстве или пространстве-времени. Пространство вокруг нас имеет три измерения, а наше пространство-время имеет четыре измерения.

Импульс — в физике произведение массы на скорость; в физиологии — быстро распространяющаяся по нервному волокну волна возбуждения, возникающая при раздражении окончания чувствительного нервного волокна, тела нервной клетки или самого нервного волокна (сопровождается быстрым изменением возбудимости, проводимости, обмена веществ и физических свойств нервного волокна).

Инбридинг — скрещивание между собой двух близкородственных организмов для улучшения сельскохозяйственных растений и животных.

Инвариант — свойство системы, остающееся неизменным в процессе ее развития.

Информация (в объективном научном смысле) — мера организованности системы.

Инерциальная система — система, движущаяся прямолинейно и равномерно, в которой выполняются законы классической механики.

Инстинкт — сложная врожденная стереотипная форма поведения, возникающая в ответ на определенные изменения окружающей среды и имеющая большое значение для выживания организма.

Интерференция — взаимное наложение волн.

Инфляция — колоссальное расширение (раздувание) с огромной скоростью Вселенной на ранних этапах ее развития.

Калибровочный (векторный) бозон — элементарная частица, передающая слабые взаимодействия.

Катализатор — вещество, которое влияет на химическую реакцию, оставаясь в итоге в неизменном количестве.

Квазар — мощные источники электромагнитного излучения, представляющие собой очень активные ядра далеких галактик.

Квант — неделимая порция какой-либо величины (энергии и т.п.).

Квантовая механика — современная теория, объясняющая процессы в микромире.

Квантовая хромодинамика (КХД) — релятивистская квантовая теория поля, описывающая сильные взаимодействия и свойства кварков.

Квантовые флуктуации — случайное поведение системы на микроскопическом уровне вследствие соотношения неопределенностей.

Кварк — элементарные частицы с дробным зарядом, из которых по современным физическим представлениям состоят все сильновзаимодействующие (внутриядерные) частицы.

Ключевой раздражитель — стимул, который опознается животным при первом предъявлении без всякого индивидуального опыта.

Коллайдер — ускоритель на встречных пучках элементарных частиц.

Комета — маломассивное небесное тело, состоящее в основном из льда и пыли и движущееся вокруг Солнца по сильно вытянутой орбите. При приближении к Солнцу у кометы образуется хвост, состоящий из газа и пыли, всегда направленный в сторону от Солнца. Предполагается, что вокруг Солнца вращается около триллиона комет.

Комменсализм — форма симбиоза, при которой один из партнеров извлекает пользу из совместного существования с другим партнером, а тот не имеет от этого ни пользы, ни вреда.

Корпускулярно-волновой дуализм — фундаментальное понятие квантовой механики, отражающее то, что объекты микромира проявляют как волновые свойства, так и свойства частиц.

Космические лучи — поток элементарных частиц высокой энергии, приходящих на Землю со всех направлений космического пространства, а также рожденное ими в атмосфере Земли вторичное излучение.

Космогония — научное направление, изучающее происхождение Вселенной как единого целого.

Космология — наука о Вселенной как едином целом и обо всей охваченной астрономическими наблюдениями области Вселенной как части целого.

Красное смещение — эффект увеличения длин волн линий в спектре звезд по сравнению с линиями эталонных спектров (смещение линий в красную часть спектра).

Кривизна — отклонение объекта, пространства или пространства-времени от плоской формы и, тем самым, от законов евклидовой геометрии.

Кросс-катализ (букв. — перекрестный катализ) — химическая реакция, при которой два вещества помогают взаимному синтезу друг друга (например, нуклеиновые кислоты являются носителями информации, необходимой для синтеза протеинов, а протеины, в свою очередь, синтезируют нуклеиновые кислоты).

Лептоны — элементарные частицы, относящиеся к классу фермионов, которые, в отличие от таких фермионов, как кварки, могут существовать самостоятельно (пример: электрон).

Либи́до (от лат. — желание) — в психоанализе особая энергия, характерная для инстинктов жизни. По К. Юнгу, проявление жизненного порыва, включающего сексуальность, но не сводимо к ней (так называемый аффективный потенциал).

Литосфера — земная оболочка, включающая в себя земную кору и часть верхней мантии до астеносферы.

Макромир — мир в масштабах, с которыми люди сталкиваются в повседневной жизни.

Мантия — земная оболочка, расположенная между земной корой и внешним ядром.

Мегамир — мир в масштабах звездных систем и галактик.

Мейоз — клеточное деление, при котором набор хромосом уменьшается вдвое. Характерно для половых клеток.

Метагалактика — наблюдаемая часть Вселенной.

Микромир — мир в масштабах атомов и элементарных частиц.

Микроэволюция — эволюционные изменения, происходящие в генофондах популяции за сравнительно небольшой промежуток времени.

Митоз — клеточное деление, при котором сохраняется двойной набор хромосом.

Млечный Путь — название галактики, в которой находится Солнечная система. На ночном небе Млечный Путь выглядит слабосветящейся полосой.

Мода струны — конфигурация, в которой может находиться струна в теории струн.

Молекула — мельчайшая единица химического соединения, сохраняющая его свойства.

Мономер — элементарное звено цепочки полимеров.

Мультимир — гипотетическое обобщение, в котором наша Вселенная является лишь одной из огромного числа отдельных и самостоятельных вселенных.

Мультиплеты — группы частиц, возникающих при сильных взаимодействиях.

Мутация — ошибка в самовоспроизведении гена.

Мутуализм — взаимовыгодные отношения между двумя организмами.

Наблюдатель — идеальное лицо или устройство, измеряющее определенные свойства физической системы.

Наука — сфера человеческой деятельности, в которой вырабатываются и теоретически систематизируются знания о действительности, допускающие доказательство или эмпирическую проверку.

Научная революция — эпизоды развития науки, во время которых старая парадигма замещается целиком или частично новой парадигмой, несоместимой со старой.

Начальные условия — данные, описывающие исходное состояние физической системы.

Нейрон — нервная клетка со всеми отходящими от нее отростками.

Нейтрино — электрически нейтральная частица, относящаяся к классу лептонов и участвующая лишь в слабых взаимодействиях.

Нейтрон — электрически нейтральная частица, обычно находящаяся в ядре атома.

Нейтронные звезды — небольшие по размеру сверхплотные, состоящие в основном из нейтронов вращающиеся звезды, обладающие, как правило, сильным магнитным полем. Возникают в результате того, что оголенные ядра атомов поглощают электроны, превращая свои протоны в нейтроны, которые могут компактно упаковываться, так как нейтральны.

Нерв — совокупность нейронов и их отростков, выполняющих некоторую функцию (например, зрительный нерв).

Нуклеиновые кислоты — носители генетической информации в живых телах.

Нуклеотиды — элементарные звенья нуклеиновых кислот.

Онтогенез — развитие индивида.

Определение — «речь, обозначающая суть бытия (вещи)», по Аристотелю; в современной науке — описание термина.

Органические вещества — главный субстрат живых тел, без которого жизнь была бы невозможна.

Палеоантроп — древний человек.

Память — способность сохранять и воспроизводить в сознании прежние впечатления, опыт, а также слова — запас, хранящейся в сознании информации.

Парадигма — признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают образец постановки проблем и их решений научному сообществу.

Парсек — единица длины, принимаемая в астрономии. Равна приблизительно трем световым годам.

Пептид — класс органических соединений, состоящих из двух или более остатков аминокислот.

Поведение — любое изменение объекта по отношению к окружающей среде.

Полимеры — молекулы, состоящие из длинных цепей атомов — мономеров. Эти цепи свернуты в клубки.

Полипептидная цепь — цепь, получающаяся при соединении различных аминокислот.

Полисомы — комплексы из нескольких рибосом, соединенных информационной РНК.

Популяция — группа организмов, принадлежащих к одному виду и занимающих обычно четко ограниченную географическую область.

Проекция — бессознательная и чаще всего ошибочная уверенность, что субъект общения обладает такими же точно мыслями, желаниями и влечениями или, также бессознательное, наделение его своими собственными чувствами.

Прокариоты — организмы с мелкими, примитивно устроенными клетками, не имеющими четко выраженного ядра. Таковы бактерии.

Протон — положительно заряженная частица, обычно находящаяся в ядре атома.

Пульсар — переменный, строго периодический источник импульсного космического электромагнитного излучения. Согласно современным представлениям радиопульсары — быстро вращающиеся сильно намагниченные нейтронные звезды.

Реликтовое излучение — равномерно распределенное во Вселенной электромагнитное излучение, сохранившееся до наших дней со времени образования Вселенной.

Репликация — самовоспроизводство ДНК.

Рефлекс (от лат. — отражение) — закономерная реакция организма на изменение внешней или внутренней среды, осуществляющаяся при посредстве центральной нервной системы в ответ на раздражение рецепторов.

Рецептор — нервное окончание, воспринимающее информацию об изменениях во внешней и внутренней среде.

Решающий эксперимент — «Р. Э. — это попытка опровергнуть теорию, и если такая попытка не приводит к успеху, а напротив, теория с ее неожиданным предсказанием оказывается права, то мы вправе сказать, что теория подкрепляется этим экспериментом» (Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983. С. 313).

Рибосомы — частицы, которые в большом количестве присутствуют в клетке и в которых происходит синтез белка. Рибосомы построены из белка и рибосомной РНК.

РНК — рибонуклеиновая кислота, служащая для переноса информации и синтеза белка.

Симметрия (от греч. — соразмерность) — свойство системы, состоящее в том, что эта система не изменяется при определенных преобразованиях. Например, сфера симметрична относительно вращений, так как при вращениях ее вид не изменяется.

Симбиоз (от греч. — совместная жизнь) — форма сосуществования двух различных организмов, имеющая две разновидности — мутуализм и комменсализм.

Синапс — место функционального контакта между нейронами, в котором происходит передача информации от одной клетки к другой.

Сингулярность — область и состояние с формально бесконечной плотностью.

Системность — внутренняя организация Вселенной, обладающая саморазвитием и эмерджентными свойствами и функционирующая по принципу обратных связей.

Соединение химическое — вещество, в которое объединены атомы различных химических элементов.

Социальное поведение — взаимодействие между особями одного и того же вида.

Стресс — сумма всех неспецифических изменений, вызванных какой-либо функцией или повреждением; определяется так же, как скорость изнашивания организма.

Струна — фундаментальный одномерный объект, являющийся основным понятием теории струн.

Темная энергия (космический вакуум) — состояние космической среды, которое характеризуется постоянной во времени и одинаковой в пространстве плотностью.

Тензор — совокупность всех величин, определяющих метрику пространства-времени и его геометрические свойства.

Триплет — кодовое число, соответствующее одной определенной аминокислоте.

Тяготение — взаимодействие между всеми телами, выражающееся в виде их взаимного притяжения.

Фенотип — совокупность признаков организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития.

Фермионы — частицы, имеющие спин, равный половине целого. Делятся на кварки и лептоны.

Филогенез — развитие вида или другого более крупного таксона.

Фотон — элементарная частица, квант электромагнитного излучения, распространяющаяся в пространстве с предельно возможной скоростью 300000 км/с.

Хромосома — часть ядра клетки, состоящая из белка и нуклеиновых кислот, в которой заключена наследственная информация об организме.

Центральная нервная система — головной и спинной мозг.

Черная дыра — космический объект, возникающий в результате сжатия тела гравитационными силами. Основное свойство черной дыры заключается в том, что никакие сигналы (свет, частицы), испускаемые из внутренней части черной дыры не могут выйти наружу, так как не могут преодолеть силы притяжения.

Электрон — первая элементарная частица, открытая в физике, несущая отрицательный заряд.

Энтропия — мера неоднородности распределения энергии.

Эукариоты — организмы с клетками, содержащими ядро. К таковым относятся все растения и животные.

Эффектор — дифференцированная структура (клетка, ткань, орган или система органов), осуществляющая специфическую реакцию в ответ на стимулы, поступающие из нервной системы.

Персоналии

- Андерсон Карл Дэвид** (1905–1991), американский физик.
- Баум Вернер А.** (род. в 1923 г.), американский астроном.
- Бергаланфи Людвиг фон** (1901–1972), австрийский биолог-теоретик, до 1948 г. работал в Венском университете, с 1949 г. – в США и Канаде.
- Бор Нильс** (1885–1962), датский физик-теоретик.
- Бриджмен Перси** (1882–1961), американский физик и философ.
- Бройль Луи де** (1892–1987), французский физик-теоретик.
- Бруно Джордано** (1548–1600), итальянский философ-естествоиспытатель и поэт.
- Бутлеров Александр Михайлович** (1828–1886), русский химик.
- Бьеркнес Вильгельм** (1862–1951), норвежский физик, метеоролог и геофизик.
- Бэкон Френсис** (1561–1626), английский философ и политик.
- Вегенер Альфред** (1880–1930), немецкий геофизик и метеоролог.
- Вейсман Август** (1834–1914), немецкий зоолог, теоретик эволюционного учения.
- Вернадский Владимир Иванович** (1863–1945), советский минералог, геохимик, биогеохимик.
- Вильсон Чарльз** (1869–1959), английский физик.
- Винер Норберт** (1894–1964), американский математик.
- Вольтерра Вито** (1860–1940), итальянский математик.
- Габор Деннис** (1900–1979), физик, уроженец Будапешта, работал в Германии и Англии.
- Галилей Галилео** (1564–1642), итальянский математик, физик и астроном.
- Гамов Георгий Александрович** (1904–1968), советский физик, с 1933 г. работал в США.
- Гедель Курт** (1906–1978), логик и математик, уроженец Чехословакии.
- Гейзенберг Вернер** (1901–1976), немецкий физик-теоретик.
- Гранит Рагнар** (1900–1991), шведский физиолог.
- Дарвин Чарльз** (1809–1882), английский естествоиспытатель.

Декарт Рене (1596–1650), французский философ, математик, физик и физиолог.

Де Фриз Гуго (1848–1935), нидерландский ботаник и генетик.

Дирак Поль (1902–1984), английский математик и физик.

Докучаев Василий Васильевич (1846–1903), русский почвовед.

Дрейк Фрэнк (род. в 1930 г.), американский астроном.

Жакоб Франсуа (род. в 1920 г.), французский биолог.

Жолио-Кюри Ирен (1897–1956), французский физик и радиохимик.

Жолио-Кюри Фредерик (1900–1958), французский физик.

Карнап Рудольф (1891–1970), австрийский философ и логик, работал в Австрии, Германии, Чехословакии, с 1935 г. — в США.

Кендрью Джон (1917–1997), английский биохимик.

Крик Фрэнсис (род. в 1916 г.), английский физик, работающий в области молекулярной биологии.

Лаплас Пьер (1749–1827), французский астроном, математик и физик.

Лобачевский Николай Иванович (1792–1856), русский математик.

Лоренц Конрад (1903–1989), австрийский зоолог.

Львов Андре (1902–1994), французский микробиолог и биохимик.

Майкельсон Альберт (1852–1931), американский физик, уроженец Польши.

Максвелл Джеймс (1831–1879), английский физик.

Менделеев Дмитрий Иванович (1834–1907), русский химик.

Мендель Грегор (1822–1884), чешский естествоиспытатель.

Миллер Стэнли (род. в 1930 г.), американский биолог.

Минковский Оскар (1864–1931), немецкий математик и физик, уроженец Литвы.

Моно Жак (1910–1976), французский биохимик.

Морган Томас (1866–1945), американский биолог.

Мохоровичич Андрей (1857–1936), югославский геофизик и сейсмолог.

Мюллер Пауль (1899–1965), швейцарский химик.

Норриш Рональд (1897–1978), английский физикохимик.

Ньютон Исаак (1642–1727), английский физик, математик и астроном.

Опарин Александр Иванович (1894–1980), советский биохимик.

Оппенгеймер Джакоб Роберт (1904–1967), американский физик-теоретик.

Павлов Иван Петрович (1849–1936), советский физиолог.

Планк Макс (1858–1947), немецкий физик-теоретик.

Полинг Лайнус (1901–1994), американский физик и химик.

Пригожин Илья (1917–2003), бельгийский физик, уроженец России.

Пуанкаре Жюль Анри (1854–1912), французский математик, физик и философ.

Резерфорд Эрнест (1871–1937), английский физик, уроженец Новой Зеландии.

Селье Ганс (1907–1982), канадский биолог, патолог, физиолог, уроженец Вены.

Семенов Николай Николаевич (1896–1986), советский физик и физикохимик.

Таунс Чарльз (род. в 1915 г.), американский физик.

Теллер Эдвард (род. в 1908 г.), американский физик, уроженец Будапешта.

Тинберген Николас (1907–1988), нидерландский зоолог и этолог, с 1949 г. работал в Англии.

Тьюринг Алан (1912–1954), английский математик.

Уотсон Джеймс (род. в 1928 г.), американский биохимик, работал также в Дании и Англии.

Ухтомский Алексей Алексеевич (1875–1942), советский физиолог.

Ферми Энрико (1901–1954), итальянский физик, с 1938 г. — в США.

Фрейд Зигмунд (1856–1939), австрийский невропатолог и психиатр.

Фридман Александр Александрович (1888–1985), советский физик и математик.

Хаббл Эдвин (1899–1953), американский астроном, уроженец Сан-Марино.

Хьюиш Энтони (род. в 1924 г.), английский астроном.

Циолковский Константин Эдуардович (1857–1935), советский теоретик космонавтики.

Шавлов Артур (род. в 1921 г.), американский физик.

Шеннон Клод (род. в 1916 г.), американский математик.

Шеррингтон Чарльз (1857–1952), английский нейрофизиолог.

Шлик Мориц (1882–1936), австрийский философ и физик, уроженец Германии.

Шредингер Эрвин (1887–1961), австрийский физик-теоретик.

Эйген Манфред (род. в 1927 г.), немецкий физикохимик.

Эйнштейн Альберт (1879–1955), физик-теоретик и философ, родился в Германии.

Юкава Хидэки (1907–1981), японский физик.

Список рекомендуемой литературы ко всему курсу

1. Азимов А. Краткая история химии. М., 1983.
2. Вернадский В.И. Биосфера. Различные издания.
3. Винер Н. Кибернетика. М., 1968.
4. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989.
5. Грин Б. Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2008.
6. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. Различные издания.
7. Кендрью Дж. Нить жизни. М., 1968.
8. Краткий миг торжества. М., 1989.
9. Кун Т. Структура научных революций. М, 1975.
10. Лидсей Д.Э. Рождение Вселенной. М., 2005.
11. Лоренц К. Агрессия. М., 1994.
12. Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983.
13. Поршнев Б.Ф. О начале человеческой истории. М., 1974.
14. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., 1986.
15. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М., 1994.
16. Пуанкаре А. О науке. М., 1983.
17. Селье Г. От мечты к открытию. М., 1987.
18. Сноу Ч. Две культуры. М., 1973.
19. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М., 1973.
20. Тинберген Н. Социальное поведение животных. М., 1992.
21. Фрейд З. Психология бессознательного. М., 1989.
22. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2007.
23. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М., 1965.
24. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М., 1959.
25. Эшби У.Р. Конструкция мозга. М., 1964.
26. Юнг К. Архетип и символ. М., 1991.

Учебное издание

Горелов Анатолий Алексеевич

Концепции современного естествознания

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Т. А. Садчикова*

Корректор *А. И. Долгалева*

Компьютерная верстка *Ю. А. Варламова*

Формат 84×108 ¹/₃₂.

Гарнитура «Petersburg». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 18,11. Тираж 2000 экз. Заказ №

ООО «ИД Юрайт»

140004, Московская область, г. Люберцы, 1-й Панковский проезд,
дом 1. Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru. www.urait.ru